

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA POLITEHICA DIN TIMIȘOARA
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII

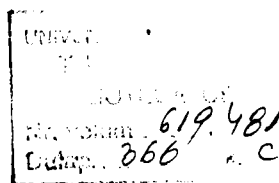
Ing. Gheorghe BELEA

**CONTRIBUȚII LA STUDIUL UNOR TEHNOLOGII
DE EXECUȚIE A LUCRĂRILOR DE FUNDAȚII
PRIN TEHNICA VIBRĂRII**

Conducător științific

Prof. dr. ing. Marin PĂUNESCU

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA



Timișoara 1997

Teza de doctorat este sistematizată pe 6 capitole și cuprinde 227 pagini, 91 figuri, 59 relații, 35 tabele și 131 referințe bibliografice.

În lucrare se prezintă în mod sintetic rezultatele preocupărilor autorului (de mai mulți ani) pentru studierea, elaborarea și definitivarea unor tehnologii de lucru necesare pentru executarea forajelor geotehnice în pământ prin tehnica vibrării.

Autorul exprimă și pe această cale întreaga sa recunoștință și considerație conducătorului științific, Prof. dr. ing. **Marin PĂUNESCU**, pentru îndrumarea competentă și permanentă de care s-a bucurat chiar de la debutul activității sale didactice și de cercetare și îndeosebi pentru sprijinul acordat la elaborarea lucrării de față.

De asemenea, autorul mulțumește tuturor colegilor din departament, cadre didactice sau personal auxiliar, pentru cuvintele de încurajare și pentru ajutorul acordat pe tot parcursul perioadei de elaborare a lucrării.

Un gând de recunoștință și pentru colaboratorii din cadrul ICPAIUC București (cu care am colaborat îndeaproape) precum și colegilor de pe șantierele unde s-au aplicat rezultatele cercetărilor (Regionala CF Timișoara, Regiile Autonome de Drumuri, Municipale și Județene și altele).

INTRODUCERE

Construcțiile în general, (industriale sau civile) și în special lucrările de fundații, sunt foarte costisitoare, atât în ceea ce privește materialele de construcții cât și execuția propriu-zisă.

În scopul reducerii costurilor de execuție a lucrărilor de construcții activitatea de cercetare are un rol deosebit de important. Dar activitatea de cercetare științifică în acest domeniu nu trebuie să rezolve doar problema reducerii costurilor, ea trebuie să reprezinte un mijloc de accelerare a progresului tehnic, social și economic și să dea răspuns unor probleme teoretice fundamentale pe lângă cele legate direct de activitatea productivă.

În domeniul construcțiilor, aceasta înseamnă realizarea investițiilor la cel mai înalt grad de eficiență tehnică și economică, pe seama îmbunătățirii proiectelor și a perfecționării metodelor de realizare a lucrărilor de construcții. De aici derivă una din direcțiile prioritare de dezvoltare a cercetării științifice în construcții, și anume perfecționarea tehnologiilor de lucru, respectiv crearea altora noi, inclusiv a utilajelor și instalațiilor necesare aplicării acestor tehnologii la realizarea diferitelor lucrări de construcții, **autorul abordând**, dintre acestea, **studiul tehnologiilor de execuție a forajelor geotehnice prin tehnica vibrării**.

Lucrarea de față, prin tematica abordată, se înscrie pe linia perfecționării și creării unor tehnologii de execuție a lucrărilor de geotehnică și de fundații prin tehnica vibrării, a perfecționării unor utilaje vibratoare și a echipamentelor de lucru având în vedere că aceasta reprezintă una din metodele de mare eficiență tehnică și economică de realizare a lucrărilor menționate și este o metodă relativ nouă.

Primele cercetări ale fenomenelor legate de introducerea și extragerea elementelor din pământ cu ajutorul vibrațiilor unidirecționale orientate în lungul axului elementului s-au efectuat în anul 1935 la Moscova de către D.D. Barkan [5].

Folosirea vibrațiilor s-a dovedit eficientă și pentru realizarea altor probleme de geotehnică și de fundații ca: executarea coloanelor de nisip sau de balast pentru compactarea în adâncime, executarea vibroforajelor geotehnice sau a celor pentru subtraversarea terasamentelor cu conducte subterane, compactarea prin vibroflotație, drenuri vibroforate orizontal sau înclinat etc.

În România primele cercetări în acest domeniu au fost efectuate de M. Păunescu, încă din anul 1958 [69] care a contribuit la formarea unei adevărate școli de folosire a tehnicii vibrării la lucrările de geotehnică și fundații.

Autorul lucrării de față a încercat să-și aducă contribuția sa modestă la dezvoltarea unor tehnologii de realizare a vibroforajelor (verticale sau orizontale) în pământuri pentru diferite scopuri, odată cu modernizarea echipamentelor de lucru necesare pentru executarea acestora, sau a utilajelor specifice.

Asfel, după studiul aprofundat al fenomenelor legate de folosirea vibrațiilor sau a vibropercuțiilor la lucrările de fundații în general, și de forare în special, prezentat în cap. 1 și 2, s-a trecut la experimentarea unor utilaje vibratoare existente în cadrul Catedrei de drumuri și fundații [72],[73] și stabilirea unor propuneri pentru proiectarea altora, mai eficiente și mai performante decât cele experimentate, propuneri prezentate tot în cap. 2.

Pe baza acestor propuneri și cu asistența tehnică a catedrei, respectiv a autorului, s-a trecut la proiectarea unei instalații vibratoare autotractate și a unei instalații de vibroforare orizontală de către un colectiv al ICPAIUC București, existent în cadrul catedrei, instalații prezentate în cap. 3. Tot aici sunt prezentate echipamentele studiate și concepute de autor pentru cele două utilaje noi, o carotieră cu autogolire și un echipament modernizat pentru instalația IVO-1, precum și tehnologiile de lucru studiate și propuse de autor pentru utilajele și echipamentele menționate.

Partea cea mai substanțială a lucrării o reprezintă cap. 4 unde se prezintă rezultatele experimentărilor efectuate de autor cu utilajele și echipamentele prezentate, conform tehnologiilor studiate și propuse. În cazul experimentării celor două utilaje s-a urmărit determinarea performanțelor maxime pe care le pot realiza în ceea ce privește diametrii, lungimile de forare și productivitatea și felul în care utilajele corespund condițiilor impuse inițial prin tema de proiectare. Echipamentul modernizat s-a experimentat direct în producție, la executarea unor lucrări de vibroforare pentru subtraversări de terasamente, stabilindu-se în detaliu tehnologia de lucru și câteva relații de calcul pentru aprecierea timpului de execuție a vibroforajelor în funcție de diametru și de lungime. Tot în acest capitol se face un studiu comparativ între tehnologiile de vibroforare folosite la executarea subtraversărilor.

Alte lucrări efective de vibroforare și de executare a subtraversărilor se prezintă în cap. 5, unde s-a făcut și o apreciere a avantajelor folosirii echipamentului modernizat pentru vibroforare.

În cap. 6 se prezintă câteva concluzii finale legate de folosirea tehnicii vibrării la executarea lucrărilor de geotehnică și fundații și contribuțiile autorului la dezvoltarea acestei tehnici, precum și modul de valorificare a cercetărilor efectuate.

Se menționează intenția autorului de a contribui, prin studiile și cercetările sale, la dezvoltarea domeniului de folosire a tehnicii vibrării la realizarea lucrărilor de geotehnică și fundații, domeniu care se apreciază că mai are încă mari posibilități de dezvoltare și completare.

Capitolul 1

SCURTĂ SINTEZĂ DOCUMENTARĂ CU PRIVIRE LA FOLOSIREA TEHNICII VIBRĂRII PENTRU EXECUTAREA UNOR LUCRĂRI DE GEOTEHNICĂ

1.1. DESPRE INFLUENȚA VIBRAȚIILOR ASUPRA UNOR CARACTERISTICI ALE PĂMÂNTURILOR

1.1.1. Influența vibrațiilor asupra unor caracteristici elastice și de amortizare

În cazul acțiunilor transmise de vibrații sau de undele seismice, un punct din teren este supus unei mișcări care, prin intermediul fundațiilor, se transmite structurii construcției. Pentru caracterizarea comportării dinamice a pământurilor, este necesară cunoașterea unor parametri care condiționează deformabilitatea, deci rigiditatea și rezistența lor, precum și modul în care solicitarea cu variație ciclică influențează valoarea acestor parametri. Așa cum arăta Gh. Buzdugan (1978) [19], la terenurile supuse acțiunii vibrațiilor, pe lângă parametrii fizici determinați în condiții statice, este nevoie să se determine și următorii parametri:

- modulul dinamic de deformație transversală (G) sau liniară (E) și coeficientul de contracție laterală (ν);
- caracteristicile de amortizare, în special fracțiunea din amortizarea critică (D);
- coeficienții elastici ai pământului considerat ca un mediu elastic, omogen și izotrop (C_z); (C_x); (C_φ); (C_ψ);
- unghiul de frecare interioară în condiții de solicitare dinamică (ϕ^*).

Un corp rigid așezat pe un mediu deformabil formează un sistem cu șase grade de libertate care din cauza simetriei, are patru mișcări independente:

- o mișcare de translație după suprafața liberă a terenului (x și y);
- o mișcare de translație pe verticală (după axa Oz), când se ia în considerare și acțiunea undelor verticale;
- o rotație în jurul axei x sau y , definită ca o mișcare de basculare;
- o rotație în jurul axei Oz care dă solicitări de torsiune în structura și masivul de pământ.

În literatura de specialitate [19] sunt prezentate relațiile de legătură dintre coeficienții elastici C_z , C_x , C_φ și C_ψ și caracteristicile semispațiului elastic G , E , ν , în

funcție de natura solicitării și de forma fundațiilor. Astfel, în lucrarea [19], pentru o fundație dreptunghiulară ecuațiile se prezintă astfel:

$$\text{- la o translație pe verticală} \quad C_z = \frac{c_v}{1-v} \cdot \beta_z \cdot \sqrt{L \cdot B}; \quad (1.1)$$

$$\text{- la o translație pe orizontală} \quad C_x = \frac{c_v}{1-v} \cdot \beta_x \cdot \sqrt{L \cdot B}; \quad (1.2)$$

$$\text{- la o basculare în jurul unei axe} \quad C_\varphi = \frac{c_v}{1-v} \cdot \beta_\varphi \cdot B^2 \cdot \sqrt{L \cdot B}. \quad (1.3)$$

Coefficienții β_z , β_x și β_φ sunt dați de obicei în literatură sub formă de grafice în funcție de raportul L/B al dimensiunilor fundațiilor.

Determinarea coeficienților elastici este posibilă prin încărcarea dinamică a unei fundații și măsurarea deformațiilor corespunzătoare rezonanței.

Majoritatea studiilor s-au făcut pentru coeficientul C_z , ceilalți coeficienți putându-se deduce din acesta cu următoarele relații prezentate de Gh. Buzdugan în lucrarea [19]:

$$C_\varphi = 2C_z; \quad C_x = 0,5C_z; \quad C_\psi = 1,5C_z. \quad (1.4)$$

Valorile coeficientului C_z diferă în funcție de tipul pământului și de presiunea pe talpa fundației. Pentru:

- nisip fin argilos	la 5,4 Pa	$C_z = 7 \text{ kN/m}^3$
-nisip mediu afânat	“	14 “
- nisip mijlociu și mare cu îndesare medie	“	8...10,5 “
- nisip mijlociu și mare îndesat	“	9 “
- argilă umedă	“	12,5 “
- argilă uscată	“	15 “
- marnă umedă	“	12,5 “
- pietriș argilos foarte compact	“	16 “
- straturi de nisip și pietriș	“	14 “

Vibrațiile terenului de fundare influențează valorile caracteristicilor elastice, influența lor regăsindu-se în modulul de deformație transversală G sau liniară E .

1.1.2. Despre influența vibrațiilor asupra rezistenței la forfecare a pământurilor

1.1.2.1. Rezistența la forfecare a pământurilor necoezive

Așa după cum se cunoaște, rezistența la forfecare a pământurilor nisipoase este condiționată în primul rând de forțele de frecare dintre suprafețele de contact ale fragmentelor componente. Coeziunea aparentă, care poate să apară doar în anumite condiții de umiditate mai ales la nisipurile fine, are un aport destul de redus în

ceea ce privește mărimea rezistenței la forfecare, respectiv la stabilitatea pământurilor nisipoase.

În condiții statice, rezistența la forfecare a pământurilor variază liniar în funcție de valoarea presiunii normale aplicate [51]. Această dependență este pusă în evidență de legea lui Coulomb, care pentru pământurile necoezive se exprimă prin relația:

$$\tau_s = \sigma \operatorname{tg} \phi_s = \mu_s \sigma \quad (1.5)$$

unde : τ_s - rezistența la forfecare statică;

σ - presiunea normală;

ϕ_s - unghiul de frecare interioară;

$\mu_s = \operatorname{tg} \phi_s$ - coeficientul de frecare interioară.

D.D.Barkan (1949) și colaboratorii săi [6], [80] au meritul efectuării primelor studii și cercetări experimentale privind influența vibrațiilor asupra rezistenței la forfecare a pământurilor nisipoase. La aceste încercări, solicitarea dinamică a constat, în mare parte, din vibrații verticale generate de vibratoare cu mase excentrice. Cea mai importantă concluzie a fost că la forfecarea nisipurilor în condiții dinamice are loc o reducere a rezistenței la forfecare, respectiv a frecării interioare, față de valorile înregistrate la încercările în condiții statice. Această reducere este funcție de o serie de parametri care definesc natura pământului și regimul dinamic la care are loc forfecarea.

A rezultat de asemenea, conform rezultatelor obținute de Savcenco I.A. (1958) [80], că și în cazul forfecării dinamice relația de dependență dintre efortul de forfecare și presiunea normală își păstrează caracterul liniar (fig. 1.1), ca și la

forfecarea statică. Ca atare, rezistența la forfecare dinamică a pământurilor nisipoase, se poate exprima prin relația:

$$\tau_d = \sigma \operatorname{tg} \phi_d + \tau_0 = \mu_d + \tau_0 \quad (1.6)$$

unde: τ_d - rezistența la forfecare dinamică;

σ - presiunea normală;

ϕ_d - unghiul frecării interioare determinat în condiții dinamice;

μ_d - coeficientul frecării interioare determinat în condiții dinamice;

τ_0 - rezistența inițială la forfecare

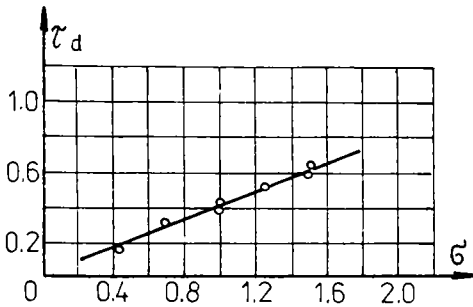


Fig. 1.1. Variația rezistenței la forfecare dinamică funcție de pres. normală [80]

datorată unor eventuale forțe de coeziune și (sau) rezistențelor parazitare ale aparatului de încercare.

Cercetările ulterioare, efectuate de: Bazant Z. (1965) [7], Dima Gh. (1965) [23], Ermolaev N.N. (1968) [26], Haida V. (1979) [30], Panachanatan S. (1963) [49], Păunescu M. (1966) [68], Sanders J.E. (1963) [79], Takenda J. (1963) [96] și Valișev N.T. (1959) [102], au elucidat o serie de aspecte legate de influența acțiunilor dinamice în general și a vibrațiilor în particular, asupra rezistenței la

forfecare a nisipurilor. Au fost confirmate o serie de concluzii referitoare la modul de variație a rezistenței la forfecare dinamică în funcție de parametrii vibrațiilor.

Studiindu-se modul de variație a rezistenței la forfecare dinamică, respectiv coeficientul de frecare interioară în funcție de amplitudinea vibrațiilor la frecvență constantă, a rezultat că aceasta descrește monoton, odată cu creșterea amplitudinilor (fig. 1.2).

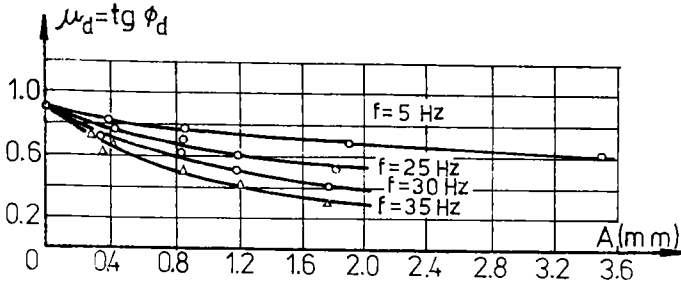


Fig. 1.2. Variația coeficientului de frecare (μ_d) în funcție de amplitudinea vibrațiilor [23]

Variația coeficientului de frecare dinamică în funcție de frecvență, pentru o accelerație dată a vibrațiilor, este mai complexă și depinde în mare măsură de compoziția granulometrică a nisipurilor. Pentru un nisip cu granulația medie, pe măsura creșterii frecvenței, coeficientul de frecare scade până la o anumită valoare, după care începe să crească din nou spre o valoare constantă (fig. 1.3). Frecvența

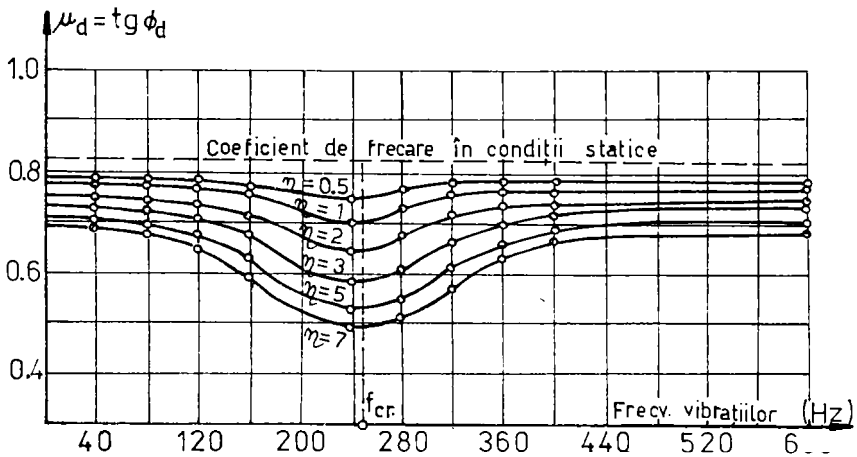


Fig. 1.3. Variația coeficientului de frecare (μ_d) în funcție de frecvența vibrațiilor [23]

pentru care se obține valoarea minimă este numită în literatura de specialitate **frecvență critică**, mărimea ei fiind influențată în mare măsură de granulozitatea și starea de îndesare a pământului necoeziv.

Cunoașterea **frecvenței critice** pentru anumite fracțiuni granulometrice oferă posibilitatea de a stăpâni mai bine fenomenele care au loc în pământurile necoezive în timpul acțiunilor dinamice, putându-se dirija mai ușor în scopurile practice urmărite, **acest lucru fiind de mare importanță la alegerea parametrilor utilajelor vibratoare** folosite pentru executarea unor lucrări de geotehnică și de fundații (forări, înfigeri de piloți, subtraversări etc.) [50], [60].

Influența accelerației terenului de fundare asupra coeficientului dinamic de frecare interioară, după Barkan D.D. (1949) [6], arată că acesta scade pe măsura creșterii accelerației vibrațiilor (fig. 1.4), tinzând să se stabilizeze la o valoare constantă pentru valori relativ mari ale acesteia ($a = 6 \dots 7$ g).

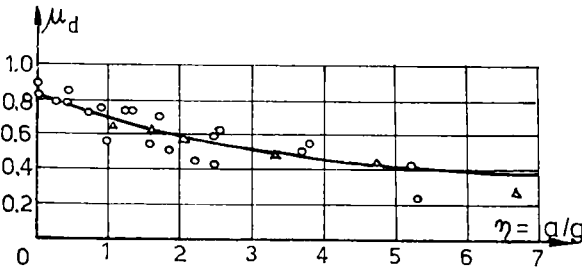


Fig. 1.4. Variația coeficientului de frecare (μ_d) funcție de accelerația vibrațiilor [6]

Unele studii și cercetări mai de detaliu asupra rezistenței la forfecare dinamică a pământurilor necoezive în funcție de accelerația vibrațiilor au fost efectuate la Catedra de drumuri și fundații a Facultății de Construcții din Timișoara de către Păunescu M. și Haida V. (1979) [51], [30].

Pentru a putea pune în evidență reducerea rezistenței la forfecare dinamică, s-au executat comparativ încercări statice și dinamice. În scopul de a crea aceleași condiții de îndesare și la încercările de forfecare statică, probele pregătite și încercate cu aceleași presiuni normale au fost supuse aceluiași regim de vibrații, timpul de vibrare fiind egal cu durata încercării de forfecare dinamică aferentă.

Într-o primă serie de încercări experimentale, starea de îndesare inițială creată pentru probele de nisip a corespuns domeniului de îndesare medie ($I_D = 0,43$) și s-a urmărit variația rezistenței la forfecare dinamică, pentru valori ale raportului η cuprinse între 0,10 și 0,40. Unghiul α dintre direcția vibrațiilor și orizontală a avut valorile: 0° , 30° , 60° și 90° . Rezultatele primelor cercetări (fig. 1.5 și fig. 1.6) arată dependența $\tau_d = f(\eta)$ pentru diverse valori ale unghiului α și reducerile procentuale ale rezistenței la forfecare dinamică în comparație cu cea statică.

Într-o altă serie de încercări s-a urmărit variația rezistenței la forfecare dinamică, în funcție de accelerația vibrațiilor, pentru valori mai mari ale acesteia, respectiv ale raportului $\eta = a/g$ (0,368; 0,584; 0,862). S-a folosit același material pentru încercări însă cu o stare de îndesare creată inițial mai mare ($I_D = 0,62$), presiunea normală aplicată fiind de $0,5 \text{ daN/cm}^2$.

Din analiza rezultatelor obținute, se poate trage concluzia certă că rezistența la forfecare dinamică începe să scadă în comparație cu cea statică, chiar și pentru valori relativ reduse ale accelerației vibrațiilor.

De asemenea, rezultă că în afară de alți parametri ai vibrațiilor, reducerea rezistenței la forfecare dinamică este funcție și de unghiul α . Se poate sublinia că

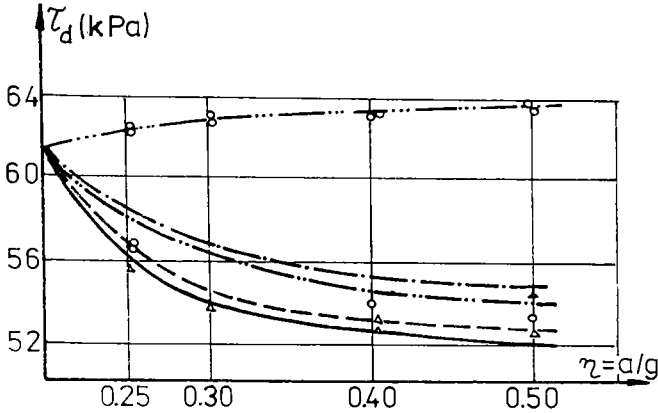


Fig. 1.5. Variația rezistenței la forfecare (τ_d) în funcție de accelerația vibrațiilor ($\eta = a/g$) și a unghiului (α) de acționare a forței oscilatoare față de orizontală [51]

reducerea cea mai accentuată a rezistenței la forfecare dinamică are loc pentru valori ale unghiului α apropiate ca mărime de cele ale unghiului de frecare

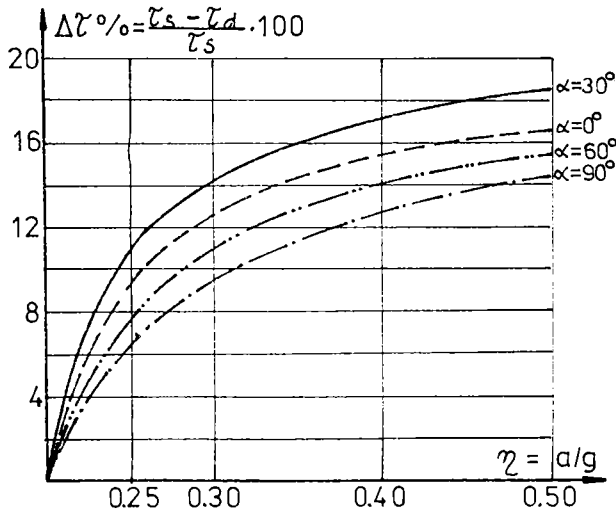


Fig. 1.6. Diferența procentuală între rezistența la forfecare statică și dinamică în funcție de $\eta = a/g$ și unghiul α [51]

interioară corespunzătoare diferitelor categorii de pământuri sub aspect cantitativ. Această concluzie are atât **importanță teoretică** cât și **utilitate practică**, în special **pentru conceperea dispozitivelor și stabilirea metodologiei de forfecare dinamică a pământurilor**.

Se mai poate menționa și faptul că **reducerea mărimii rezistenței la forfecare dinamică este mai accentuată pentru vibrații orizontale** ($\alpha = 0$), față de cele verticale ($\alpha = 90^\circ$). A rezultat de asemenea că **pentru valori ale raportului η apropiate de unitate** ($a \cong g$), **reducerea este mult mai pronunțată**.

Dacă se urmărește valoarea deformației orizontale în momentul forfecării dinamice a probelor de nisip, se observă că aceasta se reduce cu o valoare aproximativ constantă, pe măsura creșterii raportului η . Acest lucru se poate explica prin transformarea probei de nisip saturat într-o masă a cărei vâscozitate se reduce odată cu creșterea intensității vibrațiilor. Din urmărirea deformației pe verticală a probelor a rezultat că, în timpul forfecării dinamice, de regulă, are loc o tasare continuă a acestora, tasare a cărei mărime depinde de parametrii vibrațiilor, de starea de îndesare inițială și de valoarea presiunii normale aplicate.

Unele studii și cercetări mai de detaliu asupra rezistenței la forfecare a pământurilor necoezive efectuate de Ermolaev N.N. și Senin N.N. (1968) [26] au evidențiat faptul că în modul de variație a acesteia în funcție de accelerația vibrațiilor, se poate distinge un număr de trei domenii (fig. 1.7). Domeniul I corespunde unor valori mici ale accelerației în care scăderea rezistenței la forfecare dinamică, față de cea statică, este relativ redusă, fiind mai puțin importantă din punct de vedere practic.

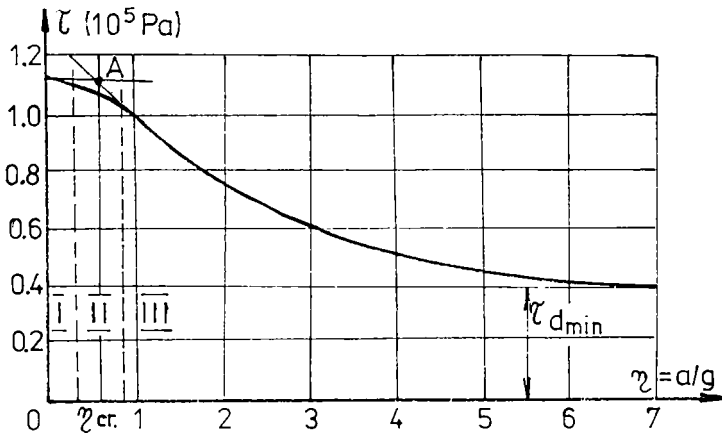


Fig. 1.7. Domeniile de variație a dependenței $\tau_d = f(\eta = a/g)$ pentru pământuri necoezive ($\sigma = 150$ kPa) [26]

Pe domeniul II ($a = 0,1 \dots 0,8$ g), în funcție de natura nisipului și presiunea normală, reducerea tensiunii τ se accelerează fără să scadă sub 25 %. Începând de la accelerații de peste 0,8 g, începe domeniul III în care reducerea rezistenței la forfecare

este pronunțată, atingând o valoare minimă pentru mărimi ale accelerației egale cu 6...7 g. După unele experimentări efectuate de Ermolaev N.N. (1968) [26] Haida V. (1979), [32] și Perlea V. (1984) [74] au rezultat reduceri ale rezistenței la forfecare dinamică în jur de 50 % și chiar mai mult, față de cea statică.

Pentru rezolvarea unor probleme practice este suficient să se analizeze numai două domenii de reducere a rezistenței la forfecare dinamică, respectiv limita dintre ele, pentru care se folosește denumirea **acelerație critică** sau **prag critic al accelerației relative** ($\eta_{cr} = a_{cr}/g$). Această valoare se poate determina ca abscisa punctului A (fig. 1.7), determinată de intersecția tangentei la curba de variație din domeniul III cu ordonata corespunzătoare rezistenței la forfecare statică. Acest procedeu conduce la erori neînsemnate din punct de vedere practic în determinarea lui τ_d , deoarece domeniul al doilea se caracterizează printr-o gamă mai restrânsă de accelerații, iar în primul domeniu reducerea este relativ neînsemnată.

După prelucrarea unor rezultate experimentale, obținute pentru diverse valori ale presiunii normale σ , a rezultat că variația $\tau_d = f(\eta)$, după depășirea pragului critic al accelerației relative (η_{cr}), se poate exprima sub forma unei relații exponențiale [74]:

$$\tau_d = \tau_{d \min} + (\tau_s - \tau_{d \min})^{-\beta(\eta - \eta_{cr})} \quad (1.7)$$

unde: $\tau_{d \min}$ - rezistența la forfecare dinamică minimă;

τ_s - rezistența la forfecare statică determinată pentru aceeași valoare a presiunii normale (σ);

η_{cr} - pragul critic al accelerației relative;

η - coeficient exponențial.

Parametrii de bază de care depinde variația, în număr de trei, respectiv reducerea rezistenței la forfecare dinamică conform relației exponențiale (1.7), sunt la rândul lor dependenți de valoarea presiunii normale.

Pragul critic al accelerației relative (η_{cr}), în procesul de reducere a rezistenței la forfecare sub acțiunea vibrațiilor, din punct de vedere fizic reprezintă limita la care apar schimbări calitative în structura internă a pământului. S-a stabilit că dependența acestei limite (η_{cr}) de mărimea presiunii normale (σ) răspunde unei legi logaritmice de forma [30]:

$$\eta_{cr} = \eta_0 + k_1 \log(1 + \sigma/\sigma_0) \quad (1.8)$$

unde: η_0 - pragul critic al accelerației relative, pentru $\sigma = 0$;

k_1 - coeficient exponențial care caracterizează tipul și natura pământului;

$\sigma_0 = 100$ kPa.

În comparație cu forfecarea statică, fenomenele care însoțesc procesul de forfecare dinamică a pământurilor necoezive sunt mai complexe. În principiu se poate considera că procesul de forfecare dinamică este însoțit de două fenomene fizice de bază, cu acțiune contrară: unul de **îndesare** sub acțiunea presiunii normale, și altul de

afânare datorită presiunii de agitație generată de vibrații, care imprimă fragmentelor de nisip mișcări ondulatorii. Preponderența unuia sau altuia dintre aceste două fenomene este funcție de mărimea presiunii normale aplicate, cât și de intensitatea vibrațiilor, în principal de accelerația acestora.

Variabilitatea celor doi factori condiționali ai fenomenelor fizice care însoțesc procesul de forfecare dinamică a pământurilor necoezive face ca variația rezistenței la forfecare dinamică, respectiv variația coeficientului de frecare interioară dinamic, în funcție de presiunea normală, să nu-și păstreze decât parțial caracterul liniar, acceptat în cazul forfecării statice prin legea lui Coulomb. Exprimând dependența $\tau_d = f(\eta)$ printr-o relație analoagă legii lui Coulomb, de forma $\tau_d = \psi\sigma$, atunci pentru variația coeficientului dinamic de frecare interioară ψ , după Ermolaev N.N. (1968) [26], poate fi adoptată următoarea lege exponențială:

$$\psi = \mu_{d \min} + (\mu_s - \mu_{d \min})^{-\beta(\eta - \eta_{cr})} \quad (1.9)$$

unde: $\mu_{d \min}$ - valoarea minimă a coeficientului de frecare interioară determinată în condiții dinamice;

μ_s - valoarea coeficientului de frecare interioară determinat în condiții statice;

β - coeficient exponențial determinat experimental;

η_{cr} - pragul critic al accelerației relative a vibrațiilor.

Se menționează că notațiile folosite au aceleași semnificații ca și în relațiile: (1.5); (1.6); (1.7).

Pe baza celor de mai sus, Păunescu M. și Haida V. (1979) [30], [51], au tras unele concluzii și anume:

- influența vibrațiilor asupra rezistenței la forfecare, respectiv a unghiului de frecare interioară, crește odată cu accelerația vibrațiilor mișcării. Din studiul bibliografic rezultă că valorile unghiului de frecare interioară ϕ , în regim de vibrații, reprezintă 70...80 % din valorile obținute pe cale statică, ceea ce reprezintă o scădere pronunțată a rezistenței la forfecare a nisipurilor;

- reducerea cea mai importantă a forțelor de forfecare, respectiv a unghiului de frecare interioară, rezultă pentru unghiul de înclinare a direcției de oscilație cu orizontala de 30° , adică pentru un unghi care se apropie ca valoare de unghiul frecării interioare a materialului încercat;

- creșterea presiunii normale determină majorarea valorii unghiului de frecare interioară și în cazul forfecării dinamice;

- gradul de îndesare a nisipului crește cu accelerația vibrațiilor și cu durata de acționare a mișcării vibratorii.

1.1.2.2. Rezistența la forfecare a pământurilor coezive

Și la pământurile argiloase, rezistența la forfecare este funcție de trei parametri principali: încărcarea verticală, frecarea internă și coeziunea. Sub forma cea

mai generală, rezistența la forfecare pentru condiții statice de încărcare poate fi exprimată, după Savinov O.A. (1979) [82], conform legii lui Coulomb, astfel:

$$\tau_s = \sigma \operatorname{tg} \phi + c_c + c_p + c_w \quad (1.10)$$

unde: τ_s - rezistența la forfecare statică;

σ - presiunea normală;

ϕ - unghiul de frecare interioară;

c_c - coeziunea specifică secundară (de cimentare);

c_p - coeziunea specifică primară (datorată forțelor intermoleculare);

c_w - coeziunea specifică aparentă (datorată capilarității).

Se pare că s-a acreditat ideea că teoria Coulomb-Mohr, referitoare la rezistența la forfecare a pământurilor, folosită pe scară largă în calculele ingineresti, nu reflectă condițiile și fenomenele reale care apar la cedarea prin forfecare a pământurilor. Parametrii rezistenței la forfecare, unghiul de frecare interioară și coeziunea specifică, determinați prin metodele de laborator cunoscute, reprezintă niște valori convenționale, care oglindesc mai mult modificările care au loc în structura probelor de pământ în timpul încercărilor de forfecare. Teoria clasică Coulomb-Mohr nu ține seama de toți factorii care influențează asupra rezistenței la forfecare a pământurilor argiloase.

Unul din factorii importanți care trebuie luați în considerare după Schmid W. E. (1965) [84] este timpul, știut fiind că proprietățile de rezistență și de stabilitate a pământurilor argiloase variază mult în funcție de timp. El consideră că dezavantajul cel mai mare al teoriei constă tocmai în lipsa includerii efectului în timp a tensiunilor de consolidare, respectiv a efectului variației coeficientului de porozitate sau a conținutului de apă.

Tot Schmid exprimă părerea că din punct de vedere fizic nu ar exista o deosebire esențială între frecarea interioară și coeziune. Singura diferență ar consta în faptul că, în cadrul încercărilor de forfecare, coeziunea apare ca rezultat al unei precomprimări reziduale în procesul de consolidare naturală a straturilor de pământ, iar frecarea internă ca un rezultat al modificării stării de îndesare sub acțiunea presiunii exterioare aplicate. Această părere se deosebește substanțial de concepția cunoscută și acceptată până în prezent, potrivit căreia se face o distincție netă între rezistența la forfecare datorită frecării interne și cea datorită coeziunii.

Dacă se consideră legăturile care se pot stabili între particulele de pământ, de tip solid-solid, sau solid-lichid-solid, iar la pământurile cu coeziune de cimentare și legături de tip solid-liant-solid, se pare că ideea de mai sus, referitoare la rezistența la forfecare, ar fi mai justă. Este evident că prezența fiecărui tip de legătură contribuie la sporirea rezistenței la forfecare a pământurilor. Rezistența la forfecare este influențată de fiecare formă de legătură dintre particule, într-o proporție care depinde de compoziția granulometrică, compoziția mineralogică, de natura liantului etc., precum și de starea de îndesare (compactare) și de umiditate.

Întrucât nici la ora actuală metodele de cercetare și încercare nu permit stabilirea cantitativă a influenței diferitelor tipuri de legături asupra rezistenței la forfecare a pământurilor, cu toate progresele înregistrate în domeniul geotehnicii și mecanicii pământurilor, se acceptă în continuare convenționalitatea parametrilor ϕ și c , atât pentru condiții statice de încercare, cât și pentru condiții dinamice.

Dacă se acceptă această convenționalitate și la încercările de determinare a rezistenței la forfecare a pământurilor argiloase în condiții dinamice, atunci există posibilitatea comparării rezultatelor cu cele obținute în condiții statice de încercare.

Cu toate că influența solicitărilor dinamice asupra rezistenței la forfecare a pământurilor argiloase este poate mai puțin elucidată în comparație cu pământurile necoezive, dintr-o serie de cercetări întreprinse de Dima Gh. (1965) [23], Haida V. (1978) [29], Haret R. (1972) [32], Miladinov D.V. (1970) [46], Preobrajenskaia N.A. și Savcenco I.A. (1958) [75], Scurenko N.S. (1958) [85], Taylor P.W. (1968) [98] și Vovk A. (1973) [105], a rezulat că, **în general și în acest caz are loc o reducere a rezistenței la forfecare.**

Maslov N.N. (1959) [45], în urma unor încercări experimentale, ajunge la concluzia că prin vibrarea unei probe de argilă cu structură nederanjată, aceasta își pierde o parte din rezistența sa la forfecare. Reducerea rezistenței la forfecare este pusă mai ales pe seama distrugerii legăturilor structurale, emițându-se totodată și presupunerea că la pământurile argiloase scăderea forțelor de frecare sub influența vibrațiilor ar fi neînsemnată.

S-a încercat să se explice natura fizică a proceselor care au loc în timpul forfecării dinamice prin analizarea rezistenței la forfecare dinamică a pământurilor argiloase, prin prisma fenomenelor de interacțiune dintre faza solidă-schelet-faza lichidă.

S-a concluzionat de către Dima Gh. (1965) [23], că sub influența vibrațiilor, particulele solide efectuează mișcări oscilatorii, dezvoltând forțe de inerție care fac ca în punctele de contact să apară în mod alternativ eforturi de compresiune și de întindere. Aceste eforturi sunt preluate prin rezistența peliculelor de apă legată fizic și numai după învingerea acestei rezistențe, particulele solide pot oscila liber, se pot ciocni, producând și la pământurile argiloase fenomene apropiate de cele corespunzătoare nisipurilor. Rezistența legăturilor este slăbită datorită faptului că, sub influența vibrațiilor, o parte din apa legată fizic poate deveni apă liberă după Ermolaev N. N. (1968) [26].

Micșorarea frecării interioare pe de o parte, și reducerea coeziunii pe de altă parte, au loc ca urmare a slăbirii sau distrugerii legăturilor. În acest caz, frecarea internă se micșorează mai ales datorită rolului de lubrifiant între particule, pe care-l reprezintă apa devenită liberă, spre deosebire de nisipuri unde rolul preponderent îl are presiunea de agitație. De asemenea, se poate menționa că modificarea rezistenței la forfecare, respectiv a parametrilor acesteia (ϕ și c), sub influența vibrațiilor, se produce fără o schimbare a umidității pământului argilos în ansamblul ei.

S-au efectuat diverse cercetări și încercări experimentale referitoare la rezistența la forfecare dinamică a pământurilor argiloase, în cadrul cărora s-a urmărit

evidențierea modului de variație a acestora, în funcție de parametri principali ai vibrațiilor (frecvență, amplitudine, accelerație), în strânsă corelație cu valoarea presiunii normale și cu conținutul de apă.

Cercetarea, respectiv metoda de efectuare a încercărilor experimentale, a constat din prepararea unor probe de pământ argilos, urmată de consolidarea lor la diferite trepte de presiune cu controlarea umidității și porozității după consolidare. Probele astfel preparate au fost supuse forfecării la diverse presiuni normale, în prezența vibrațiilor, pentru care un parametru a fost variat, iar ceilalți au fost menținuți constanți.

Modul de variație a rezistenței la forfecare a pământurilor argiloase, în funcție de parametri vibrațiilor (accelerație, frecvență amplitudine), în principiu este asemănător cu cel de la nisipuri, dar se pot sublinia totuși unele diferențe, atât de ordin calitativ cât și cantitativ.

Analizând dependența rezistenței la forfecare dinamică a pământurilor argiloase, în funcție de accelerația vibrațiilor, Ermolaev N.N. (1968) [26] a ajuns la concluzia că ea se supune acelorași legi de variație ca și la nisipuri (relația 1.7), cu mențiunea că valoarea **pragului critic al accelerației relative** (η_{cr}) este de regulă mai ridicată. Acest lucru este în concordanță și cu relația (1.8), unde valoarea lui η_0 , care corespunde cazului când presiunea normală lipsește ($\sigma = 0$), evident că este mai mare la pământurile argiloase decât la nisipuri, datorită coeziunii.

Odată cu depășirea **accelerației critice**, rezistența la forfecare descrește cu mărirea accelerației vibrațiilor (fig. 1.8), tinzând să se stabilizeze la o mărime minimă, pentru o anumită valoare limită a accelerațiilor vibrațiilor (η_{lim}), așa după cum susțin: Dima Gh. (1965) [23], Ermolaev N.N. (1968) [26], Miladinov D.V. (1970) [46], Preobrajenskaia N.A. (1958) [75]. Cele două valori ale accelerației: **critică** (η_{cr}) și **limită** (η_{lim}), sunt funcție de mărirea umidității. Cu cât umiditatea este mai mare, cu atât cele două valori sunt mai reduse.

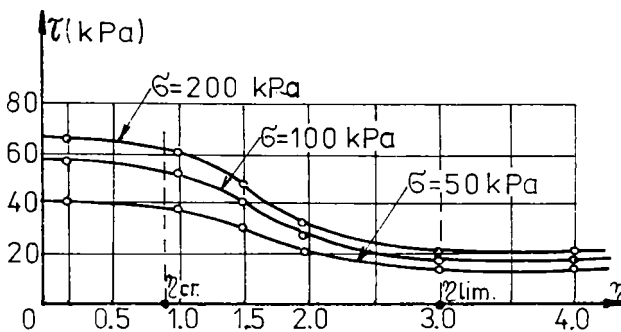


Fig. 1.8. Variația $\tau_d = f(\eta)$ pentru argilă grasă cu umiditate $w \cong 0,5 w_L$ [23]

La umidități apropiate de limita de curgere (w_L), porțiunea orizontală a curbei de variație $\tau_d = f(\eta)$ dispare (fig. 1.9), ceea ce arată că vibrațiile de intensitate

foarte redusă sunt suficiente pentru slăbirea și distrugerea legăturilor structurale dintre particule.

De asemenea, s-a constatat că pentru o anumită valoare a presiunii normale (σ), caracterul dependenței dintre rezistența la forfecare dinamică a pământurilor argiloase și accelerația vibrațiilor, se modifică mult în funcție de starea de umiditate a pământului. Cu cât umiditatea este mai ridicată ca valoare, apropiindu-se de limita de curgere, cu atât curbele de variație $\tau_d = f(\eta)$, distincte în fig. 1.8, pentru diverse valori ale presiunii normale (σ), tind să se apropie și să se suprapună în final (fig. 1.9). Aceasta înseamnă că la umiditate ridicată frecarea devine foarte mică iar reducerea rezistenței la forfecare se produce prin micșorarea coeziunii sub influența vibrațiilor.

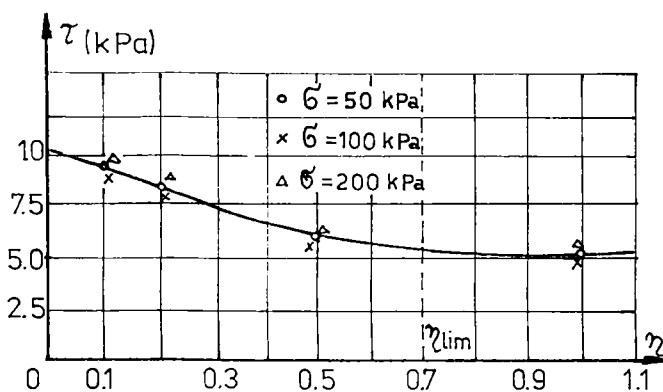


Fig. 1.9. Variația $\tau_d = f(\eta)$ pentru argilă grasă cu umiditatea $w \equiv 0,8w_L$ [23]

După Dima Gh. (1965) [23], Păunescu M. (1979) [51] și Savcenko I.A. (1958) [75], modul și proporția în care se modifică cei doi parametri ai rezistenței la forfecare (ϕ și c), în funcție de intensitatea vibrațiilor pentru stări diferite de umiditate, reies mai clar dacă se admite o dependență liniară a variației $\tau_d = f(\sigma)$ și se analizează dreptele intrinseci corespunzătoare forfecării dinamice la diferite regimuri de vibrații și umidități. Dreptele intrinseci corespunzătoare forfecării dinamice la regimuri de vibrații cu accelerații reduse ($\eta < 1$) sunt foarte apropiate, atât ca ordonate cât și ca înclinare, de dreapta intrinsecă corespunzătoare forfecării statice (fig. 1.10), ceea ce arată că la vibrații slabe, influența acestora asupra modificării parametrilor ϕ și c , este neesențială. Dreptele intrinseci obținute pentru forfecări dinamice la regimuri de vibrații intense ca accelerație, sunt translatate și rotite față de dreapta intrinsecă corespunzătoare forfecării statice, indicând o micșorare atât a coeziunii cât și a unghiului de frecare interioară.

Unele cercetări au arătat că în cazul forfecării dinamice a pământurilor argiloase, influența vibrațiilor se resimte mai puțin asupra unghiului de frecare interioară și mai mult asupra coeziunii, care se poate reduce în unele situații cu peste 50 %, după Dima Gh. (1965) [23], Ermolaev N.N. (1968) [26] și Haida V. (1979)

[30], reducere care este funcție de accelerația vibrațiilor și de starea de umiditate a pământului. Pe de altă parte, cu cât umiditatea este mai ridicată, cu atât influența vibrațiilor asupra unghiului de frecare interioară este mai redusă (fig. 1.11), dreptele intrinseci corespunzătoare forfecării dinamice a unei argile grase cu umiditate apropiată de limita de curgere având aceeași înclinare ca și dreapta intrinsecă corespunzătoare forfecării statice, fiind doar translate față de aceasta.

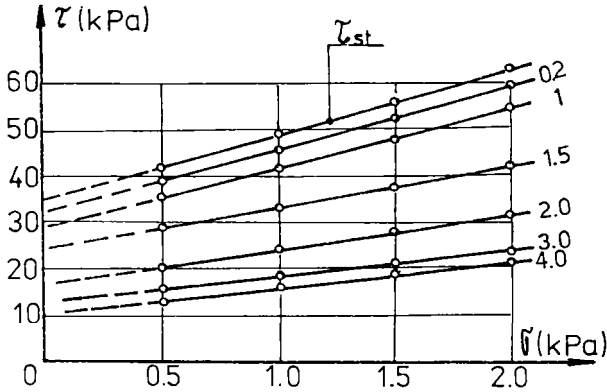


Fig. 1.10. Variația $\tau_d = f(\eta)$ pentru diverse valori ale accelerației vibrațiilor (η) pentru argilă grasă cu $w = 0,5w_L$ [23]

S-a constatat, de către Preobrajenskaia N.A. (1958) [75], că și ceilalți doi parametri ai vibrațiilor (frecvența și amplitudinea) au influență asupra rezistenței la forfecare, astfel că și în acest caz se produce o descreștere monotonă a rezistenței la forfecare a pământurilor argiloase pe măsura creșterii frecvenței, respectiv a amplitudinii vibrațiilor.

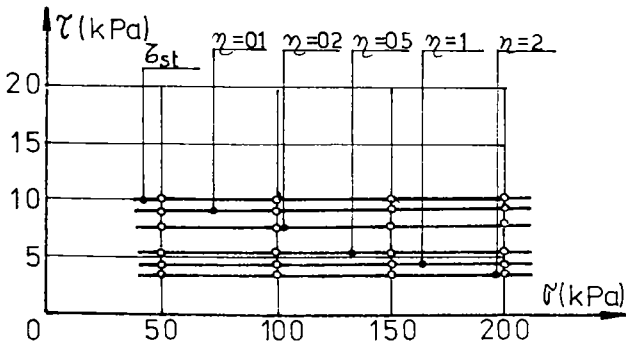


Fig. 1.11. Variația $\tau_d = f(\sigma)$ pentru diverse valori ale accelerației vibrațiilor (η) [26]

amplitudinii vibrațiilor, fără a preciza însă care este influența acestor parametri asupra celor două componente ale rezistenței la forfecare - frecarea interioară și coeziunea.

Alte încercări efectuate pe probe de argilă (fig. 1.16) arată de asemenea reducerea rezistenței la forfecare odată cu creșterea amplitudinii până la o anumită limită.

Conform celor menționate în acest paragraf, se poate sublinia faptul că datorită diferenței care există între pământurile argiloase și cele nisipoase, atât sub

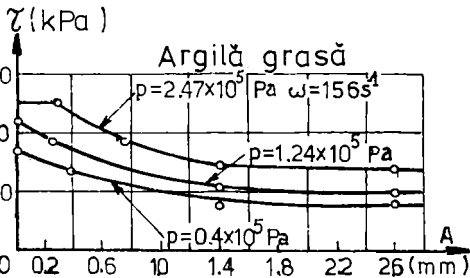


Fig. 1.15. Variația rezistenței la forfecare a argilei grase în funcție de amplitudinea vibrațiilor [51]

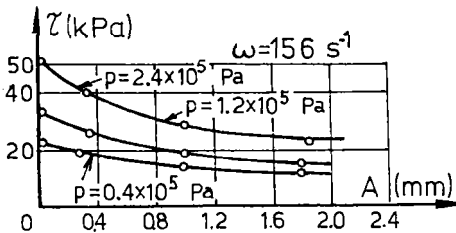


Fig. 1.16. Variația rezistenței la forfecare la argile nisipoase în funcție de amplitudinea vibrațiilor [51]

pământurilor argiloase, s-a tras concluzia că în problema folosirii tehnicii vibrării la executarea diverselor lucrări geotehnice și de fundații (vibroforare, înfigerea și extragerea diverselor elemente din pământ etc.), pentru această categorie de pământuri trebuie să se dea atenție creării unor instalații și tehnologii de lucru, bazate mai mult pe vibropercuții și mai puțin pe vibrații.

1.1.3. Influența vibrațiilor asupra compresibilității pământurilor

Pe lângă studiul rezistenței la forfecare a pământurilor coezive, cercetarea compresibilității pământurilor, în special a celor nisipoase supuse acțiunii vibrațiilor,

aspectul legăturilor structurale, cât și al interacțiunii dintre faza solidă și cea lichidă, pentru aceiași parametri ai vibrațiilor, influența acestora asupra modificării caracteristicilor de rezistență și de stabilitate este mai redusă la primele în comparație cu cele din urmă. În cazul pământurilor argiloase pentru distrugerea legăturilor structurale, după care începe reducerea rezistenței și stabilității, sunt necesare vibrații intense caracterizate prin accelerații, frecvențe și amplitudini mult mai mari ca valoare decât la nisipuri. Cu cât starea de consolidare și de consistență a pământurilor argiloase este mai ridicată, cu atât influența vibrațiilor, de o anumită intensitate, asupra proprietăților de rezistență și de stabilitate a acestora, se manifestă într-un grad mai redus.

Odată cu constatarea acestor aspecte, legate de influența acțiunilor dinamice (vibrații sau vibropercuții) asupra rezistenței la forfecare a

prezintă interes atât pentru evaluarea tasărilor construcțiilor fundate pe astfel de pământuri, asupra cărora pot să acționeze încărcări dinamice sub formă de vibrații, cât și pentru probleme de consolidare a terenurilor de fundare nisipoase prin anumite tehnologii bazate pe tehnica vibrării.

În urma unor încercări experimentale efectuate de Barkan D.D. (1949) [6] și Savinov O.A. (1960) [81], a rezultat că prin schimbarea amplitudinii sau a frecvenței în limitele unei valori constante a accelerației vibrațiilor, influența acestora asupra procesului de compactare se menține și ea constantă. Din acest motiv, în studiile și cercetările întreprinse în această direcție, în calitate de caracteristică principală a procesului de compactare prin vibrare a pământurilor nisipoase, s-a considerat tot accelerația relativă a vibrațiilor, respectiv raportul dintre accelerația vibrațiilor și accelerația gravitațională (η).

Barkan D.D. (1949) [6] arată că procesul de îndesare a unui nisip caracterizat de o porozitate inițială (e_0), sub acțiunea vibrațiilor, poate avea loc numai atunci când accelerația relativă a vibrațiilor depășește o anumită valoare minimă (η_0). Această valoare minimă a accelerației relative a vibrațiilor a fost denumită **prag al vibroîndesării** sau **prag al vibrocompactării**, iar în baza definiției date de Barkan, ea depinde numai de porozitatea inițială a materialului. În jurul unei surse de vibrații, îndesarea are loc numai în punctele în care accelerațiile relative η sunt mai mari sau cel puțin egale cu η_0 , adică într-o zonă delimitată de o suprafață de egală accelerație ($\eta = \eta_0$).

Cu toate că dependența $e = f(\eta)$ este neliniară, prin considerare în primă aproximație a unei dependențe liniare, Barkan stabilește expresiile matematice pentru curba de vibroîndesare, adică variația indicelui porilor e în funcție de accelerația relativă a vibrațiilor η și pentru suprafața care delimitează zona de vibroîndesare.

Dima Gh. (1965) [23], Taylor P.W. (1969) [98], Trofimenkov Iu. G. (1964) [101] și alți cercetători arată că atât definiția dată de Barkan pragului de vibroîndesare, cât și expresiile matematice deduse pentru curba de vibroîndesare și suprafața de delimitare a zonei de vibroîndesare au un domeniu de valabilitate limitat. Neluarea în seamă a variabilității pragului vibroîndesării η_0 în raport cu presiunea normală face ca domeniul de variabilitate a ecuației curbei de vibroîndesare să fie limitat doar la acele cazuri la care încărcarea exterioară lipsește, iar variația presiunii din sarcina geologică poate fi neglijată, ceea ce este posibil numai când grosimea stratului supus vibrațiilor este redusă. De asemenea, aceeași cauză conduce și la faptul că zona vibroîndesării apare ca fiind delimitată de o suprafață de egală accelerație. În realitate, nici porozitatea nisipului și nici presiunea normală nu sunt, în general, constante pe grosimea stratului. Acest lucru conduce la o modificare a valorii pragului vibroîndesării și, în consecință, nici definiția și nici expresia matematică dedusă de Barkan pentru suprafața care delimitează zona de vibroîndesare, nu exprimă limita reală a acestei zone.

Din studiul vibroîndesării pământurilor nisipoase, cu luarea în considerare a stărilor de eforturi din masiv, se pot rezuma următoarele concluzii principale:

- valoarea pragului vibroîndesării depinde de porozitatea inițială a nisipului, graficul dependenței $e = f(\eta)$ prezentând un palier până când accelerația relativă atinge valoarea η_0 , după care porozitatea începe să scadă (fig. 1.17);

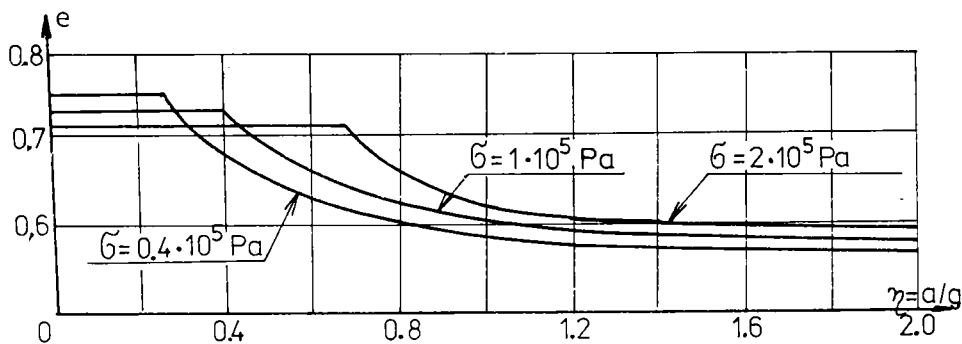


Fig. 1.17. Variația $e = f(\eta)$ pentru diverse valori ale presiunii normale (σ) [30]

- valoarea pragului de vibroîndesare depinde de mărimea presiunii normale aplicate pentru porozități aproximativ egale, în primă aproximație această dependență fiind liniară, mai ales pentru nisipuri de îndesare redusă, după Savinov O.A. (1979) [82];

- vibroîndesarea, corespunzătoare unei anumite presiuni normale de încărcare, practic rămâne constantă la o anumită valoare limită a accelerației relative a vibrațiilor η_{lim} ;

- pentru porozități inițiale aproximativ egale și accelerații relative $\eta > \eta_{lim}$, vibroîndesarea realizată este aproximativ aceeași pentru un domeniu relativ larg de valori ale presiunii normale.

Conform celor prezentate mai sus, rezultă că valoarea minimă a accelerației relative a vibrațiilor, respectiv **pragul de vibroîndesare** de la care începe procesul de îndesare a unui pământ necoeziv, depinde nu numai de porozitatea inițială e_0 , ci și de starea de eforturi la care este supus pământul respectiv, adică presiunea normală (σ). Astfel, definiția completă a noțiunii de prag al vibroîndesării se poate enunța ca: **accelerația relativă minimă a vibrațiilor η_0 pentru care un pământ necoeziv începe să se îndese, în condițiile unei încărcări determinate.**

Se poate menționa faptul că în literatura de specialitate se studiază în general în mod separat modificarea rezistenței la forfecare și procesul de compactare, sub acțiunea vibrațiilor. Cele două aspecte sunt însă interdependente și se condiționează reciproc în cazul pământurilor necoezive, deoarece reducerea frecărilor interioare sub acțiunea vibrațiilor permite îndesarea sub acțiunea greutății proprii și a presiunii de încărcare exterioară σ , iar această îndesare la rândul său conduce la sporirea ulterioară a frecării dintre fragmente, fenomenele fiind legate între ele, și separarea lor în mod artificial nefiind indicată.

Savinov O.A. (1960) [81] sesizează foarte bine un alt aspect critic, și anume că în cazul pământurilor nisipoase supuse acțiunii vibrațiilor, terminologiile de **compresibilitate dinamică** sau **proprietăți vibrocompresionale** sunt mai puțin

potrivite, mai corecți fiind termenii de **compactabilitate** sau **îndesarea** pământurilor nisipoase sub acțiunea vibrațiilor.

În ultimul timp, pentru studiul proprietăților dinamice de rezistență și de stabilitate ale pământurilor, în special al rezistenței la compresiune dinamică, s-au folosit în special metode și tehnici de cercetare bazate pe aplicarea acțiunii dinamice sub formă de impulsuri individuale de scurtă durată sau de serii limitate de impulsuri, așa cum au făcut: Casagrande A. (1948) [21], Johnson R.W. (1963) [36], Kawakami F. (1965) [37], Miladinov D.V. (1970) [46], Olson R.F. (1965) [47], Seed B.H. (1966) [86], Taylor P.W. (1969) [98] sau Whitman R.W. (1962) [106]. În principiu, acestea constau în studiul rezistenței la compresiune în funcție de viteza sau de ritmul de încărcare sub formă de impulsuri, încercările efectuându-se în diverse aparate de tip monoaxial și în special de tip triaxial.

Casagrande și Schanor (1948) [21] au efectuat o serie de încercări monoaxiale și triaxiale pe argile de diferite consistențe, la care durata minimă de încărcare sub formă de impulsuri individuale a fost de 0,01 sec, pentru a studia proprietățile dinamice ale pământurilor, la încărcări statice și dinamice asemănătoare cu prima undă a tensiunilor provocate de explozii. În urma cercetărilor efectuate, a rezultat că rezistența la compresiune dinamică a pământurilor, pentru o durată a încărcării de 0,02 sec., este mai mare decât rezistența la compresiune statică (corespunzătoare unei perioade de încărcare de 10 minute). La argile slabe (slab consolidate), valoarea rezistenței la compresiune dinamică depășea aproape de două ori pe cea statică. Cu cât pământul argilos analizat era mai rezistent (mai compact), această depășire scădea ca valoare, iar la nisipuri depășirea a fost doar de 10 %.

După încercări asemănătoare, Whitman R. V. (1962) [106] constată că la nisipuri uscate și umede, prin micșorarea timpului de încărcare de la câteva secunde la 0,05 sec., rezistența la compresiune dinamică crește în proporție doar de 10...15 %. Micșorarea ulterioară a timpului de încărcare până la 0,005 sec., practic nu a dus la o modificare esențială a rezistenței la compresiune dinamică. S-a constatat de asemenea că la nisipuri saturate influența vitezei de încărcare asupra modificării rezistenței la compresiune dinamică este mai accentuată.

Alte cercetări întreprinse de Olson și Kane (1965) [47], privind studiul rezistenței la forfecare a argilelor încercate în aparate de compresiune triaxială, la care durata încărcării sub formă de impulsuri ale diferenței tensiunilor principale a variat între 10 sec. și 0,003 sec., au confirmat concluziile expuse.

Pe baza celor prezentate mai sus, se poate sublinia că în studiul proprietăților de rezistență și de stabilitate a pământurilor supuse la acțiuni dinamice sub formă de vibrații și de impulsuri individuale de scurtă durată, rezultatele apar ca fiind contradictorii: **la acțiunea vibrațiilor se observă în general o reducere substanțială a rezistenței la forfecare, iar la acțiunea impulsurilor individuale de scurtă durată, odată cu creșterea vitezei de încărcare, se obține o majorare însemnată a rezistenței la compresiune, în comparație cu rezultatele încercărilor statice corespunzătoare.**

Necesitatea studiului proprietăților de deformabilitate a pământurilor supuse acțiunii unui număr mare de impulsuri de scurtă durată și de diferite intensități

apare în multe cazuri practice. Chiar dacă la acțiunea impulsului individual pământul poate să manifeste o rezistență sporită, în urma acțiunii impulsurilor ulterioare, în pământ pot să apară deformații suficiente pentru distrugerea structurii și micșorarea rezistenței sale, după Seed B.H. (1958) [86]. Datorită acestui fapt, o mare parte a cercetărilor efectuate de Johnson R.W. (1963) [36], Kawakami F. (1965) [37], Miladinov D.V. (1965) [46], Rahmatulin H.A. (1964) [76], Seed B.H. (1966) [86] și Taylor P.W. (1969) [98] se referă la studiul proprietăților de rezistență și de stabilitate a pământurilor coezive și necozive, supuse la acțiunea uneia sau mai multor serii limitate de impulsuri de scurtă durată.

La încercările de compresibilitate dinamică, realizate prin cicluri repetate de încărcare-descărcare, după Krasnikov N. D. (1970) [39], în afară de natura și proprietățile fizice ale pământurilor, o influență hotărâtoare asupra deformațiilor o are viteza de încărcare (fig. 1.18). Din studiul diagramelor de variație a deformației specifice în funcție de tensiunea verticală a unei probe de argilă prăfoasă, supusă la

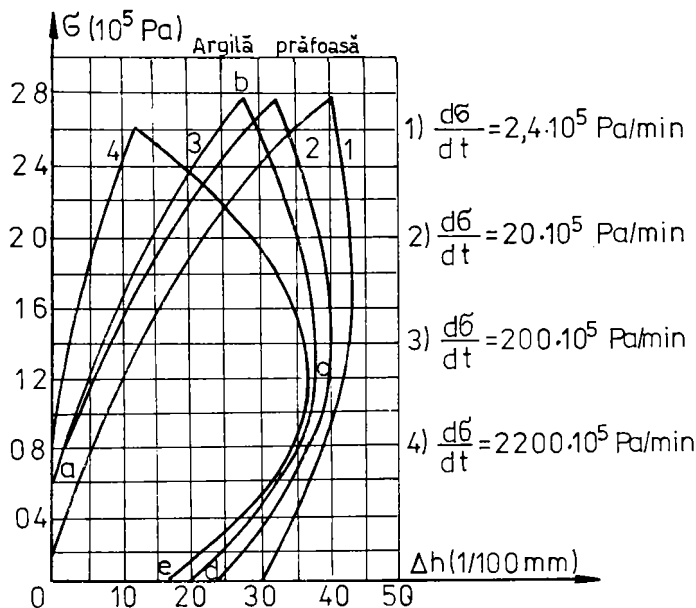


Fig. 1.18. Diagramele de variație a deformației specifice funcție de tensiunea verticală [39]

compresiune axială cu deformație laterală împiedicată, pentru diferite valori ale vitezei de încărcare, rezultă că prin mărirea vitezei de încărcare se produce o micșorare a deformațiilor pământului, care în cazul analizat sunt mai pronunțate pentru valori ale vitezei de încărcare care nu depășesc $2,5 \times 10^5 \text{ Pa/min}$. De asemenea, se observă că micșorarea deformației totale, odată cu mărirea vitezei de încărcare, se realizează în general pe seama reducerii deformației neelastice, în timp ce deformația elastică se păstrează aproape neschimbată.

Prin studii și încercări similare, Haret R. (1972) [32] ajunge la concluzia că proprietățile de deformabilitate ale pământurilor coezive depind în mod pronunțat de viteza de încărcare-descărcare, dacă mărimea acesteia se încadrează în intervalul $0,1 \times 10^5 \dots (20 \dots 30) \times 10^5$ Pa/min. Pentru valori situate în afara acestui domeniu, proprietățile de deformabilitate ale multor varietăți de pământuri argiloase sunt puțin dependente de viteza de schimbare a stării de eforturi din pământ.

Deși volumul de rezultate oferit de literatura de specialitate este destul de mare, generalizarea unor concluzii certe privind aspectul cantitativ al modificării rezistenței la compresiune dinamică în comparație cu cea statică, atunci când acțiunea dinamică este aplicată sub formă de impulsuri, este încă dificilă. Aceasta, în mare parte din cauză că există un domeniu de variație destul de mare a rezultatelor obținute de diverși autori, uneori chiar și contradictorii. Se poate sublinia doar că, în general, în cazul pământurilor argiloase tinere la care pot apărea și fenomene de tixotropie, rezistența la compresiune dinamică corespunzătoare încărcării cu serii de impulsuri de scurtă durată, este mai mică decât cea statică [46], [86]. La pământurile coezive bine consolidate, rezistența la compresiune dinamică este apropiată ca valoare de cea statică, diferența variind între 5...20 % [46].

Ca o concluzie generală, sub aspect calitativ, se poate menționa că **proprietățile de rezistență și de stabilitate** ale pământurilor supuse la serii limitate de impulsuri de scurtă durată, **sunt funcție de tipul pământului, de starea fizică a acestuia, de intensitatea acțiunii, de durata unui ciclu și de numărul de impulsuri.** Din acest motiv, este necesar ca aprecierea acțiunii impulsurilor repetate asupra proprietăților diverselor pământuri să se facă pentru fiecare caz concret, prin cercetări experimentale speciale, de laborator sau de teren.

1.2. DOMENIILE DE FOLOSIRE A TEHNICII VIBRĂRII LA LUCRĂRILE DE GEOTEHNICĂ ȘI FUNDAȚII

Influența vibrațiilor asupra modificării unor caracteristici fizice și mecanice ale pământului, stabilită în urma rezultatelor, studiilor și cercetărilor privind comportarea pământurilor la acțiuni dinamice sub formă de vibrații, a permis ca tehnica vibrării să fie folosită din ce în ce mai mult la rezolvarea unor probleme de geotehnică și fundații cu bune rezultate tehnice și economice. Din categoria acestor probleme se pot menționa: înfigerea și extragerea palplanșelor, înfigerea piloților și coloanelor, **executarea de foraje geotehnice și a forajelor orizontale pentru subtraversarea cu conducte sau cabluri a căilor de comunicații**, executarea piloților și fundațiilor ștanțate la fața locului, consolidarea terenurilor de fundare etc. [60]; [61].

Cercetătorii sovietici, dintre care se menționează Barkan D.D. (1965) [4], au meritul începerii studiului, cercetării, dezvoltării și aplicării tehnicii vibrării ca metodă de lucru pentru înfigerea în teren și extragerea

diverselor elemente, pentru că încă din anii 1930 făceau primele încercări de laborator asupra introducerii și extragerii cu ajutorul vibrațiilor unidireționale în lungul axei elementului. Încă din anul 1949 metoda vibrării a început să fie aplicată cu succes pe marile șantiere din fosta URSS.

Pe baza cercetărilor și lucrărilor ulterioare, efectuate atât de cercetători sovietici ca: Barkan D.D. (1965) [4], Efremov M.G. (1958) [25], Kușuli M. I. și Sleahin A. V. (1955) [41], Savinov O.A. (1960) [81], Preobrajenskaia N.A. (1958) [75], cât și de cercetători din alte țări ca: Eastwood W. (1955) [24], printre care și din țara noastră, ca: Păunescu M. (1962) [69] și Haida V. (1975) [31], teoriile de înfigere și extragere prin vibrație au fost corectate și îmbogățite cu noi elemente și relații de calcul, verificate și confirmate în practică.

Cercetările ulterioare s-au axat atât pe aspecte referitoare la fenomenele fizice caracteristice procesului de înfigere și de extragere prin vibrație, cât și pe cele legate de perfecționarea continuă a tehnologiilor de lucru și a utilajelor vibratoare necesare pentru realizarea tehnologiilor. Prin studiul unor aspecte cum ar fi: rezistența laterală și frontală a pământului în timpul înfigerii, forța de frecare la extragere, dependența vitezei și a adâncimii de înfigere de parametrii vibrațiilor și de natura pământului, s-au adus reale contribuții la definitivarea teoriei înfigerii și extragerii prin vibrație, plecându-se în general de la forma primară dată de Barkan. Pe de altă parte, volumul mare de date experimentale acumulate a permis stabilirea unor corelații de legătură între parametrii utilajelor vibratoare și natura pământului, respectiv caracteristicile geometrice ale elementelor, folosite cu succes în practica de proiectare și de execuție a acestor utilaje.

Datorită acestor cercetări și a concluziilor desprinse, astăzi folosirea tehnicii vibrării pentru înfigerea și smulgerea palplanșelor, înfigerea piloților și coloanelor este larg răspândită într-un număr mare de țări ale lumii, obținându-se performanțe tehnice și economice mult superioare față de procedeele clasice.

Odată cu aplicarea în producție a tehnologiilor de înfigere a piloților și coloanelor prin vibrație au continuat și cercetările, care în prezent sunt îndreptate în mare parte spre stabilirea unor metode de calcul al capacității portante a elementelor introduse în teren prin vibrație, printre care se amintesc cele efectuate de Păunescu M. (1986) [65], Schein T. (1980) [83], Vasiloni N. (1980) [103].

O largă aplicabilitate și-a găsit tehnica vibrării în domeniul lucrărilor de compactare, în special a pământurilor necoezive. Compactarea se bazează pe fenomenul de reaşezare a fragmentelor de nisip în prezența vibrațiilor.

Din studiile și cercetările privind compactarea de suprafață prin vibrație efectuate de Kirkham R.H. (1963) [39] și Lício Iu. M. (1972) [42], au rezultat unele concluzii utile aplicării în practică a acestui procedeu. Astfel, s-a constatat că gradul de îndesare crește continuu odată cu mărirea accelerației vibrațiilor, până la valori ale acesteia în jur de 4...6 g, după care se menține aproximativ constant. Prin sporirea presiunii statice, eficacitatea compactării prin vibrație crește. Cu creșterea adâncimii, respectiv a grosimii stratului, compactarea de suprafață prin vibrație scade, motiv pentru care această metodă este eficientă pentru straturi de până la 1...1,50 m. De asemenea, această metodă este rațională și eficientă numai pentru pământuri necoezive și slab coezive, al căror conținut de argilă nu depășește 5...6 %.

Tehnica vibrării se folosește de asemenea, cu succes, la compactarea de adâncime a terenurilor de fundare alcătuite din nisipuri afânate și saturate sau din diverse umpluturi artificiale. Pentru aceasta se folosesc o serie de procedee bazate pe tehnica vibrării, cum ar fi: coloane de nisip sau de balast executate prin vibrație, compactarea prin explozii, vibroflotația, vibroînțeparea etc., lucrări executate de Barkan D.D. (1959) [5], Haida V. (1979) [30], Lobasov B.P. (1961) [43], Păunescu M. (1966) [64], Takashi W. (1963) [96]. Concluziile care rezultă din studiul bibliografiei în ceea ce privește compactarea de adâncime sunt:

- gradul de îndesare este influențat în cea mai mare măsură de viteza de extragere a echipamentului de lucru, recomandându-se o viteză de 30 cm/min, după o vibrație în adâncime timp de 4...5 minute;

- efectul compactării scade cantitativ cu creșterea gradului de îndesare inițial, creșterea medie a gradului final fiind de 60..75 % pentru nisip afânat și de 25...40 % pentru nisip cu îndesare mijlocie, ajungându-se în final la grade de îndesare cu valori apropiate;

- compactarea crește în adâncime, fiind mai redusă pentru zona de suprafață, motiv pentru care se recomandă realizarea unei presiuni statice de suprafață, fie prin montarea unei plăci rigide la partea superioară a instalației, fie prin crearea unei presiuni geologice prin prezența unui strat la suprafață a cărui compactare nu interesează.

Un domeniu relativ nou de folosire a tehnicii vibrării este cel al executării fundațiilor prin ștanțare de mică sau de mare adâncime, abordate de Boldurean P. (1995) [20], Păunescu M. (1986) [65] și alții. Fundațiile ștanțate se execută în gropi realizate prin îndesarea pământului în adâncime și în lateral sub acțiunea vibrațiilor, a vibropercuțiilor sau prin căderi repetate ale unui mai, urmată de turnarea directă a betonului sau montarea fundației prefabricate. Gropile se ștanțează cu un echipament de formă tronconică sau trunchi de piramidă cu baza mare la partea superioară, confecționat din metal sau beton.

Un alt domeniu important de folosire a tehnicii vibrării este cel al vibroforării pământului, pentru diverse scopuri, care va fi prezentat mai în detaliu în capitolul 2 al acestei lucrări.

1.3. DESPRE GENERATOARELE DE VIBRAȚII ȘI CONSIDERAȚII LEGATE DE ÎNFIGERE ȘI SMULGERE

1.3.1. Tipuri de generatoare de vibrații

Pământul, ca suport al fundațiilor, prezintă anumite caracteristici fizico-mecanice, care, interpretate și corelate, dau mărimea solicitărilor statice la care poate fi supus ca teren de fundare. Solicitățile transmise terenului de fundare nu sunt întotdeauna statice ci, de foarte multe ori, sunt acțiuni dinamice provenite din vibrații, șocuri seismice, trepidații de circulație, explozii etc., acțiuni care modifică uneori radical, calitativ și cantitativ, proprietățile și caracteristicile fizico-mecanice ale pământului așa cum s-a văzut în subcapitolul anterior.

Analizându-se efectele vibrațiilor asupra terenului de fundare, s-au creat utilaje și tehnologii de execuție a unor lucrări de fundații care folosesc efectele vibrațiilor sau vibropercuțiile pentru realizarea unor lucrări de consolidare, Arimas R.A. (1968) [1], Barkan D.D. (1959) [5], de cercetare a terenului de fundare, Olson R.F. (1965) [47], Păunescu M. (1979) [51], precum și de fundații speciale sau de forare, Păunescu M. (1978) [56], Silaș Gh. (1964) [88]).

Principiul metodei vibroînfigerii elementelor în pământ constă în introducerea acestora în prezența vibrațiilor sau a vibropercuțiilor generate de un vibromecanism montat la partea superioară a elementelor. În continuare se vor explica fenomenele fizice ale înfigerii elementelor în pământ prin vibrare sau prin vibropercuții.

În cazul vibrațiilor pure, înfigerea elementului are loc prin acțiunea unei forțe constante, dată de masa elementului și masa vibrogeneratorului, peste care se suprapune o forță suplimentară neinerțială, dacă aceasta există. Prezența vibrațiilor contribuie doar la reducerea rezistenței opuse de pământ la înfigerea elementului, rezistență care se manifestă atât pe suprafața laterală cât și frontal, adică pe secțiunea transversală a elementului de înfipt. În legătură cu reducerea rezistenței laterale datorită acțiunii vibrațiilor, se disting două fenomene.

Primul dintre aceste fenomene se referă la reducerea frecării dintre cele două medii care vin în contact, datorită mișcării vibratorii a elementului care se înfige sau se extrage, mișcare în care sunt antrenate și particule de pământ din imediata vecinătate a suprafeței laterale a elementului (fig.1.19), după Torjescu S. [100]. Asupra punctului material M de masă m se consideră că acționează o forță statică constantă Q , a cărei mărime fiind superioară forței de frecare, provoacă mișcarea punctului M cu o viteză \dot{u} . Pe de altă parte, punctul M este supus unei mișcări vibratorii de viteză v_d , care poate fi coliniară cu \dot{u} , sau decalată cu un unghi, în care caz viteza absolută va fi v , iar în sens invers ei apare forța de frecare F . Aceasta se descompune în componentele F_1 și F_2 după direcțiile vitezelor \dot{u} și \dot{u}_d .

Dacă legea de variație a modului vitezei oscilațiilor este de forma:

$$v_d = v_0 \sin \omega t,$$

unde ω este viteza unghiulară de rotație a excentricilor vibrogeneratorului, atunci
 vi z m și pu a ț ne nei
 forțe statice

$Q < F$, se poate exprima după Rebrik B.M. (1974) [77], cu relația:

$$V_{\text{med}} = \frac{2V_0 Q^2}{F^2 - Q^2} \sqrt{\cos^2 \varphi + \frac{F^2 - Q^2}{Q^2}} \quad (1.11)$$

În cazul în care direcția oscilațiilor coincide cu direcția de acțiune a forței statice Q , adică $\varphi = 0$, relația de mai sus devine:

$$V_{\text{med}} = \frac{2V_0 Q F}{F^2 - Q^2} \quad (1.12)$$

Este deci de reținut faptul că **rolul mecanismelor vibratoare în procesul de înfigere constă în reducerea rezistenței laterale de frecare dintre element și pământ**, ceea ce face posibilă înfigerea cu o forță mai mică decât frecarea.

Al doilea fenomen provocat de vibrații, care de asemenea contribuie la micșorarea rezistenței laterale în procesul înfrierii sau extragerii, constă în modificarea proprietăților coloidale ale pământului în zona învecinată suprafeței laterale a elementului, în special la terenurile argiloase.

Pentru realizarea înfrierii sau smulgerii (extragerea elementelor din pământ) prin vibrație, acestea vor fi acționate după mai multe scheme de către generatoare de vibrații, numite vibrogeneratoare (fig. 1.20), așa după cum sunt prezentate de Păunescu M. (1979) [51] și Silaș Gh. (1962) [87].

Dacă **vibrogeneratorul este fixat rigid de elementul care se înfige** (fig. 1.20.a), se creează posibilitatea unei mișcări concomitente a vibratorului cu elementul de înfript. Această schemă este frecvent folosită în practică deoarece imprimă elementului o mișcare oscilatorie unidirecțională, în lungul axei sale. Această schemă de funcționare este indicată pentru înfrieră piloților și palplanselor în pământuri nisipoase sau slab consolidate, dar prezintă dezavantajul că uzează rapid motorul de antrenare a vibratorului.

În fig. 1.20.b, **vibratorul este fixat rigid de elementul care se înfige iar pe el se așează**, prin intermediul unor arcuri, o **încărcare suplimentară**. Elasticitatea arcurilor este astfel aleasă încât amplitudinea mișcării încărcării suplimentare să fie cu mult mai mică decât amplitudinea de oscilație a elementului care se înfige. Prin această schemă constructivă se asigură posibilitatea obținerii unor amplitudini de oscilație a elementelor de înfript mari și în același timp o presiune ridicată pe secțiunea transversală a acestora, ceea ce contribuie la obținerea unor

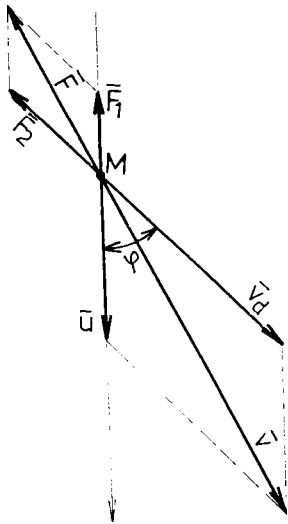


Fig. 1.19. Schema de calcul a vitezei [100]

adâncimi și viteze de înfigere sporite. Prin montarea motorului de antrenare pe placa superioară, aceasta fiind supusă unui regim mai redus de vibrații, se asigură o funcționare mai îndelungată a motorului.

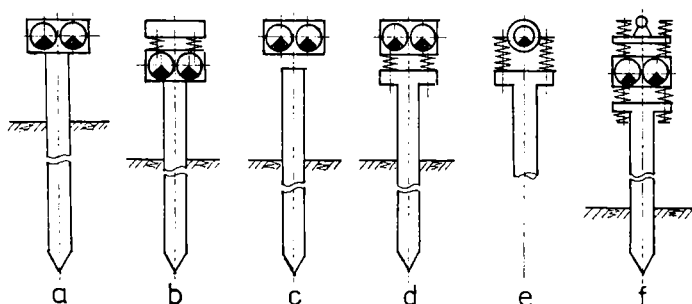


Fig. 1.20. Schema de funcționare a vibrogeneratorelor [51]

În fig. 1.20.c vibratorul este așezat liber pe pilot. Mișcarea generatorului de vibrații, dacă amplitudinea forței de oscilație depășește greutatea lui proprie, se compune din cicluri, fiecare ciclu reprezentând un salt care începe cu desprinderea vibratorului de pe pilot și se termină cu lovirea acestuia, ceea ce conduce la înfigerea pilotului sub efectul percuțiilor.

Schema 1.20.d diferă de precedenta prin faptul că vibratorul este legat prin intermediul unor arcuri de capul pilotului, după Teitlin I.A. (1972) [99]. În funcție de parametrii vibratorului, rigiditatea arcurilor, mărimea spațiului dintre cap și vibrator și rezistența terenului, montajul poate funcționa atât ca sonetă cât și ca vibrator.

În schema 1.20.e se prezintă același montaj dar vibratorul are un singur ax. Datorită arcurilor, vibratorul funcționează ca unul dirijat fără să dea naștere la vibrații transversale, păstrând aceleași avantaje și dezavantaje ca și cel din schema d. Schemele d și e nu permit montarea unor greutateți suplimentare, independente de vibrogenerator.

Pentru a face posibilă montarea unor greutateți suplimentare, s-au construit vibrogeneratoare care funcționează conform schemei f, după Păunescu M. (1966) [68]. În această schemă motorul este fixat elastic pe o placă pe care se pot monta și greutateți suplimentare, neluând astfel parte efectivă la procesul de vibropercuție, proces care se realizează prin intermediul unei piese speciale. Acest tip de montaj contribuie la mărirea duratei de funcționare a motorului.

Vibratoarele folosite la înfigerea și smulgerea elementelor au ca principiu de producere a forței perturbatoare, rotirea în sens contrar a unor perechi de discuri cu mase excentrice, astfel încât printr-o sincronizare perfectă, componentele verticale ale forței centrifuge se vor însuma, iar cele orizontale se vor anula (fig. 1.21). Se obține în acest fel o forță perturbatoare după direcția verticală P a cărei amplitudine maximă F_{max} reprezintă suma tuturor componentelor verticale.

Din cele menționate mai sus, rezultă că se folosesc în principiu trei tipuri

de vibro-generatore: vibratoare, vibro-percutoare cu forță de restabilire în arcă (cu arcuri) și vibropercutoare cu forță de restabilire constantă (fără arcuri).

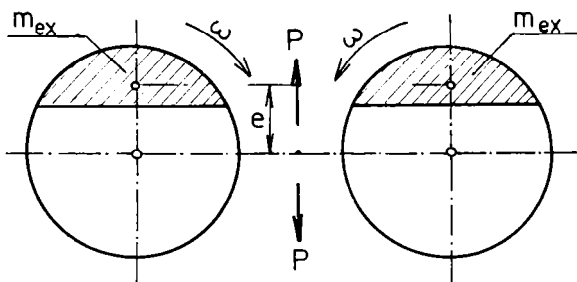


Fig. 1.21. Principiul de producere a forței perturbatoare [68]

1.3.1.1. Vibratoare

Vibratorul mecanic simplu, legat solidar de elementul care se înfinge sau se extrage, are o

schemă funcțională de principiu și un model dinamic care se prezintă în fig. 1.22. Forța perturbatoare de oscilație a vibratorului, ca rezultantă a componentelor verticale ale forței centrifuge generate de masele excentrice în rotație, variază în funcție de timp după o lege sinusoidală de forma:

$$P = F_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (1.13)$$

unde: F_{\max} - amplitudinea maximă a forței perturbatoare, care se poate exprima prin formula:

$$F_{\max} = m_{\text{ex}} e_x \omega^2 \quad (1.14)$$

unde: ω - viteza unghiulară de rotație a maselor excentrice;
 t - timpul;
 φ_0 - faza inițială;
 e_x - excentricitatea;
 m_{ex} - masa excentrică în rotație.

Conform modelului dinamic adoptat, ecuația diferențială liniară a mișcării poate fi scrisă, după Bârsan G. M. (1979) [8], astfel:

$$m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + cx = F_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (1.15)$$

unde: m - masa de oscilație;
 α - coeficient de rezistență a sistemului;
 c - coeficient de rigiditate a sistemului.

Dacă se consideră faza inițială egală cu zero și prin introducerea mărimilor:

$n = \alpha/2m$ - coeficient de amortizare;
 $k = c/m$ - frecvența unghiulară a oscilațiilor (vibrațiilor) neamortizate;
 $f_{\max} = F_{\max}/m$ - amplitudinea redusă a forței perturbatoare,

ecuația diferențială (1.15) se poate scrie sub o formă transformată:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + k^2x = f_{\max}\sin\omega t \quad (1.16)$$

Rezolvarea acestei ecuații conduce la o soluție generală de forma:

$$x = e^{-nt}(C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t) + \frac{f_{\max}}{(k^2 - \omega^2) + 4n^2\omega^2} \sin(\omega t - \alpha_0) \quad (1.17)$$

unde: $k_1 = \sqrt{k^2 - n^2}$.

Primul termen al soluției generale (1.17) corespunde oscilațiilor (vibrațiilor) libere amortizate, care după un interval de timp se pot neglija, considerând că sistemul efectuează doar oscilații forțate (întreținute), evidențiate de termenul al doilea și care pot fi exprimate printr-o ecuație de forma:

$$x = A \sin(\omega t - \alpha_0) \quad (1.18)$$

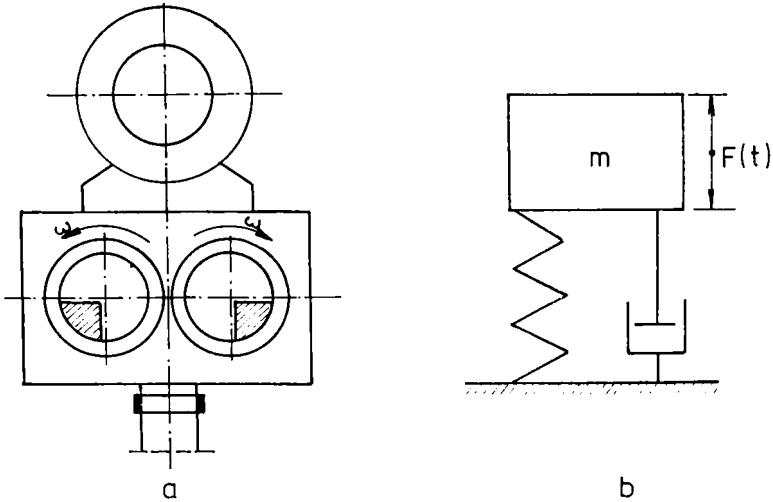


Fig. 1.22. Schema funcțională și modelul dinamic simplificat al vibratorului [30]

unde: A - amplitudinea oscilațiilor, care conform (1.17) are valoarea:

$$A = f_{\max}/(k^2 - \omega^2) + 4n^2\omega^2 \quad (1.19)$$

α_0 - decalajul de fază a oscilațiilor (vibrațiilor) în raport cu faza forței perturbatoare (de întreținere), a cărei mărime poate fi determinată cu formula:

$$\operatorname{tg}\alpha_0 = 2n\omega/(k^2 - \omega^2) \quad (1.20)$$

Prin observarea relațiilor (1.17) și (1.18), se poate concluziona că oscilațiile forțate (întreținute) ale sistemului linear analizat se produc întotdeauna cu

frecvența forței perturbatoare și că amplitudinea acestora nu depinde de condițiile inițiale de timp.

Prin anularea derivatei de ordinul întâi, respectiv prin considerarea expresiilor de explicitare a mărimilor f_{\max} și F_{\max} , se poate ajunge la determinarea valorii lui ω , pentru care amplitudinea oscilațiilor (A) este maximă:

$$\omega^2 = \frac{k^4}{k^2 - 2n^2} \quad (1.21)$$

În cazul când $\omega \gg k$, amplitudinea tinde către valoarea sa maximă, putând fi determinată cu destulă aproximație cu formula:

$$A_{\max} = \frac{m_{ex} e_x}{m} = \frac{G_{ex} e_x}{G} \quad (1.22)$$

unde: $G_{ex} e_x$ - momentul static dat de masele excentrice;

G - rezultanta maselor proprii ale tuturor elementelor antrenate în oscilații.

Formula (1.21) se poate folosi pentru calculul orientativ al mărimii oscilațiilor (vibrațiilor) vibrogeneratoarelor nepercutante (vibratoare), gradul de precizie fiind cu atât mai mare cu cât condițiile de funcționare a sistemului sunt mai îndepărtate de zona rezonanței ($\omega = k$).

Viteza oscilațiilor se poate obține prin simpla derivare a ecuației (1.18) în funcție de t . Pentru cazul când $n = 0$ și $k = 0$ prin derivare și considerarea expresiei (1.19), se ajunge la următoarea relație generală pentru viteza oscilațiilor:

$$v = \frac{f_{\max}}{\omega} \cos(\omega t - \alpha_0) \quad (1.23)$$

Parametrii de bază ai vibratoarelor sunt: momentul static al maselor excentrice, viteza unghiulară de rotație a maselor excentrice, amplitudinea forței perturbatoare, masa vibratorului, amplitudinea oscilațiilor (vibrațiilor), energia consumată de motorul de antrenare a vibratorului.

În practică, folosirea relațiilor teoretice pentru determinarea tuturor parametrilor vibratoarelor destinate vibroforării, în funcție de viteza de vibroforare, adâncimea forajului și proprietățile de rezistență ale pământului, este destul de dificilă, ceea ce face ca o parte dintre parametri (momentul static al maselor excentrice, viteza unghiulară de rotație, masa vibratorului) să se aleagă pe baza experienței acumulate, iar ceilalți să se calculeze în mod orientativ cu formulele teoretice existente.

Amplitudinea forței perturbatoare poate fi calculată cu formula (1.14), iar pentru determinarea amplitudinii oscilațiilor se poate folosi relația:

$$A \approx \frac{G_{ex} e_x \alpha_\infty}{G + G_i} \quad (1.24)$$

unde: G_{ex} - greutatea excentricilor;

G - greutatea vibratorului;

G_i - greutatea echipamentului de vibroforare;

α_∞ - coeficient care ține seama de influența masei pământului antrenat în oscilații și care după datele obținute de Efremov M.G. (1958) [25], are valori de 0,70...0,84 pentru argile și argile nisipoase, de 0,85...0,90 pentru nisipuri argiloase și de 0,90...0,95 pentru nisipuri fine prăfoase.

Viteza maximă a oscilațiilor poate fi determinată cu formula:

$$v_{\max} = A\omega \quad (1.25)$$

iar puterea motorului de antrenare, în conformitate cu teoria liniară a oscilațiilor, se poate calcula cu relația:

$$W = \frac{\sum G}{g} n v_{\max}^2 \quad (1.26)$$

Pentru că formula (1.26) nu ține seama de pierderile de energie prin frecările din vibrator și din motorul de antrenare, care apar în procesul de oscilație, se recomandă ca valoarea puterii motorului calculată cu această relație, să fie majorată cu 20...25 %.

Alți autori recomandă ca puterea maximă a motorului să fie calculată cu relația:

$$W_{\max} = \frac{F_{\max}^2 \omega}{4(c - m\omega^2)} \quad (1.27)$$

unde: c - rigiditatea sistemului;

m - masa tuturor elementelor în oscilație.

Se recomandă ca în practică valoarea puterii motorului să se calculeze cu relația (1.26) și să se verifice cu relația (1.27).

1.3.1.2. Vibropercutoare cu forță de restabilire liniară (vibropercutoare cu arcuri)

Vibropercutoarele sunt mecanisme la care oscilațiile organului de lucru sunt însoțite de lovituri sub formă de ciocniri repetate în alt element al mecanismului sau într-un element extern (echipament), (fig. 1.23).

Pentru modelul dinamic adoptat, ecuația mișcării corespunzătoare intervalului dintre două loviri (ciocniri), poate fi scrisă, după Torjescu S. (1984) [100], sub forma:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} = F_{\max}\cos(\omega t + \varphi_0) \quad (1.28)$$

Considerând ca moment inițial momentul terminării lovirii, condițiile limită pentru începutul și sfârșitul mișcării între două lovituri consecutive sunt:

$$\begin{aligned}
 & \text{- pentru } t = 0; & x = -x_0; & x = Rv; \\
 & \text{- pentru } t = T_i; & x = x_0 & x = -v.
 \end{aligned} \tag{1.29}$$

unde: $T = 2\pi/\omega$ - perioada forței perturbatoare a vibropercutorului;
 v - mărimea absolută a vitezei masei percutante la începutul unei loviri;
 i - raportul dintre frecvența forței perturbatoare și frecvența loviturilor.

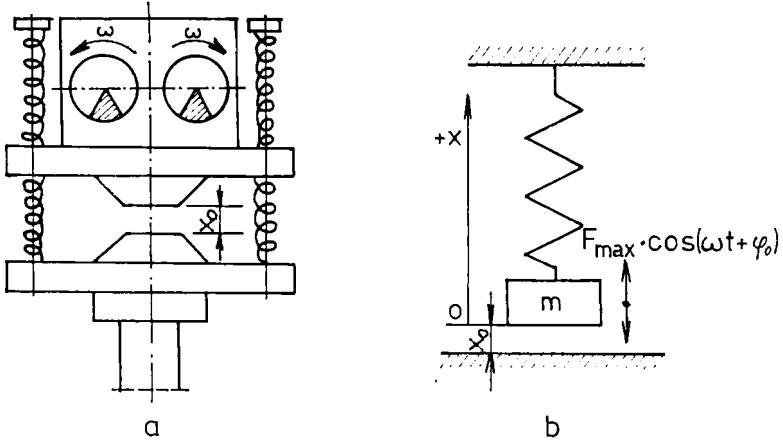


Fig. 1.23. Schema funcțională și modelul dinamic simplificat al unui vibropercutor cu arcuri [30]

Introducând mărimile adimensionale pentru deplasare și timp:

$$z = \frac{m\omega^2}{F_{\max}} x; \quad \tau = \omega t; \quad \frac{dz}{d\tau} = z'; \quad \text{ecuația 1.28 devine:}$$

$$z'' + \beta^2 z = \cos(\tau + \varphi_0) \tag{1.30}$$

iar condițiile (1.27) devin:

$$\begin{aligned}
 & \text{- pentru } \tau = 0, & z = \delta, & z' = Ru; \\
 & \text{- pentru } \tau = 2\pi i, & z = \delta, & z' = -u
 \end{aligned} \tag{1.31}$$

unde: $\beta = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{c}{m}}$ - raportul dintre frecvența vibrațiilor și viteza unghiulară de rotație a excentricilor;

$$u = \frac{vm\omega}{F_{\max}} \quad \text{- viteza adimensională a masei percutante înaintea lovirii;}$$

$$\delta = \frac{x_0 m \omega^2}{F_{\max}} \quad \text{- mărimea adimensională a jocului dintre piesele în ciocnire.}$$

Soluția generală a ecuației (1.28) poate fi scrisă sub forma:

$$z = A \cos(\beta\tau + \psi) - \frac{1}{1-\beta^2} \cos(\tau + \varphi_0) \quad (1.32)$$

din care, folosind condițiile (1.29), se obține un sistem a cărui rezolvare conduce la:

$$A = \frac{u(1+R)}{2\beta \sin \pi\beta i}; \quad \psi = -\pi\beta i; \quad \varphi_0 = \arcsin \left[-\frac{u(1-R)(1-\beta^2)}{2} \right]$$

$$u = \frac{2}{1-R} \cdot \frac{\beta f \sqrt{\frac{1+f^2}{(1-\beta^2)^2} - \beta^2}}{1+f^2} \quad (1.33)$$

unde pentru simplificarea relației s-a făcut notația:

$$f = \frac{1+R}{1-R} \cdot \frac{\operatorname{ctg} \pi\beta i}{\beta}$$

Funcționarea în regim optim a vibropercutorului se obține atunci când viteza de lovire este maximă. Punând condiția de maxim al funcției care dă mărimea vitezei, adică $\frac{du}{d\beta} = 0$, se poate determina mărimea optimă a jocului (δ_{opt}):

$$\delta_{\text{opt}} = \pm \frac{1+R}{1-R} \cdot \frac{\beta}{1-\beta^2} \operatorname{ctg} \pi\beta i \quad (1.34)$$

Viteza maximă de lovire rezultă:

$$V_{\text{max}} = \pm \frac{2\beta^2}{1-\beta^2} \cdot \frac{1}{1-R} \quad (1.35)$$

În cazul funcționării vibrogeneratorului în regim optim, cu jocul egal cu zero, mărimea absolută a vitezei părții percutante în momentul lovirii se poate exprima cu relația:

$$v = \frac{2G_{\text{ex}} e_x \omega}{mg(1-\beta^2)(1-R)} \quad (1.36)$$

unde: $\beta = \frac{1}{2i}$ - pentru regim optim și joc nul între ciocanul și nicovala vibropercutorului cu arcuri.

Valoarea limită a vitezei de lovire pentru care se asigură durabilitatea vibromecanismului este 2...2,5 m/sec. după Haida V. (1979) [30].

Parametrii principali ai unui vibropercutor cu arcuri sunt: viteza de lovire, frecvența loviturilor, mărimea ricoșeului părții de lovire și viteza unghiulară de rotire a maselor excentrice.

Reglarea acestor parametri în timpul funcționării vibropercutorului fiind dificilă, regimul de lucru trebuie astfel ales încât să aibă o dependență minimă de

condițiile exterioare, dând posibilitatea efectuării vibroforării fără schimbări esențiale ale parametrilor.

1.3.1.3. Vibropercutoare cu forță de restabilire constantă (vibropercutoare fără arcuri)

Ecuția diferențială a mișcării masei vibropercutante între două loviri consecutive pentru vibropercutoarele cu forță de restabilire constantă, a căror schemă funcțională de principiu și model dinamic se prezintă în fig. 1.24, poate fi

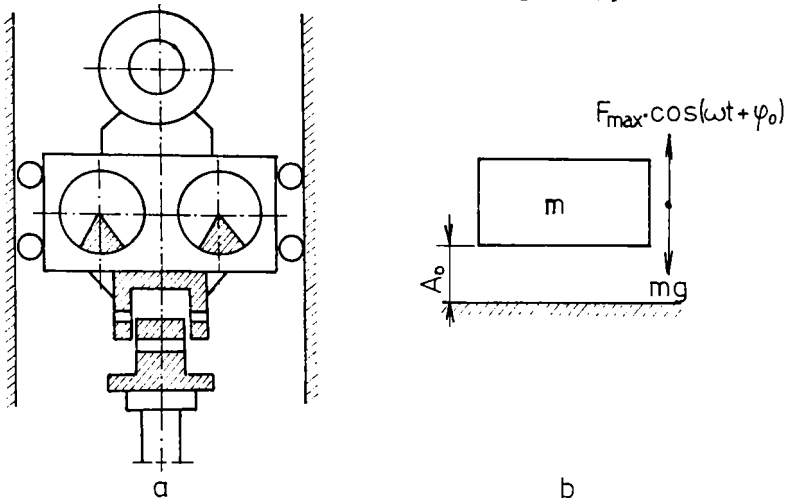


Fig. 1.24. Schema funcțională și modelul dinamic ale unui vibropercutor fără arcuri [30]

scrisă sub forma:

$$m\ddot{x} = F_{\max} \cos \omega t - mg \quad (1.37)$$

Prin introducerea mărimilor adimensionale și a notațiilor:

$$z = \frac{m\omega^2}{F_{\max}} x; \quad \tau = \omega t, p = \frac{mg}{F_{\max}} \quad \text{și} \quad \frac{dz}{d\tau} = \dot{z} \quad \text{se obține:}$$

$$\ddot{z} = \cos \tau - p \quad (1.38)$$

a cărei soluție generală poate fi exprimată astfel:

$$z = -\cos \tau - p \frac{\tau^2}{2} + c_1 \tau + c_2 \quad (1.39)$$

unde c_1 și c_2 sunt constante de integrare.

Datele inițiale de la care se pleacă în calculul vibropercutoarelor cu forță de restabilire constantă sunt: adâncimea și diametrul forajului, parametrii echipamentului de forare (masa totală) și proprietățile pământului. Se pornește de la stabilirea masei părții vibropercutante și de la alegerea vitezei unghiulare de rotație a excentricilor, astfel ca să se asigure o viteză de lovire impusă, pentru cazul cel mai defavorabil, când se face ipoteza că viteza oscilațiilor libere este egală cu zero.

Viteza de mișcare a părții vibropercutante în momentul lovirii se consideră că este formată din două componente: viteza căderii libere corespunzătoare distanței (A_0) dintre masa de lovire și elementul lovit, respectiv viteza oscilațiilor libere. Relația de calcul poate fi scrisă sub forma:

$$v = \sqrt{2gA_0} + A_{\omega} \sin \varphi \quad (1.40)$$

unde φ - decalajul de fază a excentricilor în momentul lovirii.

Din cele menționate mai sus rezultă unele concluzii de care trebuie să se țină seama la proiectarea vibrogeneratoarelor.

Amplitudinea A , depinzând de momentul static, trebuie să aibă o valoare optimă pentru ca înfigerea să se producă. Datorită faptului că și forța perturbatoare depinde liniar de **momentul static**, rezultă că acesta **este cel mai important parametru al generatorului de vibrații**. La un moment static constant, amplitudinea A nu se schimbă, indiferent de momentul de oscilație cu care lucrează vibratorul.

Amplitudinile mari și vitezele de oscilație mari sunt eficiente, dar pentru a menține forțe perturbatoare mari, este bine ca vibrogeneratoarele să aibă frecvențe mici și momente statice mari. Mărirea forței perturbatoare depinde de pătratul turației și, la modificarea frecvenței, forța perturbatoare atinge în scurt timp o valoare inadmisibil de mare, sau scade foarte mult, încât devine insuficientă pentru înfigere. De aceea, la vibrogeneratoarele la care frecvența se modifică în limite largi, trebuie să existe posibilitatea ca momentul static să fie uniform reglabil, astfel încât forța perturbatoare să aibă valori situate într-un domeniu bine definit. Pentru stăpânirea fenomenului înfîngerii elementelor în pământ cu ajutorul vibrațiilor, este necesar a se defini corect corelația dintre momentul static, turație, forță perturbatoare și amplitudine.

1.3.2. Influența caracteristicilor vibrogeneratorului asupra înfîngerii și smulgerii

Rezultatele unor încercări menționate în literatura de specialitate, efectuate de către Barkan D.D. (1959) [5] și Păunescu M. (1966) [68], pun în evidență o creștere liniară a adâncimii și a vitezei de înfigere în funcție de **amplitudinea de oscilație a elementului** (fig. 1.25). Din analiza graficului $h = f(A)$, rezultă că pentru $A = 1$ mm nu începe pătrunderea în teren, ceea ce înseamnă că nu s-a ajuns la amplitudinea de detașare. După depășirea valorii de 1,5 mm pentru amplitudine,

elementul începe să se înfigă, ajungând până la amplitudinea de 4 mm, la o adâncime de 3,50 m.

S-a constatat, tot experimental, că în cazul argilelor, pentru același element și aceiași parametri ai instalației (G și η), este nevoie de amplitudini de oscilație a elementului mai mari pentru a obține aceeași adâncime de înfigere, adică, pentru aceeași greutate a ansamblului element-vibrogenerator, este necesar ca **momentul excentricilor să fie mai mare**.

Pentru a ajunge la o anumită adâncime, amplitudinea de oscilație a elementului mai depinde și de **secțiunea transversală** a elementului. Astfel, pentru

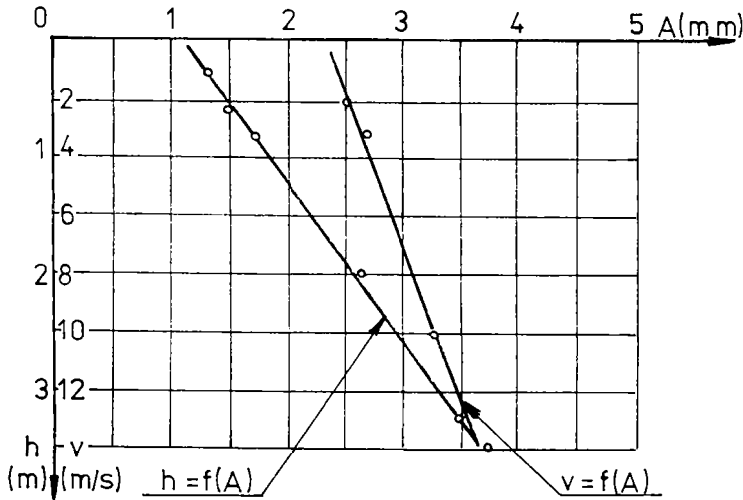


Fig. 1.25. Dependența adâncimii și a vitezei de înfigere de amplitudine [68]

înfigerea tuburilor metalice cu $D = 300 \text{ cm}^2$, în nisip argilos sunt necesare amplitudini de 7...8 mm, în nisip fin și mijlociu de îndesare medie de 5...7 mm, iar în pământuri argiloase slab consolidate de 8...9 mm.

De asemenea, adâncimea de înfigere și viteza sunt linear crescătoare cu creșterea **frecvenței de oscilație a elementului** (fig. 1.26). Graficele prezentate pun în evidență faptul că între creșterea frecvenței de oscilație a elementului pe de o parte, și adâncimea sau viteza de înfigere pe de altă parte, există o legătură liniară.

Studiile efectuate la înfigerea tuburilor metalice într-un nisip mijlociu saturat cu apă, cu o mare uniformitate granulometrică, arată că există o anumită valoare η_0 , pentru care practic elementul nu se mai înfige (fig. 1.27), aceasta fiind de aproximativ 2. Rezultă că pe intervalul $\eta_0 \cong (2...10)$, **adâncimea maximă de înfigere crește linear cu raportul dintre accelerația vibrațiilor și accelerația gravitațională**. După ce factorul η depășește valorile 9...10, se constată că adâncimea maximă de înfigere se menține aproape aceeași ca și pentru $\eta = 10$. Aceasta conduce la concluzia că adâncimea maximă de înfigere crește practic linear cu factorul η cuprins între 2 și 10, nejustificându-se sporirea acestuia peste valoarea 10, sporire care

conduce la un consum mai mare de energie pentru antrenarea vibrogeneratorului. Pe baza rezultatelor obținute, s-a stabilit relația de exprimare a adâncimii maxime de înfigere:

$$h_{\max} = i(\eta - \eta_0) \quad \text{pentru } \eta \leq 10 \quad (1.41)$$

unde: i - tangenta trigonometrică a unghiului făcut de segmentul care reprezintă dependența adâncimii maxime de înfigere de factorul η .

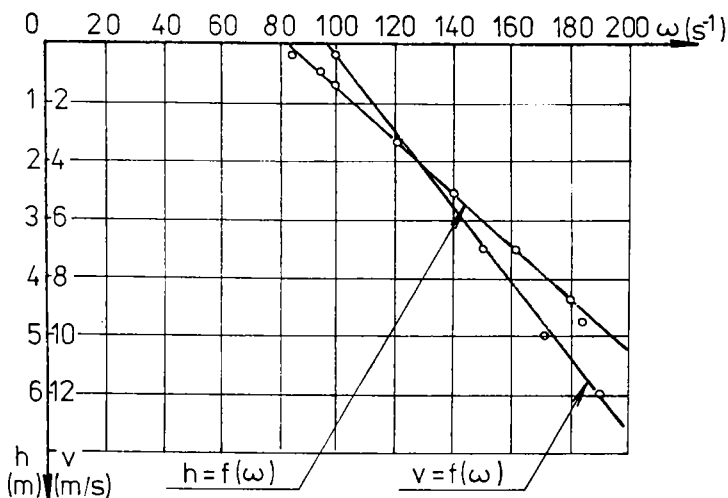


Fig. 1.26. Dependenta adâncimii și a vitezei de înfigere de frecvență [68]

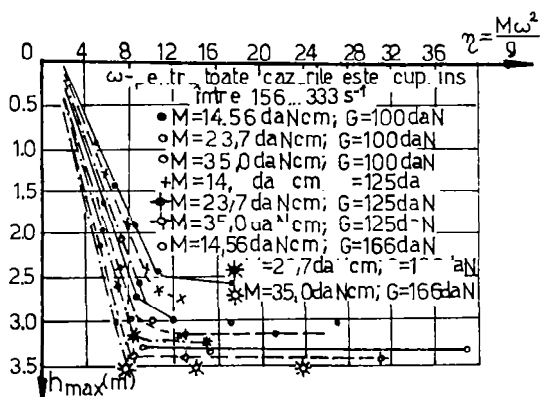


Fig. 1.27. Dependenta adâncimii de înfigere de raportul η [68]

Pe baza celor de mai sus, s-au făcut recomandări de către Păunescu M. (1966) [68], în ceea ce privește mărimea factorului η (tabelul 1.1).

Viteza și adâncimea limită de înfigere a elementului supus acțiunii vibrațiilor este funcție și de mărimea rezultatului forțelor exterioare, conform celor afirmate de Păunescu M. (1979) [51]. Raportând valoarea rezultantei forțelor exterioare (greutatea ansamblului element-vibrator) la suprafața secțiunii transversale a elementului se

Rezultatele obținute în urma unor încercări experimentale arată că pentru a se ajunge la adâncimea de 10,00 m, prin menținerea unui factor $\eta = 6$, a tuburilor metalice cu secțiunea transversală până la 300 cm², este necesar ca p să fie: 200...350 kPa pentru nisip fin și mijlociu cu îndesare medie și 300...400 kPa pentru pământuri argiloase slab consolidate.

Tabelul 1.1 Valorile η recomandate pentru proiectarea vibrogeneratoarelor

Adâncimea de înfigere h (m)	Elemente de înfipt	
	ușoare	grele
5...7	6...10	4...8
8...12	4...8	3...5

Adâncimea și viteza de înfigere depind și de **mărimea forței perturbatoare P_0** , dar numai până la valori $\eta \leq 10$. Admițând că amplitudinea de oscilație a elementului este $A \cong M/G$, înseamnă că:

$$P_0 = \frac{M\omega^2}{g} = \frac{A\omega^2 G}{g} = \eta G \quad (1.42)$$

unde: M - momentul static al greutății excentrice în raport cu axa de rotație;

ω - viteza unghiulară a excentricilor;

g - accelerația gravitațională;

A - amplitudinea de oscilație a elementului de lucru;

G - greutatea ansamblului element-vibrator;

η - factorul de creștere a forței perturbatoare.

Din această relație rezultă că, prin creșterea forței perturbatoare P_0 , va crește și factorul η .

Acțiunea simultană a doi factori, respectiv **creșterea concomitentă a lui P_0 (forța perturbatoare) și a greutății ansamblului vibrator-element de înfipt**, conduce la o creștere liniară a adâncimii și a vitezei de înfigere (fig. 1.28). Din analiza diagramelor rezultă că pentru creșterea adâncimii de înfigere sunt necesare creșteri concomitente ale mărimilor P_0 și G, dar în condițiile menținerii între limitele indicate mai sus.

Adâncimea și viteza de înfigere, pentru o instalație de înfigere prin vibrare lucrând la aceiași parametri și în aceleași condiții de pământ, variază în funcție de **secțiunea transversală a elementului de înfipt** (fig. 1.29). Din figură rezultă influența considerabilă a secțiunii transversale a elementului de înfipt asupra adâncimii și vitezei de înfigere, lucru care se explică și prin constatarea anterioară, unde se arată că este necesară o anumită presiune pe secțiunea transversală pentru a se atinge adâncimea necesară sau viteza dorită. Prin creșterea secțiunii, la o greutate a ansamblului menținută constantă, scade presiunea pe secțiunea transversală și în același timp adâncimea și viteza de înfigere, ceea ce impune condiția de creștere concomitentă a presiunii pe secțiunea transversală cu mărimea secțiunii transversale.

Viteza cu care elementul se înfige în pământ (cu excepția unor straturi uscate de la suprafață) este mult mai mare la suprafață și scade cu adâncimea de

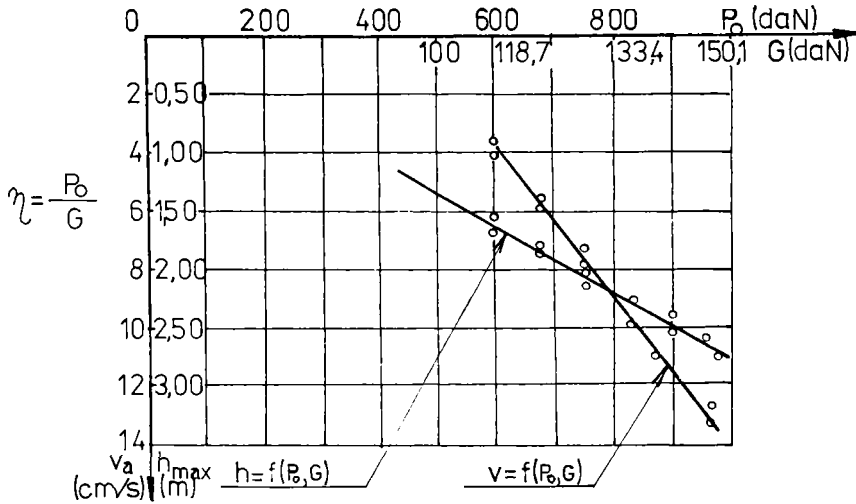


Fig. 1.28. Dependenta adâncimii și a vitezei de înfigere de forța perturbatoare și greutatea ansamblului [51]

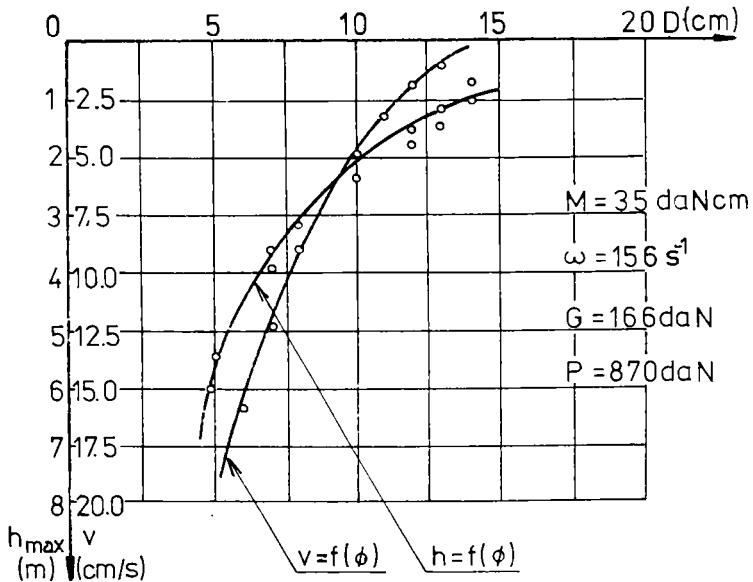
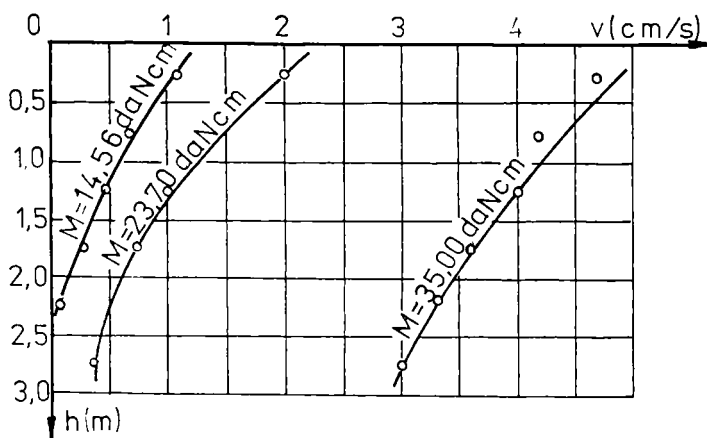


Fig. 1.29. Dependenta adâncimii și a vitezei de înfigere de secțiunea transversală a elementului de înfipt [51]

înfigere (fig. 1.30). Examinând diagramele din figură, rezultă că la înfigerea țevii

metalice cu diametrul de 100 mm, la oricare din nivelele de referință, cu cât momentul excentricilor este mai mare cu atât crește și viteza de înaintare.

Observând cele trei curbe se mai constată o scădere aproape de același ordin de mărime a vitezei, pe măsura înaintării elementului în pământ.



că în timp ce la adâncimea de 2,50 m, la un moment al excentricilor de 14,5 daNcm, viteza este aproape nulă, la aceeași adâncime viteza obținută la un moment al excentricilor de 35 daNcm, deși a scăzut, este încă de 3 cm/sec., ceea ce înseamnă că înfigerea continuă.

Între adâncimea maximă de înfigere și viteza inițială a înfigerii

Fig. 1.30. Dependenta vitezei de înfigere de adâncime [51] există relația:

$$h_{\max} = \alpha \sqrt{v_0} \quad (1.43)$$

unde: v_0 - viteza inițială de înfigere în cm/sec.;

α - coeficient determinat experimental cu valori cuprinse între 150 și 180 $\text{cm}^{1/2} \text{sec}^{1/2}$ (în cazul piloților de lemn).

Din studiul bibliografiei, Păunescu M. (1966) [68], se observă că valorile lui α sunt mai mici pentru elemente mai subțiri, respectiv mai mari pentru elementele mai groase.

Din cele menționate mai sus rezultă că, dacă se cunoaște viteza inițială de înfigere (pe adâncimea de 0,50 m), se poate aprecia adâncimea maximă până la care se va înfige elementul, în condițiile menținerii omogenității pământului în adâncime.

1.3.3. Influența naturii pământului asupra înfigerii și smulgerii

Rezistența specifică de frecare în momentul desprinderii τ_d , definită ca raportul dintre valoarea forței de smulgere statică și suprafața laterală a fișei elementului de înfipt, crește liniar cu creșterea indicelui de consistență la argile și cu gradul de îndesare, în zona îndesării mijlocii ($0,33 < I_D < 0,66$), existând o creștere liniară a rezistenței specifice de frecare cu gradul de îndesare. Rezistența specifică de frecare scade pe măsura creșterii umidității pământului, la nisipul

saturat fiind mai mică. De asemenea, rezistența specifică **crește liniar cu adâncimea de înfipt**.

Pentru pământurile relativ omogene, după Păunescu M. (1965) [68], [70], se poate considera o relație de proporționalitate între τ_{dh} (rezistența specifică de frecare pentru adâncimea h) și τ_{d3} (rezistența specifică de frecare la adâncimea $h = 3,00$ m). Pentru adâncimi până la 6,00 m se poate scrie, după același autor, relația:

$$\tau_{dh} = \tau_{d3} + (h - 3)\varepsilon_F\tau_{d3} \quad (1.44)$$

unde: ε_F - coeficient care ține seama de creșterea rezistenței de frecare sub desprinderea statică în funcție de adâncime. Se recomandă $\varepsilon_F = 0,10 \text{ m}^{-1}$.

Rezistența specifică de frecare este influențată de rugozitatea suprafeței laterale a elementului, care depinde la rândul ei de materialul din care este făcut elementul.

Timpul influențează și el asupra rezistenței specifice de frecare, mai ales la pământurile argiloase. Mărirea în timp a frecării se explică prin transformarea argilei în sol la introducerea prin vibrație și revenirea la gel după restabilirea structurii. De acest lucru trebuie să se țină seama la extragerea elementelor înfipte în pământ.

Cunoscând cele de mai sus, se poate calcula cu suficientă exactitate forța statică de smulgere atunci când aceasta se face imediat după înfigere, cu formula:

$$F_{sh} = Uh[\tau_{d3} + (h - 3)\varepsilon_F\tau_{d3}] \quad (1.45)$$

unde: F_{sh} - forța statică de smulgere totală a unui element înfipt la adâncimea $h \leq 6,00$ m, în kN;

U - perimetrul mediu al elementului;

h - adâncimea de înfigere a elementului, adică grosimea stratului considerat omogen, în m;

τ_{d3} - rezistența specifică de frecare, considerată în momentul desprinderii pentru adâncimea de 3,00 m, aferentă stratului;

ε_F - coeficientul de spor cu adâncimea pentru un metru de adâncime care poate fi considerat cu o oarecare aproximație 10 % din τ_{d3} .

În procesul de smulgere a piloților prin vibrație, unele proprietăți fizico-mecanice ale pământului se modifică simțitor, vibrațiile având efect asupra acestora (fig. 1.31). Se observă scăderea substanțială a rezistenței specifice de frecare la desprindere sub efectul vibrației, odată cu creșterea raportului dintre accelerația vibrațiilor sursei de vibrație și accelerația gravitațională.

Se definește de asemenea:

$$\varepsilon_v\% = (\tau_v/\tau_d)100 \quad (1.46)$$

adică mărirea la care se reduce τ_v din τ_d sub efectul vibrațiilor.

Cunoscând pe τ_d și ε_v se poate calcula $\tau_v = \varepsilon_v \tau_d$, fără a fi necesare măsurători pentru aceasta.

Dacă pentru un pământ oarecare se cunoaște raportul accelerațiilor vibrațiilor față de accelerația gravitațională la care este supus un element în smulgerea sa, se va putea calcula mărimea forței de smulgere (rezistența la smulgere sub efectul vibrării) cu relația:

$$F_v = Uh[\tau_{d3} + (h - 3)\varepsilon_v \tau_{d3}]^{\varepsilon_v} \text{ pentru } h \leq 6,00 \text{ m} \quad (1.47)$$

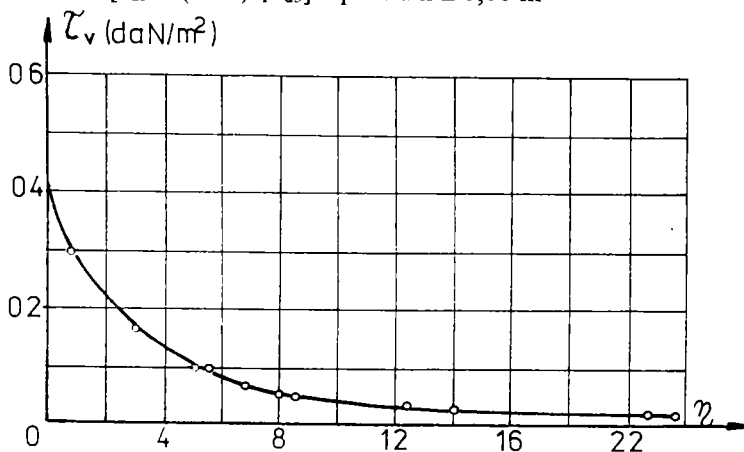


Fig. 1.31. Dependența rezistenței specifice de frecare de accelerația vibrațiilor [68]

Această mărime are un rol important în procesul de înfigere prin vibrație. După cum s-a arătat, ε_v depinde de raportul η , ceea ce înseamnă că cu cât acest raport va fi mai mare cu atât frecarea va fi mai mică.

La pământurile nisipoase există o limită de la care oricât ar crește raportul η , rezistența specifică de frecare nu se va mai reduce. Se observă că și pentru valori mici ale lui η , valoarea rezistenței specifice de frecare scade foarte mult. Practic se apreciază că prin realizarea unui raport $\eta \geq 4$ este îndeplinită condiția ca frecarea să se reducă simțitor, adică cu ~80 %.

În literatura de specialitate, Păunescu M. (1979) [51], se prezintă valori orientative pentru τ_{d3} și ε_{v0} %. Prin ε_{v0} se înțelege valoarea minimă care poate fi atinsă de ε_v în orice condiții s-ar vibra elementul. Din aceste valori se desprinde concluzia că **dacă vibratorul dispune de o forță de oscilație suficient de mare pentru a putea face ca elementul să oscileze cu o accelerație a vibrațiilor atât de mare încât raportată la accelerația gravitațională să dea un raport $\eta \geq 4$, mărimea rezistenței specifice de frecare la vibrație va scădea practic cu cel puțin 80 %, mergând până la scăderi de 95 % (funcție de natura pământului și a elementului de înfipt).**

1.4. CONCLUZII

Din studiul bibliografic efectuat, referitor la influența vibrațiilor asupra terenului de fundare, prezentat succint în acest capitol, rezultă că vibrațiile, respectiv **tehnica vibrării, poate fi folosită în domeniul geotehnicii și al fundațiilor pentru realizarea unui număr important de lucrări**, începând de la studiul terenului de fundare până la realizarea efectivă a unor lucrări de fundații.

În decursul timpului, o serie de cercetători au stabilit în bună măsură interdependența dintre natura și caracteristicile fizico-mecanice ale terenului de fundare: unghiul frecării interioare, coeziunea, umiditatea, rezistența la forfecare și compresibilitatea pe de o parte, și parametrii vibrațiilor sau ai vibropercuțiilor: accelerație, frecvență, amplitudine, pe de altă parte. În acest sens, s-au determinat influențele pe care le au caracteristicile vibrogeneratoarelor asupra înfîngerii și smulgerii elementelor, precum și influența naturii pământului asupra înfîngerii și smulgerii.

În general, **cercetările au urmărit influența unui singur parametru asupra altui parametru**, de exemplu influența frecvenței de oscilație a elementului de înfipt asupra adâncimii sau a vitezei de înfigere. Mai puțin s-a urmărit influența combinată a doi parametri asupra altora, de exemplu influența frecvenței și a momentului static al excentricilor asupra adâncimii sau a vitezei de înfigere. Aceasta se datorează faptului că vibrogeneratoarele sunt utilaje complexe, foarte greu de realizat astfel încât să permită varierea tuturor parametrilor de lucru, fapt pentru care s-a preferat executarea unor vibrogeneratoare cu destinații precise și cu cel mult un parametru variabil. Astfel, s-au executat vibrogeneratoare pentru înfîgerea și extragerea piloților și palplanșelor numai prin vibrare sau numai prin vibropercuție, vibrogeneratoare pentru executarea forajelor geotehnice de anumite dimensiuni, vibrogeneratoare pentru înfîgerea unor țevi de dimensiuni mici în pământ (filtre aciculare sau prize de împământare).

Ca urmare a concluziilor de mai sus, se consideră că **este necesar să se realizeze vibrogeneratoare cu mai mulți sau chiar cu toți parametrii variabili dinamic** (în timpul funcționării), **vibrogeneratoare care să se poată folosi în mai multe scopuri**, ca de exemplu: studiul terenului de fundare prin vibrocarotare (prelevare de probe geotehnice) sau prin vibropenetrare, înfîgerea țevilor în pământ fie direct fie într-un foraj executat anterior cu același utilaj.

Vibrogeneratoarele pentru executarea lucrărilor de geotehnică și de fundații, fiind utilaje complexe și având o răspândire destul de limitată și

prețuri de cost pentru realizare foarte ridicate, o abordare a cercetărilor în acest domeniu este destul de dificilă. Catedra de drumuri și fundații din Timișoara, fiind promotoarea folosirii tehnicii vibrării în acest domeniu, a fost implicată în realizarea unor studii și cercetări (M. Păunescu încă din anul 1957), care au fost îndreptate cu preponderență spre **realizarea și experimentarea unor utilaje pentru executarea forajelor geotehnice sau pentru alte scopuri.**

În acest sens, studiul documentar abordează în continuare problematica forajelor, în ceea ce privește aplicarea metodei vibroforării pentru execuție, tipurile de instalații, echipamente și tehnologii de vibroforare, precum și probleme legate de viteza de vibroforare și de stabilitate a forajelor. Toate aceste probleme sunt absolut necesare pentru o abordare coerentă și benefică a cercetărilor, fapt care determină autorul să studieze și să încerce cât mai multe dintre aspectele mai puțin sau chiar deloc studiate până la începerea elaborării lucrării de față

Capitolul 2

STUDII CU PRIVIRE LA REALIZAREA PRIN VIBRARE A FORAJELOR GEOTEHNICE ÎN GENERAL ȘI PENTRU SUBTRAVERSĂRI DE CĂI DE COMUNICAȚII ÎN SPECIAL

2.1. CÂTEVA ELEMENTE INTRODUCTIVE

Un domeniu important în care tehnica vibrării este folosită cu bune rezultate practice și economice este cel al vibroforării pământurilor, respectiv al execuției atât a forajelor geotehnice verticale de mică adâncime cât și a forajelor orizontale sau înclinate destinate diverselor scopuri.

La baza acestui capitol a stat studiul nepublicat efectuat în anul 1979 în cadrul Catedrei de drumuri și fundații, a Facultății de Construcții din Timișoara, sub coordonarea Prof. M. Păunescu, pentru Ministerul Construcțiilor Industriale, cu tema “Noi sisteme de utilaje, scule și dispozitive pentru lucrări de fundații în adâncime inclusiv consolidări ale terenului de fundare prin diverse procedee” [72], studiu la realizarea căruia a participat și autorul lucrării de față.

Din analiza materialului menționat, autorul reține următoarele aspecte principale:

- studiul de sinteză documentară privitor la tehnologiile de execuție în domeniul fundării indirecte și al consolidării terenului în adâncime în vederea fundării directe folosindu-se tehnica vibrării;

- propuneri de teme de cercetare cu soluții constructive de utilaje, echipamente și scule în vederea executării de tehnologii în domeniile fundațiilor de adâncime și ale îmbunătățirii terenului de fundare prin tehnica vibrării în vederea fundării directe;

- prezentarea de propuneri în vederea asimilării de noi utilaje și tehnologii în vederea dezvoltării folosirii tehnicii vibrării la lucrări de fundații.

Pe lângă prezentarea soluțiilor și tendințelor noi din țară și străinătate, în studiu se face și o analiză a variantelor care se aplicau în țară la momentul respectiv.

Pentru consolidarea terenului în adâncime în vederea fundării directe, studiul prezintă tehnologii și utilaje moderne pentru consolidări prin vibropresare și vibroflotare cu coloane din materiale granulare, consolidarea cu material granular introdus în teren prin batere cu maiul greu, consolidarea terenurilor sensibile la umezire cu piloți din pământ realizați prin mai multe procedee (inclusiv vibrare), utilaje și tehnologii moderne de consolidare prin injecții cu diferite substanțe chimice (țevile de injecție fiind introduse și extrase prin vibrare), tehnologia de consolidare în adâncime cu supermaiul etc., menționate și de Păunescu M., [50], [53], [71].

Dintre propunerile de teme care trebuie studiate în vederea dezvoltării cercetărilor cu soluții constructive de utilaje și echipamente, care se bazează pe acționarea hidrostatică la punerea în funcțiune a vibrogeneratorului, se menționează:

- agregat de vibropresare acționat hidraulic;
- echipament pentru realizarea prin vibroflotație a coloanelor injectate direct în teren;
- echipament pentru forare sub protecția noroiului bentonitic montat pe tractorul S-1500;
- echipament pentru executarea forajelor cu săpare în tub metalic de protecție;
- echipament montat pe tractorul S-1500 pentru consolidarea terenului cu coloane din pământ;
- echipament pentru forare înclinată executată prin vibropresare;
- autovibroforeză echipată pentru executarea lucrărilor de cercetare a terenului și pentru consolidări prin injectare;
- instalație pentru înfigerea prin presare și percuție a țevilor metalice în vederea injectării cu substanțe chimice.

O parte dintre propunerile de cercetare menționate mai sus, în special cele care se referă la foraje realizate în pământ prin tehnica vibrării, au fost abordate și de autorul lucrării de față și fac obiectul tezei de doctorat care se prezintă în continuare.

În baza propunerilor de cercetare menționate, în anii următori, respectiv 1980...1981, s-au experimentat și s-au urmărit în lucru o serie de utilaje existente la data respectivă în dotare. În urma acestor experimentări, efectuate în baza contractului nr. 863/81 încheiat între Catedra de drumuri și fundații din Timișoara și ICCPDC București [73], s-au făcut propuneri concrete în ceea ce privește concepția, proiectarea, execuția și experimentarea unor utilaje noi și modernizarea unora dintre cele existente. Dintre aceste propuneri se menționează:

- îmbunătățirea constructivă și lărgirea domeniului de folosință a agregatului de vibropresare AVP-1;
- conceperea, proiectarea și executarea unor echipamente noi pentru AVP-1 și anume: echipament cu prelungitor pentru realizat coloane de 6...12 m, echipament cu clapete interioare la partea superioară pentru realizat piloți din beton armat cu bulb, echipament pentru încărcarea mecanizată a tuburilor pentru turnarea piloților din beton sau pentru executarea coloanelor din materiale granulare, echipament pentru compactarea terenurilor cu placă vibrantă grea, echipament pentru realizarea ecranelor impermeabile, echipament pentru înfigerea coloanelor tronsonate în vederea turnării piloților armați la fața locului;
- studiul de oportunitate pentru realizarea unor utilaje noi, cu performanțe îmbunătățite, ca AVP-2, IVO-3 și vibroînfigător de țevi.

Autorul lucrării s-a ocupat în mod concret de experimentarea înfigătorului de țevi executat în anul 1972, conceperea unui utilaj nou pe baza acestuia și experimentarea lui, urmărirea în producție a instalației de vibroforare orizontală IVO-1, conceperea unui utilaj nou pe baza acesteia și experimentarea sa.

Rezultatele experimentărilor efectuate cu utilajele existente se vor prezenta în acest capitol, iar utilajele noi, concepute pe baza experimentărilor și observațiilor făcute, în capitolul următor.

În domeniul construcțiilor, forajele realizate în pământ sunt necesare pentru rezolvarea tehnică a unei game foarte diversificate de lucrări ca: cercetarea geotehnică a terenurilor de fundare, abordată de V. Haida în anul 1978 [30] și M.F. Khaled în anul 1988 [38], consolidarea terenurilor de fundare prin injectarea de lianți sau substanțe chimice, ancoraje pentru ziduri de sprijin și palplanșe, executarea piloților turnați pe loc prin vibropresare, problemă abordată de T. Schein în anul 1980 [83], înfigerea prin vibrație a coloanelor din beton pentru montarea stâlpilor de energie electrică, problemă abordată de Maria Ștefănică în anul 1980 [95], precum și la alte lucrări asupra cărora se va reveni.

Un domeniu de mare importanță tehnico-economică este realizarea forajelor pentru **subtraversarea cu conducte și cabluri a terasamentelor, executarea drenurilor orizontale vibroforate, a ancorajelor pretensionate fixate în teren pentru diverse scopuri, puțuri de apă alimentate din foraje orizontale etc.**

Instalațiile de foraj (forezele) și tehnologiile de executare a forajelor, respectiv sistemele de forare, depind atât de natura și alcătuirea geologică a rocilor în care se execută forajele cât și de destinația pe care o au forajele respective (foraje geotehnice, foraje geologice, foraje seismice etc.).

O clasificare integrală care să includă toate variantele de sisteme de forare este dificil de făcut atât datorită numărului mare de variante cât și criteriilor deosebite după care se face clasificarea. Pentru sistemele clasice de forare se poate accepta clasificarea făcută de I. Costin în anul 1972 [22].

- Sistem de forare - rotativ - hidraulic (cu circulație de fluid);
 - pneumatic (cu circulație de aer);
 - mixt (cu circulație de fluid aerat);
 - uscat (cu și fără umețare);
- percutant - translație - uscat;
 - umed;
- rotație - uscat;
 - umed;
- roto-percutant - uscat;
 - umed.

La sistemul de foraj rotativ, hidraulic sau pneumatic, circulația fluidului de foraj sau a aerului folosit pentru eliminarea detritusului din foraj poate fi directă sau inversă, după cum menționează G. Iordache în anul 1977 [35].

În domeniul construcțiilor (cu excepția lucrărilor de consolidare prin injectare, a unor construcții hidrotehnice și a puțurilor de apă), predomină forajele de adâncime redusă (până la 30 m) care sunt folosite pentru cercetarea geotehnică a terenului de fundare și pentru executarea altor lucrări de fundații (coloane din balast, piloți turnați la fața locului etc.). Dintre sistemele clasice de foraj se folosește cu

predilecție sistemul rotativ, umed sau uscat, funcție de destinația forajelor și natura pământului în care se forează.

Executarea forajelor prin sistemele clasice necesită un volum mare de muncă și o durată relativ mare de execuție, ceea ce conduce evident la un preț de cost ridicat și la întârzierea executării unor astfel de lucrări. Aceste deficiențe au condus la cercetarea, experimentarea și aplicarea în practică a unor noi metode și tehnologii de executare a forajelor destinate diverselor lucrări din domeniul construcțiilor.

Una dintre metodele de forare care s-a impus, datorită cercetărilor și rezultatelor bune obținute în producție de către B. M. Rebrik în fosta URSS în anul 1974 [77] și de către M. Păunescu și V. Haida în România în anul 1979 [30], [89], este metoda vibroforării. În principiu, metoda constă în introducerea instrumentului de vibroforare (carotiera) în teren sub acțiunea vibrațiilor sau a vibropercuțiilor, precum și a greutății proprii a ansamblului vibrator-echipament de forare și extragerea carotierei cu pământul din interiorul ei.

2.2. CU PRIVIRE LA STADIUL ACTUAL DE DEZVOLTARE ȘI DE APLICARE A METODEI VIBROFORĂRII

Dezvoltarea cea mai accentuată a metodei vibroforării a avut loc în fosta URSS, fiind propusă încă din anul 1949 de către D. D. Barkan [6] și s-a dezvoltat în continuare pe baza studiilor și cercetărilor efectuate de M. G. Efremov în anul 1958 [25], B. N. Gumenski și N. S. Komarov în anul 1959 [28], A. Ia. Lușkin în anul 1961 [44], V. M. Paji și M. L. Seikov în anul 1960 [47] și O. A. Savinov în anul 1960 [81].

Cel mai substanțial aport în studiul și cercetarea metodei vibroforării i se poate atribui lui M. B. Rebric care, începând din 1960 s-a ocupat nemijlocit de această problemă contribuind din plin la perfecționarea și aplicarea în producție a acestei metode, atât prin vibrație pură cât și prin vibropercuție [77], [78].

În țările fostei URSS există o gamă destul de largă de instalații de vibroforare, bazate în general pe vibratoare și vibropercutoare de joasă frecvență, cu care sunt dotate o seamă de unități de cercetare, proiectare și de execuție din domeniul construcțiilor, în special cele care se ocupă cu cercetarea tehnico-geologică și geotehnică a terenului de fundare.

Încă din anul 1960, după O. A. Savinov și A. Ia. Lușkin [81], în URSS existau peste 20 tipuri de vibratoare a căror frecvență cuprinde domeniul 4...39 Hz și a căror forță perturbatoare acoperă domeniul de la 160 până la 3000 kN, la o amplitudine a vibrațiilor de la 2 la 70 mm.

Vibratoarele mai mici, cu frecvența medie de 20...40 Hz și forțe perturbatoare de aproximativ 400 kN, au fost folosite în număr mai mare tot din anul 1960, printre alte destinații având-o și pe aceea de forare verticală, înclinată sau orizontală.

În fosta Cehoslovacie, primele studii și cercetări experimentale privind forarea prin vibrație au apărut în jurul anului 1960. Specialiștii au acordat atenție mare

atât calculului mecanismelor vibratoare cât și tehnologiilor de prelevare a probelor prin vibroforare. Relevând avantajele vibroforării, J. Hřidy [33] arăta în anul 1960 că această metodă oferă posibilități mai bune de păstrare a proprietăților structurale de bază ale probelor recoltate în comparație cu oricare alte procedee clasice de forare.

Se mai poate menționa că specialiștii cehoslovaci au acordat atenție creării de vibroinstalații destinate atât executării forajelor geotehnice cu prelevări de probe, cât și altor lucrări de fundații, ca piloții tip VUIS.

În **Polonia** tehnica vibrării a fost folosită pentru înfigerea și extragerea piloților și tuburilor, utilizându-se diverse tipuri de vibratoare sau vibropercutoare mecanice, precum și alte tipuri de vibropercutoare destinate executării forajelor de adâncime mică, până la 10...15 m, în roci moi, după A. Giemanski, 1963, [27]. Pe baza unui vibropercutor existent, a fost creată mai târziu o vibroinstalație autotractată AV-1, folosită cu succes pentru executarea forajelor geotehnice cu prelevări de probe, de către R. Ignut, în anul 1962 [34]. Viteza mecanică de vibroforare a instalației este de aproximativ 1,30 m/min.

În alte țări, ca **SUA** sau **Germania**, predomină folosirea unor vibromecanisme cu frecvențe înalte, cuprinse între 50 și 100 Hz, pentru executarea unor lucrări geotehnice și de fundații, printre care și lucrări de forare.

În urma studiilor și cercetărilor întreprinse de Sanders în SUA, au fost patentate o serie de vibroinstalații destinate diverselor scopuri, printre care și executarea forajelor în roci nestâncoase. Pentru executarea de foraje prin metoda vibrării s-au folosit vibratoare cu forță perturbatoare variabilă (3400...9000 N) și turație a excentricilor de 3600 rot/min.

În **Germania** a fost creată o instalație cu funcționare complexă, care permite executarea forajelor prin diverse procedee, printre care și cel prin vibrare, de către R. Strobl în anul 1974 [90]. La aceste instalații frecvențele erau cuprinse între 25 și 50 Hz sau între 12 și 25 Hz și cu turație reglabilă. Forțele perturbatoare erau cuprinse la început între 40 și 3000 kN ajungând mai târziu la 600...12000 kN. O variantă interesantă o prezintă vibratorul DR-60G care permite trecerea elementelor de înfipt prin mijlocul lui și care se folosește la înfigerea țevilor metalice de tubaj pentru realizarea piloților turnați.

În **Anglia** și **Olanda** au fost create unele instalații vibratoare folosite pentru executarea forajelor în rocile moi. Unele instalații au fost echipate cu câte două vibratoare cu forța perturbatoare totală de 8000 N. Experimentările instalațiilor s-au soldat cu rezultate bune, asigurând executarea eficientă a forajelor cu adâncimi de 12...18 m și diametru de 168 mm, precum și o calitate satisfăcătoare a probelor de pământ extrase. Pentru înfigerea tuburilor metalice de diametre mari, 1000...1500 mm și adâncimi de 18...24 m, în Anglia se folosesc vibroînfigătoare electrice produse de firma Calweld, după cum menționează W. Z. Schanon în anul 1968 [21].

În **Franța**, conform celor afirmate de R. A. Arimas în anul 1968 [1], a fost creat, printre altele, și un agregat de vibrare folosit la executarea forajelor cu diametre până la 650 mm, la care vibratorul poate produce atât oscilații longitudinale cât și de răsucire.

În Japonia au fost introduse efectiv în producție diferite vibratoare și vibropercutoare creându-se premisele folosirii tehnicii vibrării la executarea lucrărilor de construcții, printre care și lucrări de forare, după J. Takenda, în 1963 [97].

În România, metoda vibroforării s-a folosit începând din anii 1960, pentru executarea forajelor destinate studiului terenului de fundare, ancorajelor, drenării apelor, subtraversări de terasamente. Primele vibratoare de producție românească datează tot cam din aceeași perioadă și au fost folosite pe diverse șantiere de construcții din țară, multe dintre acestea fiind executate cu participarea nemijlocită a cercetătorilor M. Păunescu [69] și Gh. Silaș [88].

Aceste vibratoare aveau frecvențe parțial reglabile, cuprinse între 7...50 Hz și forțe perturbatoare până la 600 kN. Colectivul de cercetători de la Catedra de drumuri și fundații a Institutului Politehnic din Timișoara a realizat mai multe tipuri de vibratoare de dimensiuni mici, începând încă din 1957 [68], ca modele experimentale, care s-au încercat pe șantiere la înfigeri de piloți mai mici, precum și la înfigeri și extrageri de profile plane și țevi.

Cel mai mare tip de vibrator a fost cel făcut în anul 1963, de către catedră împreună cu Ministerul Transporturilor, și folosit pentru înfigeri de piloți coloană. Acesta a fost un vibrator la care, pentru prima dată la noi, era posibilă schimbarea momentului static și al frecvenței în domenii largi. În tabelul 2.1 se prezintă parametrii unor vibratoare românești realizate de Catedra de drumuri și fundații din Timișoara, în prima etapă, cu caracter experimental.

Tabelul 2.1. Caracteristicile unor vibratoare realizate cu caracter experimental [51]

Caracteristici	VE-1	VE-2	VE-3	MTTc
Moment static (daNcm)	180	2700	35	7200...26000
Număr oscilații pe min.	1000...1800	1000	1500...3200	382; 476; 573; 660; 766
Forța perturbatoare (kN)	20...65	210	1...4	115...1010
Putere motor (kW)	5,8	28	1,7...3,2	190
Masa totală (kg)	700	1500	90	8500

În afara vibratoarelor menționate, în România, respectiv la catedra menționată, s-au mai realizat și alte utilaje vibratoare, ca AVP-1, IVO-1, IFO-1, care se vor prezenta mai detaliat în paragrafele următoare [51], [110].

Metoda vibroforării suscită un larg interes în multe țări ale lumii, printre care și în țara noastră, interes justificat de avantajele tehnico-economice pe care le prezintă această metodă, în comparație cu metodele clasice de forare, în special pentru foraje de adâncime redusă executate în roci nestâncoase.

Conform celor menționate de B. M. Rebrik în anul 1974 [78], productivitatea metodei vibroforării este de aproximativ 1,8 ori mai mare decât cea

corespunzătoare procedului de forare cu șnec, procedeu cu cea mai mare productivitate dintre cele considerate.

Pe lângă eficiența ridicată datorată vitezei mari de forare, metoda vibroforării mai prezintă avantajul că la forajele geotehnice oferă posibilitatea stabilirii cu exactitate ridicată a limitelor litologice ale straturilor de pământ străbătute și sesizează toate particularitățile structurale ale profilului geotehnic cercetat, după cum menționează M. G. Efremov în anul 1958 [25], B. N. Rebrik în anul 1974 [77] și V. Haida în anul 1978 [30].

La forajele destinate cercetării geotehnice a terenurilor de fundare alcătuite din pământuri argiloase, pe lângă viteza de vibroforare, mai interesează și crearea condițiilor necesare prelevării de probe de pământ cu structură netulburată. Acest lucru impune alegerea unor instrumente de forare adecvate, astfel ca fenomenele fizice ale forării să nu influențeze întreaga secțiune a probelor de pământ din interiorul carotierei. Pe lângă forma carotierei trebuie ținut seama și de diametrul ei, precum și de parametrii vibroînfigătorului folosit.

După cum menționează W. Eastwood în 1954 [24], B. N. Gumenski în 1959 [28], I. Hrídy în 1965 [33], B. M. Rebrik în 1974 [77] și V. Haida în 1979 [30], la executarea forajelor geotehnice cu prelevări de probe netulburate din pământuri argiloase, forarea prin vibropercuții este mai avantajoasă decât cea prin vibrație pură.

Conform rezultatelor obținute de autorii menționați mai sus, se poate susține că timpul de executare a forajelor prin vibropercuții este mai redus cu circa 60 % în cazul argilelor nisipoase față de timpul de executare prin metode clasice în terenuri de categoria I, care este de 25...30 min/m. Având în vedere și faptul că circa 90 % din timpul total de vibroforare este consumat de operațiile auxiliare și numai 10 % pentru forarea propriu-zisă (înfigere și extragere), rezultă clar că prin luarea unor măsuri de ordin constructiv și tehnologic, care să reducă timpul de efectuare a operațiilor auxiliare, productivitatea poate fi ridicată și mai mult.

Sub aspectul modificării caracteristicilor fizico-mecanice ale probelor prelevate prin metoda vibropercuțiilor, se menționează că se obțin rezultate bune, în sensul că abaterile față de caracteristicile probelor recoltate manual se înscriu în limite acceptabile.

Din studiul bibliografic efectuat, se desprinde ideea că metoda de prelevare a probelor netulburate din pământuri argiloase prin vibropercuție, dacă este însoțită și de alegerea unui sistem constructiv corespunzător al carotierei, conduce la rezultate bune și chiar foarte bune sub toate aspectele.

Unele dintre cele mai complete cercetări ale metodei de forare prin vibropercuții au fost efectuate de V. Haida în 1978 [30]. Astfel, din analiza mărimii vitezelor de vibroforare, corespunzătoare la cinci variante de valori ale parametrilor vibromecanismului folosit (moment static al excentricilor și turație), a dedus că în general acestea sunt destul de ridicate chiar și pe lângă valori ale factorului $\eta = A\omega^2/g$ mai mici decât 2. Valoarea vitezei medii de vibroforare corespunzătoare întregii adâncimi a forajelor variază între 0,51 și 1,17 m/min. Valorile pe care le-a obținut sunt comparabile cu valorile obținute de ceilalți autori menționați, pentru condiții

asemănătoare de teren, adâncime de vibroforare și domeniu de valori ale paramerilor vibrogeneratorului.

Altă concluzie la care a ajuns la forarea în pământuri coezive, a fost că efectul variației turației asupra vitezei de vibroforare este cu atât mai redus cu cât valoarea momentului static al excentricilor este mai ridicată. În final, a concluzionat că momentul static al excentricilor și turația au un rol hotărâtor în determinarea efectului vibropercuțiilor și că influența variației momentului static al excentricilor este mai accentuată în comparație cu cea a variației turației. Sub aspectul mărimii vitezei de vibroforare, domeniile cuprinse între 700...1000 rot/min pentru turație și 200...300 daNcm pentru momentul static al excentricilor asigură realizarea unei productivități ridicate, pentru forarea prin vibropercuții pe adâncimi de până la 15 m și cu diametrul de până la 150 mm, în pământuri argiloase și semiargiloase.

Referitor la executarea forajelor geotehnice cu prelevări de probe netulburate din pământuri semicoezive, același autor ajunge la următoarele concluzii și recomandări practice:

- metoda vibroforării se poate aplica cu bune rezultate tehnico-economice la executarea forajelor geotehnice cu prelevări de probe netulburate și în pământuri semicoezive (nisipuri argiloase, argile nisipoase, argile prăfoase etc.), cu condiția ca parametrii vibrogeneratorului folosit să se încadreze între anumite limite de valori;

- și în cazul pământurilor semicoezive recomandă folosirea vibropercuțiilor și nu a vibrațiilor pure;

- în ceea ce privește turația, recomandă ca să se încadreze între 700...900 rot/min;

- la prelevarea probelor netulburate prin metoda vibroforării, este necesar să se acorde atenție sporită nu numai mărimii vitezei de vibroforare pe cursă, ci în special modulului de variație a acesteia pe lungimea unei curse, care trebuie să se caracterizeze printr-o descreștere uniformă, fără salturi bruște;

- valoarea maximă a porozității naturale a pământurilor semicoezive, până la care procedeul de forare și de prelevare a probelor netulburate prin vibropercuții nu provoacă deranjări semnificative ale structurii naturale, este în jur de 42...44 % ($e = 0,72...0,78$), fiind mai redusă decât cea caracteristică argilelor ($e \approx 0,9$);

- în scopul reducerii deranjării structurii naturale a probelor, care poate interveni la prelevarea prin vibropercuții, se indică folosirea carotierelor prevăzute cu un singur ștuț, montat la partea inferioară a carotierei, în locul cuțitului tăietor.

Un alt domeniu important de aplicare a metodei forării prin vibrație pură sau vibropercuții este cel al pozării unor conducte sau cabluri subterane pentru subtraversări de terasamente de căi ferate, străzi sau alte construcții, domeniu abordat în țara noastră încă din anul 1968 de către M. Păunescu și V. Haida [61].

În cazul aplicării procedurii de subtraversare a terasamentelor cu șanțuri deschise, experiența dovedește că oricâtă atenție s-ar acorda executării umpluturilor și refacerii pavajelor în zonele unde au fost executate șanțurile, ulterior partea carosabilă suferă tasări care îi produc deteriorarea și ca atare refacerea lui de 2...3 ori. Pe de altă parte acest procedeu de lucru perturbă circulația pe timpul executării lucrărilor, prin

restricțiile pe care le impune, ceea ce poate conduce la provocarea unor accidente sau la întreruperea completă a circulației.

Procedeul vibroforării elimină necesitatea săpării pământului, dar pentru învingerea rezistenței pământului, este necesar să se aplice sarcini mari, ceea ce conduce la necesitatea amenajării pereților de sprijin pentru preluarea forțelor reactive. Vitezele de înaintare obținute prin acest procedeu sunt relativ mici, depinzând în cea mai mare parte de lungimea forajului și de diametrul de forare și sunt de circa 2 m/oră. Viteze mai mari de execuție se obțin la forarea prin vibrostrăpungere cu con, spre deosebire de forarea prin vibrocarotare la care operațiile auxiliare de introducere și extragere a carotierei pentru forare și golire consumă un timp mai mare.

O reducere substanțială a timpului de forare, deci creșterea vitezei de execuție și reducerea valorii reacțiunilor care se transmit la pereții gropii, se obține prin folosirea procedurii de forare cu echipament modernizat, conform invenției 106589/93 [9], printre autorii căreia se numără și autorul lucrării de față.

Alte probleme care se pun în cazul folosirii vibroforajelor orizontale sunt păstrarea direcției de forare și menținerea stabilității forajului pe timpul executării, probleme care și-au găsit rezolvarea și care se vor prezenta în capitolele următoare ca și contribuții proprii.

2.3. ASUPRA INSTALAȚIILOR ȘI ECHIPAMENTELOR FOLOSITE LA VIBROFORARE

Pentru executarea forajelor destinate lucrărilor de prelevări de probe geotehnice, a puțurilor hidrogeologice, a unor lucrări de injectare a lianților în teren în scopul consolidării acestora, a forajelor orizontale destinate subtraversării cu conducte sau cabluri a terasamentelor, a executării drenurilor forate orizontal sau pentru realizarea ancorajelor în teren, au apărut vibroinstalații capabile să foreze vertical, înclinat sau orizontal, funcție de destinația forajului, după cum menționează M. Păunescu în anul 1979 [51].

Principalele părți componente ale vibroinstalațiilor folosite pentru executarea forajelor sunt:

- generatorul de vibrații (vibrogeneratorul) prevăzut cu un dispozitiv de prindere a echipamentului de forare;
- instalația de manevră care constă de regulă dintr-un cadru și un troliu care servesc la deplasarea echipamentului și a vibrogeneratorului.

Introducerea echipamentului în teren se face cu ajutorul vibrogeneratorului care funcționează pe principiul acționării, sub efectul unei forțe perturbatoare unidirecționale, în lungul axei echipamentului de forare, forță produsă de mase excentrice în rotire.

Parametrii și soluțiile constructive ale generatoarelor de vibrații, destinate executării de foraje, diferă în limite largi [51], putându-se deosebi următoarele tipuri:

- vibratoare și vibropercutoare de mică putere, destinate forării în terenuri cu rezistență slabă, care au momentul static al excentricilor cuprins între 40...250 daNcm, masa de aproximativ 500 kg și puterea motorului electric de antrenare de 2...7 kW;

- vibratoare și vibropercutoare de mare putere, destinate înfîngerii și extragerii țevilor de tubaj, care au momentul excentricilor de 250...2000 daNcm, masa până la 2000 kg și puterea motorului electric de antrenare de până la 20 kW.

În funcție de principiul de acționare a echipamentelor de foraj, vibroînfigătoare se împart, după M. Păunescu [51], în:

- vibratoare propriu-zise, care imprimă elementului de înfipt o mișcare unidirecțională în lungul axei echipamentului;

- vibropercutoare, care imprimă echipamentului în afară de mișcarea unidirecțională și percuții.

După modul de fixare a echipamentului la vibrogenerator, se disting următoarele tipuri:

- vibrogenerator de capăt, care se montează pe capătul superior al echipamentului;

- vibrogenerator cu orificiu central, care se fixează pe echipament astfel că acesta trece prin corpul vibratorului;

- vibrogenerator de adâncime, care se montează în interiorul echipamentului de o anumită dimensiune.

Fixarea motorului de antrenare a vibrogeneratorului poate să fie rigidă sau elastică.

Pentru transport și manevră în procesul tehnologic se folosesc subansamble special amenajate, menite să asigure atât posibilitatea de mutare de la un punct de lucru la altul cât și direcția de înfîngere.

Vibroinstalațiile existente, destinate cu precădere forării la mică adâncime în terenuri cu rezistență slabă, pot fi clasificate astfel:

- vibroinstalații transportabile ușor;

- vibroinstalații ușoare montate pe remorci cu un singur ax;

- vibroinstalații sau vibroagregate montate pe șasiul unei mașini, al unei automacarale sau al unei remorci cu două axe;

- vibroinstalații montate pe șasiul unui tractor.

2.3.1. Câteva tipuri de vibroinstalații de producție sovietică

Cele mai cunoscute vibroinstalații de producție străină la noi în țară sunt cele sovietice, unele dintre acestea fiind folosite pe șantierul nostru.

a. **Mașina de foraj UVB-ZA** este destinată pentru vibroforare prin vibrație pură în pământuri slabe, pe adâncimi de până la 5,00 m și diametre până la 55 mm, după cum menționează Savinov în anul 1960 [81]. Acționarea este asigurată de un motor termic în doi timpi, cu puterea nominală de 3,7 kW.

b. **Instalația de foraj UVB-15** este destinată forării prin percuție, până la adâncimea de 15,00 m, cu diametrul echipamentului de 40...108 mm, pe direcție verticală [81]. Instalația este montată pe un cărucior cu roți pneumatice. Momentul

static al excentricilor vibrogeneratorului este de 18 daNcm, motorul termic de antrenare are puterea de 5,4 kW și asigură o turație de 1500...1740 rot/min.

c. **Instalația de foraj BUV-1** este destinată executării forajelor de cercetare geologică până la adâncimea de 30,00 m și cu diametrul de 90..168 mm, după Efremov, 1958 [25]. Înfigătorul este de tip vibropercutor cu momentul static al excentricilor de 50 daNcm, acționat de un motor termic de 10,9 kW la o turație de 3000 rot/min.

d. **Instalația Mosgorgeotrest**, după Efremov, 1958 [25], este montată pe un șasiu GAZ-63, pe a cărui caroserie sunt amplasate un generator, un troliu, un catarg demontabil și capre de rezemare a catargului. Instalația este destinată executării forajelor în orice categorie de teren până la adâncimea de 25,00 m și cu diametrul maxim de 219 mm. Vibroinstalația este echipată cu un vibrator cu rol de percutor prin cădere. Productivitatea instalației este de 60,00 m de foraj pe schimb.

e. **Vibroinstalația SVU-55** se utilizează la executarea forajelor în pământuri moi și pentru înfigerea și extragerea țevilor din tubaj, folosind vibrogeneratoare de diferite construcții, utilajul de bază este un tractor cu șenile care permite deplasarea și pe terenuri fără drumuri de acces, după cum menționează Efremov în 1958 [26]. În funcție de vibrogeneratoarele folosite, forajele pot să atingă adâncimi de 20...50 m și diametre de 108...273 mm. Alimentarea instalației este asigurată de un generator de curent montat pe tractor.

f. **Vibroinstalații pentru executarea forajelor orizontale.** Dintre aceste

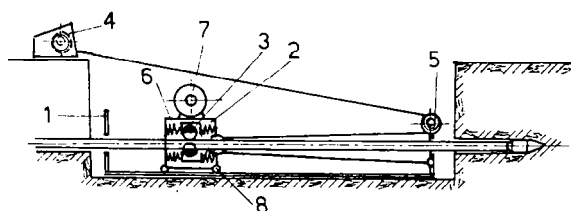


Fig. 2.1. Schema vibroinstalațiilor UVP [81]

1-cadru; 2-cărucior; 3-vibrator; 4-troliu; 5-palan; 6-arcuri;
7-electromotor; 8-rol

instalații se menționează, după Savinov 1960 [81], UVP-1 și UVP-2 (fg. 2.1). Schematic, cele două instalații sunt compuse din următoarele subansambluri: cadru director (1), cărucior (2), vibrator (3), troliu (4). Cu ajutorul unui palan (5), se realizează legătura dintre troliu, cărucior și cadru, iar prin intermediul arcurilor (6) legătura dintre

cărucior și vibrator. Antrenarea vibrogeneratorului este asigurată de un electromotor (7) prin intermediul unei curele trapezoidale. La partea inferioară vibrogeneratorul se sprijină pe cadru prin intermediul unor role (8). Caracteristicile tehnice ale celor două vibroinstalații sunt prezentate în tabelul 2.2.

2.3.2. Câteva tipuri de vibroinstalații de producție indigenă

2.3.2.1. Prezentare sumară a unor vibroinstalații pentru foraje verticale

În urma cercetărilor și experimentărilor efectuate asupra unor vibratoare experimentale numite VE-1 și VE-2, de către M. Păunescu în anul 1959 [69], în cadrul

Tabelul 2.2. Caracteristicile tehnice ale instalațiilor tip UVP [68]

Caracteristici		UVP-1	UVP-2
Momentul static al excentricilor	daNcm	160	2000
Frecvența	rot/min	1000...2000	1000...1200
Forța perturbatoare	kN	7,2	32
Puterea electromotorului	kW	7	28
Presarea maximă	kN	30	200
Masa vibrogeneratorului	kg	190	1400
Masa instalației	kg	1100	4100
Viteza de înaintare	m/min	0,5...0,7	0,4...0,8

Catedrei de drumuri și fundații a Facultății de Construcții din Timișoara, s-au realizat două instalații de vibroforare folosite la început ca modele funcționale pentru experimentări iar apoi la executarea unor lucrări de vibroforare pentru producție. Realizarea acestora a constat în echiparea cu vibrogeneratoare și echipamente de vibroforare a unor autoforeze existente.

Încă din anul 1966, Catedra de geotehnică și Catedra de mecanică teoretică din Timișoara, în colaborare cu ISPIF București, au echipat o **autoforeză de tip AVB 3-100** cu vibropercutorul experimental VPE 1 cu următorii parametri:

- momentul static al excentricilor 240 daNcm;
- turația excentricilor 1100 rot/min;
- forța perturbatoare maximă 3100 daN;
- puterea motorului electric de antrenare 4,5 kW;
- masa piesei percutante 370 kg;
- masa totală a vibromecanismului 700 kg.

Vibropercutorul s-a instalat pe turla existentă prin montarea a două glisiere executate din profile metalice U. Energia electrică a fost furnizată de un grup electrogen de 30 kW.

A doua instalație de vibroforare s-a realizat prin adaptarea la funcționare pe bază de vibropercuții și vibrații pure a unei **autoforeze de tip UKB 2-100** (fig. 2.2), [51]. Prin intermediul unui cadru de ghidaj (1) fixat pe turla de foraj (2) s-a montat vibratorul experimental tip VE-1 (3), adaptat pentru funcționare și ca vibropercutor. Acționarea motorului electric de antrenare a vibrogeneratorului și a trolțiilor de manevră era asigurată de un generator de curent (4) de 10 kW montat pe vibroforeză și acționat la rândul său de un motor cu ardere internă.

Pregătirea pentru lucru a instalației constă în următoarele faze: pornirea motorului termic pentru producerea curentului electric, pornirea motorului electric de antrenare a vibropercutorului prin intermediul unui reostat, așteptându-se până ajunge

la turația de regim (1450 rot/min), pornirea motorului electric de acționare a troliilor mecanice de manevră.

Pentru ca instalația să poată fi folosită și la executarea forajelor geotehnice cu recoltări de probe netulburate, s-au stabilit următorii parametri pentru vibropercutor:

- | | |
|------------------------------------|---------------------|
| - momentul static al excentricilor | 300 daNcm; |
| - turația | 700...1000 rot/min; |
| - forța perturbatoare maximă | 1500...3000 daN; |
| - puterea motorului electric | 5,8 kW; |
| - masa piesei vibropercutante | 350 kg; |
| - masa totală a vibropercutorului | 750 kg; |

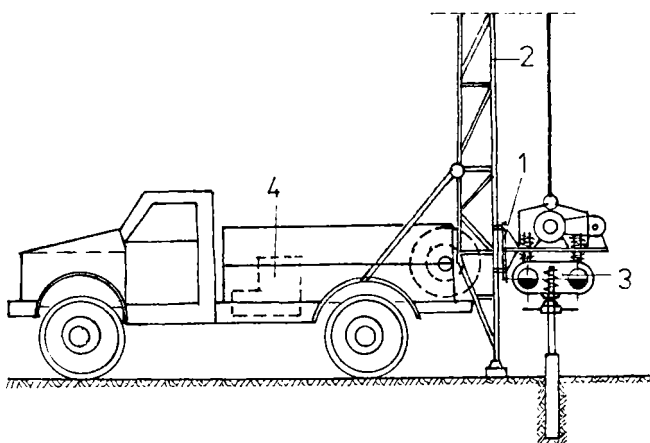


Fig. 2.2. Autoforeza UKB 2-100 [51]

1-cadru de ghidaj; 2-turla de foraj; 3-vibrogenerator; 4-generator de curent

Constatările și concluziile desprinse din exploatarea celor două instalații au stat la baza proiectării și realizării, în anul 1976, de către Catedra de drumuri și fundații a Facultății de Construcții din Timișoara a unei noi instalații de vibroforare “Autovibroforeza hidraulică AVFH-1” (fig. 2.3) [30],[51].

Părțile componente ale autovibroforezei sunt:

- autocamion SR114 folosit ca vehicul purtător (1);
- generator de energie hidrostatică (2);
- vibrogenerator (3);
- lumânare de ghidaj (4);
- dispozitiv de ridicare-coborâre (5);
- sistem de calare (6);
- echipament-carotieră (7).

Vibrogeneratorul este un vibrator de tip mecanic centrifugal cu posibilitate de a fi adaptat și pentru funcționare ca vibropercutor.

Vibroinstalația a fost proiectată pentru un domeniu larg de lucrări ca: foraje geotehnice și hidrogeologice, foraje pentru ancoraje pretensionate, puțuri

filtrante cu rol de coborâre a nivelului apei subterane etc., precum și pentru executarea de foraje tubate. Parametrii principali ai vibrogeneratorului au fost proiectați pentru a asigura posibilitatea executării unor foraje cu diametrul până la 300 mm. Acești parametri sunt:

- | | |
|------------------------------------|---------------------|
| - momentul static al excentricilor | 400 daN; |
| - turația | 700...1000 rot/min; |
| - forța perturbatoare maximă | 4250 daN; |
| - masa vibromecanismului | 675 kg. |

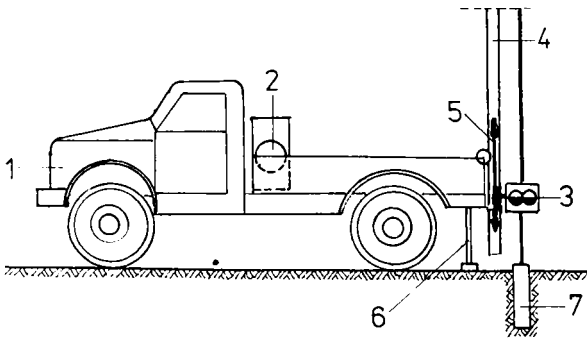


Fig. 2.3. Autovibroforeza hidraulică AVFH-1 [30], [51]

1-autocamion purtător; 2-generator de energie hidrostatică; 3-vibrogenerator; 4-lumânare de ghidaj; 5-dispozitiv de ridicare-coborâre; 6-sistem de calare; 7-carotieră

Acționarea vibrogeneratorului este asigurată de un motor hidraulic tip 716-Bx-1000, montat pe cadrul vibrogeneratorului și care este protejat împotriva vibrațiilor prin intermediul unor arcuri elicoidale.

Generatorul de energie hidrostatică este compus dintr-un motor Diesel tip D-115 cu puterea nominală de 33 kW și turația maximă de 2400 rot/min, cuplat elastic cu o pompă hidraulică axială tip 720EV-1000.

Lumânarea de ghidare este confecționată sub formă de grindă metalică chesonată. Manevrarea de la poziția culcată pentru transport la cea verticală pentru lucru și invers, se realizează cu ajutorul a doi cilindri hidraulici.

Dispozitivul de ridicare-coborâre a echipamentului de vibroforare cuplat la vibrogenerator este compus dintr-un palan cu patru ramuri acționat de un cilindru hidraulic, montat pe lumânarea de ghidare.

Calarea instalației la punctul de lucru se face cu ajutorul a patru cricuri mecanice, montate în suporturi speciale sub platforma mașinii, care în timpul transportului se rabat în poziție orizontală.

Comanda tuturor dispozitivelor hidraulice, cu ajutorul cărora se asigură realizarea operațiilor de forare, se face centralizat, de la un distribuitor de presiune.

O altă instalație folosită la forare este **înfigătorul de țevi**, conceput, proiectat și realizat de Catedra de drumuri și fundații și Întreprinderea 6 Martie din Timișoara în anul 1972 [51], care inițial s-a folosit numai pentru înfigerea în pământ a țevilor pentru împământare și pentru extragerea lor (fig. 2.4).

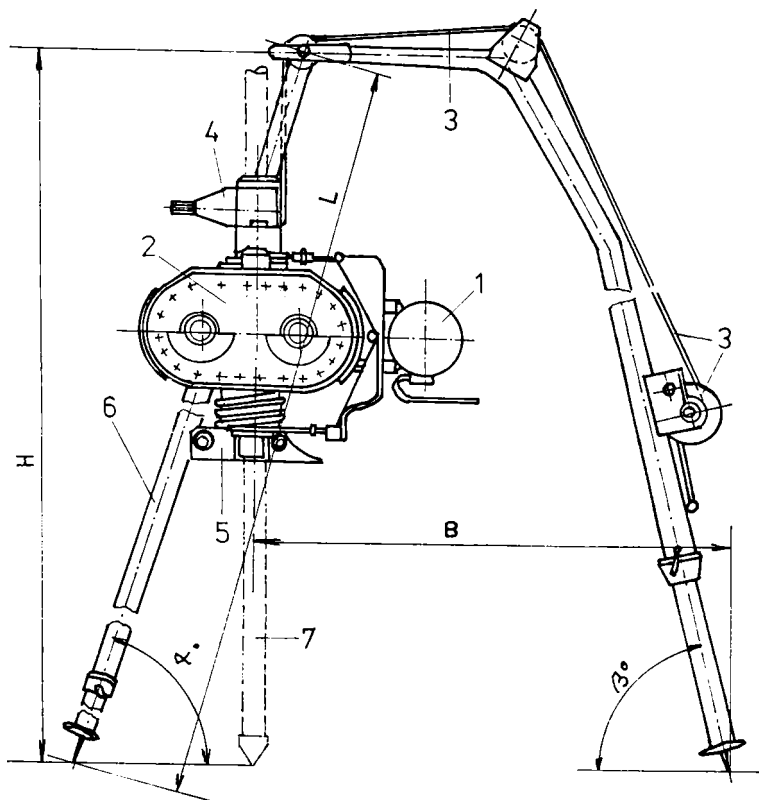


Fig. 2.4. Înfigător de țevi [73]

1-motor electric; 2-vibrogenerator; 3-troliu și cablu de ridicare; 4-mandrină de prindere echipament; 5-dispozitiv pt. modificat regimul de lucru; 6-picioare telescopice; 7-echipament

Părțile componente ale înfigătorului de țevi sunt:

- motorul electric de antrenare (1) tip ASI-112-s cu puterea de 3 kW, turația de 1430 rot/min, tensiunea de alimentare de 380 V, frecvența de 50 Hz și masa de 38 kg;

- vibrogeneratorul (2) care este de tip mecanic cu mase excentrice, cu o forță perturbatoare de 1625 daN, momentul static al excentricilor de 50...100 daNcm, turația excentricilor egală cu turația motorului de antrenare, masa de 175 kg, și poate realiza, prin intermediul dispozitivului (5), trei regimuri de lucru, și anume: vibrații pure, vibropercuții dirijate în sus și vibropercuții dirijate în jos;

- dispozitivul de ridicare (3) a vibrogeneratorului, care prin intermediul unui cablu, prevăzut pentru sarcina maximă de 950 daN și cu o forță la manivelă de 31 daN,

asigură o viteză de ridicare de 1,38 m/min la o cursă maximă de 2700 mm. Dispozitivul este fixat pe un trepied de susținere cu două picioare telescopice (6);

- mandrina manuală (4) de prindere a echipamentului de lucru care este o menghină cu două fălci în V acționate printr-un șurub stânga-dreapta.

Înfigătorul a fost folosit cu rezultate bune la înfigeri de țevi metalice cu diametrul de 70 mm la adâncimi de până la 10,00 m. În prezent este demontat, pe baza constatărilor și observațiilor rezultate din exploatarea lui, proiectându-se și executându-se un alt vibroînfigător, cu denumirea de instalație vibratoare autotractată, la realizarea și experimentarea căruia a participat și autorul acestei lucrări.

Instalația de foraj geotehnic vertical prin vibrație, **vibroforeza de 3"**, a fost inventată de unii membri ai colectivului geotehnic de la Institutul de Proiectări Tehnologice pentru Industria Ușoară București și executată la Intreprinderea Nicovale Sighișoara în anul 1974 [93] (fig. 2.5). Vibroforeza de 3" are ca domeniu de folosință investigațiile geotehnice prin foraje verticale sau înclinate, verificarea naturii terenului din gropile de fundații, depistarea de goluri subterane, delimitarea

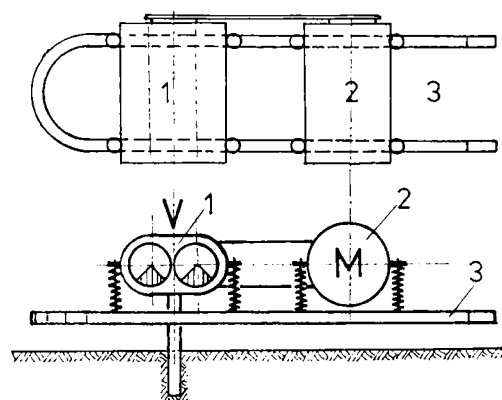


Fig. 2.5. Vibroforeza de 3" [93]

1-vibrogenerator; 2-motor; 3-cadru de fixare și manevră

lentilelor de măr, înfigerea filtrelor aciculare în teren și înfigerea țevilor pentru silicizare.

Masa instalației, împreună cu echipamentul complet pentru forare până la adâncimi de 13,00 m, este de 300 kg.

Instalația este folosită pe orice teren datorită gabariturii reduse (1500x500x500 mm). Este ușor manevrabilă de către doar trei muncitori care o manevrează manual și este ușor transportabilă cu orice mijloc auto.

Independența energetică este asigurată prin antrenarea vibrogeneratorului (1) de către un motor termic (2), ambele fiind fixate prin intermediul unor arcuri pe cadrul (3) care servește și pentru mutarea

manuală a instalației la alt punct de lucru.

Domeniul optim de aplicare este cel al terenurilor necoezive cu granulometrie inferioară la 40 mm și al terenurilor coezive cu consistență inferioară $I_c \leq 0,6$. Probele sunt prelevate sub formă de carote continue tulburate pe toată adâncimea cercetată sau carote continue netulburate pe marșuri de 1,00...2,00 m. Diametrul probelor este de 70 mm.

Adâncimea maximă la care lucrează este de 13,00 m în terenuri nisipoase sub apă sau în mături curgătoare, iar viteza de forare este de 0,2...1,00 m/min, în funcție de terenul străbătut.

În cazul prelevării de probe netulburate extragerea se face manual, cu ajutorul unui troliu, iar la probele tulburate cu ajutorul vibrației.

2.3.2.2. Prezentare sumară a unor vibroinstalații pentru foraje orizontale

În timp ce vibroinstalațiile pentru foraje verticale se folosesc în special pentru foraje geotehnice, vibroinstalațiile pentru foraje orizontale se folosesc pentru executarea subtraversărilor de terasamente, drenurilor, ancoraje etc.

Instalația de forare pe orizontală IFO-1 (fig. 2.6) concepută și brevetată de M. Păunescu și C. Stoian, brevet nr. 70529/1970 [55], a fost executată la

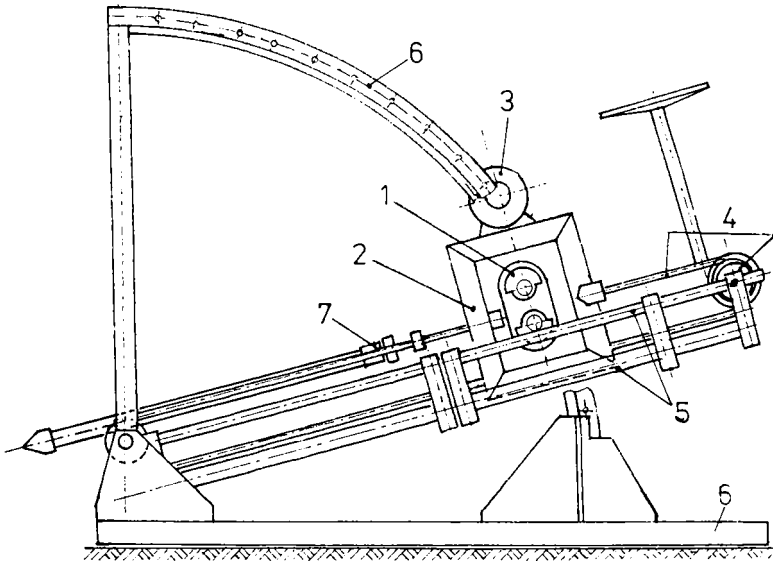


Fig. 2.6. Instalație de forare pe orizontală IFO-1 [51]

1-vibrogenerator; 2-căruțor; 3-motor electric; 4-troliu; 5-cadru mobil; 6-cadru fix; 7-echipament

Intreprinderea 6 Martie din Timișoara în anul 1972. Aceasta este un utilaj de mică mecanizare cu ajutorul căruia se pot executa foraje orizontale sau înclinate cu unghiuri de până la 90° , tubate sau netubate, în terenuri coezive cu consistență redusă sau medie și foraje tubate în terenuri necozive. Instalația nu poate fi folosită în terenuri tari sau foarte tari.

Tehnologia de forare cu această instalație se bazează pe înfigerea prin vibrație pură și presare (vibropresare), sau prin vibrație și presare însoțită de percuții (vibropercuții) a unei tije prevăzută în față cu un con de penetrare sau cu o carotieră pentru prelevat probe, presiunea pe secțiunea perforată realizându-se cu o forță de presare care se exercită manual.

La forajele tubate, primul tronson de țevă este prevăzut cu un con de penetrare nerecuperabil iar în cazul forajelor netubate, primul tronson de tijă este echipat fie cu un con de penetrare recuperabil, fie cu o carotieră.

Instalația IFO-1 este alcătuită din următoarele părți componente: vibrogenerator (1), cărucior (2), motor electric (3) de antrenare a vibrogeneratorului, mecanismul (4) de acționare pentru deplasarea căruciorului, cadru mobil (5), cadru fix (6), panou de comandă și echipamente de lucru.

Vibrogeneratorul (1) constituie partea principală a instalației și este montat în interiorul unui cărucior, prin intermediul unor legături elastice. Vibrogeneratorul realizează o forță perturbatoare maximă de 11 kN la un moment static al excentricilor de 50 daNcm și o turație de 1400 rot/min. Motorul de antrenare a vibratorului este fixat de cărucior și transmite mișcarea de rotație la vibrator prin intermediul unor curele trapezoidale. Motorul are puterea de 4 kW, turația nominală de 1500 rot/min și este alimentat cu o tensiune de 380 V.

Căruciorul se sprijină pe cadrul mobil prin intermediul unor role și poate fi deplasat înainte și înapoi prin intermediul unui mecanism alcătuit dintr-un cablu și un troliu acționat manual prin intermediul unui volan.

Cadrul mobil se poate roti în jurul unui ax orizontal dispus la capătul anterior al instalației și fixat în cadrul fix. Cadrul fix este alcătuit din două sectoare paralele în formă de sfert de cerc solidarizate între ele printr-un element de bază. Elementele curbe ale cadrului sunt prevăzute cu găuri dispuse la 5° una față de alta și au rolul de a asigura fixarea cadrului mobil în poziția impusă de procesul tehnologic.

Echipamentul de lucru este compus din **tije prelungitoare** executate din țevi de oțel OL45 cu pereți groși, **conuri de penetrare și carotiere**. Tijele au lungimea de 1500 mm și sunt prevăzute cu filet pătrat mufă-cep pentru îmbinare. În cazul folosirii conului de penetrare pierdut, prima tijă va avea un capăt nefiletat în care se fixează conul de penetrare, astfel ca la retragerea echipamentului conul să se desprindă cu ușurință și să rămână în gaura forată (la forajele pentru ancoraje sau pentru drenare).

Dimensiunile echipamentelor pentru forare sunt:

- pentru penetrarea tubată (cu con de penetrare pierdut), lungimea unui tronson de tubaj este de 1500 mm, diametrul exterior al tubajului de 137 mm și cel interior de 109 mm, diametrul conului de penetrare de 149 mm și lungimea de 100 mm;
- pentru forare netubată (cu carotieră sau cu con de penetrare recuperabil), lungimea unui tronson de tijă este de 1500 mm, diametrul exterior al tijei de forat de 90 mm iar cel interior de 72 mm, diametrul conului de penetrare de 100 mm și lungime variabilă iar diametrul carotierei de 150 mm.

Panoul de comandă asigură racordarea cablului de alimentare cu energie electrică a motorului de antrenare a vibratorului la rețeaua de alimentare.

Instalația de vibroforare orizontală IVO-1 (fig. 2.7), concepută și brevetată de M. Păunescu și C. Stoian, brevet nr. 60587/1973 [54], a fost executată la Intreprinderea 6 Martie din Timișoara. Această instalație este destinată realizării forajelor tubate sau netubate pentru ancoraje în terenuri coezive de consistență redusă sau medie și foraje tubate în terenuri necoezive.

Principiul de forare al instalației îl constituie înfigerea în pământ, prin vibrație însoțită de presare hidraulică, a echipamentului prevăzut în față cu un con de penetrare sau cu o carotieră.

În cazul forajelor tubate, primul tronson de țeavă este prevăzut cu un con de penetrare nerecuperabil, care presează pământul în lateral în gaura de foraj, îmbunătățind astfel caracteristicile mecanice ale acestuia.

În cazul forajelor netubate, primul tronson al echipamentului este echipat fie cu un con de penetrare recuperabil, fie cu o carotieră. Cu ajutorul carotierei, forajul se realizează prin operațiuni repetate de înfigere-umplere și extragere-golire a acesteia.

Instalația IVO-1 este alcătuită din următoarele părți principale: vibrogenerator (3), cărucior (2), motor electric de antrenare a vibrogeneratorului (4), cilindri hidraulici de presare în teren (5), cadru suport (1), echipament compus din

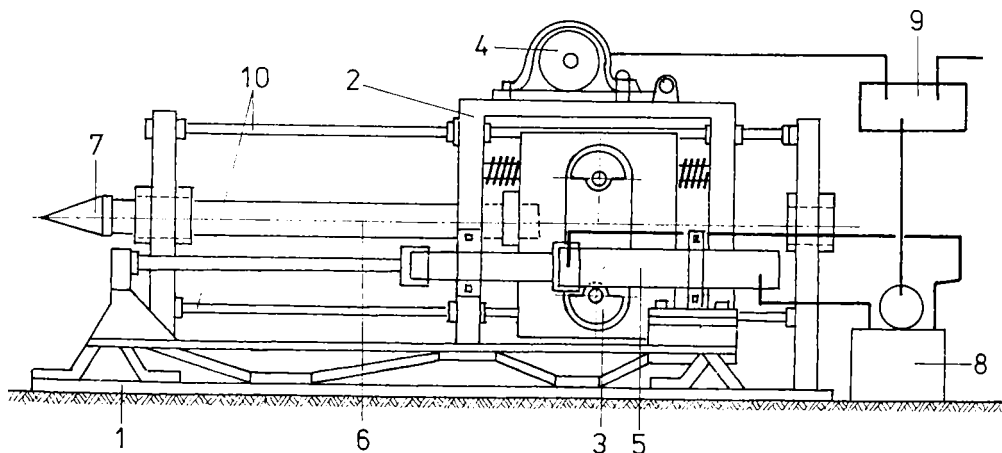


Fig. 2.7. Instalația de vibroforare orizontală IVO-1 [54]

1-cadru de bază; 2-cărucior; 3-vibrogenerator; 4-motor electric; 5-cilindri de presare; 6-tijă echipament; 7-con de penetrare sau carotieră; 8-grup hidraulic; 9-panou de distribuție; 10-tije de ghidaj

tije prelungitoare (6) și carotiere sau conuri de penetrare (7), grup hidraulic de acționare (8) și panou electric de distribuție (9).

Vibratorul constituie partea principală a instalației. Forța perturbatoare maximă de 10 kN este generată de rotirea în sens opus a două perechi de mase excentrice montate simetric pe doi arbori paraleli, mase care asigură un moment static de 250 daNcm. Vibrogeneratorul este montat, prin intermediul a două perechi de arcuri, care permit oscilațiile, în interiorul unui cărucior care culisează pe două ghidaje tubulare (10).

Carcasa vibrogeneratorului este traversată central de o țeavă care are partea interioară a capetelor stănjită conic. Aceasta este fixată rigid de carcasa vibrogeneratorului și servește la prinderea prin împănare a tijelor echipamentului introduse în interiorul său cu ajutorul unor bacuri conice (câte unul pentru introducerea și pentru extragere). Bacurile sunt formate din câte două pene cu unghi la centru de 120° , prelucrate pe partea interioară cu dinți pentru înfigere în peretele tijelor și lise pe partea exterioră pentru lunecare în țeava centrală.

Căruciorul este montat pe două tije de ghidaj (10), în lungul cărora poate să se deplaseze, împreună cu vibrogeneratorul. Pe partea exterioară a căruciorului este fixat elastic motorul de antrenare a vibrogeneratorului. Prinderea elastică asigură protejarea motorului la preluarea vibrațiilor prin intermediul curelelor trapezoidale de transmisie a mișcării de rotație de la motor la axele excentricilor.

Motorul electric de antrenare a vibrogeneratorului este de tipul ASI 160m, cu puterea de 15 kW, turația de 1500 rot/min, tensiunea de lucru de 380 V, frecvența de 50 Hz și masa de 120 kg.

Cilindrii hidraulici, fixați la cadrul instalației și la cărucior, asigură deplasarea înainte și înapoi a căruciorului în lungul ghidajelor acestuia și sunt acționați de un grup hidraulic.

Grupul hidraulic este compus la rândul lui dintr-un rezervor de ulei hidraulic, o pompă de presiune de tipul PS.PR-1, care asigură o presiune de lucru de 110 daN/cm², debitul de 16 l/min, și un motor electric de antrenare de tipul ASI 112 N4-23 cu puterea de 4 kW, turația de 1500 rot/min, frecvența de 50 Hz, tensiunea de alimentare de 380 V și masa de 44 kg.

Cadrul suport asigură sprijinirea tijelor de ghidare a vibrogeneratorului și sprijinirea instalației în groapa de lucru.

Dimensiunile de gabarit ale instalației sunt: lungimea - 3500 mm, lățimea - 1300 mm, înălțimea - 1500 mm și lungimea utilă de deplasare a căruciorului - 1100 mm.

Dimensiunile echipamentelor pentru vibroforare sunt:

- pentru vibroforare tubată (cu con de penetrare pierdut), lungimea unui tronson de tubaj este de 1000 mm, diametrul exterior al tubajului de 146 mm, diametrul interior de 123 mm, diametrul conului de penetrare de 160 mm și lungimea conului de penetrare de 270 mm;

- pentru vibroforare netubată (cu carotieră sau cu con de penetrare recuperabil), lungimea unei tije de forare este de 1000 mm, diametrul exterior al tijeii este de 115 mm și cel interior de 84 mm, lungimea carotierei este de 1160 mm pentru diametre mai mici de 300 mm și de 880 mm pentru diametre mai mari de 300 mm, diametrul carotierelor fiind de 150, 220 și 377 mm, diametrul conurilor de vibropenetrare este de 130, 150 și 200 mm și lungimea de 270 sau 300 mm.

În timpul executării primelor lucrări de vibroforare cu instalația IVO-1, s-au constatat unele posibilități de îmbunătățire a instalației, care s-au efectuat în decursul timpului în cadrul catedrei. Acestea se referă la cadrul suport și la sistemul de prindere a cilindrului hidraulic. După executarea îmbunătățirilor menționate pe instalația existentă, a rezultat instalația care se găsește și astăzi în dotarea catedrei (fig. 2.8) și care este denumită IVO-1 îmbunătățită.

La această instalație, cadrul suport (1) a fost executat din profile metalice cu dimensiuni superioare pentru a rezista în condiții bune eforturilor pe care le preia în timpul forării.

Altă modificare a constat în înlocuirea și prinderea cilindrilor hidraulici de presare (5) de cadrul instalației cu baza cilindrilor și de cărucior cu tija cilindrilor. Prin

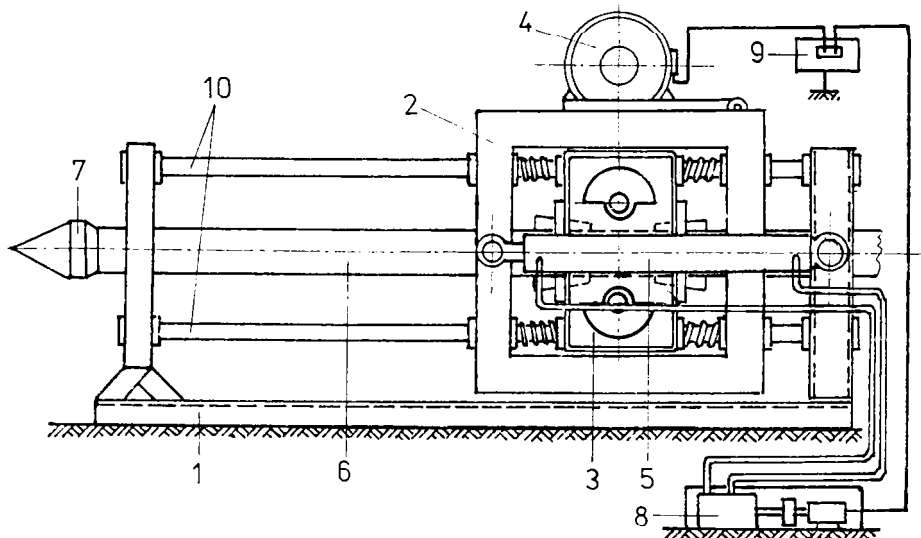


Fig. 2.8. Instalația de vibroforare IVO-1 îmbunătățită [57]

1-cadru suport; 2-cărucior; 3-vibrogenerator; 4-motor electric; 5-cilindri de presare;
6 și 7-echipament de lucru format din tijă și con; 8-grup hidraulic; 9-tablou de distribuție;
10-tije de ghidaj

această modificare s-au scos cilindrii hidraulici de sub influența vibrațiilor împreună cu racordurile lor la grupul hidraulic, ceea ce a condus la eliminarea posibilității de rupere a racordurilor în timpul lucrului.

Această instalație se găsește și la ora actuală în dotarea catedrei și cu ajutorul ei s-au executat o serie de lucrări pentru producție cu asistența tehnică a autorului. Instalația a fost supusă încercărilor de duranță și experimentărilor, la care a participat și autorul lucrării de față, care vor fi prezentate în detaliu în capitolele 3 și 4 ale acestei lucrări.

2.3.3. Unele echipamente folosite la vibroforare

În general, echipamentele de vibroforare sunt compuse din tije prelungitoare și instrumente de vibroforare care pot să fie conuri sau carotiere. Dacă vibroforarea se face în pământuri necoezive, echipamentul se completează cu țevi metalice pentru tubarea vibroforajului.

Tijele prelungitoare sunt executate, în general, din țevă metalică cu pereți groși, cu diametrul exterior de 60...130 mm, care se îmbină, între ele, prin

înșurubare. Lungimea tijelor variază între 1000...4000 mm funcție de utilajul la care se folosesc și de modul de manevrare, manual sau mecanic.

Conurile pentru vibroforare, sau mai corect vibroînfigere, sunt executate din țevă metalică și au lungimi diferite, astfel ca la un diametru exterior de 50...200 mm să asigure un unghi la vârf de $15...90^{\circ}$, în funcție de terenul străbătut și de destinația forajului.

Carotierele pentru vibroforare, respectiv pentru prelevarea probelor de pământ prin vibrare, sunt executate din țevi metalice și au lungimea de 1000...2000 mm și diametrul de 90...400 mm, fiind prevăzute la partea inferioară cu un cuțit tăietor iar la partea superioară cu o reducere filetată prin intermediul căreia se realizează îmbinarea cu tije prelungitoare sau cu vibrogeneratorul.

În procesul de vibroforare, carotiera reprezintă elementul care intră în contact nemijlocit cu straturile de pământ în care se execută forarea și asupra căreia se manifestă rezistența la vibroforare a pământului, atât sub formă de forțe de frecare cât și de rezistență frontală. Datorită acestui fapt, viteza de vibroforare depinde în mod substanțial de alcătuirea constructivă și de dimensiunile geometrice ale carotierei.

Cercetările experimentale efectuate de diferiți cercetători, și în special cele efectuate în cadrul Catedrei de drumuri și fundații din Timișoara de către V. Haida în anii 1966...1978 [30], au arătat că reducerea rezistenței la vibroforare a pământului și prin aceasta sporirea vitezei de înaintare, se poate obține și prin unele măsuri de ordin constructiv referitoare la carotieră. Prin practicarea unor tăieturi longitudinale sub formă de fante în peretele carotierei, se reduc forțele de frecare datorită micșorării suprafeței laterale a carotierei în contact direct cu pământul. Totodată aceste fante permit examinarea vizuală și determinarea cu precizie a limitelor de schimbare a stratificației pe adâncimea vibroforajului.

Atunci când forajele se execută în scopul prelevării probelor de pământ prin vibrare în vederea studiului, carotierele trebuie să îndeplinească anumite condiții. Pentru păstrarea caracteristicilor fizico-mecanice ale pământului prelevat este necesar să nu apară o mișcare relativă a pământului aflat în carotieră față de terenul din care are loc prelevarea. Pentru aceasta trebuie înlăturat **efectul de pilot**, (V. Haida, 1978) [30], adică posibilitatea creării unui dop de pământ fixat de carotieră, care se deplasează odată cu ea, întocmai ca un pilot. Mișcarea relativă poate avea loc atunci când forțele de frecare și de aderență dintre pământul din carotieră și suprafața interioară a carotierei depășesc rezistențele care apar pe secțiunea transversală în timpul înfigerii.

Valoarea forțelor de frecare și de adeziune amintite depind de mai mulți factori, unul dintre aceștia fiind sarcina geologică. Sub influența sarcinii geologice stratul de pământ din zăcământ este comprimat, deoarece deformația laterală este împiedicată. După tăierea carotei de către cuțitul carotierei, pământul are tendința de a refula în lateral, dar cum refularea este împiedicată de carotieră, pe pereții acesteia se va exercita o presiune, datorită căreia la deplasarea carotierei în teren apar forțe de frecare care cresc cu adâncimea. În plus, ele mai depind de comprimarea probei în sens transversal din cauza grosimii pereților carotierei. Deci comprimarea depinde de raportul dintre suprafața secțiunii transversale mărginită de perimetrul interior al

cuțitului și cea mărginită de perimetrul său exterior. Cu cât acest raport va fi mai mare cu atât comprimarea probei va fi mai mică, deci forțele de frecare vor fi mai mici. Realizarea unui raport mare se face folosind carotiere cu pereți subțiri, dar a căror limită este determinată de condiția de asigurare a rezistenței la deformare a carotierei.

Un alt rol important în reducerea forțelor de frecare și de adeziune care acționează pe suprafața interioară și exterioară a carotierei îl reprezintă efectul vibrațiilor, după: Efremov 1958 [25], V. Haida 1978 [30] și M. Păunescu 1979 [68], care trebuie să aibă amplitudini mai mari de 4 mm pentru ca frecarea să fie cât mai mică.

De asemenea, tot pentru reducerea forțelor de frecare dintre pământ și suprafața laterală, interioară și exterioară a carotierei, se recomandă mărirea diametrului exterior al cuțitului, respectiv micșorarea celui interior, cu 2...4 % față de diametrul exterior și interior al carotierei. Rezistența pământului manifestată frontal pe secțiunea transversală se poate reduce prin ascuțirea unilaterală a cuțitului dinspre exterior.

Toate măsurile indicate pentru reducerea valorii forțelor de frecare dintre teren și suprafața interioară a carotierei nu trebuie să împiedice extragerea odată cu carotiera a volumului de pământ din ea. Pentru aceasta se recomandă ca extragerea să se facă fără vibrare chiar și la pământurile plastice, unde vibrarea este indicată și la extragere. Extragerea carotierei fără vibrații necesită un efort static cu o valoare de 5...6 ori mai mare, ceea ce nu este posibil de realizat întotdeauna.

Constructiv, carotiarele diferă în funcție de natura terenului în care se forează, respectiv din care se recoltează probe (fig. 2.9).

Carotiarele cu o singură fantă longitudinală, având unghiul de deschidere de 150° și unghiul de ascuțire a cuțitului tăietor de 70° (fig. 2.9.a) sunt destinate executării forajelor prin metoda vibroforării în pământuri argiloase. Pentru forarea în pământuri semiargiloase se folosește o carotieră prevăzută cu mai multe fante longitudinale cu unghi de deschidere de circa 40° (fig. 2.9.b).

În cazul pământurilor lipsite complet de coeziune, pentru menținerea materialului în carotieră pe timpul extragerii din foraj se folosesc carotiere cu clapete (fig. 2.9.c), a căror închidere pe timpul extragerii se realizează sub acțiunea greutateii coloanei de pământ din carotieră. Se observă că pentru reducerea forțelor de frecare dintre carotieră și pământ, pe lângă prezența fanțelor longitudinale, grosimea peretelui carotierei s-a prevăzut de 5 mm, iar între diametrii (interior și exterior) cuțitului și cei ai carotierei, s-a creat o diferență de 2...4 %.

Un alt tip de carotieră pentru prelevarea probelor netulburate este conceput tot de V. Haida [30] și constă dintr-o carotieră demontabilă după generatoare, ale cărei dimensiuni și alcătuire constructivă sunt prezentate în fig. 2.10. Carotiera este prevăzută în interior cu trei ștuțuri care servesc la prelevarea probelor și mai ales la păstrarea acestora până la efectuarea determinărilor de laborator. Pentru extragerea probelor din carotieră, aceasta se demontează după generatoare prin desfiletarea cuțitului tăietor și a fundului carotierei și separarea apoi a celor trei ștuțuri cu pământul din interiorul lor.

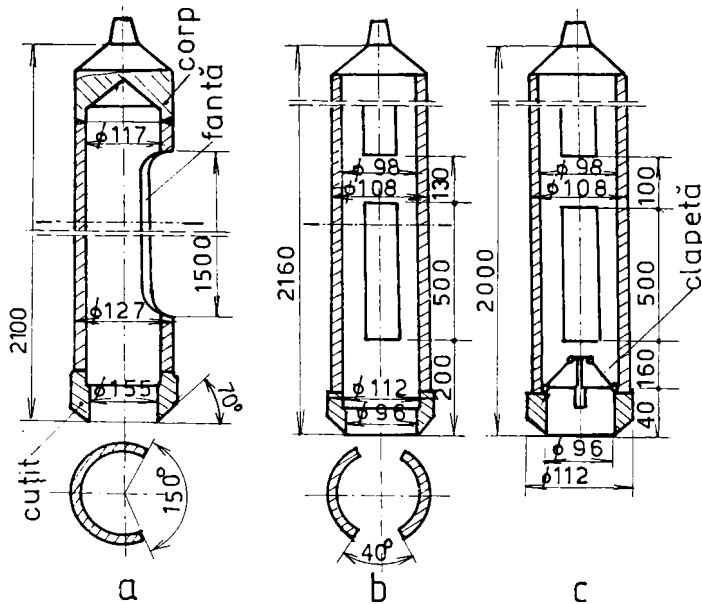


Fig. 2.9. Tipuri de carotiere [30]

a-carotieră cu o fantă; b-carotieră cu mai multe fante; c-carotieră cu clapete

Tot pentru prelevarea probelor netulburate prin vibroforare, după același autor [30], se pot folosi carotiere cu ștuț frontal la care corpul carotierei este prevăzut cu fante longitudinale iar cuțitul de la partea inferioară este înlocuit cu un ștuț montat prin înfiletare cu ajutorul unui filet trapezoidal. Această carotieră s-a executat în scopul reducerii timpului necesar pentru demontarea și remontarea carotierei anterioare cu alte ștuțuri. La carotiera cu ștuț frontal, desfiletarea ștuțului cu proba din el și montarea altuia gol la corpul carotierei se face mult mai ușor și în timp mai scurt decât în cazul carotierei cu ștuțuri montate în interior.

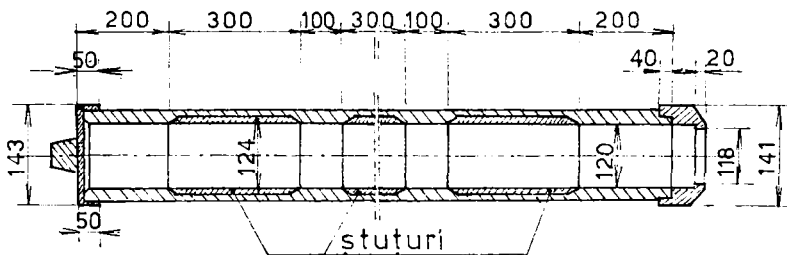


Fig. 2.10. Carotieră cu ștuțuri [30]

Un alt avantaj pe care-l prezintă această carotieră, în comparație cu cea anterioară, îl constituie prezența fantelor în peretele acesteia, fapt care contribuie atât la mărirea vitezei de vibroforare cât și la preîntâmpinarea în mai mare măsură a

“efectului de pilot”. De asemenea, prin faptul că ștuțul este plasat la partea inferioară a corpului carotierei, înfigerea acesteia în teren pentru prelevarea unei probe de la o anumită adâncime este redusă (egală cu lungimea ștuțului) și în consecință timpul de acțiune a vibropercuțiilor asupra probei prelevate este mai redus.

2.4. ASUPRA TEHNOLOGIILOR DE EXECUTARE A VIBROFORAJELOR

La executarea forajelor pentru prelevări de probe geotehnice sau pentru subtraversări se folosește, în general, aceeași tehnologie de lucru adaptată la caracteristicile utilajului, cu diferența că pentru prelevări de probe geotehnice se forează pe direcție verticală, iar pentru subtraversări se forează pe direcție orizontală.

După stabilirea punctului în care se va executa forarea și pregătirea locului de lucru, se așează vibroinstalația pe poziția de lucru și se montează carotiera la vibrogenerator, direct sau prin intermediul tijelor prelungitoare. Se pornește motorul care acționează vibrogeneratorul și se slăbește cablul de susținere, carotiera înfigându-se în teren sub acțiunea vibrațiilor, a greutății echipamentului și a vibrogeneratorului, sau a presării în cazul subtraversărilor. După înfigerea pe lungimea unei carotiere se oprește vibrogeneratorul și se extrage carotiera din foraj cu ajutorul troliului de ridicare la forajele verticale, sau cu ajutorul cilindrilor de presare la forajele orizontale. În continuare procesul de vibroforare constă în cicluri identice, respectiv introducerea carotierei în foraj pentru umplere urmat de extragerea din foraj pentru golire.

Pentru adâncimi mai mari de 10...12 m este indicat ca pe măsura creșterii adâncimii forajului să se utilizeze carotiere cu diametre descrescătoare. Folosirea procedurii de trecere de la un diametru mai mare la unul mai mic permite reducerea accentuată a umplerii carotierei, înainte de a ajunge la cota de forare, cu pământ de pe pereții refulați așa cum menționează M. Păunescu în anul 1979 [51].

Pentru reducerea solicitărilor care apar la ridicarea coloanei de foraj trebuie micșorată mărimea cursei de înfigere, iar în perioada de începere a extragerii carotierei să se acționeze timp de 3...4 secunde și vibrogeneratorul.

Atunci când în timpul umplerii carotierei înaintarea echipamentului se întrerupe pe neașteptate, deși vibrogeneratorul este în funcțiune, iar echipamentul începe să sară, înseamnă că s-a întâlnit un obstacol care nu se poate trece. Într-o astfel de situație trebuie extrasă carotiera, golită de pământul pe care-l conține și introdusă din nou în foraj pentru străpungerea obstacolului. Dacă acest lucru nu este posibil, se oprește forarea și se reia de la început pe un alt punct din apropiere.

2.4.1. Prezentarea tehnologiei de vibroforare cu tubare

Când forajul străbate roci necoezive, pereții forajului trebuie sprijiniți cu tuburi al căror diametru interior depășește cu puțin diametrul exterior al carotierei,

procedeu folosit de V. Haida și M. Păunescu [30], [51], procedeu numit forare cu tubare. Pentru realizarea acestui procedeu se aplică următoarea tehnologie de lucru (fig. 2.11): a - se înfige carotiera (1) cu ajutorul vibrogeneratorului (2) în prima cursă, se desprinde carotiera de la vibrogenerator lăsându-se în pământ și se ridică vibrogeneratorul cu ajutorul cablului de ridicare (4) pe lumânarea (5);

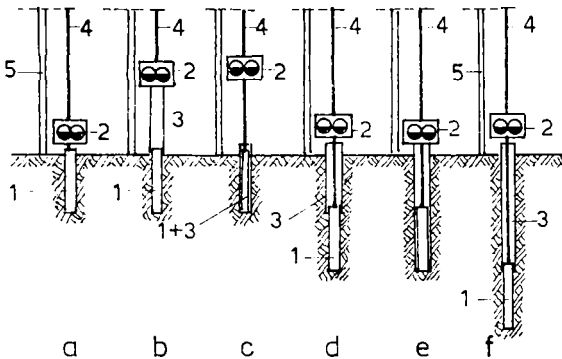


Fig. 2.11. Tehnologia de forare cu tubare [51]

b - se prinde țeava de tubaj la vibrogenerator și se înfige pe adâncimea pe care s-a înfipt și carotiera, apoi, după desprinderea țevii de tubaj de la vibrogenerator, se prinde carotiera și se extrage din foraj pentru golire;

c - se intercalează o tijă prelungitoare între vibrogenerator și carotieră după care se introduc în foraj;

- se înfige carotiera pentru umplere pe lungimea ei și se desprinde de la vibrogenerator;

e - după ridicarea vibrogeneratorului și prinderea altei țevi de tubare, se înfige și aceasta pe lungimea unei curse, după care urmează extragerea carotierei pentru golire;

f - se introduce carotiera în forajul executat și se înfige pe lungimea unei curse pentru umplere. Operațiile, de înfigere a carotierei pentru umplere apoi a țevii de tubare urmate de extragerea carotierei pentru golire și introducerea în forajul executat, se repetă până când se ajunge la cota de forare stabilită.

2.4.2. Referire la tehnologia de vibroforare a drenurilor

La realizarea forajelor orizontale pentru executarea drenurilor se folosesc mai multe tehnologii de execuție conform "Instrucțiunilor tehnice pentru proiectarea și executarea drenurilor orizontale prin vibroforare", instrucțiuni redactate la Catedra de drumuri și fundații din Timișoara de M. Păunescu și V. Haida în anul 1975 [107] și care au fost stabilite în vederea executării drenurilor cu instalația IVO-1, prezentată în acest capitol și cu echipamentul din dotare la acea dată. Analizând aceste tehnologii, se constată următoarele:

- tehnologia de executare a drenurilor orizontale prin procedeu de vibroforare cu con, care constă în înfigerea, cu ajutorul forței statice de presare a instalației și sub efectul vibrațiilor, a unui con de vibroforare prin intermediul unei coloane de foraj prinsă rigid de vibrator, se poate folosi la orice instalație de vibroforare orizontală dar prezintă dezavantajul că introducerea tubului filtrant se face după executarea forajului și retagerea coloanei de foraj, ceea ce permite ca pereții forajului să se surpe, mai ales atunci când drenurile se execută în terenuri necoezive, fapt care conduce la imposibilitatea introducerii tubului filtrant în foraj;

- tehnologia de executarea a drenurilor orizontale prin procedeul vibroforării cu con și coloană de tubaj, care constă în înfigerea unui con prin intermediul unei coloane de foraj care este în același timp și coloană de tubaj, în interiorul căreia se va poza tubul drenant, se poate executa doar cu instalația IVO-1 la care coloana de foraj poate să aibă diametrul exterior de 80...100 mm. Această tehnologie impune ca grosimea pereților coloanei de foraj să fie mare, ceea ce împreună cu diametrul mare al coloanei, face ca această tehnologie să fie foarte greu de executat;

- tehnologia de executarea a drenurilor orizontale care constă în înfigerea în teren chiar a tubului filtrant, prin faptul că tubul filtrant trebuie să fie în același timp și coloană de foraj, deci trebuie să fie o țevă metalică, este costisitoare și greoaie deoarece tubul filtrant se execută de obicei din materiale plastice care nu se corodează în timp sub acțiunea umidității și care sunt ușor de manevrat;

- tehnologia de executarea a drenurilor orizontale prin procedeul vibroforării cu carotieră, care constă în executarea unui foraj prin carotare și introducerea tubului filtrant după executarea forajului pe toată lungimea drenului, prezintă dezavantajul că pereții forajului se pot surpa înainte de introducerea tubului filtrant în foraj, ceea ce împiedică introducerea tubului pe toată lungimea drenului.

Aceste tehnologii se pot îmbunătăți prin folosirea altor utilaje sau a altor echipamente de lucru mai performante, care să înlăture dezavantajele menționate mai sus, așa cum se va vedea în capitolul următor.

2.5. STUDII EXPERIMENTALE ȘI CONCLUZII DESPRINSE ÎN URMA FOLOSIRII UNOR UTILAJE ȘI ECHIPAMENTE EXISTENTE ÎN CADRUL CATEDREI DE DRUMURI ȘI FUNDAȚII

În vederea lărgirii gamei de utilaje vibratoare pentru activitatea de construcții în general, respectiv pentru cea de executare a forajelor în special, s-a realizat un program amplu de experimentare a unor utilaje vibratoare și echipamente existente în catedră, program desfășurat în anii 1980...1981, utilaje dintre care se menționează înfigătorul de țevi model 1972. Totodată, în aceeași perioadă, s-a urmărit comportarea în lucru a instalației de vibroforare orizontală IVO-1, existentă în catedră, în vederea stabilirii unor concluzii privind necesitatea modernizării instalației în întregime sau doar a unor subsansambluri ale ei.

2.5.1. Studii experimentale asupra înfigătorului de țevi model 1972

În cadrul experimentării înfigătorului de țevi model 1972, efectuată în anul 1981, în baza unui contract de cercetare cu nr.863/81, încheiat între Catedra de drumuri și fundații din Timișoara și ICCPDC București [73], s-a urmărit determinarea parametrilor de lucru ai înfigătorului. Experimentarea înfigătorului s-a făcut în curtea Catedrei de drumuri și fundații, unde s-a putut asigura sursa de alimentare cu curent

electric a motorului de antrenare. Terenul unde s-a făcut experimentarea are următoarea stratificație:

- 0,00...-0,30 m sol vegetal;
- -0,30...-2,40 m argilă nisipoasă;
- -2,40...-5,20 m nisip mijlociu și fin prăfos.

Programul de experimentare a cuprins pe lângă studiul înfîngerii și extragerii țevilor pentru realizarea prizelor de împămîntare, aceasta fiindu-i destinația inițială, și studierea a noi domenii de aplicare a înfîgătorului ca:

- executarea forajelor prin carotare cu tubare pentru montarea unor reperi în interiorul tubajului;
- prelevarea de probe geotehnice prin folosirea unor carotiere (vibrocarotare);
- determinarea rezistenței terenurilor în regim de solicitare dinamică, prin vibroînfigerea unor țevi cu con (vibropenetrare).

În timpul experimentărilor, autorul a făcut măsurători asupra următorilor parametri:

- amplitudinea vibrațiilor posibil de realizat cu înfîgătorul;
- puterea consumată de motorul electric de antrenare;
- viteza de înfîgere a tijelor cu con;
- timpii auxiliari necesari deservirii.

În timpul experimentărilor s-au mai constatat și o serie de deficiențe mecanice sau de concepție, care se vor prezenta în continuare și care au stat la baza stabilirii unor propuneri pentru executarea unui model îmbunătățit.

Experimentarea propriu-zisă a început cu studiul funcționării în gol a înfîgătorului model 1972 (fig. 2.4). S-a început cu fixarea manuală pe poziție de lucru a trepidului înfîgătorului, aducerea vibrogeneratorului și legarea la cablul de ridicare urmată de legarea motorului de antrenare la rețeaua electrică de alimentare după care s-a pornit motorul electric pentru antrenarea vibrogeneratorului. În timpul pornirii, care a durat 10 secunde până la ajungerea la turația de regim de 1430 rot/min, s-a constatat un consum destul de ridicat de curent, de până la 3 kW. Reducerea acestui consum este posibilă prin antrenarea cu un motor hidraulic cu turație variabilă.

După atingerea turației de regim s-a încercat ridicarea vibrogeneratorului cu ajutorul troliului de ridicare cu acționare manuală (3, fig. 2.4). Ridicarea vibrogeneratorului în timpul funcționării nu a fost posibilă deoarece cablul de ridicare (3) a fost prins rigid de vibrator (2), ceea ce a făcut ca vibrațiile produse să se transmită trepidului de susținere prin intermediul cablului de ridicare, făcând imposibilă acționarea manuală a troliului. Pentru împiedicarea transmiterii vibrațiilor la cablu, autorul a considerat că este necesar să se realizeze o prindere elastică a cablului sau înglobarea vibrogeneratorului într-o carcasă, de care să fie fixat elastic cu arcuri și de care să se lege cablul de ridicare (fig. 4.5.c). Ca urmare a celor constatate, s-a oprit motorul de antrenare și s-a ridicat vibrogeneratorul în stare de repaos cu ajutorul troliului (3 din fig. 2.4), după care s-a introdus o tijă a echipamentului de lucru (7) prin mandrina de prindere (4), respectiv prin țeava centrală a vibrogeneratorului. Tija echipamentului (7) a fost strânsă manual cu ajutorul unei manivele de acționare a mandrinei. A urmat înfiletarea unui con la tija echipamentului și coborârea ansamblului

vibrogenerator-echipament până la contactul conului cu terenul. O desfacere suplimentară a cablului de ridicare conduce la înclinarea echipamentului și deplasarea laterală a vibrogeneratorului datorită faptului că este prins punctiform, deci nu este ghidat pe direcția verticală de forare. Prinderea într-un singur punct a vibrogeneratorului nu permitea executarea forării înclinate față de verticală, deoarece greutatea acestuia avea tendința să răstoarne ansamblul. Situația menționată nu s-a putut remedia pe loc și s-a tras concluzia că este necesar ca următorul model să aibă o lumânare de ghidare a vibrogeneratorului în timpul lucrului (5 și 6 din fig.3.1, §3.1).

În situația prinderii generatorului doar din partea de sus, așa cum se prezintă în fig. 2.4, înfigerea se realizează doar sub efectul vibrațiilor pure sau a vibropercuțiilor dirijate în jos, cumulat cu presarea dată de greutatea generatorului și a echipamentului. Pentru o presare suplimentară a echipamentului în teren, este necesar să se realizeze o prindere a vibrogeneratorului și din partea inferioară, prindere asupra căreia să se acționeze cu o forță oarecare pentru a-l trage în jos, respectiv pentru a presa echipamentul în teren. Această prindere și presare este posibilă doar atunci când vibrogeneratorul este fixat într-o lumânare de ghidare care trebuie să aibă și rolul de suport pentru cablul și troliul de ridicare, așa cum se va prezenta în cap. 3 (fig. 3.1).

La încercarea de înfigere a conului s-a constatat că tija echipamentului scapă din mandrina de prindere în timpul funcționării vibrogeneratorului, motiv pentru care au fost necesare mai multe opriri pentru strângerea manuală a șurubului de acționare a mandrinei. Pe lângă fenomenul de scăpare a tijei din mandrină s-a constatat că, după câteva strângeri realizate în același loc, tija s-a deformat datorită efortului de strângere care se realizează pe o suprafață foarte mică, aproape punctiform, pe conturul tijei. La conceperea unei noi instalații, pentru eliminarea inconvenientelor prezentate, deoarece este necesar un efort de strângere mai mare care nu se poate realiza manual ci doar hidraulic, trebuie să se prevadă o mandrină hidraulică care poate să asigure atât o forță mai mare de strângere, cât și mărirea suprafeței de contact dintre elementul de strângere și tija echipamentului (fig. 3.7).

S-a constatat, de asemenea, că în timpul funcționării vibrogeneratorului și a înfigerii echipamentului în teren, în anumite situații, motorul electric de antrenare intră în rezonanță cu vibrogeneratorul și își reduce în mod substanțial turația, ceea ce conduce la reducerea forței perturbatoare necesare înfigerii. S-a considerat că este necesară scoaterea motorului de antrenare de sub influența vibrațiilor, ceea ce impune montarea elastică a motorului pe vibrogenerator. Acest lucru se poate realiza prin montarea motorului pe un cărucior în care s-a propus ca să se fixeze elastic vibrogeneratorul, așa cum se va vedea în cap. 4, fig. 4.6.c.

La verificarea dispozitivului de modificare a regimului de lucru de la vibrații pure la vibropercuții dirijate în jos sau în sus și invers, s-a constatat că acesta funcționează corespunzător și s-a propus menținerea lui și la noul utilaj care a fost propus și care va fi prezentat în cap. 3 (fig. 3.5).

În ceea ce privește reglarea momentului static al excentricilor prin rotirea maselor excentrice, s-a constatat că această reglare se face foarte greu în sistemul de acționare manuală deoarece nu se poate asigura concomitența acționării asupra celor două axuri pe care se află excentricii, motiv pentru care s-a propus conceperea unui

sistem hidraulic de acționare concomitentă (cap. 3, fig.3.4). Sistemul hidraulic de acționare a excentricilor permite reglarea continuă și în timpul funcționării vibrogeneratorului (fig. 3.4, cap. 3).

Cu toate dificultățile legate de funcționarea necorespunzătoare a vibrogeneratorului, s-a reușit totuși să se măsoare anumiți parametri de lucru la înfigerea în teren a echipamentului cu con prin vibrare pură, câțiva dintre acești parametri fiind prezentați în tabelul 2.3.

**Tabelul 2.3. Rezultate experimentale - regim de lucru vibrații pure
con $\Phi 70$ mm**

Nr. operație	Adâncime (m)		Timp de înfig. (s)	Timp auxiliar (s)	Amplit. (mm)	Vit. înfig. (m/min)
	parțială	cumulată				
1	0,30	0,30	20	100	5	0,90
2	0,50	0,80	38	85	6	0,79
3	0,40	1,20	33	150	5	0,73
4	0,60	1,80	52	120	5	0,69
5	0,50	2,30	46	210	6	0,65
6	0,50	2,80	51	130	6	0,59
7	0,60	3,40	72	140	5	0,50

Analizând valorile din tabel se constată o variație importantă a vitezei de înfigere pe faze de lucru, de la 0,50 la 0,90 m/min, ceea ce se explică prin cedarea prinderii tijeii echipamentului în mandrină sau prin scăderea turației vibrogeneratorului, respectiv prin creșterea forței de frecare a conului și a tijelor prelungitoare odată cu înfigerea în pământ.

De asemenea, s-a mai constatat că timpii auxiliari sunt foarte mari, uneori chiar de 5 ori cât timpul de înfigere, datorită deselor întreruperi ale înfigerii din diverse motive și pentru că au fost necesare o serie de reparații ale unor dispozitive. Adâncimea parțială de înfigere, pe faze de lucru, a fost foarte mică în comparație cu cursa de lucru de 2,00 m care se poate realiza cu această instalație, datorită aceluiași motive.

S-a apreciat că în condițiile prinderii rigide a echipamentului de lucru, a realizării unei turații constante și a unei curse de lucru constante, se vor putea reduce atât timpii de înfigere cât și timpii auxiliari, ceea ce va conduce la creșterea vitezei de înfigere.

Pentru experimentarea tehnologiei de vibroforare cu carotiera s-a executat o carotieră improvizată dintr-o țevă, care s-a ascuțit la un capăt înspre interior, fără a avea un cuțit de tăiere evazat. S-a înfipt această carotieră în teren de mai multe ori dar, datorită deselor întreruperi din diferite motive, nu s-au putut reține niște valori ale parametrilor de forare care să poată fi analizați. Se menționează faptul că de câteva ori materialul din carotieră s-a descărcat, în timpul extragerii, în interiorul forajului, chiar dacă nu s-a folosit vibrarea pentru extragere, aceasta datorită faptului

că nu s-a folosit o carotieră cu cuțit de tăiere, așa cum se indică în § 2.3.3. De la adâncimea de 2,00 m, extragerea carotierei s-a făcut foarte greu datorită frecării dintre carotieră și teren, aceasta tot datorită lipsei cuțitului cu evazarea exterioară.

Golirea carotierei s-a făcut de asemenea foarte greu, datorită faptului că nu a avut fante laterale care să ușureze golirea.

Se poate aprecia din cele prezentate mai sus că alcătuirea constructivă a carotierei este foarte importantă și că trebuie respectate condițiile menționate în § 2.3.3 legate de carotiere. În același timp, lungimea carotierei trebuie să fie egală cu lungimea cursei de lucru pentru reducerea la maxim a timpilor auxiliari necesari forării.

Ca observație generală pentru folosirea antrenării electrice a vibrogeneratorului, se menționează faptul că această antrenare face ca folosirea instalației să fie dependentă de sursa de alimentare cu curent, ceea ce impune conceperea unui alt tip de antrenare care să conducă la independența energetică și anume antrenarea hidraulică care să se realizeze de către un grup hidrostatic pus în funcțiune de un motor termic.

Deplasarea instalației de la un punct de lucru la altul s-a făcut prin demontarea instalației și transportarea fiecărei componente, ceea ce a condus la propunerea de așezare a tuturor componentelor instalației pe un cărucior cu roți care să poată fi remorcat ușor până la punctul de lucru de către orice mijloc auto.

După experimentarea înfigătorului, autorul consideră că, pe baza utilajului existent și a concluziilor desprinse, se poate proiecta și executa un utilaj ușor cu caracteristici și performanțe superioare înfigătorului și că domeniul de aplicare poate fi diversificat, așa că și-a propus să realizeze acest obiectiv (cap 3).

2.5.2. Rezultate experimentale cu privire la funcționarea instalației IVO-1

În baza aceluiași contract, prin care s-a experimentat înfigătorul de țevi menționat în paragraful anterior [126], au fost prezentate o serie de concluzii referitoare la funcționarea în lucru a instalațiilor IFO-1 și IVO-1 (fig. 2.6 și 2.8). Aceste concluzii au fost stabilite pe baza observațiilor reținute de la executarea unor lucrări pentru producție, deoarece experimentarea instalațiilor era costisitoare și nu au existat fondurile necesare pentru aceasta. Lucrările executate, care au fost realizate și pe baza cărora s-au făcut propunerile, se prezintă în tabelul 2.4.

În general, terenul în care s-au executat forajele a fost format din: argilă plastic vârtoasă la lucrările de la pozițiile 1...5, argilă prăfoasă plastic consistentă la lucrările de la pozițiile 7 și 8 și argilă prăfoasă plastic vârtoasă la lucrările de la pozițiile 6 și 9. În cele ce urmează se va prezenta în detaliu o lucrare de forare, pentru executarea unei subtraversări, cu IVO-1 și carotieră.

- a. Studii cu privire la executarea forajului pentru subtraversarea unei căi ferate la Deva cu o conductă de gaze naturale

Pentru racordarea la rețeaua de gaze naturale a cartierului de nord din municipiul Deva, s-a impus subtraversarea căii ferate Coșlariu-Curtici, km 479+950,

printr-o zonă unde existau șase linii de cale ferată (fig. 2.12). Patru linii erau așezate compact, una lângă alta iar alte două, de manevră, la o distanță de 3.00 m față de primele patru. Lateral celor patru linii de cale ferată era un gard executat din prefabricate de beton pentru împrejmuirea unui depozit de cereale, gard situat la distanța de 2.00 m față de prima șină. În situația dată, lungimea totală necesară a fi forată, respectiv de subtraversat cu conducta de gaze, a fost de 25.00 m.

În soluția inițială de subtraversare, conform proiectului întocmit de Atelierul de proiectare al Regionalei de Căi Ferate Timișoara, era prevăzută executarea subtraversării în varianta tunel tehnic din beton armat, executat în săpătură deschisă sub protecția unor podețe provizorii executate sub toate cele șase linii de cale ferată. Această soluție necesită un timp de execuție pentru subtraversare de 5 luni calendaristice și un consum important de material lemnos pentru sprijiniri și cofraje, beton, fier beton și forță de muncă. La toate acestea se mai adaugă închiderea circulației pe perioada executării și a demontării podețelor și restricția de viteză care se impune pe toată durata de execuție a tunelului tehnic, precum și consumul de materiale, necesare executării podețelor, materiale care nu se mai pot recupera.

Pentru realizarea subtraversării, executantul lucrării, Antrepriza de construcții montaj a Regionalei CF, a solicitat Catedrei de drumuri și fundații executarea unui foraj pe sub toate cele șase linii de cale ferată și pozarea unui tub metalic de protecție în foraj.

La timpul respectiv, în dotarea catedrei exista doar instalația IVO-1 dotată numai cu echipament cu carotiere care aveau diametrul de 219, respectiv 377 mm. Deoarece diametrul tubului de protecție stabilit de proiectant a fost de 299 mm, dublu față de diametrul conductei de transport prevăzut a fi de 133 mm, forajul a trebuit să se execute cu carotiera cu diametrul de 377 mm, așa cum s-a stabilit prin contractul cu nr. 10800/87 [110].

În urma studierii amplasamentului, a rezultat că forarea se poate executa doar dintr-o singură poziție, pe sub toate cele șase linii de cale ferată. Acest lucru a fost posibil întrucât între cele două grupuri de, patru respectiv două, linii a existat spațiul necesar executării unei gropi intermediare din care să se poată continua forarea (fig. 2.12). Totodată, pentru forarea pe sub grupul de două linii nu exista spațiul necesar amplasării instalației, astfel că instalația a trebuit să fie amplasată în curtea depozitului de cereale, pe direcția forajului, într-o groapă cu adâncimea de 3.00 m față de cota platformei depozitului. Această adâncime a fost impusă din condiția executării subtraversării la 3.00 m sub nivelul șinelor de cale ferată, așa cum s-a solicitat de către Regionala CF. Groapa pentru ieșirea forajului s-a executat în partea opusă instalației, la distanța de 1,80 m față de ultima șină, distanță impusă de existența unui zid din beton în zonă.

Un foraj geotehnic executat între linii arată că în zona respectivă, sub un strat de 80 cm de umplură, există un strat de cel puțin 4,20 m grosime, în care urmează a se executa forajul, constituit din **argilă prăfoasă plastic consistentă**, cu $I_c=0,70$, în care forajul își păstrează forma timp îndelungat datorită coeziunii, condiție absolut obligatorie datorită timpului necesar de aproximativ 16 zile, pentru executarea forajului și pozarea tubului de protecție.

Tabelul 2.4. Vibroforaje orizontale pentru subtraversări executate până în anul 1988

Nr. crt.	Localitatea	Beneficiar	Contract	Instalație și echipament	Lungime (m)	Diametru foraj (mm)	Diametru tub prot. (mm)	Destinație
1	Timișoara	IRE	17/73	IFO-1+con	4 x 17	130	110 din PVC	cabluri electrice [62]
2	Timișoara	IRE	63/74	IFO1+țeava de protecție cu con	28	110	110	cabluri electrice [62]
3	Timișoara	IRDGN	41/76	IVO-1+carotieră	13	377	250	gaze [92]
4	Timișoara	Azur	35/78	IVO-1+carotieră	18	377	250	oxigen
5	Timișoara	IRDGN	83/80	IVO-1+carotieră	19	377	250	gaze
6	Timișoara	GIGCL	52/83	IVO-1+carotieră	2 x 13	377	250	rețea termică
7	Turdaș	IEELIF Deva	3137/85	IVO-1+carotieră	15	377	319	canal
8	Deva	ACM- RCF	10800/86	IVO-1+carotieră	25	377	299	gaze [110]
9	Timișoara	UMT	2627/88	IVO-1+carotieră	14	220	179	cabluri electrice

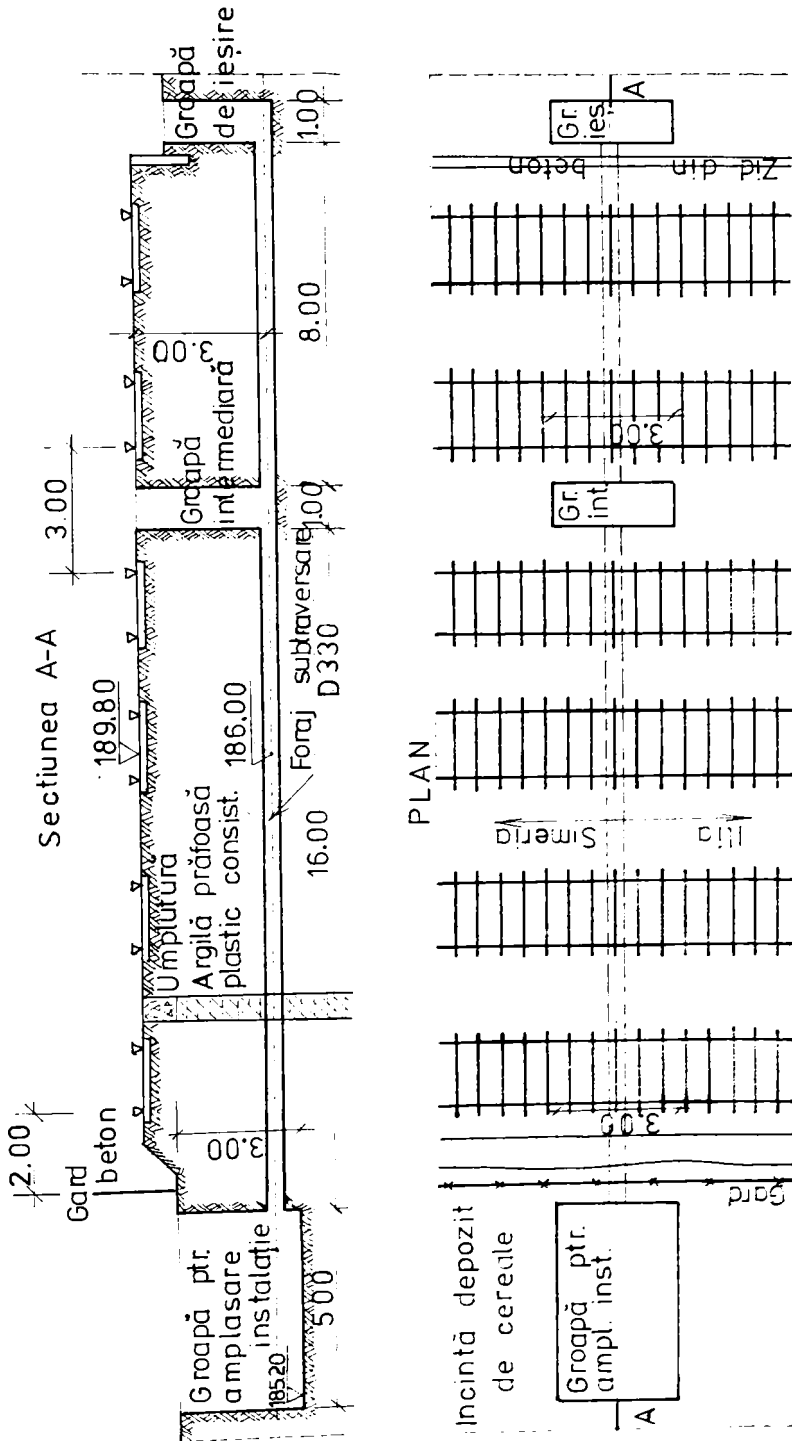


Fig. 2.12. Secțiune și plan pentru subtraversarea căii ferate la Deva

Datorită lungimii mari a zonei de subtraversat, de 25.00 m și a timpului apreciabil necesar pentru executarea forajului, s-a executat o groapă intermediară de 1,00 m lățime, între cele două grupuri de linii, ceea ce a făcut posibilă împărțirea forajului de 25,00 m și realizarea sa prin tehnologia de executare a unui foraj de 16,00 m și a unui foraj de 8,00 m, aceasta conducând la reducerea substanțială a timpului de execuție prin reducerea timpului auxiliar de înfiletare și desfiletare a întregului tronson de tije prelungitoare de 25.00 m

Executarea subtraversării a început prin săparea gropii de amplasare a instalației, cu lungimea de 5,00 m pe direcția subtraversării și lățimea de 3,00 m, a gropii intermediare, cu lățimea de 1,00 m pe direcția subtraversării și lungimea de 3,00 m și a gropii de ieșire a forajului (fig. 2.12), executată la aceleași dimensiuni ca și groapa intermediară. Terenul fiind argilos, nu a fost necesară sprijinirea pereților gropilor. Săparea gropilor s-a făcut în două zile.

După săparea gropii de amplasare a instalației s-a executat o platformă din dulapi de stejar pe care s-a așezat instalația în poziție orizontală și s-a sprijinit în față și în spate, în interiorul gropii, cu ajutorul unor traverse și dulapi din lemn. Aceste sprijiniri au avut rolul de a prelua reacțiunile apărute la executarea forajului pentru a le transmite terenului înconjurător și s-au executat în timp de o zi.

Alimentarea instalației cu energie electrică s-a făcut de la un tablou de distribuție existent în curtea depozitului.

Pentru că în spatele instalației existau construcții mari de depozitare a cerealelor, al căror fundații coborau sub nivelul axului forajului, a fost necesar ca la fiecare introducere a carotierei în foraj și extragere pentru golire să se înfileteze și să se desfileteze tot tronsonul de tije prelungitoare ale echipamentului, conform tehnologiei clasice de lucru care va fi prezentată în §3.4.1.2.

Timpii cronometrați la executarea forajului sunt înregistrați în tabelul 2.5 pe operații: de îmbinare a echipamentului pentru introducerea carotierei pe lungimea forajului executat; de forare pe lungimea unei carotiere de 1,00 m, de extragere a carotierei pentru golire odată cu desfiletarea întregului tronson de tije prelungitoare și timpul cumulativ înregistrat la forarea pe toată lungimea forajului. În ultima coloană s-a calculat viteza de execuție a forajului și viteza reală de realizare a subtraversării, deci după pozarea tubului de protecție.

Analizând valorile din tabelul 2.5 se observă că timpul necesar pentru executarea forajului pe lungimea de 16,00 m a fost de 36,80 ore, din care doar 5,5 % reprezintă timpul consumat pentru forarea propriu-zisă, ceea ce înseamnă o viteză de forare de 0,43 m/oră. Pentru executarea forajului în continuare nu a mai fost necesară înfiletarea și desfiletarea întregului tronson de tije prelungitoare deoarece extragerea carotierei din foraj s-a făcut doar până la groapa intermediară, de unde rezultă că timpul necesar pentru forarea ultimilor 8,00 m este egal cu timpul necesar pentru forarea primilor 8,00 m. Viteza de forare realizată la forarea ultimilor 8,00 m a fost de 0,89 m/oră, iar timpul de forare efectivă a reprezentat 8,2 % din timpul total de execuție

Tabelul 2.5. Timpii de lucru și viteza de execuție pentru un vibroforaj, destinat unei subtraversări de cale ferată, executat la Deva cu carotiera cu D= 377 mm, având lungimea de 26,00 m

Lungime foraj (m)	Timp (min)			Timp cumulat (ore)	Viteza de execuție (m/oră)
	Îmb. tije și introducere	Înfigere carotieră	Extragere și golire		
0	1	2	3	4	5
1	8	7	11	0,43	2,32
2	11	7	18	1,03	1,94
3	18	8	25	1,88	1,59
4	25	7	32	2,95	1,35
5	32	7	39	4,25	1,18
6	40	8	46	5,82	1,03
7	48	8	53	7,63	0,92
8	56	7	61	9,70	0,82
9	64	7	70	12,05	0,75
10	73	7	80	14,72	0,70
11	82	8	91	17,73	0,62
12	91	8	102	21,08	0,57
13	100	7	113	24,75	0,53
14	110	7	127	28,82	0,48
15	120	7	142	33,30	0,45
16	131	8		36,60	0,44
17	7		4	36,80	0,46
18	8	7	11	37,23	0,48
19	11	7	18	37,83	0,50
20	18	8	25	38,68	0,52
21	25	7	32	39,75	0,53
22	32	7	39	41,05	0,54
23	40	8	46	42,60	0,54
24	48	8	53	44,43	0,54
25	56	7		45,48	0,55
26	7		4	45,66	0,56
Pozare tub de protecție			104+210	50,90	0,51

Viteza de vibroforare realizată pe toată lungimea forajului a fost de 0,56 m/oră. Dacă nu ar fi fost posibilă realizarea gropii intermediare și trebuia executat forajul prin extragerea carotierei pentru golire pe toată lungimea forajului, timpul necesar pentru vibroforare ar fi fost de 96,78 ore, ceea ce ar fi condus la o viteză de vibroforare de 0,26 m/oră, deci o viteză foarte mică, lucrarea putându-se totuși executa.

La timpul necesar vibroforării se adaugă timpul necesar pozării tubului de protecție în foraj, odată cu desfiletarea întregului tronson de tije prelungitoare, timp care a fost de 5,23 ore, astfel că timpul total de execuție a forajului a fost de 50,90 ore, ceea ce a însemnat o viteză de execuție de 0,41 m/oră.

După pozarea tubului de protecție a urmat introducerea în interiorul acestuia a conductei de transport, executarea căminelor de vizitare la capetele tubului de protecție și astuparea gropilor, după scoaterea instalației de pe poziție.

Se menționează că într-un schimb de lucru de 8 ore pentru vibroforarea propriu-zisă s-au folosit doar 5...6 ore, restul de timp fiind destinat revizuirii instalației, verificării și refacerii sprijinirii instalației în groapă, curățării filetelor tijelor de prelungire ale echipamentului, deci timp pentru întreținere.

Timpul total de realizare a subtraversării a fost de 14 zile lucrătoare, din care 3 zile pentru operațiile pregătitoare, 9 zile pentru vibroforare inclusiv pentru pozarea tubului de protecție, o zi pentru pozarea conductei de transport și o zi pentru desfacerea sprijinirilor și scoaterea instalației din groapă.

La executarea forajului și pozarea tubului de protecție în foraj au lucrat un număr de patru muncitori, spre deosebire de soluția inițială la care ar fi fost nevoie de cel puțin cinci muncitori pe o perioadă de 5 luni.

Se menționează că, pe toată perioada de execuție a subtraversării, circulația trenurilor s-a desfășurat normal. Aceasta pentru că subtraversarea s-a executat în incinta gării, așa că nu a mai fost necesar să se introducă restricții de circulație suplimentare față de cele existente în această zonă.

În soluția inițială de execuție a subtraversării, conform proiectului întocmit de Regionala CF, **prețul de cost** estimat conform devizului, în prețuri 1982, a fost de 276000 lei iar în soluția executată prețul de cost realizat a fost de 85000 lei, ceea ce **a reprezentat o reducere de 70 %**. Pentru executarea subtraversării prin procedeul clasic ar fi fost nevoie de o perioadă de timp de **cinci luni calendaristice**, timp în care circulația trenurilor ar fi fost mult întârziată, datorită devierii și restricțiilor suplimentare de viteză impuse cu această ocazie. Dacă la cele de mai sus se adaugă economia realizată de materiale de construcții prin înlocuirea tunelului tehnic cu un tub metalic, se pot aprecia mai corect avantajele realizării subtraversărilor prin metoda forării.

b. Studii cu privire la executarea forajului pentru subtraversarea unei căi ferate la Timișoara cu un cablu electric

Pentru o altă lucrare, menționată la poziția 9 din tabelul 2.4, se prezintă în tabelul 2.6 timpii de vibroforare cronometrați, în același fel ca și pentru lucrarea anterioară și viteza de execuție determinată pe baza timpilor de vibroforare și auxiliari.

Analizând timpul de vibroforare, respectiv de umplere a carotierei din cele două tabele, 2.5 și 2.6, se constată că acesta este aproximativ constant deoarece forajele s-au executat în poziție orizontală și în același teren pe toată lungimea. Dacă se

Tabelul 2.6. Timpii de lucru și viteza de execuție pentru un vibroforaj, destinat unei subtraversări de cale ferată, executat la Timișoara cu $D=219$ mm și lungimea de 14,00 m, în argilă prăfoasă plastic vârtoasă cu $I_c=0,80$

Lungime foraj (m)	Timp (min)			Timp cumulat (ore)	Viteza de execuție (m/oră)
	Îmb. tije și introducere	Înfîgere carotieră	Extragere și golire		
0	1	2	3	4	5
1	7	6	12	0,42	2,38
2	12	7	18	1,03	1,94
3	17	8	24	1,85	1,62
4	23	7	31	2,86	1,40
5	30	8	38	4,13	1,21
6	38	7	46	5,65	1,06
7	47	8	52	7,43	0,94
8	55	7	61	9,48	0,84
9	64	7	71	11,85	0,76
10	73	8	81	14,55	0,69
11	83	7	90	17,55	0,63
12	92	8	103	20,93	0,57
13	102	8	113	24,65	0,53
14	112	7		26,63	0,52
Pozare tub de protecție			130	28,80	0,48

compară timpul de vibroforare cu timpul de execuție (forare și auxiliar), se constată că pentru executarea forajului până la lungimea de 5,00 m acesta reprezintă aproximativ 13...14 %, până la 10,00 m reprezintă aproximativ 8 %, iar până la 15,00 m reprezintă aproximativ 5,5 %, deci **ponderea timpului auxiliar este foarte mare și crește odată cu creșterea lungimii forajului.**

Din această constatare rezultă necesitatea reducerii timpului auxiliar, reducere care se poate realiza fie mecanic prin creșterea vitezei de înaintare, respectiv de retragere, a echipamentului, fie prin stabilirea unor tehnologii adecvate, așa cum s-a prezentat la lucrearea de mai sus, cu groapă intermediară.

Alte observațiile reținute de autor în urma executării forajelor, respectiv a executării subtraversărilor menționate în tabelul 2.4, și propunerile pentru îmbunătățire sunt următoarele:

- deoarece forarea se face pe direcție orizontală, forța necesară înfîgerii echipamentului de lucru în teren crează o reacțiune care trebuie preluată de pereții gropii în interiorul căreia se fixează instalația cu mijloace improvizate. Înfigerea echipamentului de lucru făcându-se sub acțiunea vibrațiilor, **elementele de fixare ale instalației cedează foarte repede**, aceasta conducând la modificarea direcției de

forare, la deformarea (îndoirea) tijelor echipamentului de lucru și la deformări ale părților anterioară și posterioară ale cadrului instalației, așa cum s-a întâmplat la lucrările (4) și (7). Pentru înlăturarea acestui neajuns s-a propus, în primul rând întărirea (solidarizarea) cadrului de bază și apoi crearea posibilității de **realizare a unei sprijiniri prin acționare hidrostatică**, aceasta putând menține aceeași forță de rezemare chiar și sub efectul vibrării, așa cum se va prezenta în cap. 3, fig. 3.9;

- vibrogeneratorul a avut o comportare satisfăcătoare dar s-a remarcat **necesitatea creșterii masei excentrice**, în scopul creșterii forței perturbatoare, deci și a diametrului de forare. Acest lucru este necesar deoarece timpul consumat la înfigerea carotierei pentru umplere a fost destul de mare, uneori și de 15 minute (la lucrările 4 și 5) și pentru că tragerea țuburilor de protecție în forajul executat s-a făcut destul de greu, mai ales la lungimi mai mari de 15,00 m și la diferențe mici între diametrul forajului executat și diametrul tubului de protecție (lucrările 4, 5 și 7);

- la înfigerea echipamentului în teren pentru vibroforare, dar mai ales la extragerea carotierei pline, când nu este indicată folosirea vibrării pentru a nu se pierde materialul din carotieră, s-a observat că **cilindrii hidraulici de presare nu au forța necesară**, așa că s-a propus înlocuirea acestora cu alți cilindri care pot realiza o forță de presare mai mare;

- antrenarea electrică a vibrogeneratorului nu permite o **variare corespunzătoare a turației**, pentru adaptarea parametrilor instalației la terenul în care se forează, motiv pentru care s-a propus înlocuirea antrenării electrice cu o antrenare hidrostatică care permite varierea turației în condiții mai bune. În același timp, antrenarea electrică face ca folosirea instalației să depindă de existența sursei de energie, motiv pentru care s-a propus conceperea unui grup hidrostatic de antrenare propriu instalației, acționat de un motor termic (cap. 3, fig. 3.10);

- în ceea ce privește tehnologia de vibroforare prin carotare, cu carotiarele din dotare executate conform §2.3.3 (fig. 2.9.a), s-a observat că uneori **carotiera era scoasă aproape goală din foraj**, acest lucru datorându-se fie efectului de pilot fie golirii carotierei în timpul extragerii datorită folosirii vibrării. Pentru împiedicarea golirii s-a propus dotarea fiecărei instalații cu carotiere proprii, a căror alcătuire constructivă să respecte indicațiile referitoare la carotiarele prezentate în § 2.3.3 (fig. 2.9.b). Folosirea unor astfel de carotiere conduce la o golire mai ușoară a lor, având în vedere că golirea se face manual, datorită faptului că au două fante, uneori acest lucru fiind foarte dificil în situația folosirii unor carotiere cu o singură fantă, dar și la reducerea frecării cu pereții forajului;

- **prinderea echipamentului de vibrogenerator** se face cu pene metalice fixate manual care în timpul presării și vibrării pentru executarea forării se înțepenesc între tija echipamentului și țeava centrală a vibrogeneratorului, făcând aproape imposibilă scoaterea lor deci deblocarea echipamentului. În scopul mecanizării acestei operații s-a propus conceperea unui dispozitiv de acționare a penelor, pentru blocarea și deblocarea echipamentului de către un sistem de cilindri acționați hidrostatic (9 și 10 din fig. 3.9).

Constatările și observațiile rezultate în urma experimentărilor executate și prezentate în acest subcapitol au stat la baza concepării și proiectării unor utilaje noi, de același fel, dar cu performanțe tehnice mult îmbunătățite față

de al celor experimentate sau observate la momentul respectiv, aspecte care se vor studia și prezenta detaliat în capitolul următor.

2.6. CONCLUZIILE AUTORULUI REFERITOARE LA POSIBILITĂȚILE DE STUDIU ȘI DE MODERNIZARE A UNOR UTILAJE PRECUM ȘI A TEHNOLOGIILOR PENTRU EXECUTAREA VIBROFORAJELOR

Din elementele prezentate în acest capitol, respectiv din bibliografia studiată și din experimentările efectuate cu utilajele existente în cadrul Catedrei de drumuri și fundații și prezentate anterior, rezultă o serie de observații și concluzii de care se va ține seama pe parcursul realizării lucrării și se vor prezenta în capitolele următoare, capitole care se referă la perspectivele de dezvoltare a tehnicii vibrării la lucrările de fundații în general și la cele de forare în special, la posibilitățile de modernizare a vibrogeneratoarelor și a echipamentelor de lucru pentru instalațiile vibratoare și la modalitățile de îmbunătățire a tehnologiilor de lucru și a instrucțiunilor existente în domeniu.

În ceea ce privește **folosirea tehnicii vibrării** la executarea lucrărilor de fundații se pot menționa următoarele:

- tehnica vibrării este o tehnică eficientă pentru realizarea în general a unei mari diversități de lucrări de fundații cum ar fi: consolidarea terenurilor în adâncime prin vibropresarea unor materiale granulare sau vibroflotare, executarea unor lucrări de fundații pe piloți și coloane introduse în pământ prin vibrare, sau turnați pe loc în foraje executate prin vibrare, executarea forajelor în diferite terenuri pentru studierea terenului de fundare, a executării subtraversărilor de terasamente, a realizării ancorajelor sau a drenurilor prin vibroforare și a altor lucrări;

- pentru stabilirea caracteristicilor tehnice pe care trebuie să le posede un vibrogenerator la înfigerea piloților și tuburilor, prin vibrare pură sau vibropercuții, este necesară construirea unui utilaj cu echipament de vibrare sau vibropercuție cu ajutorul căruia să se poată determina caracteristicile terenului în timp scurt și cu cheltuieli minime;

- prin apariția în ultimul timp a unor generatoare de vibrații mai puternice, cu frecvențe reglabile, domeniul de folosire a acestora a crescut putând asigura folosirea vibrogeneratoarelor în mai mare măsură la executarea lucrărilor de fundații cu rezultate mult mai bune;

- pe baza dezvoltării acestui domeniu se poate spune că vibrarea are mari posibilități de a se perfecționa, în special în limita frecvențelor de până la 25 Hz.

În ceea ce privește **instalațiile de vibroforare**, din experimentările efectuate și observațiile prezentate în §2.5 și ținând cont și de recomandările reținute din studiul bibliografiei, rezultă următoarele concluzii:

- deoarece viteza de vibroforare este funcție de caracteristicile vibrogeneratorului, de caracteristicile echipamentelor de lucru și de natura terenului în

care se forează și pentru că asupra terenului nu se poate interveni, rezultă ca o necesitate obiectivă crearea unor vibrogeneratoare și echipamente care să permită adaptarea lor la condițiile concrete de lucru în vederea obținerii celor mai bune performanțe și anume: varierea turației, schimbarea modului de lucru de la vibrații pure pentru terenuri nisipoase la vibropercuții în cazul terenurilor argiloase, asigurarea unei presări suplimentare etc.;

- la vibrogeneratoarele cu frecvențe variabile, care sunt destul de răspândite, trebuie acționat astfel ca masele excentrice, deci momentul static, să se poată modifica și în timpul mersului, nu numai în repaos. Această reglare trebuie să se facă ușor și în timpul cel mai scurt posibil, astfel ca forța perturbatoare și amplitudinea să-și mențină valorile maxime pentru fiecare frecvență așa cum s-au făcut referiri în paragrafele 2.3.2 și 2.5.1. Se propune în acest sens conceperea și executarea unui dispozitiv de acționare hidraulică a excentricilor pentru varierea excentricității, deci a momentului static al excentricilor, în timpul funcționării;

- în privința reglării frecvenței cu amplitudinea vibrațiilor ar trebui dezvoltate noi procedee. Practica arată că frecvențele mici ale vibrațiilor, din cauza amplitudinilor mari legate de acestea, sunt eficiente la înfigere. Și frecvențele mari sunt eficiente numai că amplitudinile mari la aceste frecvențe, realizate cu ajutorul maselor excentrice, nu sunt realizabile din cauza creșterii deosebite a forței perturbatoare, conform §2.2. Pentru aceasta se apreciază că domeniul frecvențelor cuprinse între 12...25 Hz poate să satisfacă în bune condiții necesitățile impuse de lucrările de forare;

- pentru mărirea suplimentară a vitezei și accelerației oscilațiilor trebuie despărțit motorul de antrenare de vibrogenerator, soluție realizată deja la unele vibrogeneratoare deoarece prin aceasta se micșorează masa oscilatoare și se mărește amplitudinea, pe lângă faptul că o serie de piese se pot realiza cu mase mai mici și se pot ordona astfel încât să nu participe la oscilații dar să poată constitui o încărcare statică suplimentară pe echipamentul de lucru, conform §2.5.1. Această încărcare se poate realiza și prin presarea echipamentului în teren cu ajutorul instalațiilor de forare, așa cum se procedează la instalația de vibroforare orizontală;

- altă posibilitate de dezvoltare este crearea condiției de combinare a vibrațiilor cu percuții, ceea ce se poate realiza fie prin montarea unei mase suplimentare care să execute loviri suplimentare într-un anumit ritm fie prin crearea unui vibrogenerator care să poată lucra fie ca vibrator, fie ca vibropercutor, așa cum s-a realizat deja la unele vibrogeneratoare (§2.5.1, fig. 2.4).

În ceea ce privește **echipamentele de lucru** pentru realizarea forajelor, acestea pot contribui în mod substanțial la creșterea productivității, respectiv a vitezei de vibroforare, prin alcătuirea lor, conform §2.3. Pentru aceasta se urmărește executarea unor carotiere care să împiedice apariția fenomenului de pilot prin reducerea frecării dintre corpul carotierei și carota din interior, care să mențină carota prelevată în interiorul lor în timpul extragerii, care să reducă forța de frecare cu pereții forajului și care să poată fi golite ușor de pământul prelevat. Pentru reducerea frecărilor care se manifestă pe pereții interiori și exteriori ai carotierelor, acestea trebuie prevăzute cu cuțite de tăiere cu o evazare a diametrului interior și exterior de 2...4 % față de diametrul corpului carotierelor. Pentru reducerea timpului de golire a carotierelor

trebuie prevăzute cel puțin două fante laterale în pereții acestora. Toate cele menționate mai sus contribuie la reducerea timpului de vibroforare și a timpului auxiliar necesar vibroforării, ceea ce conduce la creșterea vitezei de vibroforare.

Tehnologiile de lucru pentru executarea vibroforajelor, fie verticale fie orizontale, trebuie să fie bine puse la punct. Este necesar ca pentru orice utilaj nou să se adapteze tehnologia de vibroforare la caracteristicile de lucru ale utilajului și ale echipamentelor pe care le folosește ținând cont de modul de lucru, de scopul executării forajului și de dimensiunile acestuia. În acest sens trebuie să se stabilească următoarele: modul de lucru în funcție de caracteristicile vibrogeneratorului (vibrare pură sau vibropercuții), echipamentul care trebuie folosit în funcție de dimensiunile forajului necesar a fi executat și de performanțele instalației, necesitatea tubării forajului în funcție de stratificația terenului, de destinația forajului etc.

De asemenea, în funcție de condițiile concrete existente la fața locului, la fiecare vibroforare trebuie stabilită tehnologia cea mai adecvată de lucru în vederea reducerii la maxim a timpului auxiliar necesar forării, respectiv a timpului de golire a carotierelor și a timpului de desfiletare și înfiletare a tijelor prelungitoare care au ponderea cea mai mare în cadrul timpului auxiliar, mai ales la lungimi mari de forare.

Instrucțiunile tehnice pentru proiectarea și executarea drenurilor orizontale prin vibroforare [106] au fost redactate în ideea executării drenurilor cu instalația de vibroforare orizontală IVO-1 și cu echipamentul de lucru din dotare de la acea dată (1975). Deoarece de la elaborarea acestora au mai apărut și alte utilaje și echipamente de lucru, este necesară revizuirea lor și completarea cu alte tehnologii de executare a tuturor tipurilor de vibroforaje care se pot realiza la această dată (conform §2.4).

L.

Capitolul 3

STUDII CU PRIVIRE LA REALIZAREA UNOR UTILAJE, ECHIPAMENTE ȘI TEHNOLOGII PERFECTIONATE CARE FOLOSESC TEHNICA VIBRĂRII PENTRU FORAJE ȘI SUBTRAVERSĂRI

Odată cu începerea folosirii tehnicii vibrării ca metodă de lucru în țara noastră la realizarea lucrărilor de fundații, încă din anul 1960, pentru eliminarea importului de utilaje vibratoare, la Catedra de drumuri și fundații din Timișoara a început studierea, proiectarea și executarea unor utilaje autohtone, [54], [55], [59] și experimentarea unor tehnologii de lucru proprii fiecărui utilaj și domeniu de lucru, precum și aplicarea în producție.

După rezultatele bune obținute în producție prin folosirea primelor utilaje concepute și executate în catedră, s-a impus efectuarea unor studii pentru modernizarea utilajelor existente și a tehnologiilor de lucru, precum și pentru conceperea unor utilaje și tehnologii noi care să satisfacă necesitățile tot mai diversificate ale producției.

Pe baza concluziilor trase din literatura de specialitate și mai ales pe baza observațiilor rezultate în urma exploataării utilajelor existente la realizarea unui mare număr de lucrări [52], [60], menționate în §2.5, s-au conceput, proiectat, executat și experimentat o serie de utilaje noi, dintre care se menționează instalația vibratoare autotractată IVA și instalația de vibroforare orizontală IVO-3, la a căror concepere și experimentare autorul a participat direct [12], [13], [57], [58] etc.

3.1. STUDIUL ȘI PROIECTAREA INSTALAȚIEI VIBRATOARE AUTOTRACTATE - IVA

Instalația vibratoare autotractată, cu denumirea prescurtată IVA, a apărut în urma solicitării producției de a realiza un utilaj ușor de manevrat și de introdus în spații mici, cu destinații variate, plecând de la înfigătorul de țevi (fig.2.4) care avea o singură destinație și anume aceea de înfigere a prizelor de împământare [11], [103], [125].

În cadrul experimentărilor efectuate de autor în anul 1981 asupra înfigătorului de țevi model 1972 s-au urmărit comportarea și rezultatele obținute cu acesta în lucru. Programul experimental a cuprins, pe lângă studiul înfîngerii și

extragerii țevelor pentru prizele de împământare și studierea a noi domenii de aplicare, dintre care se menționează:

- executarea prin vibrocarotare a forajelor tubate pentru echipare cu aparate de determinare a nivelului la care se produce alunecarea terenului, a nivelului și a direcției de circulație a apei și pentru încercarea de forfecare in situ;
- prelevarea de probe geotehnice;
- determinarea naturii și a rezistenței terenurilor, în regim de solicitare dinamic, prin vibropenetrare.

În timpul experimentărilor s-au urmărit următorii parametri de lucru:

- amplitudinea de oscilație a vibrațiilor la înfigerea țevelor;
- puterea consumată în procesul de înfigere;
- viteza de înfigere a țevelor în pământ;
- timpii auxiliari necesari în procesul tehnologic.

Concluziile desprinse după efectuarea experimentărilor, au condus la formularea mai multor propuneri de îmbunătățire a performanțelor înfigătorului de țevi, care s-au referit atât la construcția propriu-zisă a utilajului cât și la lărgirea domeniului de folosință, cum ar fi:

- montarea vibroînfigătorului pe un cadru suport prevăzut cu roți în vederea transportării prin remorcare de către un autoturism de teren sau tractor, cu posibilitatea separării vibrogeneratorului de suport, pentru a se putea intra doar cu acesta în spații cu înălțimi de cel puțin 2,00 m și lățimi de până la 1,00 m;
- asigurarea glisării a vibratorului într-o lumânare specială care să asigure posibilitatea de a lucra pe verticală sau înclinat;
- acționarea vibratorului de către un motor hidraulic montat pe un suport prins elastic de vibrogenerator, prin intermediul unor arcuri, care să permită o modificare ușoară a turației, deci a frecvenței oscilațiilor și implicit a forței perturbatoare;
- asigurarea independenței energetice, prin construirea unui grup hidrostatic compus dintr-un motor termic și o pompă hidraulică cu debit variabil;
- asigurarea posibilității de presare în teren, în limita preluării reacțiunii prin greutatea proprie sau printr-o ancorare în teren, în scopul modificării sau reglării presiunii pe vârf și a amplitudinii oscilațiilor;
- proiectarea unor mandrine acționate hidraulic pentru prinderea și desprinderea comandată a echipamentului de lucru;
- păstrarea în principiu a vibratorului cu excentrici, dar asigurarea posibilității de reglare continuă a momentului static al excentricilor în timpul funcționării precum și îmbunătățirea sistemului de modificare a regimului de lucru, de la vibrații pure la vibropercuții și invers.

Pe baza modelului experimentat și a propunerilor enunțate mai sus, s-a proiectat de către ICPAIUC București sub coordonarea Catedrei de drumuri și fundații a Facultății de Construcții din Timișoara și s-a executat de către IR Brăila un utilaj nou denumit "Instalație vibratoare autotractată IVA" (fig. 3.1), care a fost apoi experimentat la catedră și la ICPAIUC București, sub coordonarea directă a autorului [125].

Instalația vibratoare autotractată IVA are următoarele părți componente principale:

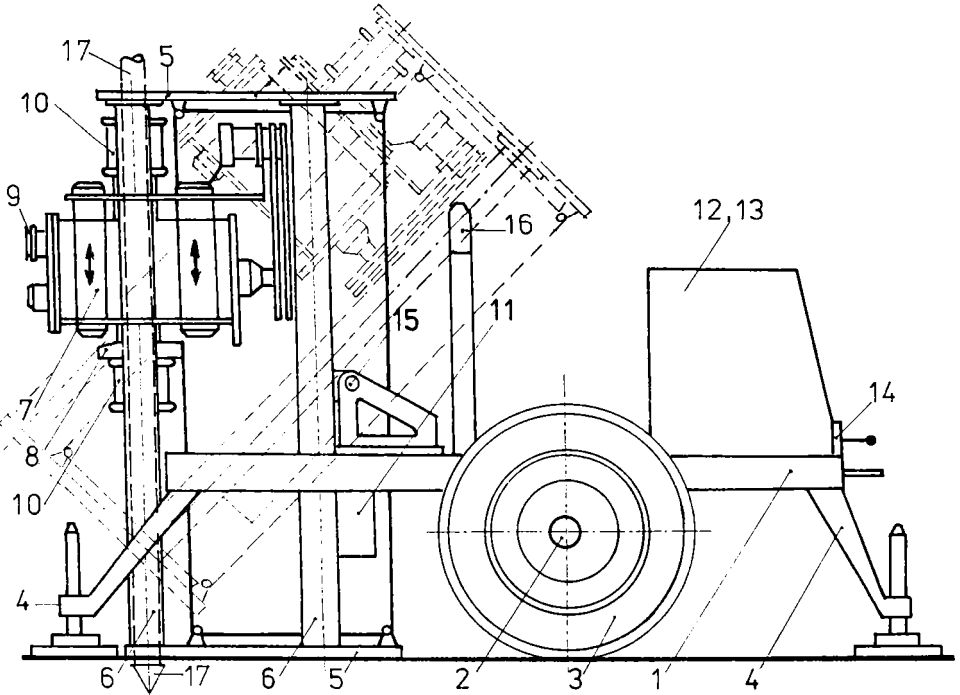


Fig. 3.1. Instalație vibratoare autotractată IVA

1-cadru; 2-ax roți; 3-roată; 4-cale; 5-tălpi; 6-coloane; 7-vibrogenerator; 8-reglare mod de lucru; 9-reglare moment static; 10-mandrine; 11-dispozitiv de ridicare-coborâre; 12,13-grup hidraulic; 14-tablou distribuție; 15-ax rabatere; 16-suport pt. fixare; 17- echipament de lucru

- vibrogenerator (7), cu dispozitiv de reglare al momentului static a excentricilor (9) și al modului de lucru (8);
- lumânare de ghidare, formată din coloanele (6) și tălpile (5), care se poate roti în jurul axului (15) cu un unghi de până la 30° pentru forare înclinată și la unghiul de 45° pentru transport, când este fixată în suportul (16);
- dispozitiv de ridicare-presare, format din troliul (11) și cablul de susținere al vibratorului;
- dispozitiv de prindere a echipamentului de lucru (17), format din mandrinele hidraulice (10);
- grup hidraulic de acționare, format din motorul termic (12), rezervorul de ulei și pompa hidraulică (13), precum și panoul de comandă (14);
- cărucior de transport, format din cadrul (1) așezat pe roți (3) și coloane pentru calare (4).

În cele ce urmează se prezintă elementele principale ale instalației IVA.

3.1.1. Studii cu privire la generatorul de vibrații

Elementul principal al instalației îl constituie vibrogeneratorul (7) de tip

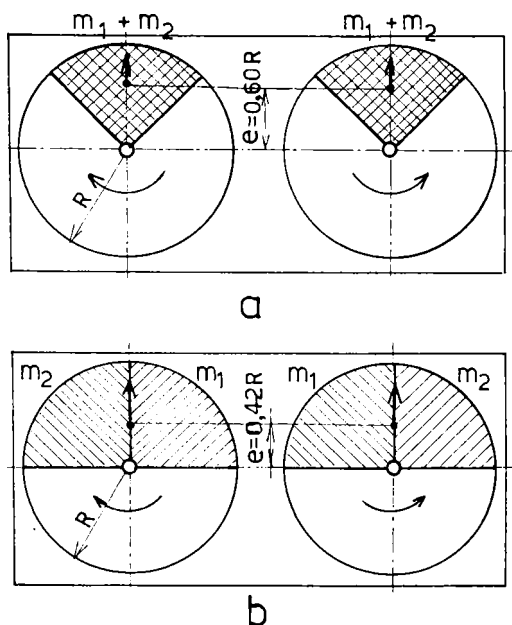


Fig. 3.2. Reglarea excentricității

mecanic, cu mase x ntrice montate pe două axe care se rotesc în sens opus, cu aceeași turație (fig. 1.21).

Antrenarea vibrogeneratorului este asigurată de un motor hidraulic cu turația nominală de 1450 rot/min, prin intermediul unor curele trapezoidale și a unei frânți intermediare situată pe linia axelor excentricilor, așa cum se vede în cap. 4, fig. 4.6.c.

Încă din faza de concepție acest vibrogenerator a fost gândit astfel încât să permită reglarea momentului static a excentricilor în timpul funcționării [18]. Principiul de reglare se bazează pe dispunerea coaxială a excentricilor pe două axe care au posibilitatea rotirii una față de alta. Atunci când excentricii de pe cele două axe se suprapun (fig.

3.2.a), excentricitatea are valoarea maximă de $0,6R$ pentru o situație concretă. Dacă excentricii se rotesc unul față de altul cu 90° , astfel încât să formeze un semicerc în plan (fig. 3.2.b), excentricitatea scade la $0,42R$. Această modalitate de reducere a excentricității, respectiv a momentului static a excentricilor, se folosește la unele vibrogeneratoare, dar numai în regim static și la forțe perturbatoare mici.

Pentru crearea posibilității de a modifica momentul static al excentricilor în timpul funcționării, s-a adoptat un mecanism simplu (fig. 3.3) care constă în folosirea unui arbore cu excentrici (1), a unei bușe cu excentrici (2) și a unei bușe de reglaj (3), toate aceste elemente fiind coaxiale.

Prin practicarea unor degajări în bușele de reglaj (3) și prin fixarea unor bolțuri (4) în arbori și în bușele cu excentrici, dacă bușea de reglaj (3) este deplasată în lungul axelor, ea va roti bușea cu excentrici (2) cu un anumit unghi față de arborele cu excentrici (1).

Deplasarea bușei de reglaj într-un sens sau altul, se face sub acțiunea unui cilindru hidraulic (5), (fig. 3.4). Cilindrul hidraulic (5), prin intermediul jugului (6), a două tije (7) și a două sănii (8), acționează asupra a două inele (9) care fac corp comun cu bușele de reglaj (3) și care rotesc excentricii unui față de alții.

Conform acestei scheme de acționare cilindrul hidraulic (5) acționează asupra bușelor de reglaj (3), prin intermediul tijelor (7) și săniilor (8), care modifică unghiul dintre centrele de greutate ale maselor excentrice, deci excentricitatea. Aceasta

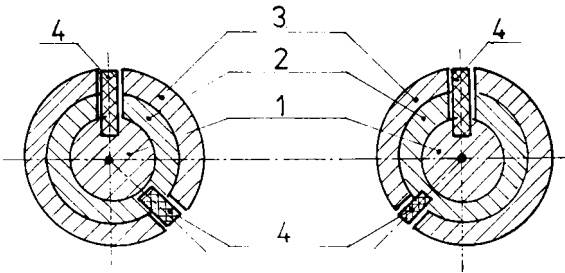


Fig. 3.3. Mecanism de rotire a excentricilor
1-arbore cu excentrici; 2-bușă cu excentrici; 3-bușă de reglaj; 4-bolțuri

conduce în final la modificarea momentului static al excentricilor, respectiv a forței perturbatoare a vibrogeneratorului.

Pe de altă parte, printr-o acționare mecanică, vibrogeneratorul poate fi reglat astfel încât să asigure trei regimuri de lucru (fig. 3.5) și anume: vibrații ure, vibropercuții orientate în sus sau vibropercuții orientate în jos.

Acest lucru este posibil datorită faptului că vibratorul (1)

aluneacă liber pe țeava centrală (2), prin interiorul căreia trece echipamentul de lucru (-) și... intermediul arcului (4) pe cleștele (5). Cursa vibratorului pe țeavă este limitată în ambele sensuri de limitatoarele (6) pe care se realizează percuțiile.

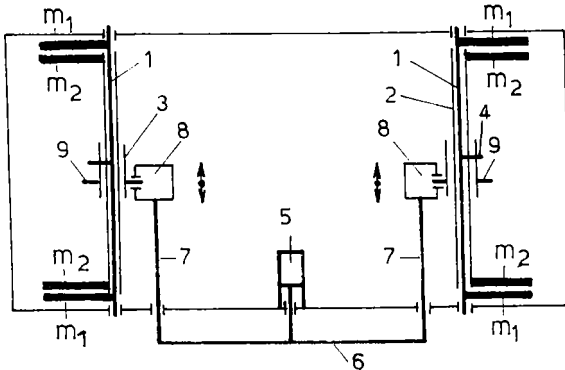


Fig. 3.4. Schema de acționare a excentricilor
1-arbore cu excentrici; 2-bușă cu excentrici; 3-bușă de reglaj; 4-bolț; 5-cilindru hidraulic; 6-jug; 7-tije; 8-săni; 9-inele

Vibrațiile pure se obțin atunci când vibratorul (1) este în contact cu limitatorul superior (6) și arcul (4) este comprimat spirală pe spirală (fig. 3.5.a). În acest fel, se realizează o legătură rigidă între vibrogeneratorul (1), țeava centrală (2) și echipamentul (3) iar vibrațiile produse de vibrator se transmit integral echipamentului

de lucru, deci funcționează în regim de vibrații pure [51], [68].

Vibropercuțiile orientate în sus (fig. 3.5.b) se obțin atunci când vibratorul, în stare de repaus, se găsește în contact cu limitatorul superior (6) și stă pe arcul (4). Componenta dirijată în jos a forței perturbatoare deformează arcul, vibratorul mișcându-se liber. Revenirea la poziția de echilibru pe țeava centrală se produce sub efectul energiei acumulate în arc în urma comprimării și a componentei forței perturbatoare orientată în sus. În această fază, vibratorul se ridică pe țeava centrală până ajunge la limitator unde are loc o lovire (percuție) asupra țevii centrale, care se

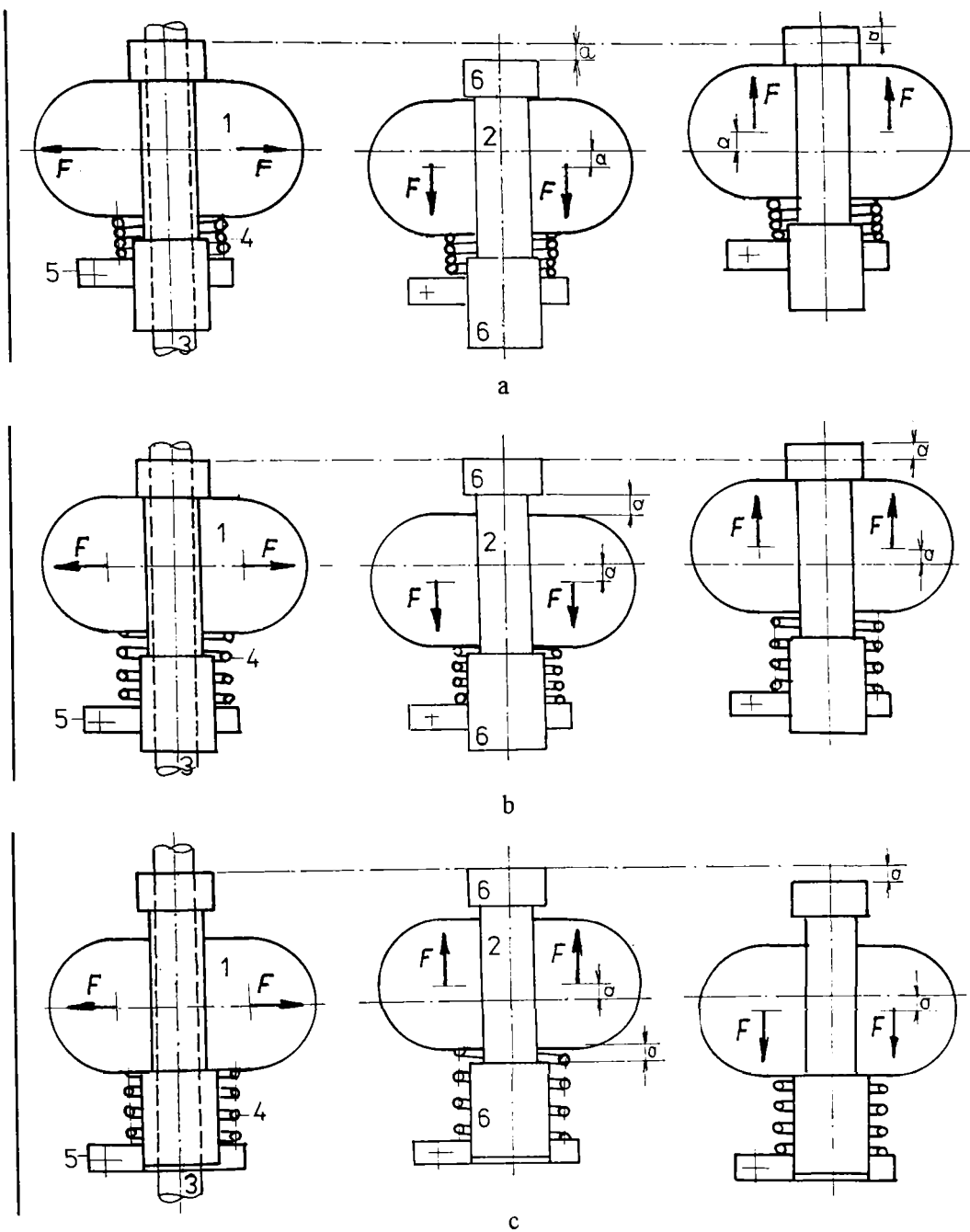


Fig. 3.5. Schema de modificare a regimului de lucru
 1-vibrogenerator; 2-țevă centrală; 3-tijă echipament; 4-arc; 5-piuliță de reglare; 6-limitatoare

transmite echipamentului prin intermediul dispozitivului de fixare, după care mișcarea în sus se continuă până la realizarea amplitudinii vibratorului.

Vibropercuțiile orientate în jos (fig. 3.5.c), se realizează prin sprijinirea vibratorului, în poziție de echilibru, pe limitatorul inferior. Atunci când forța perturbatoare este orientată în sus vibratorul se ridică pe țeava centrală întinzând arcul (4). Revenirea la poziția de echilibru se produce sub efectul tensiunii din arc, a greutateii proprii a vibratorului și a forței perturbatoare orientată în jos. Când vibratorul ajunge la limitator, se produce percuția în jos după care cursa se continuă (în jos) împreună cu echipamentul, până la realizarea amplitudinii vibratorului. Acest proces se repetă cu o frecvență egală cu frecvența forței perturbatoare.

Rezultă astfel, din cele prezentate, că generatorul de vibrații poate funcționa cu frecvență și moment static al excentricilor variabil, schimbarea acestora făcându-se chiar în timpul funcționării, lucru deosebit de util în realizarea unor tehnologii de lucru. Se remarcă de asemenea, posibilitatea ca generatorul de vibrații să lucreze cu vibrație pură, cu vibropercuții orientate în jos pentru procesul de înfigere sau cu vibropercuții orientate în sus pentru procesul de smulgere. Toate elementele prezentate reprezintă caracter de noutate și în același timp de foarte mare utilitate în procesul de lucru.

3.1.2. Studiul și conceperea lumânării de ghidare a vibrogeneratorului

Lumânarea de ghidare este formată din patru coloane (1) și două tălpi (5) (fig. 3.6), care au rolul de a ghida vibrogeneratorul (6) în timpul lucrului, acesta glisând în lungul a două dintre coloanele (6). Lumânarea fiind articulată de cadrul instalației prin axul (15) (fig. 3.1), se poate rabate la 45° pentru micșorarea gabariturii și pentru asigurarea gărzii de siguranță deasupra terenului în timpul transportului. Pentru executarea lucrărilor în spații înguste, unde nu se poate intra cu instalația, lumânarea se poate demonta de pe cadru și introduce în spațiile respective unde se execută pe urmă forarea, după fixarea lumânării pe punctul de lucru.

Faptul că vibrogeneratorul glisează în lungul lumânării, contribuie la păstrarea direcției de acționare asupra echipamentului de lucru și permite executarea unor foraje cu înclinare de până la 30° față de verticală, lucru deosebit de util, mai ales în procesul de înfigere a injectorilor pentru îmbunătățirea terenului.

3.1.3. Cu privire la conceperea și proiectarea dispozitivului de ridicare-presare a vibrogeneratorului cu echipamentul de forare

Dispozitivul de ridicare-presare a vibrogeneratorului, cu echipamentul de forare, este format din cablul (3) prins cu un capăt deasupra vibrogeneratorului și cu celălalt sub vibrogenerator (fig. 3.6) și o tobă (4) pe care se înfășoară cablul, montată pe coloanele (1).

Toba este acționată de un motor hidraulic lent, a cărui ax este cuplat cu axa tobei. Motorul hidraulic are posibilitatea schimbării sensului de rotație, astfel că la rotirea într-un sens vibrogeneratorul este ridicat, iar la rotirea în sens opus vibrogeneratorul este tras în jos.

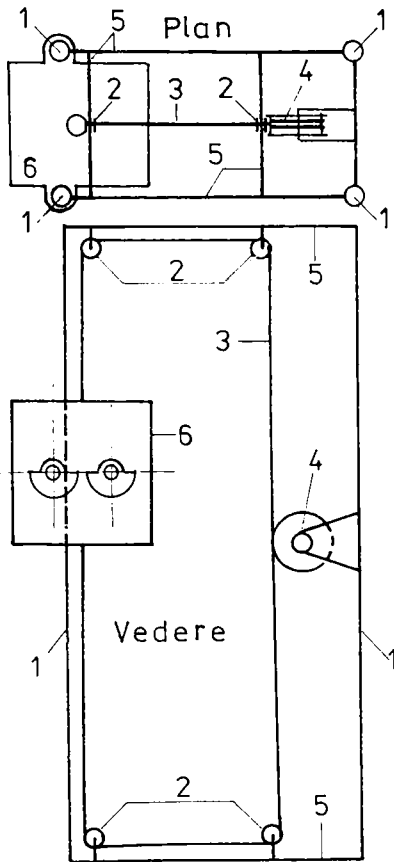


Fig. 3.6. Dispozitiv de ridicare-pres.
1-coloane; 2-role; 3-cablu; 4-troliu; 5-tălpi;
6-vibrogenerator

model 1972.

Strângerea manuală a mandrinei de prindere a echipamentului de lucru, are dezavantajul că se realizează pe o lungime mică de echipament, prin patru puncte diametral opuse, ceea ce conduce la deformarea tijei echipamentului și la o fixare slabă, care de cele mai multe ori cedează în timpul funcționării vibrogeneratorului.

Mandrinele prind echipamentul de lucru prin intermediul a câte trei bacuri conice (5), acționate hidraulic prin intermediul pistonului (8). Mandrina fixată în partea

În acest fel, se realizează o presare asupra echipamentului de lucru cu o forță egală cu greutatea instalației, de aproximativ 400 kg, sau chiar mai mare dacă instalația este ancorată în teren prin înlocuirea caelelor cu șuruburi de ancorare.

În timpul funcționării vibrogeneratorului, dacă nu este necesară presarea, toba (4) este decuplată de la motor pentru a permite desfășurarea cablului și înfigerea echipamentului de lucru în teren.

Presarea, care se exercită direct asupra echipamentului de lucru și nu asupra vibrogeneratorului, contribuie la creșterea vitezei de înfigere, deci la îmbunătățirea performanțelor instalației.

Acționarea hidrostatică a ridicării și presării contribuie la mecanizarea unor operații, prin aceasta contribuind la reducerea forței de muncă și la creșterea vitezei și a forței de ridicare, deci de extragere a echipamentului din teren.

3.1.4. Studiu privind modificarea sistemului de prindere a echipamentului de lucru

Prinderea echipamentului de lucru de țeava centrală a vibrogeneratorului se face cu ajutorul a două mandrine hidraulice, [10], [14] (fig. 3.7), care înlocuiesc mandrina cu acționare manuală folosită la înfigătorul de țevi

de sus a țevii centrale a vibrogeneratorului prinde echipamentul pentru operația de extragere din teren. Mandrina fixată în partea de jos a țevii centrale a vibrogeneratorului prinde echipamentul pentru operația de înfigere în teren. Prin modul de legare a mandrinelor la sursa de energie hidrostatică se asigură funcționarea alternativă, adică atunci când una se închide cealaltă se deschide.

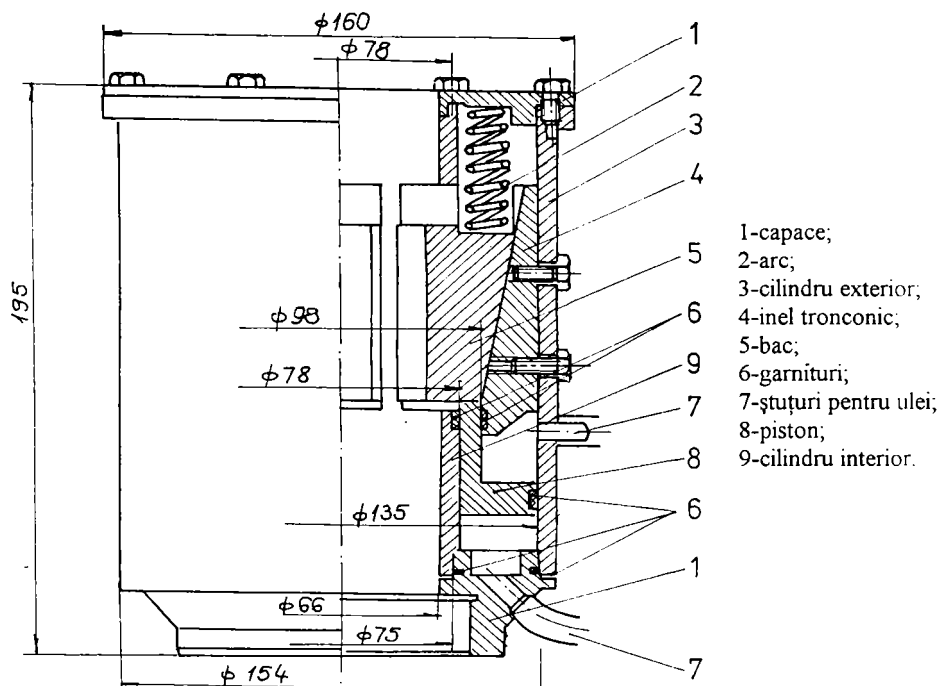


Fig. 3.7. Mandrina de prindere a echipamentului

Mandrinele hidraulice prind tija prelungitoare pe lungime de 50 mm și pe toată circumferința acesteia, ceea ce înlătură posibilitatea deformării. Prin faptul că presiunea hidrostatică se manifestă pe toată perioada funcționării vibrogeneratorului este exclusă posibilitatea slăbirii în timpul lucrului.

Acționarea hidraulică, care înlocuiește acționarea manuală, contribuie la mecanizarea operațiilor auxiliare, la reducerea forței de muncă necesară deservirii și a timpului auxiliar, ceea ce asigură creșterea vitezei de execuție a vibroforajelor.

3.1.5. Studiul și conceperea grupului hidraulic de acționare a instalației

Grupul hidraulic de pompare este antrenat de un motor Diesel tip D111 de 18 kW, care pune în mișcare o pompă hidraulică dublă de ulei (1), cu debit variabil și cu turația de 2400 rot/min (fig. 3.8).

Pompa hidraulică asigură o acționare corespunzătoare, separată sau concomitentă, a motorului de antrenare a vibrogeneratorului (3) și a motorului de acționare a dispozitivului de ridicare-presare (4). Grupul hidraulic este prevăzut cu rezervor de ulei (2), necesar alimentării instalației hidraulice și tablou de comandă de la care se execută toate comenzile, în paralel sau individual, pentru vibrogenerator (4), dispozitivul de ridicare-presare (3), mandrine (6) și cilindrul hidraulic de reglare a momentului static al excentricilor (5). Tot pe tabloul de comandă se află aparatura de control (8) și distribuitorii (7). Toate conductele de racord sunt prevăzute cu drosere (9) pentru reglarea debitului de ulei.

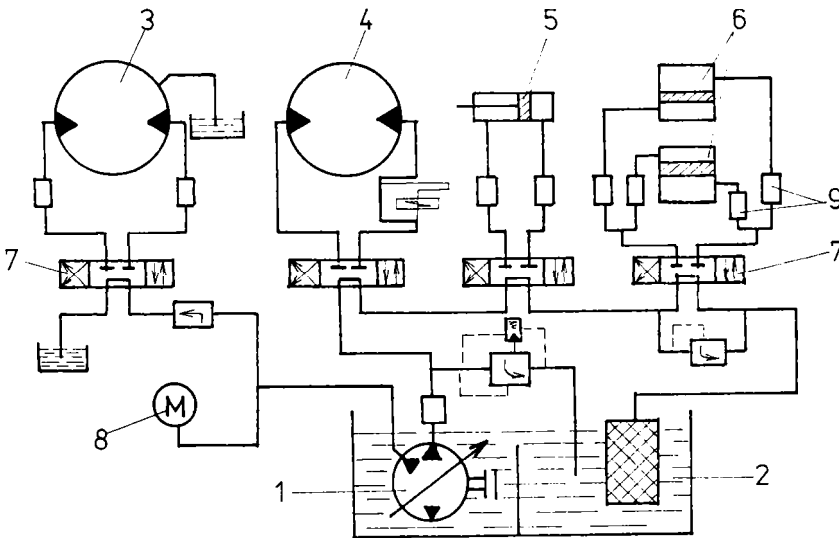


Fig. 3.8. Schema grupului hidraulic de acționare

1-pompă axială; 2-rezervor de ulei; 3- motor de acționare a vibrogeneratorului; 4-motor de acționare a troliului; 5-cilindru hidraulic de reglare a momentului static; 6-mandrine de prindere a echipamentului; 7-distribuitor de ulei; 8-manometru; 9-drosere.

Acționarea hidraulică a instalației asigură reglarea continuă, în timpul funcționării, a turației vibrogeneratorului și a momentului static al excentricilor ceea ce permite adaptarea caracteristicilor vibrogeneratorului la condițiile concrete de teren, fapt care contribuie la lărgirea domeniului de folosire a instalației. Grupul hidraulic, fiind antrenat de un motor termic propriu, asigură independența energetică a instalației, caracteristică indispensabilă folosirii instalației în orice punct de pe teren.

3.1.6. Conceperea căruciorului pentru deplasarea instalației

Căruciorul de transport, la și de la punctul de lucru, este format dintr-un cadru metalic (1) fixat pe un ax (2) cu două roți cu pneuri (3) și trei coloane de calare

(4), sau de fixare cu șuruburi pe punctul de lucru (fig. 3.1). Pe cadrul căruciorului este fixată articulat, prin intermediul axului (15), lumânarea de ghidare a vibrogeneratorului și grupul hidraulic de acționare a instalației. Căruciorul asigură deplasarea ușoară, prin remorcare cu un mijloc auto și grupează toate componentele instalației, necesare executării forajelor.

Cadrul este prevăzut cu o ureche pentru agățare la cârligul unui mijloc de transport, cu două articulații (16) pentru fixarea lumânării după rabatere, pentru forare înclinată sau pentru transport. Șuruburile pentru calare pot fi înlocuite cu șuruburi de ancorare a instalației în teren, ceea ce contribuie la creșterea forței de presare care se poate exercita asupra echipamentului de lucru până la 1000 daN, atâta cât pot realiza cablul de ridicare-presare și motorul de antrenare a trolului de ridicare.

3.1.7. Cu privire la caracteristicile tehnice ale instalației vibratoare autotractate

În figura 3.1 s-a prezentat schița de ansamblu a instalației vibratoare autotractate IVA iar în figurile 3.2...3.8 principalele părți componente. În cele ce urmează se prezintă caracteristicile tehnice de lucru ale instalației.

a. Caracteristicile tehnice ale vibrogeneratorului:

- tipul vibrogeneratorului - de joasă frecvență și cu moment static variabil;
- momentul static - variabil continuu între 50 și 100 daNcm;
- turația excenricilor - variabilă continuu între 700 și 1500 rot/min;
- frecvența - 12...25 Hz;
- forța perturbatoare - 5...25 kN;
- puterea motorului de antrenare a vibrogeneratorului - 1,6...3,5 kW;
- masa vibrogeneratorului - 260 kg;
- motorul hidraulic de antrenare - tip 712 Ex.

b. Caracteristicile tehnice ale grupului hidraulic de antrenare a instalației:

- motor de antrenare - tip Diesel, D111;
- turația motorului - 2400 rot/min;
- puterea motorului - 34 kW;
- pompa hidraulică - tip PRD 22-141D.
- presiunea maximă de lucru - 300 bari.

c. Caracteristicile dispozitivului de ridicare-presare a vibrogeneratorului:

- motor de antrenare - hidraulic lent, cu puterea de 1,5...2,0 kW;
- diametrul exterior al tobei - 120 mm;
- cursa de lucru pe verticală - 800 mm;
- forța de presare - 400 daN sau 1000 daN prin folosirea șuruburilor de ancorare.

Din cele prezentate, rezultă că instalația vibratoare autotractată IVA prezintă parametri tehnici mult îmbunătățiți față de cei ai înfigătorului de țevi prezentat anterior în cap. 2, ceea ce permite:

- lărgirea domeniului de utilizare a instalației, de la înfigerea țevilor pentru împământare până la executarea forajelor pentru cercetarea terenului de fundare prin vibropenetrare sau prin vibrocarotare;
- modificarea unor parametri de lucru ai vibrogeneratorului chiar în timpul funcționării, cu efecte benefice asupra lărgirii domeniului de utilizare;
- accesul pe orice teren, datorită posibilității de remorcare de către un mijloc auto și a faptului că este independentă de sursa de energie;
- realizarea unei presări suplimentare asupra echipamentului de lucru;
- executarea forajelor cu înclinare maximă de 30° față de verticală.

Pentru valorificarea instalației, pe baza contractului nr. 7108 85 [130], documentația s-a predat de către catedră și ICPAIUC București la IR Brăila pentru a fi executat prototipul instalației, urmând, ca și acesta la rândul său, să fie experimentat și apoi să se treacă la producția de serie.

3.2. STUDII ASUPRA INSTALAȚIEI DE VIBROFORARE ORIZONTALĂ - IVO-3

Pornindu-se de la încercările experimentale și rezultatele bune obținute de autor prin folosirea instalației IVO-1, descrisă în §2.3.2.2, la executarea unor foraje pe sub terasamente de drumuri sau căi ferate, pentru subtraversări cu conducte de apă, canalizare, gaze etc., s-a trecut la proiectarea, executarea și experimentarea unei instalații de același fel dar mai performantă, pentru a fi capabilă de a realiza foraje cu diametre și lungimi mai mari decât cele realizate cu IVO-1, la viteze de execuție mărite, cu care să se poată lucra și în zone în care lipsește sursa de energie și care să permită mecanizarea unor faze de lucru în vederea reducerii forței de muncă umane, așa cum se va vedea mai în detaliu prin prezentarea care urmează a părților componente ale instalației.

Aceast utilaj, denumit instalație de vibroforare orizontală IVO-3, a fost proiectat de ICPAIUC București pe baza concepției și cu asistența tehnică a Catedrei de drumuri și fundații din Timișoara, prin implicarea directă a autorului lucrării de față și apoi executată la Intreprinderea de Reparații Brăila în anul 1983 [57], [91], [124]. Experimentarea instalației s-a făcut de către un colectiv de specialiști din diferite domenii, la Timișoara și la București, la firma proiectantă.

După executarea și experimentarea instalației s-au constatat de către autor, o serie de deficiențe, atât în ceea ce privește proiectarea cât și execuția, pentru care au fost făcute propuneri de remediere. Pe baza acestor propuneri s-au re-proiectat și executat unele repere ale instalației, dintre care se amintesc doar câteva și anume: sistemul de prindere a echipamentului de lucru cu mandrine acționate hidraulic, sistemul de calare a instalației pe poziția de lucru cu cale tip șurub și cu cale

hidraulice, executarea unor suporturi pentru rezemarea tijelor echipamentului de lucru în timpul înfiletării și desfiletării și altele, care se vor prezenta detaliat în capitolul următor odată cu rezultatele experimentării instalației. După remedierea celor menționate mai sus, au urmat alte experimentări care au scos în evidență performanțele deosebite pe care le poate realiza instalația în ceea ce privește diametrul maxim de forare, lungimea maximă de forare, posibilitatea de a lucra în teren coeziv sau necoeziv, prin folosirea unor tehnologii adecvate.

Deoarece instalația de vibroforare orizontală IVO-3 este destinată executării lucrărilor pe șantier îndepărtate de sursa de energie, odată cu instalația s-a proiectat și executat un grup hidraulic independent (fig. 3.10 și 3.11), care să poată deservi toți consumatorii instalației și anume: vibrogeneratorul, cilindrii de presare în teren a echipamentului de lucru, mandrinele pentru prinderea echipamentului de lucru la vibrogenerator și cilindrii hidraulici de fixare a instalației pe poziția de lucru.

În cele ce urmează, se prezintă sumar părțile componente de bază ale vibroinstalației. Instalația de vibroforare orizontală este formată din următoarele subansambluri (fig. 3.9): cadru de bază (1...3) cu orificii (15) pentru ghidarea echipamentului, cărucior (7) cu vibrogeneratorul (6) înglobat, cilindrii de presare (5), dispozitiv de ghidare (4) cu role de ghidare (14), motor hidraulic de antrenare (8) a vibrogeneratorului, dispozitiv de prindere a echipamentului (13) cu ajutorul unor cilindri hidraulici (10) și bacuri conice (9), dispozitiv de fixare a instalației pe punctul de lucru cu tampoane (11) și cilindri hidraulici (12) (fig. 3.9).

3.2.1. Studiu privind compunerea cadrului de bază a instalației

Cadrul de bază are rolul de suport general a mecanismelor instalației și de fixare pe o platformă amenajată pentru executarea lucrărilor (fig. 3.9. pc. 1, 2 și 3).

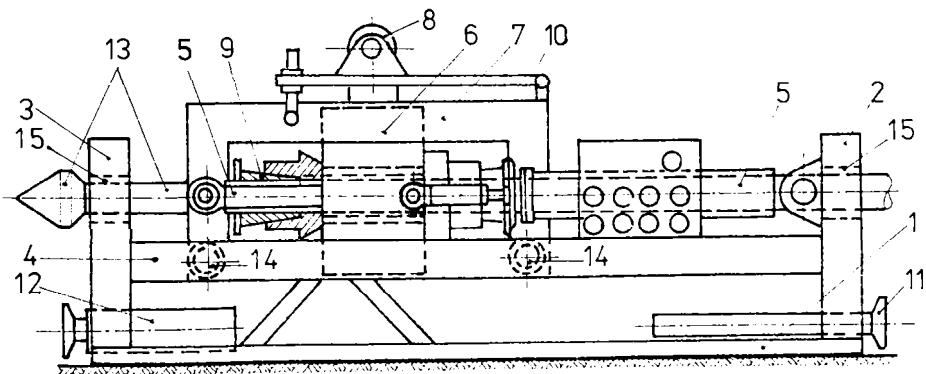


Fig. 3.9. Instalația de vibroforare orizontală IVO-3

1-cadru de bază; 2-cadru posterior; 3-cadru anterior; 4-cadru de ghidare; 5-cilindri de presare; 6-vibrogenerator; 7-cărucior; 8-motor hidraulic; 9-bacuri conice; 10-cilindri hidraulici mandrine; 11-tampon; 12-cilindri hidraulici de calare; 13-echipament; 14-role de ghidare a vibrogeneratorului; 15-orificii pentru ghidarea echipamentului

Cadrul de bază este o construcție spațială sudată și este executat din profile metalice. În interiorul cadrului de bază glisează, prin intermediul unor role (14), căruciorul (7) purtător al vibrogeneratorului (6). Rolele pentru deplasarea vibrogeneratorului se mișcă în interiorul unui dispozitiv de ghidare, format din două profile metalice (4) tip U, fixate rigid în cadrul de bază. În partea posterioară a cadrului (2) sunt dispuse elementele pentru prinderea articulată a cilindrilor de presare (5). Atât în cadrul posterior cât și în cadrul anterior (3) sunt practicate orificiile (15) de ghidare a echipamentului, pe direcția țevii centrale a vibrogeneratorului. Aceste orificii au rolul de a ghida echipamentul de lucru și de a-l bloca în vederea golirii carotierei. La orificii s-a mai adăugat un sistem de role înclinate, pentru partea anterioară și un sistem de role horizontale pentru partea posterioară, care au rolul de a sprijini și de a ușura deplasarea echipamentului de lucru. La executarea vibroforajelor înclinate se mai adaugă un cadru care permite fixarea instalației în poziție înclinată cu un anumit unghi față de orizontală.

3.2.2. Studiul și proiectarea generatorului de vibrații

Vibrogeneratorul (6, fig. 3.9), este elementul principal al instalației și are rolul de a produce forța perturbatoare necesară pentru lucru. Este de tip inerțial, cu mase excentrice dispuse simetric pe doi arbori ce se rotesc în sens opus și care sunt puși în mișcare (rotire) prin intermediul unei transmisii cu curele trapezoidale. Rotirea este asigurată de un motor hidraulic, montat pe cărucior, care asigură o modificare ușoară a turației în timpul funcționării.

Carcasa vibrogeneratorului este o construcție metalică sudată, executată din tablă groasă. În partea superioară și inferioară a acesteia, sunt dispuse lagăre care glisează pe coloanele de ghidare-sprjinire. Lagărele susțin vibratorul în interiorul căruciorului și asigură executarea mișcării vibratorii unidirecționale.

Vibrogeneratorul este străbătut prin zona centrală de o țevă metalică fixată rigid de acesta și prelucrată special, sub formă tronconică, la cele două capete. În această țevă se introduce echipamentul de lucru (13) care se fixează în interior cu ajutorul unui dispozitiv de împănare format din bacuri conice.

Vibrogeneratorul este fixat în interiorul căruciorului (7) executat din profile metalice. Căruciorul se deplasează în interiorul cadrului de bază, înainte și înapoi, prin glisare pe role de ghidaj așezate în poziție orizontală și verticală, sub acțiunea cilindrilor hidrostatici (5) dispuși lateral față de acesta și fixați articulată în cadrul posterior (2).

Deasupra căruciorului este montat articulată ansamblul motor hidraulic (8) cu transmisia directă la arborele inferior al vibrogeneratorului prin curele trapezoidale. Ansamblul motor înglobează un motor hidraulic cu pistoane tip 716 Ex, un lagăr pentru protejarea motorului față de sarcinile radiale și o roată de curea pentru transmiterea mișcării de rotație la vibrator. Motorul primește energia hidrostatică de la grupul hidraulic și o transformă în energie mecanică pe care o transmite vibrogeneratorului.

Acționarea hidraulică a vibrogeneratorului asigură posibilitatea de reglare a turației, în timpul funcționării vibrogeneratorului, aceasta fiind deosebit de utilă în timpul lucrului.

Pentru ca vibrogeneratorul să nu transmită mișcarea vibratorie și la cărucior, respectiv la instalație, între acesta și cărucior s-a intercalat un sistem de amortizare realizat din arcuri și ghidaje.

3.2.3. Studiu cu privire la modificarea sistemului de prindere a echipamentului

Echipamentul de lucru, care trece prin interiorul țevii centrale a vibrogeneratorului, este prins rigid de țeava centrală, respectiv de vibrogenerator, prin intermediul unor bacuri conice (9, fig. 3.9).

Bacurile conice sunt acționate de cilindrii hidraulici (10) care presează într-un sens pentru prinderea echipamentului și în sens invers pentru eliberarea lui. Astfel, la presarea echipamentului în teren, bacurile din partea anterioară fixează echipamentul pentru presare iar la retragerea echipamentului din teren, acesta este prins de bacurile din partea posterioară. Acționarea hidraulică a bacurilor conice asigură o prindere rigidă a echipamentului eliminând posibilitatea alunecării acestuia în dispozitivul de prindere în timpul presării. Totodată, prin acționarea hidraulică a bacurilor conice, se reduce timpul auxiliar de fixare manuală a bacurilor, deci se reduce forța de muncă mai ales atunci când bacurile se blochează în țeava centrală datorită forței de presare. Toate cele menționate contribuie, în final, la creșterea vitezei de execuție a vibroforajelor.

3.2.4. Studiu privind creșterea forței de presare

Sistemul de presare a echipamentului în teren, respectiv de retragere, este format din doi cilindri hidraulici (5, fig. 3.9) dispuși pe părțile laterale ale căruciorului și fixați articulat la cadrul posterior și la cărucior. Ei au rolul de a crea o forță statică care se aplică vibrogeneratorului prin intermediul căruciorului și care se transmite echipamentului de lucru (13) în timpul înfigerii în teren sub acțiunea vibrațiilor, respectiv în timpul extragerii din teren. Extragerea din teren se poate face sub efectul forței statice sau, atunci când aceasta nu este suficientă, a forței statice și a vibrațiilor.

3.2.5. Cu privire la îmbunătățirea sistemului de fixare a instalație

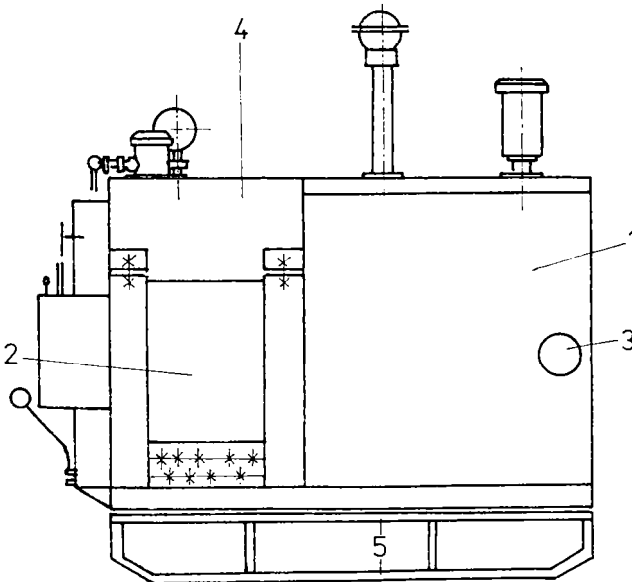
După ce instalația se așează pe platforma de lucru și se poziționează pe direcția de forare este necesar să fie sprijinită. Acest lucru se realizează cu ajutorul a două tampoane (11) dispuse în partea posterioară a instalației și acționate manual prin înșurubare și a doi cilindri hidraulici (12) amplasați în partea anterioară a instalației (fig. 3.9).

Tampoanele și cilindri au rolul de a transmite terenului înconjurător reacțiunile care apar la înfigerea, respectiv extragerea, echipamentului de lucru în teren. Cei doi cilindri hidraulici asigură o sprijinire continuă a instalației în timpul

funcționării vibrogeneratorului, prin faptul că presiunea hidraulică se exercită în mod continuu în timpul lucrului. Folosirea acestui tip de sprijinire înlătură inconvenientul sprijinirilor clasice care, în procesul de înfigere prin vibrare, pot să cedeze conducând la deplasarea instalației de pe direcția de forare. Această deplasare poate avea consecințe grave în timpul vibroforării atât prin schimbarea direcției de vibroforare cât și prin defecțiunile pe care le poate produce prin îndoirea tijelor echipamentului sau prin deteriorarea cadrului de bază a instalației.

3.2.6. Studiul și conceperea unui grup hidraulic propriu de acționare a instalației - IVO-3

Pentru asigurarea presiunii hidrostatice necesară acționării instalației (cilindri hidraulici, motor), s-a executat un grup hidraulic (fig. 3.10) independent. Grupul hidraulic este compus dintr-un motor termic (1) care pune în funcțiune o pompă hidraulică (2) pentru antrenarea vibrogeneratorului și o pompă hidraulică (3) care alimentează ceilalți consumatori: cilindrii hidraulici de presare, calarea și cilindrii



hidraulici de acționare a bacurilor conice. Grupul hidraulic mai cuprinde un rezervor de ulei (4) și cadrul suport (5), pe care sunt montate și aparatele de măsură și control a parametrilor instalației hidraulice și panoul de comandă.

Circuitele hidraulice se realizează cu ajutorul unor f... și ... prevăzute cu racordurile necesare. Pe schema instalației hidraulice (fig. 3.11) se prezintă utilizatorii: cilindrii de calare (1), cilindrii de acționare a bacurilor conice (2) pentru prinderea echipamentului de lucru, cilindrii de presare (3) și motorul hidraulic (4) de antrenare a vibrogeneratorului.

Fig. 3.10. Grup hidraulic de acționare
1-motor termic; 2-pompă acționare vibrogenerator; 3-pompă acționare cilindri hidraulici; 4-rezervor de ulei; 5-cadru suport

Acționarea hidraulică a vibrogeneratorului asigură reglarea continuă, în timpul funcționării, a turației

vibrogeneratorului ceea ce permite adaptarea caracteristicilor vibrogeneratorului la condițiile concrete din teren, fapt care conduce la lărgirea domeniului de aplicare. Grupul hidrostatic de acționare, fiind antrenat de un motor termic propriu, asigură independența energetică a instalației, element absolut necesar pentru folosirea instalației oriunde pe teren.

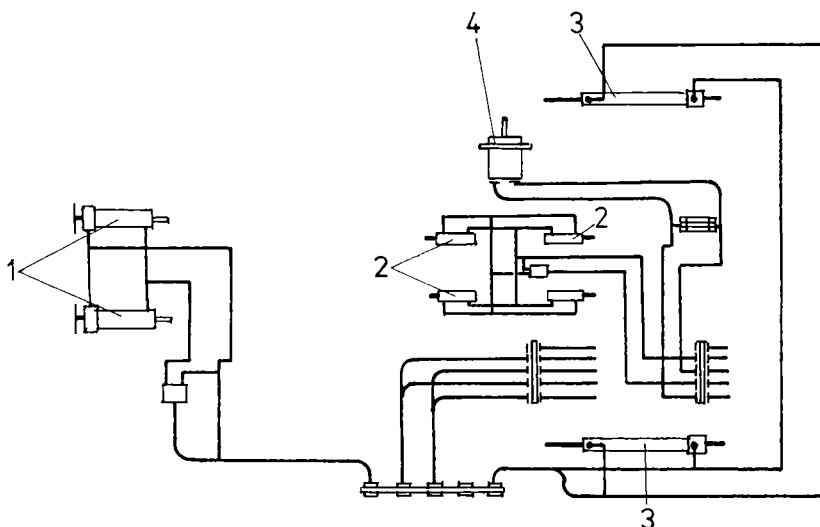


Fig. 3.11. Schema instalației hidraulice

1-cilindri hidraulici pentru fixarea instalației; 2-cilindri hidraulici pentru prinderea echipamentului; 3-cilindri hidraulici de presare; 4-motor hidraulic de antrenare a vibrogeneratorului

3.2.7. Cu privire la caracteristicile tehnice ale instalației - IVO-3

În figura 3.9 s-a prezentat planul de ansamblu a instalației de vibroforare orizontală IVO-3 iar în figurile 3.10 și 3.11, planul și schema grupului hidrostatic de acționare a instalației. În cele ce urmează se prezintă principalele caracteristici tehnice ale instalației de vibroforare orizontală IVO-3.

a. Caracteristicile vibrogeneratorului:

- vibrator de tip inerțial cu mase excentrice, armonic, unidirecțional;
- momentul static al excentricilor - 300 daNcm;
- turația variabilă continuu - 500...1500 rot/min;
- forța perturbatoare - 880...8050 daN;
- acționare - motor hidraulic cu pistoane axiale tip 716 Ex. cu puterea de 20 kW.

b. Caracteristicile sistemului de presare:

- tip hidraulic, cu doi cilindri având cursa de 800 mm;
- viteza de înaintare la un debit reglat la 7,5 l/min - 1,50 m/min;
- presiunea de lucru - 300 bari.

c. Caracteristicile sistemului de calare;

- tip mixt cu două tampoane telescopice (șurub) în partea posterioară și doi cilindri hidraulici în partea anterioară;
- diametrul cilindrilor de fixare - 110 mm;
- diametrul tijei cilindrilor - 70 mm;
- cursa de lucru - 250 mm;
- presiunea necesară - 100 bari.

d. Sistemul de prindere a echipamentului de lucru:

- bacuri conice acționate hidraulic;
- număr cilindri de acționare - 4 buc.

e. Gabarit:

- lungime totală instalație - 3175 mm;
- lățime - 1235 mm;
- înălțime - 1685 mm;
- masa instalației - 3500 kg.

Principalele caracteristici tehnice ale grupului hidraulic.**a. Motor termic:**

- tipul motorului - D 110;
- puterea nominală - 76 kW;
- turația nominală - 1800 rot/min
- număr de cilindri - 4
- consum specific de combustibil - 190 g/e.p.h;
- masa motorului termic - 485 kg.

b. Pompa de antrenare a motorului hidraulic:

- tipul pompei - F220;
- presiunea nominală - 320 bari;
- turația nominală - 1500 rot/min;
- debit la mers în gol - 91 l/min;
- moment la puterea nominală - 32 daNm;
- puterea - 48,5 kW;
- turația maximă la circuit deschis - 2500 rot/min;
- masa pompei - 54 kg.

c. Pompa de antrenare a anexelor:

- tipul pompei - F212;
- presiunea nominală - 320 bari;
- turația nominală - 1600 rot/min;
- debitul la mersul în gol - 20,3 l/min;

- puterea - 10,8 kW;
 - turația maximă la circuit deschis - 3000 rot/min;
 - masa pompei - 8,6 kg.
- d. Rezervor de ulei:**
- capacitate maximă - 320 litri;
 - masa rezervorului gol - 78 kg;
 - ulei hidraulic H30 - 300 litri.
- e. Rezervor de motorină:**
- capacitate maximă - 78 litri;
 - masa rezervorului - 22 kg.
- f. Dimensiuni de gabarit:**
- lungime - 2170 mm;
 - lățime - 930 mm;
 - înălțime - 1655 mm.

Dimensiunile echipamentelor de lucru:

- tije de prelungire cu $D = 114 \times 16$ mm, $L = 1000$ mm;
- conuri de penetrare cu $D = 130; 150; 200$ mm;
- carotiere cu $D = 150; 219; 377; 480$ mm și $L = 1000$ mm.

Din cele prezentate mai sus, rezultă că instalația de vibroforare orizontală IVO-3 prezintă parametri tehnici îmbunătățiți față de instalațiile prezentate în capitolul anterior, ceea ce permite:

- lărgirea domeniului de aplicare a instalației datorită creșterii diametrului maxim de vibroforare de la 377 la 480 mm și a vitezei de executare a forajelor;
- adaptarea parametrilor la condițiile concrete din teren datorită posibilității de variere a frecvenței vibrațiilor prin folosirea unui motor hidraulic de antrenare a vibrogeneratorului;
- executarea forajelor oriunde pe teren datorită faptului că s-a asigurat independența energetică.

Pentru valorificarea instalației, pe baza contractului nr. 7104/85 [73], documentația de execuție a fost predată de către Catedra de drumuri și fundații din Timișoara și ICPAIUC București la IR Brăila pentru a fi executat prototipul, urmând ca și acesta, la rândul său, să fie experimentat pentru ca în final să se treacă la producția de serie.

3.3. CONCEPEREA, PROIECTAREA ȘI REALIZAREA ECHIPAMENTELOR PENTRU VIBROFORARE

Pe baza concluziilor desprinse din studiul bibliografic efectuat și a experimentării instalațiilor existente, prezentate în capitolul 2, odată cu proiectarea și realizarea instalațiilor menționate anterior, sau și pentru unele instalații existente, autorul a conceput și realizat echipamente de lucru necesare fiecărei instalații [16].

Astfel, pentru instalația vibratoare autotractată s-a conceput și executat un echipament format din tije de prelungire, conuri de penetrare, carotiere, țevi pentru injectare, iar pentru instalația de vibroforare orizontală IVO-3 un echipament format din tije de prelungire, conuri și carotiere. Pe baza concluziilor rezultate în urma experimentării instalației IVO-3 s-a proiectat și executat o carotieră cu autogolire, care completează echipamentul inițial.

Alt echipament complet nou, pentru realizarea unei noi tehnologii de vibroforare, a fost proiectat și executat pentru instalația IVO-1, acesta făcând obiectul unei invenții a autorului cu nr. 106589B1/93 [9], [16].

3.3.1. Studiul și realizarea echipamentului de vibroforare pentru instalația vibratoare autotractată - IVA

Pentru instalația vibratoare autotractată s-a conceput și executat echipamentul (fig. 3.12) necesar realizării unui număr important de lucrări ca: cercetarea terenului de fundare prin vibropenetrare sau prin vibrocarotare, executarea unor vibroforaje tubate pentru echipare cu diverse aparate de măsură și control, înfigerea țevelor pentru împământare sau alte scopuri și înfigerea țevelor pentru injectarea terenurilor de fundare. Ca atare, echipamentul este format din tije de prelungire, conuri, carotiere, țevi de împământare și țevi de injectare.

Tijele de prelungire (fig. 3.12.a) sunt executate din țevi metalice cu pereți groși, cu diametrul exterior de 60 mm pentru a intra în mandrinele de prindere și lungimea de 1800...2000 mm, astfel ca masa lor să permită manevrarea de către un singur muncitor. Tijele de prelungire sunt prevăzute la capete cu filet patrat pentru asamblare, între ele și cu celelalte piese ale echipamentului.

Conurile de penetrare (fig.3.12.b) sunt executate din metal, cu diametrul exterior de 80 sau 100 mm, mai mare decât diametrul tijelor de prelungire pentru

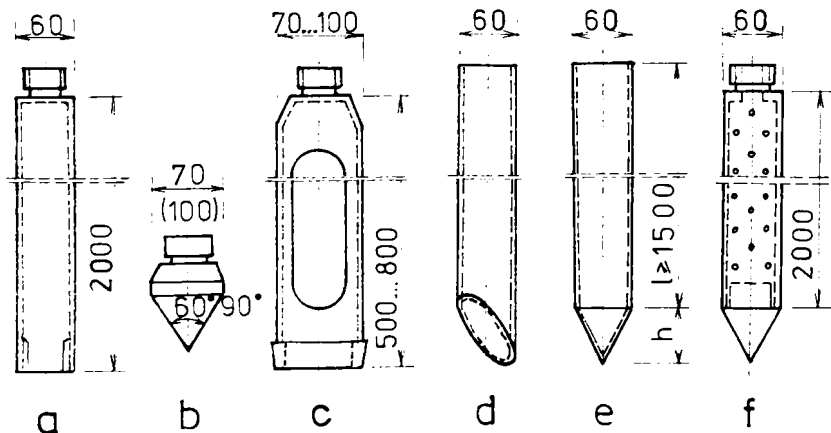


Fig. 3.12. Echipament pentru IVA

a-tije prelungitoare; b-conuri; c-carotiere; d și e-țevi de împământare; f-țevi pentru injectare

reducerea frecării pe suprafața laterală a acestora și cu unghiuri la vârf de 60° sau 90° la unul dintre capete. La celălalt capăt au filet pătrat pentru îmbinare cu tijele de prelungire.

Carotierele (fig. 3.12.c) au diametre exterioare de 80 sau 100 mm și lungimi de 800 sau 500 mm. La unul dintre capete sunt prevăzute cu cuțite pentru tăierea terenului în care se forează iar la celălalt capăt cu filetul necesar îmbinării cu tijele de prelungire. Carotiera cu diametrul de 80 mm se folosește pentru vibroforare atunci când nu este necesară prelevarea probelor de teren sau atunci când se prelevează doar probe tulburate. Carotiera cu diametrul de 100 mm se folosește pentru vibroforare atunci când trebuie prelevate probe netulburate, acest diametru permițând și recoltarea unor astfel de probe.

Carotierele sunt prevăzute cu cuțite tăietoare, care respectă condițiile menționate la §2.4 pentru carotiere și anume: diametrul interior să fie mai mic decât diametrul interior al carotierei iar diametrul exterior să fie mai mare decât diametrul exterior al carotierei cu 2...4 %. Carotierele au câte o fantă laterală cu unghi la centru de 120° și lungime mai mică cu 200 mm decât lungimea totală a carotierei. Fanta este necesară pentru golirea carotierei și reducerea frecării dintre carotieră și teren.

Țevile pentru împământare (fig. 3.12.d și e) au diametrul exterior de 60 mm, necesar pentru trecerea prin mandrinele de strângere și lungimi variabile, în funcție de lungimea necesară împământării. Țevile au un capăt prelucrat sub formă de con s-au tăiat drept la un unghi oarecare. Aceste țevi se debitează în timpul executării împământării, la dimensiunile proiectate.

Țevile pentru injectare (fig. 3.12.f) au diametrul exterior de 60 mm și lungimi variabile în funcție de lungimea necesară pentru injectare. Țevile sunt prevăzute cu perforații a căror suprafață nu depășește 20% din suprafața laterală a țevii, atât cât se menționează a fi optim pentru o injectare corectă (R. J. Bally, 1985) [3], prin care soluția de injectat, pompată sub presiune prin țevă, pătrunde în terenul înconjurător. Țevile pentru injectare au la unul din capete conuri de penetrare iar la celălalt capăt filet pentru îmbinare cu alte țevi de injectare sau cu tije de prelungire.

3.3.2. Studiul și realizarea echipamentului de vibroforare pentru instalația de vibroforare orizontală - IVO-3

Pentru instalația de vibroforare orizontală IVO-3 s-a conceput și executat un echipament de lucru format din tije de prelungire, conuri și carotiere (fig. 3.13), necesar pentru realizarea lucrărilor de vibroforare.

Tijele de prelungire (fig. 3.13.a) sunt executate din țevă metalică cu $D = 114 \times 16$ mm, cu lungimea de 1000 mm, pentru ca să poată fi manevrate de cel mult doi muncitori. Grosimea pereților țevii s-a adoptat de 16 mm, pentru a rezista efortului de presare în teren și pentru a reduce efectul de flambaj la lungimi mari, având în vedere faptul că se folosesc la vibroforarea pe direcție orizontală sau la un unghi de maxim 30° față de orizontală. Tijele sunt prelucrate cu filet pătrat interior la unul din capete și cu filet pătrat exterior la celălalt capăt, pentru îmbinare între ele sau cu

celelalte piese ale echipamentului. Tijele au rolul de a transmite forța perturbatoare produsă de vibrogenerator la elementul de vibroforare, con sau carotieră.

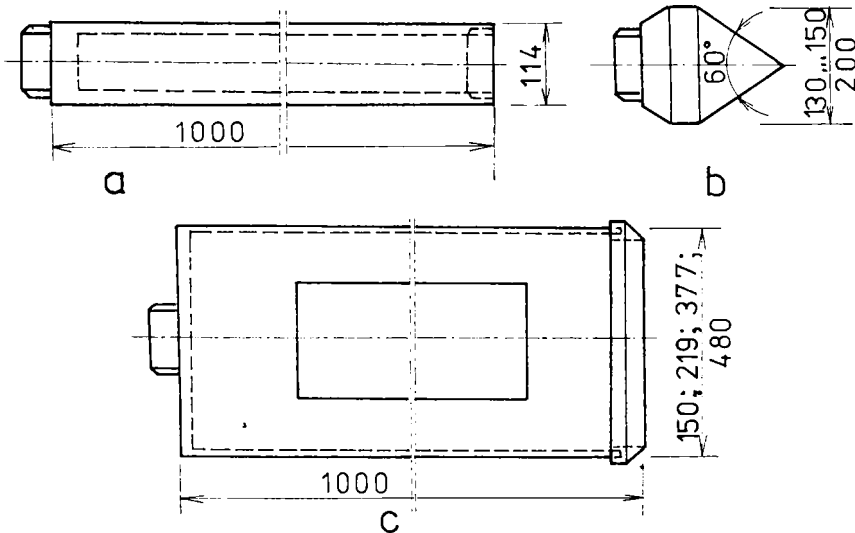


Fig. 3.13. Echipament pentru IVO-3
a-tijă de prelungire; b-con; c-carotieră

Conurile de penetrare (fig. 3.13.b) sunt executate din metal pentru tehnologiile la care se recuperează, sau din lemn, pentru tehnologiile la care nu se mărecuperează. Diametrul exterior este de 130; 150 sau 200 mm iar unghiul la vârf de 60° pentru conurile metalice și de 30° pentru cele din lemn. Conurile metalice sunt prevăzute cu filet pătrat pentru îmbinare cu tijele de prelungire iar cele din lemn cu un dop care să intre în interiorul tijelor de prelungire. Cu ajutorul conurilor vibroforarea se realizează prin presarea laterală a terenului

Carotiarele sunt executate din țevă groasă cu diametrul exterior de 219; 377 și 480 mm și cu lungimea de 1000 mm, tot din considerentul de a putea fi manevrate de cel mult doi muncitori. În pereții carotierelor s-au practicat două fante longitudinale, dispuse simetric față de axul carotierei și cu unghi de deschidere de 90° , pentru reducerea frecării dintre teren și pereți la vibroforare dar și pentru ușurarea golirii care se poate face din lateral, prin aceste fante. Carotiarele sunt prevăzute cu un cuțit tăietor la unul din capete și cu un ștuț cu filet pătrat la celălalt capăt pentru îmbinarea cu tijele de prelungire.

Cu toate că instalația IVO-3 și carotiarele prezentate nu se folosesc pentru prelevarea pământului în scopul cercetării geotehnice carotiarele au fost prevăzute cu cuțite de tăiere, care să respecte variația diametrului față de diametrul carotierei, aceasta pentru a reduce frecarea cu terenul pe pereții exteriori și interiori ai acestora.

3.3.3. Modificarea unei carotiere pentru realizarea autogolirii

În timpul primelor experimentări ale tehnologiei de vibroforare prin vibrocarotare cu instalația IVO-3, s-a observat că golirea carotierei este o operație foarte dificilă, datorită compactării deosebite a pământului din interior, necesitând forță

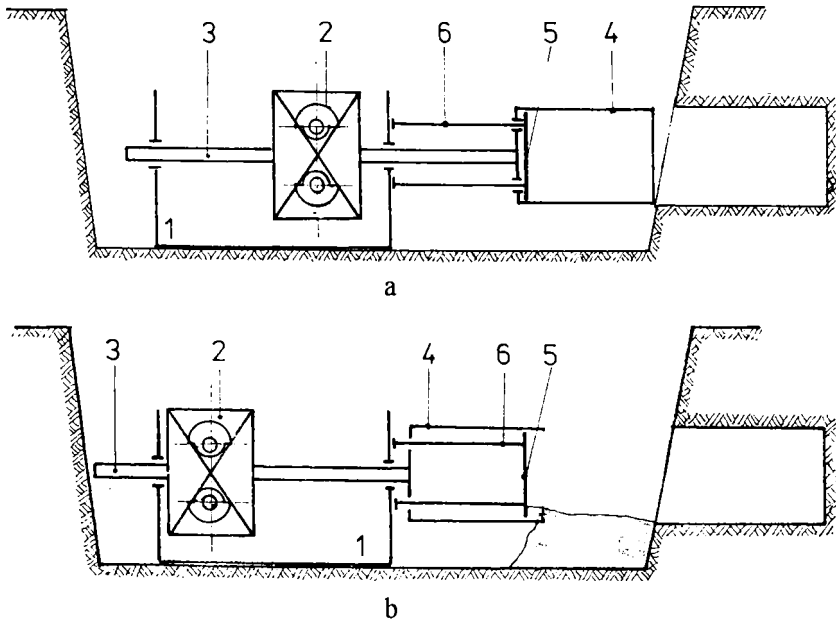


Fig. 3.14. Schema de autogolire a carotierei

1-instalație; 2-vibrogenerator; 3-tijă de prelungire; 4-carotieră; 5-disc; 6-tije de golire

de muncă importantă și timp îndelungat. Pentru eliminarea acestui inconvenient s-a conceput și realizat o carotieră (fig. 3.14) a cărei golire să se facă odată cu extragerea din foraj cu ajutorul forței statice dată de cilindrii de presare. Pentru a face posibil acest lucru s-au practicat două orificii circulare în fundul carotierei cu diametrul de 377 mm și s-a executat un disc cu diametrul de 370 mm (5) pentru carotieră și două tije (6) a căror lungime este egală cu lungimea carotierei și cu diametrul mai mic decât a orificiilor practicate în fundul carotierei.

Procedeeul de lucru constă în fixarea discului (5) în interiorul carotierei (4) înainte de a începe vibroforarea. Se forează până la umplerea carotierei după care urmează extragerea. Înainte de extragerea carotierei din foraj, pe toată lungimea, se intercalează tijele (6), între cadrul anterior a instalației (3, fig. 3.9) și discul (5) din carotieră (fig. 3.14.a), după care se continuă retragerea carotierei cu ajutorul vibrogeneratorului (2), prin intermediul cilindrilor de presare și a tijelor prelungitoare (3). În acest timp tijele (6) vor ține pe loc discul carotierei, care va goli pământul din interior, pe măsură ce aceasta este trasă spre instalație (fig. 3.14.b).

3.3.4. Conceperea și execuția unui echipament modernizat pentru vibroforare cu IVO-1

Departamentul de Inginerie Geotehnică și Căi de Comunicație Terestre a Facultății de Construcții din Timișoara, fosta Catedră de drumuri și fundații, deține prima instalație pentru vibroforare orizontală IVO-1, executată după un brevet de invenție [54] așa cum s-a menționat în §2.3.2.2, asupra căreia autorul a efectuat unele modificări constructive.

În județul Timiș și în cele limitrofe, s-au executat în decursul timpului cu această instalație, mai multe vibroforaje pentru subtraversări mai ales pe sub linii de cale ferată. Deoarece echipamentele cu care s-a lucrat aveau o greutate apreciabilă, fiind necesari cel puțin doi muncitori pentru manevrare, iar carotiera se golea foarte greu datorită compactității pământului din interior, autorul a conceput și executat un alt echipament [9], [13], [16], pe care l-a numit echipament modernizat pentru IVO-1, care înlătură aceste dezavantaje și permite executarea vibroforajelor cu diametrii dorți, de la 220 mm la 650 mm și cu lungimea de până la 30 m (fig. 3.15).

La acest echipament **tije de prelungire** sunt executate din țevă metalică cu pereți groși, cu diametrul exterior de 60 mm și cu lungimea de 1800 mm, care se îmbină între ele prin înfiletare (fig. 3.15.a), având la un capăt filet interior iar la celălalt capăt filet exterior. Greutatea acestor tije permite manevrarea de către un singur muncitor și asigură transmiterea forței perturbatoare de la vibrogenerator la

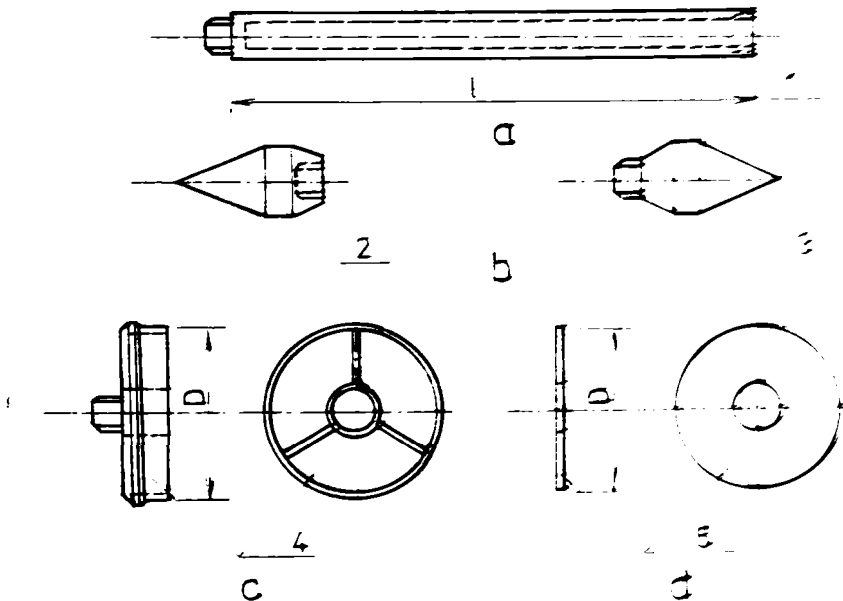


Fig. 3.15. Echipament modernizat pentru IVO-1 (brevet de invenție) [9]
1- tijă de prelungire; 2-con posterior; 3-con anterior; 4-cutit circular; d-sclanșă

obiectul de forat, con sau cuțit tăietor.

Pentru înfigerea tijelor (1) în teren se folosesc **conuri** cu diametrul de 80 mm și unghi la vârf de 30° , unul **anterior** pentru partea din față a echipamentului cu filet exterior (3) și unul **posterior** pentru partea din spate a echipamentului cu filet interior (2, fig. 3.15.b).

Carotiarele tradiționale sunt înlocuite de **cuțite circulare** (fig.3.15.c) și **flanșe** (fig. 3.15.d). Cuțitele sunt executate din țevă metalică cu grosimea peretelui de 14 mm, lungimea de 200 mm și au diametrul exterior de 220 mm, 330 mm, 440 mm, 550 mm și 650 mm, fapt care permite executarea vibroforajelor la un diametru cât mai apropiat de cel necesar. Masa acestora reprezintă aproximativ 20 % din masa carotieleror tradiționale, ceea ce face, ca și acestea, să poată fi manevrate de un singur muncitor. Cuțitul circular este solidarizat prin intermediul a trei eclise de o țevă cu diametrul interior de 62 mm, care să permită trecerea prin interior a tijelor prelungitoare, de care se solidarizează prin intermediul unui bolț.

Cuțitul circular are rolul de a tăia terenul după o suprafață cilindrică pe direcția vibroforajului. Flanșa, împreună cu cuțitul circular, se folosește pentru extragerea materialului tăiat din interiorul vibroforajului, lăsându-l liber pentru pozarea tuburilor de protecție, sau chiar a conductelor de transport ori a cablurilor.

Și de această dată, ca și la carotiere, cuțitul circular este prevăzut cu o evazare exterioară care are mai puțin rolul de reducere a frecării laterale și mai mult rolul de compactare a pereților laterali ai vibroforajelor, care contribuie în mod substanțial la îmbunătățirea stabilității vibroforajului în timpul execuției [15]. Această compactare se datorează și prelucrării cuțitului prin ascuțire unilaterală dinspre exterior.

Utilizarea echipamentului prezentat mai sus la executarea vibroforajelor pentru subtraversări asigură următoarele avantaje:

- diminuează necesarul de forță de muncă umană;
- mărește și diversifică diametrul vibroforajelor;
- reduce timpul de execuție a subtraversărilor;
- diminuează prețul de cost.

Toate echipamentele prezentate mai sus au fost concepute și executate, în primul rând, pentru a dota instalațiile noi cu echipamentele necesare executării lucrărilor de vibroforare prevăzute și, în al doilea rând, pentru a realiza performanțe îmbunătățite la executarea vibroforajelor cu instalația IVO-1. Aceste performanțe se referă la creșterea diametrului vibroforajelor până la 480 mm cu instalația IVO-3 față de 377 mm posibil de realizat cu instalația IVO-1 cu carotieră și până la 650 mm, realizat până în prezent cu instalația IVO-1, dotată cu echipamentul modernizat.

Un alt avantaj major a echipamentelor prezentate este reducerea substanțială a necesarului de forță de muncă umană: pentru manevrare prin măsuri constructive ca reducerea masei proprii, prin golirea carotierei cu ajutorul presării asigurate de instalație și prin eliberarea vibroforajului, la folosirea echipamentului modernizat, de pământul tăiat.

Prin mecanizarea unor operații, ca cele menționate mai sus, se obține reducerea timpului de execuție a vibroforajelor, deci creșterea vitezei de execuție și reducerea prețului de cost a lucrărilor de vibroforare.

3.4. STUDIUL UNOR TEHNOLOGII DE LUCRU PENTRU EXECUTAREA VIBROFORAJELOR CU INSTALAȚIILE ȘI ECHIPAMENTELE PREZENTATE

În general, instalațiile prezentate mai sus s-au realizat pentru executarea forajelor necesare studiului terenului de fundare, prin vibropenetrare sau vibrocarotare, înfigerea unor elemente în teren, executarea vibroforajelor pentru subtraversări, drenuri, ancoraje sau pentru alte scopuri. Dacă pentru vibroforare se folosesc conuri această operație se numește vibropenetrare iar dacă se folosesc carotiere vibrocarotare [30], [51].

Tehnologiile de lucru concepute pentru instalațiile menționate, în principiu, sunt asemănătoare. Pentru acest lucru, în continuare, se vor prezenta mai detaliat doar tehnologiile de lucru stabilite de autor pentru instalația vibratoare autotractată IVA [12], pentru instalația IVO-3 și pentru instalația IVO-1 cu echipament modernizat [17].

3.4.1. Studiul tehnologiilor de lucru cu instalația vibratoare autotractată - IVA

3.4.1.1. Tehnologia de forare prin vibropenetrare

Vibropenetrarea (vibroforarea cu con) constă în înfigerea în teren, pe lungimea unei curse a instrumentului de vibroforare **-con-**, în prezența vibrațiilor sau a vibropercuțiilor generate de un vibrogenerator, urmată de extagerea acestuia (conf. cap. 1 și 2). Fazele de execuție ale vibropenetrării (fig. 3.16) sunt:

3.16.a. aducerea instalației la punctul de lucru și punerea pe poziție, respectiv ridicarea lumânării (1) în poziție verticală sau la unghiul stabilit și fixarea acesteia pe direcția de forare;

3.16.b. pornirea grupului hidraulic și acționarea troliului pentru ridicarea vibrogeneratorului (2) la partea superioară a lumânării urmată de introducerea unei tije prelungitoare (4) prin mandrinele instalației și înfiletarea conului (5);

3.16.c. acționarea mandrinelor pentru fixarea echipamentului la vibrogenerator, pornirea acestuia și înfigerea echipamentului în teren, sub efectul vibrațiilor sau a vibropercuțiilor orientate în jos, a greutății proprii a echipamentului și a presării dacă este nevoie, pe lungimea unei curse a vibrogeneratorului în interiorul lumânării, odată cu eliberarea troliului de ridicare;

3.16.d. prelungirea echipamentului cu o tijă;

3.16.e. desfacerea mandrinelor de prindere și ridicarea vibrogeneratorului în partea de sus a lumânării cu ajutorul troliului;

3.16.f. acționarea mandrinelor pentru prinderea echipamentului, pornirea vibrogeneratorului și înfigerea echipamentului pe lungimea unei curse efectuată în interiorul lumânării.

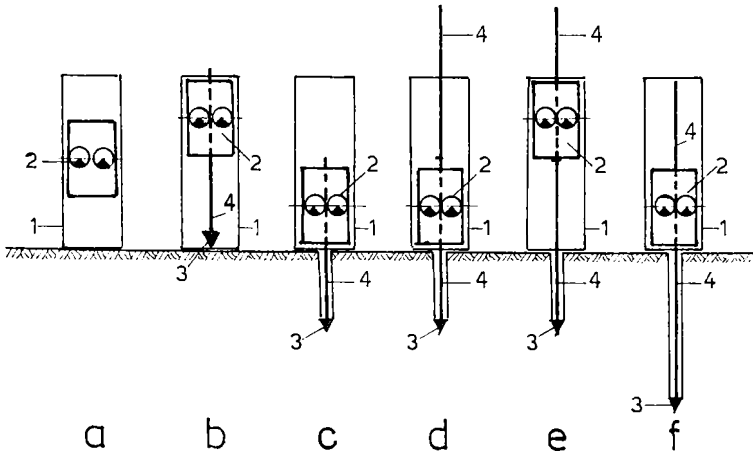


Fig. 3.16. Tehnologia de forare prin vibropenetrare
1-lumânare de ghidare; 2-vibrogenerator; 3-con; 4-tijă de prelungire

Fazele d, e și f se repetă, până când conul de penetrare ajunge la cota stabilită, după care urmează extragerea echipamentului din pământ.

Pentru extragerea echipamentului din teren se repetă operațiile prezentate mai sus, extragerea făcându-se cu ajutorul trolului, sub acțiunea vibrațiilor sau a vibropercuțiilor orientate în sus, odată cu desfacerea tijelor de prelungire.

Tehnologia vibropenetrării se folosește pentru: executarea prizelor de împământare, înfigerea în pământ și extragerea injectoarelor, anticiparea condițiilor de lucru pentru utilajele vibratoare mari și pentru studiul terenului de fundare, fiecare tehnologie având specificul său.

Executarea prizelor de legare la pământ constă în înfigerea în teren prin vibrare sau vibropercuții a unor țevi metalice, protejate prin zincare, cu diametrul exterior de 60 mm și cu lungimi în funcție de necesități. Legarea la pământ constituie mijlocul principal de protecție împotriva tensiunilor de atingere și de pas.

Injectorii pentru îmbunătățirea terenului de fundare, pentru a se putea înfige cu ajutorul IVA, trebuie să aibă diametrul exterior de 60 mm și lungimi variabile, în funcție de necesități. Dacă nivelul la care este necesar să se facă injectarea se găsește la adâncime mare injectorii trebuie să aibă capetele prelucrate pentru îmbinare [3].

Pentru anticiparea condițiilor de lucru ale utilajelor vibratoare mari este nevoie, ca odată cu vibropenetrarea unui con de diametru stabilit, să se măsoare viteza de vibropenetrare, puterea consumată, amplitudinea și frecvența vibrațiilor precum și presiunea pe vârful conului. În funcție de acești parametri se va putea alege tipul

vibrogeneratorului necesar pentru înfigerea unor elemente mari ca piloți, coloane, palplanșe etc așa cum menționează M.F. Khaled în anul 1988 [36].

Studiul terenului de fundare se face pe baza corelării parametrilor vibroforării, menționați mai sus, cu parametrii unei vibroforări executată în imediata vecinătate a unui foraj geotehnic pentru studiul terenului [67]. Instalația vibratoare autotractată este un utilaj corespunzător pentru executarea studiului terenului prin metode corelative deoarece este un utilaj ușor, cu multe operații mecanizate, cu care se poate intra ușor pe orice fel de teren și în spații limitate. Pe lângă acestea, consumul energetic și manopera sunt mult reduse față de alte încercări corelative și în plus, permite automatizarea procesului de culegere a datelor experimentale.

3.4.1.2. Tehnologia de forare prin vibrocarotare

Vibrocarotarea constă în înfigerea în teren, pe lungimea unei curse, a instrumentului de vibroforare -carotiera- în prezența vibrațiilor sau a vibropercuțiilor generate de un vibrogenerator, urmată de extragere și golire.

Fazele de execuție ale vibrocarotării (fig. 3.17) sunt:

3.17.a. aducerea instalației la punctul de lucru și punerea pe poziție, respectiv ridicarea lumânării (1) în poziție verticală sau la unghiul stabilit și fixarea acesteia pe direcția forajului;

3.17.b. pornirea grupului hidraulic și acționarea troliului pentru ridicarea vibrogeneratorului (2) în partea de sus a lumânării, urmată de introducerea unei tije prelungitoare (4) prin mandrinele instalației și înfiletarea carotierei (3);

3.17.c. acționarea mandrinelor pentru prinderea echipamentului în vibrogenerator, pornirea acestuia și înfigerea în teren, sub efectul vibrațiilor sau a vibropercuțiilor orientate în jos, a greutății proprii și a presării dacă este nevoie, a echipamentului pe lungimea unei carotiere, odată cu eliberarea troliului de ridicare;

3.17.d. extragerea carotierei din teren cu ajutorul troliului de ridicare, desfiletarea apoi golirea acesteia de materialul extras, apoi înfiletarea la tija prelungitoare (4). La această fază nu este indicat a se folosi vibrațiile sau vibropercuțiile pentru a nu goli carotiera în interiorul vibroforajului;

3.17.e. introducerea carotierei (3) în vibroforajul executat anterior prin acționarea troliului pentru deplasarea în jos;

3.17.f. decuplarea mandrinelor și ridicarea vibrogeneratorului (2) în partea de sus a lumânării (1) cu ajutorul troliului;

3.17.g. cuplarea mandrinelor și înfigerea carotierei (3) pe lungimea unei curse până la umplere;

3.17.h. extragerea carotierei (3) pe lungimea unei curse cu ajutorul troliului de ridicare;

3.17.i. blocarea echipamentului cu mandrina din talpa superioară a lumânării, decuplarea mandrinelor și coborârea vibrogeneratorului (2) în partea inferioară a lumânării (1) cu ajutorul troliului;

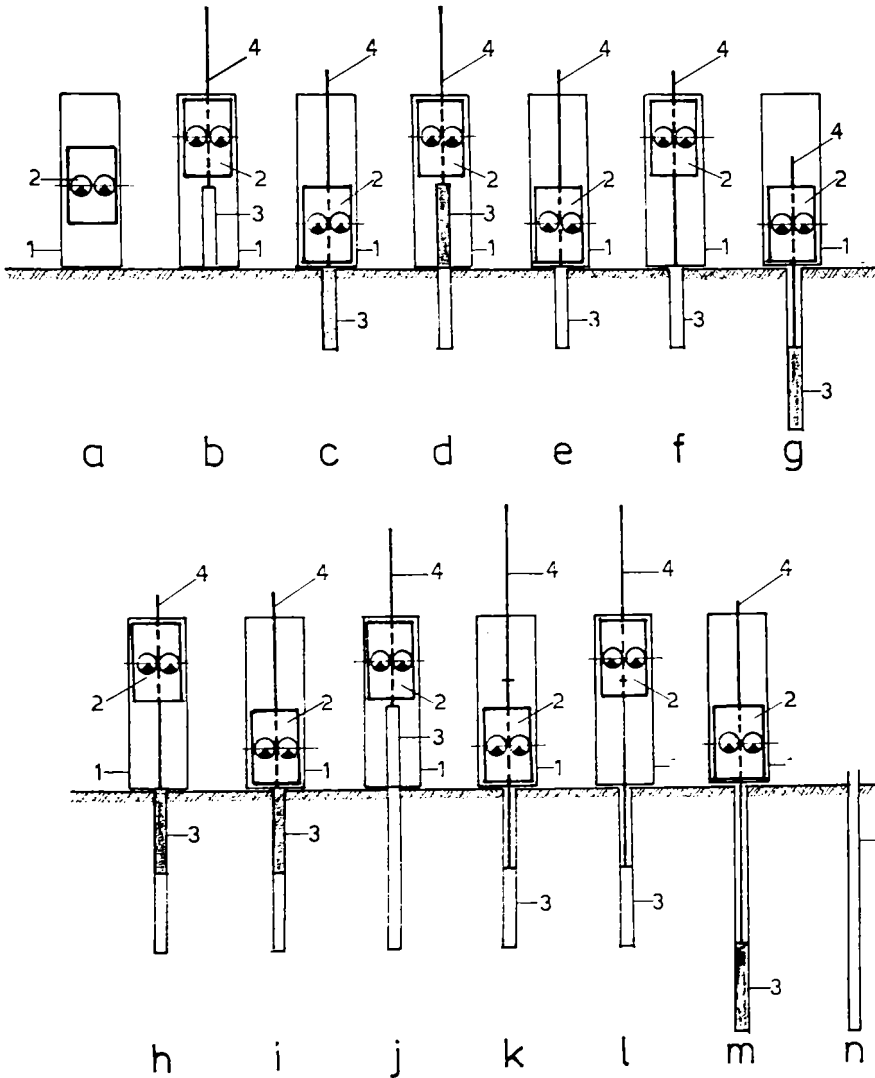


Fig. 3.17. Tehnologia de forare prin vibrocarotare
1-lumânare de ghidare; 2-vibrogenerator; 3-carotieră; 4-tije prelungitoare

3.17.j. cuplarea mandrinelor, extragerea carotierei din foraj cu ajutorul troliului de ridicare, desfacerea de la echipament, golirea și înfiletarea la tija de prelungire;

3.17.k. repetarea fazelor e și f pentru introducerea carotierei în forajul executat după care urmează prelungirea echipamentului cu o tijă;

3.17.l. ridicarea vibrogeneratorului în partea de sus a lumânării, după decuplarea mandrinelor, cu ajutorul troliului de ridicare;

3.17.m. cuplarea mandrinelor și înfigerea carotierei pe lungimea unei curse, pentru umplere, sub efectul vibrațiilor sau a vibropercuțiilor orientate în jos, după eliberarea troliului de ridicare. Toate aceste operații se repetă până când se ajunge la cota proiectată pentru vibroforare. În final, dacă vibroforajul s-a executat în alt scop decât cel pentru studiul terenului, urmează tubarea vibroforajului manual sau cu ajutorul instalației.

Se menționează faptul că tehnologiile de forare prin vibropenetrare și prin vibrocarotare au fost experimentate pe utilajele studiate și prezentate în acest capitol, iar rezultatele experimentale se prezintă în capitolul următor.

Vibrocarotarea se folosește în special pentru prelevarea probelor geotehnice în scopul determinării structurii litologice a terenului sau pentru studiul caracteristicilor fizico-mecanice, când este necesar a se preleva probe netulburate. Calitatea probelor este influențată de folosirea optimă a parametrilor vibratorului, determinați experimental. Și de aici rezultă necesitatea de a asigura reglarea funcționării vibrogeneratorului într-o gamă cât mai variată de caracteristici, potrivită cu natura terenului.

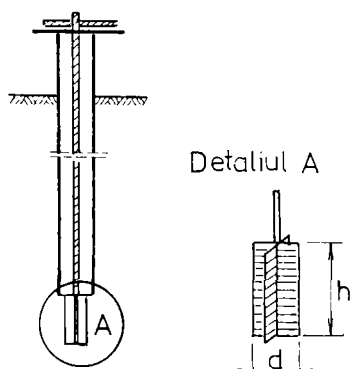


Fig. 3.18. Determinarea rezistenței la forfecare [3]

La diferite nivele, în interiorul forajelor executate prin vibrocarotare, se poate determina rezistența la forfecare “in situ” cu ajutorul unui aparat de forfecare cu paletе (fig. 3.18). În acest scop, aripile paletеi se înfig în pământ iar prin rotire de la suprafața terenului se măsoară, cu ajutorul unui aparat dinamometric, rezistența la forfecare a terenului. Prin aceste măsurători este posibil să se determine rezistența la forfecare în nturi cu rezistențe scăzute și se pot obține date despre rezistența terenului.

Tubarea vibroforajelor se face atunci când se urmărește determinarea tasărilor diferențiate ale construcțiilor din pământ sau verificarea stabilității versanților [2]. Pentru realizarea celor de mai sus vibroforajele sunt

tubate și echipate cu reperii necesari (fig. 3.19)

Tot în vibroforaje tubate se poate face studiul local al circulației apei în teren prin folosirea tehnicii trasorilor radioactivi.

Urmărirea nivelului apei subterane se poate realiza prin echiparea unui vibroforaj tubat cu tuburi piezometrice dispuse la anumite adâncimi (fig. 3.20.a). Pentru determinarea nivelului apei în tubul piezometric cu diametru foarte mic se poate folosi un dispozitiv electric (fig. 3.20.b).

Tehnologiile de lucru prezentate, vibropenetrarea și vibrocarotarea, care se pot realiza cu instalația vibratoare autotractată IVA, reprezintă un mod de lucru eficient pentru realizarea lucrărilor propuse, în sensul folosirii la maxim a timpului de lucru, a

caracteristicilor instalației și a echipamentului de lucru din dotare. Prin diversitatea tehnologiilor de lucru care se pot realiza cu această instalație se consideră că aceasta

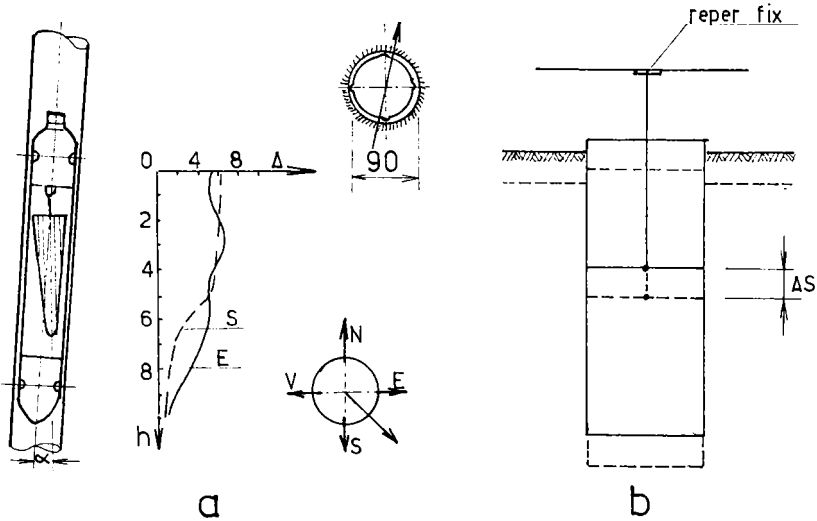


Fig. 3.19. Verificarea stabilității versanților (a) și a tasărilor diferențiate (b) [2]

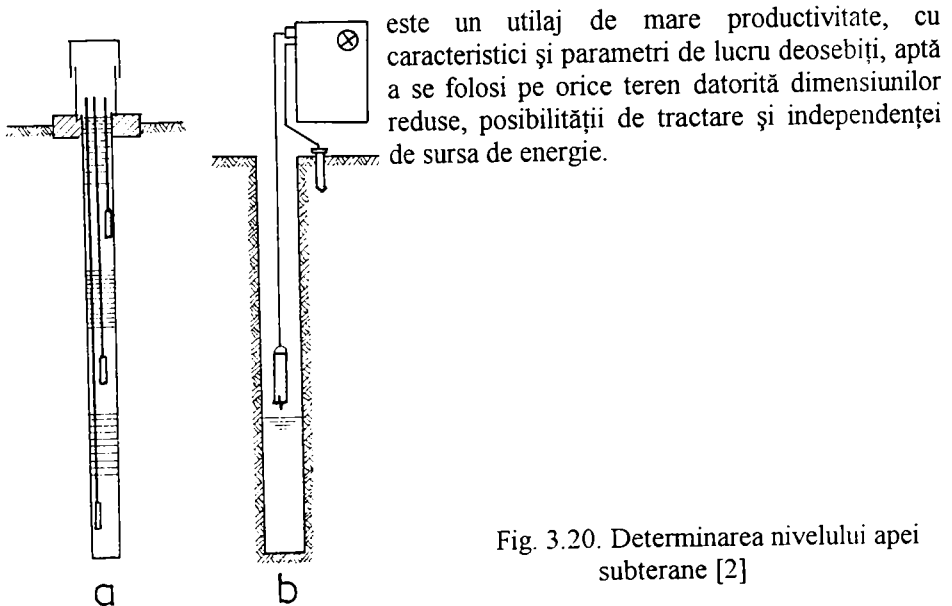


Fig. 3.20. Determinarea nivelului apei subterane [2]

3.4.2. Studiul tehnologiilor de lucru cu instalația de vibroforare orizontală IVO-3

Instalația de vibroforare orizontală IVO-3 este destinată în special executării vibroforajelor pentru subtraversări de căi de comunicație. Deoarece vibroforarea cu con este mai puțin folosită la astfel de lucrări și pentru că este aproape identică cu cea prezentată în paragraful anterior, singura deosebire fiind aceea că vibroforarea se execută pe direcție orizontală.

În cele ce urmează se va prezenta doar tehnologia de vibroforare prin carotare. De fiecare dată când se folosește această instalație, înainte de începerea vibroforării, se impune executarea unor lucrări pregătitoare (fig. 3.21). Astfel, după stabilirea adâncimii de vibroforare sub cota terasamentului, se execută o groapă pentru amplasarea instalației de vibroforare cu lățimea l și lungimea L . Cele două dimensiuni se stabilesc din condițiile de asigurare a spațiului de fixare a instalației și pentru circulație în scopul executării operațiilor de lucru. Cota fundului gropii se stabilește în funcție de cota axei vibroforajului și de înălțimea instalației până la axa vibrogeneratorului la care se mai adaugă înălțimea unei platforme din lemn pe care se

așează instalația.

Pe partea opusă a terasamentului se execută o groapă pentru ieșirea carotierei, a cărei lungime L_1 trebuie să fie egală cel puțin cu lungimea ei la care se mai adaugă 1,00 m pentru manevrare, sau cel puțin lungimea tronsonului de tub de protecție care urmează a se poza în vibroforajul executat.

După introducerea instalației în groapa de intrare și poziționarea pe direcția de executare a vibroforajului, urmează sprijinirea în pereții gropii cu

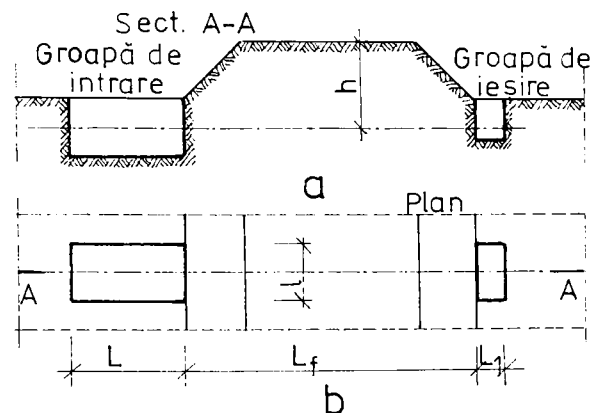


Fig. 3.21. Operații pregătitoare vibroforării

ajutorul tamponelor cu șurub (11) din partea posterioară și a cilindrilor hidraulici (12) din partea anterioară (fig. 3.9). Dacă este necesar se poate realiza și o sprijinire laterală cu șpraițuri din lemn. După efectuarea acestor operații urmează executarea racordurilor hidraulice între grup și instalație.

După terminarea operațiilor pregătitoare urmează executarea vibroforajului pentru subtraversare în următoarele faze, prezentate în fig. 3.22:

3.22 a. pomirea grupului hidraulic și aducerea vibrogeneratorului (2) în partea posterioară a instalației pentru introducerea primei tije prelungitoare (4) în interiorul mandrinelor de prindere și pentru înfiletarea carotierei (3);

3.22.b. pornirea vibrogeneratorului (2), acționarea bacurilor conice pentru prinderea echipamentului de lucru (3 și 4) și înfigerea carotierei în teren pe toată lungimea, sub acțiunea vibrațiilor și a presării realizată cu ajutorul cilindrilor hidraulici;

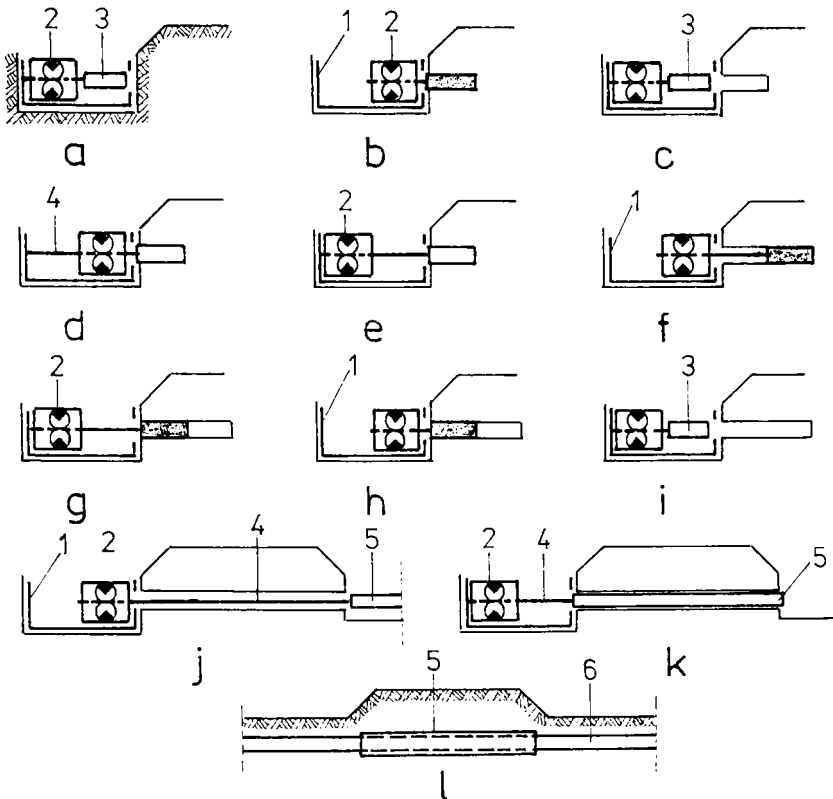


Fig. 3.22. Tehnologia de vibroforare cu IVO-3

1-cadru de ghidare; 2-vibrogenerator; 3-carotieră; 4-tijă prelungitoare; 5-tub de protecție; 6-conductă de transport

3.22.c. extragerea carotierei (3) din teren prin deplasarea vibrogeneratorului (2) în partea posterioară a instalației cu ajutorul cilindrilor de presare și golirea, manual sau cu ajutorul presării dacă se folosește o carotieră cu autogolire;

3.22.d. Deplasarea vibrogeneratorului (2) în partea anterioară a instalației pentru introducerea carotierei (3) în forajul executat și îmbinarea prin înfiletare a unei tije prelungitoare;

3.22.e. eliberarea echipamentului (3 și 4) din bacurile conice și deplasarea vibrogeneratorului (2) în partea posterioară a instalației;

3.22.f. prinderea echipamentului de lucru (3 și 4) în bacurile conice și înfigerea carotierei (3) în teren pe lungimea unei curse sub acțiunea vibrațiilor și a presării.

3.22.g. extragerea carotierei (4) pe lungimea unei curse sub acțiunea presării, fără vibrație, precedată de montarea unui con la extremitatea posterioară a echipamentului atunci când în spatele instalației nu există obstacole;

3.22.h. decuplarea bacurilor conice, deplasarea vibrogeneratorului (2) în partea anterioară a instalației și desfiletarea ultimei tije prelungitoare (4), dacă în spatele instalației există obstacole;

3.22.i. cuplarea bacurilor conice și extragerea carotierei (3) pline din foraj sub acțiunea presării, fără vibrație odată cu înfigerea echipamentului în terenul din spatele instalației, urmată de golirea carotierei.

În continuare, se repetă fazele b...i până la străpungerea terasamentului și ajungerea carotierei în groapa de ieșire;

3.22.j. Desfiletarea carotierei (3) și se prinderea la echipament (4) a tubului de protecție (5) sau a altui element (6) care urmează a se poza în foraj;

3.22.k. retragerea succesivă a vibrogeneratorului, sub acțiunea presării și a vibrării dacă este nevoie, odată cu desfiletarea câte unei tije prelungitoare, pentru pozarea tubului de protecție în interiorul forajului, după care urmează desfacerea echipamentului de la tubul de protecție, desfacerea sprijinirilor și scoaterea instalației din groapă.

3.22.l. ultima fază pentru executarea subtraversării constă în: introducerea în tubul de protecție (5) a conductei (6) sau a cablului de transport, executarea racordurilor la rețeaua de transport și umplerea gropilor pentru refacerea zonei.

Dacă este necesar, la extremitățile tubului de protecție, se execută cămine de vizitare după care urmează refacerea zonei.

Tehnologiile de lucru menționate, care se pot realiza cu instalația IVO-3 și cu echipamentul din dotarea ei, respectiv executarea forajelor prin vibrorînfigerea unor conuri sau prin vibrocarotare, prezintă avantajul folosirii la maxim a caracteristicilor tehnice ale instalației.

Prin respectarea fazelor de realizare a forajelor, așa cum s-a prezentat mai sus, se asigură realizarea unei productivități ridicate în sensul folosirii eficiente a forței de muncă și a timpului de lucru afectat.

Dacă se folosește carotiera cu autodescărcare se obține o reducere substanțială a timpului de executare a forajelor, prin faptul că golirea manuală a unei carotiere poate dura până la 15 min. în timp ce autodescărcarea se realizează în cel mult 3 minute, așa cum rezultă din experimentările efectuate și care se vor prezenta în cap.4 al acestei lucrări.

3.4.3. Studiul unei tehnologii de vibroforare cu IVO-1 și echipamentul modernizat

Echipamentul modernizat, prezentat în subcapitolul 3.3.4, are menirea de a simplifica tehnologia de executare a forajelor pentru subtraversări, de a realiza o productivitate mai mare, în același timp cu reducerea forței de muncă umane și de a

realiza vibroforaje cu diametre mai mari decât cele realizate cu carotiera. Echipamentul și tehnologia de lucru au fost brevetate de autor în anul 1989 [9].

Și în cazul folosirii acestei tehnologii de lucru [17] sunt necesare operațiile pregătitoare menționate în subcapitolul anterior, deci: stabilirea adâncimii de vibroforare, executarea gropilor de intrare și ieșire, așezarea și fixarea instalației în groapă, realizarea racordurilor la grupul hidraulic și rețeaua electrică, după care urmează executarea vibroforajului în următoarea succesiune a fazelor de lucru (fig. 3.23):

3.23.a. introducerea primei tije prelungitoare (1) în interiorul vibrogeneratorului și înfiletarea conului (3) pentru străpungerea terasamentului;

3.23.b. Străpungerea terasamentului prin **vibroînfigerea** conului (3), cu ajutorul tijelor prelungitoare (1), sub efectul presării realizată de instalația (6), concomitent cu prelungirea echipamentului prin înfiletarea tijelor. Când conul (3) ajunge în groapa de ieșire se înlocuiește cu cuțitul circular (4) și se montează conul (2) la extremitatea posterioară a echipamentului;

3.23.c. Sub acțiunea vibropresării, respectiv a deplasării echipamentului în sensul extragerii din foraj, se taie o suprafață cilindrică în teren cu diametrul de 200 mm, în același timp cu înfigerea echipamentului în terenul din spatele instalației. Acest lucru conduce la eliminarea operațiilor de desfiletare a și înfiletare a tijelor prelungitoare, deci la reducerea timpului auxiliar de vibroforare. Atunci când în spatele instalației există un obstacol este necesar să se folosească tehnologia tradițională, adică să se desfileteze toate tijele și să se reînfileteze la fiecare fază de lucru;

3.23.d. Când cuțitul circular (4) ajunge în groapa de intrare se demontează, în locul lui remontându-se conul (3), după care se reia faza de introducere a echipamentului prin presare în vibroforajul executat anterior cu conul. La ajungerea conului (3) în groapa de ieșire se remontează, în locul lui, cuțitul circular (4) și flanșa (5);

3.23.e. Sub acțiunea presării ajutată de vibrare (dacă este nevoie), se extrage pământul tăiat în faza 3.23.b, realizându-se vibroforajul (8) cu diametrul de 200 mm, apoi se demontează cuțitul circular (4) și a flanșa (5) și se reînfiletează conul de penetrare (3). Pentru realizarea unui vibroforaj cu diametru mai mare se repetă fazele b, c, d și e cu cuțite circulare și flanșe cu diametre crescătoare, până la diametrul maxim necesar, cel mai mare executat până în prezent fiind de 650 mm;

3.23.f. introducerea echipamentului în interiorul vibroforajului, după montarea conului (3). Când conul ajunge în groapa de ieșire se desfiletează și se prinde tubul de protecție (9) (sau direct conducta ori cablul), care urmează a se poza în vibroforaj și se desfiletează conul (2);

3.23.g. Tragerea tubului, prin presare ajutată de vibrare dacă este nevoie, în vibroforaj. Odată cu tragerea tubului de protecție se demontează tijele prelungitoare, apoi se decuplează ultima tijă de la tubul de protecție și se scoate instalația din groapă;

3.23.h. introducerea conductei de transport (sau a cablului) în tubul de protecție, executarea racordurilor necesare, construirea căminelor de vizitare dacă sunt prevăzute și refacerea zonei prin umplerea gropilor.

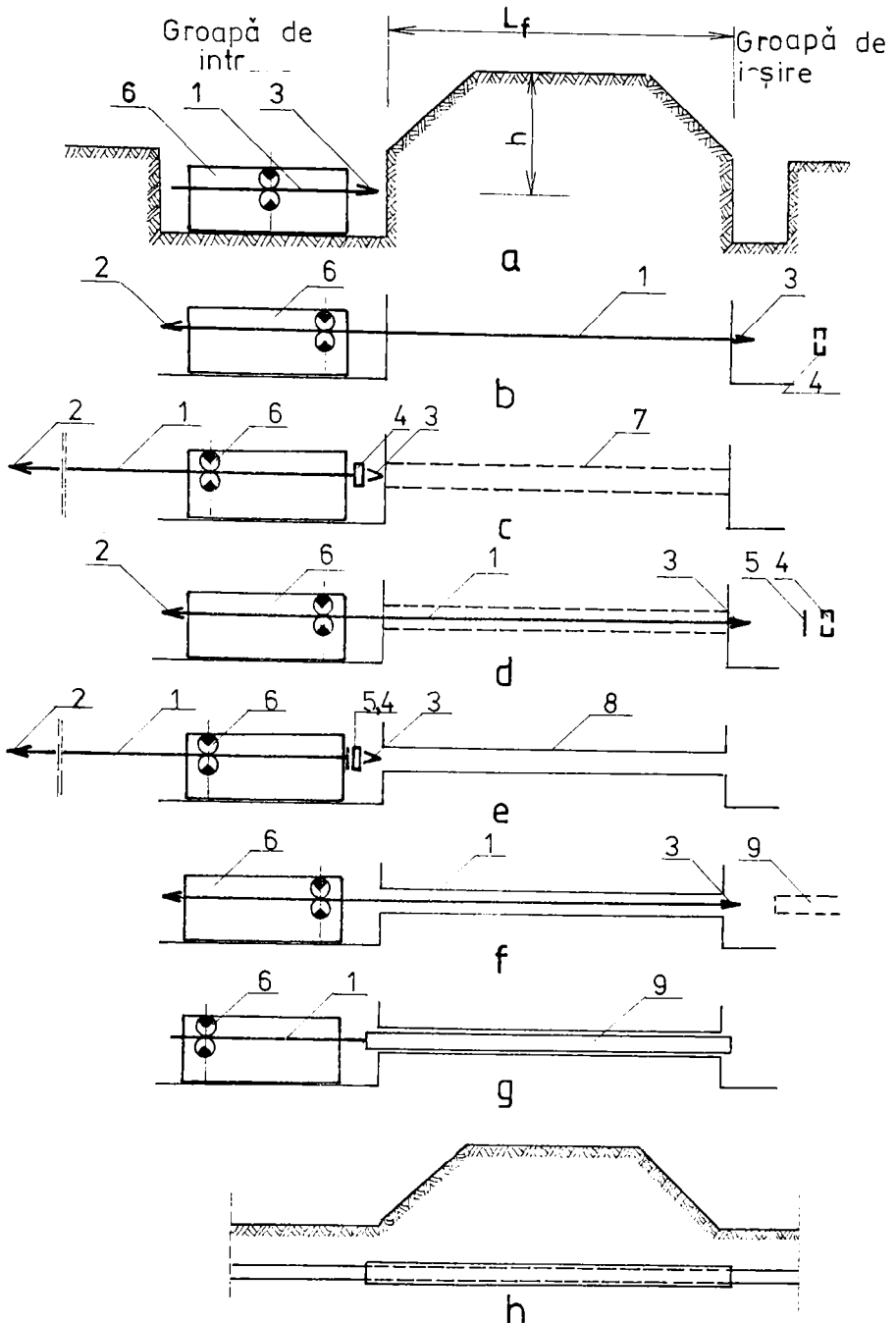


Fig. 3.23. Tehnologia de lucru cu IVO-1 și echipamentul modernizat
 1-tijă prelungitoare; 2 și 3-conuri; 4-cuțit circular; 5-flanșă; 6-instalație de forare; 7-foraj tăiat;
 8-foraj golit; 9-tub de protecție

Tehnologia de executare a vibroforajelor pentru subtraversări cu instalația IVO-1 și echipamentul modernizat pentru vibroforare, aplicată la realizarea unui număr de 12 subtraversări, asigură realizarea unor vibroforaje cu lungimi mai mari decât cele executate cu carotiera, în timp mai scurt și cu diametre diferite, începând de la 220 mm până la 650 mm.

Creșterea diametrului maxim al vibroforajului, de la 377 mm cât se realizează cu IVO-1 și carotieră sau de la 480 mm posibil de realizat cu IVO-3 și carotieră, la 650 mm reprezintă o performanță deosebită în sensul creșterii domeniului de folosire a instalației.

Datorită faptului că la folosirea cuțitului circular se reduce substanțial frecarea cu terenul înconjurător, deoarece are dimensiunile foarte mici în comparație cu ale carotierelor, o parte din fazele de vibroforare se pot realiza doar prin presare, vibrarea fiind folosită atunci când se întâlnește un obstacol sau când forța de presare nu este suficientă. Acest lucru contribuie la reducerea consumului de energie a instalației.

Tehnologia prezentată, prin faptul că fazele de vibroforare se realizează fără desfiletarea tijelor prelungitoare la fiecare fază, reduce foarte mult necesarul de forță de muncă umană ceea ce contribuie la reducerea prețului de cost a vibroforării, așa cum se va vedea în cap. 4.

3.4.4. Studiu privind completarea tehnologiilor de vibroforare ale drenurilor orizontale

Construirea instalației IVO-3, modernizarea dispozitivului de prindere a echipamentului de lucru la instalația IVO-1 și echipamentul modernizat pentru IVO-1 permit stabilirea unor noi tehnologii de executare a drenurilor orizontale vibroforate, deci completarea instrucțiunilor tehnice privind proiectarea și executarea drenurilor orizontale prin vibroforare, cu o nouă tehnologie posibilă a se realiza cu acestea și anume: "Tehnologie de executare a drenurilor vibroforate prin procedeul vibroforării cu con concomitent cu introducerea tubului filtrant". Această tehnologie a fost stabilită pe baza studiului teoretic a tehnologiilor prezentate în "Instrucțiuni tehnice pentru executarea drenurilor orizontale prin vibroforare" [107] și a tehnologiilor de lucru menționate mai sus și experimentate în același timp cu utilajele și echipamentele prezentate în acest capitol.

Tehnologia aceasta este posibil de realizat datorită faptului că tije prelungitoare ale echipamentului de lucru au diametrul exterior de 60 mm ceea ce permite înfigerea concomitentă în teren a echipamentului cu con și a tubului filtrant, din metal sau PVC, cu diametrul interior mai mare decât diametrul exterior al tijelor prelungitoare. Conul de penetrare trebuie să aibă diametrul mai mare decât diametrul exterior al tubului filtrant pentru reducerea frecării (fig. 3.24).

Conul de penetrare (1), care se pierde la această tehnologie, se execută din lemn cu diametrul cu cel puțin 30 mm mai mare decât diametrul exterior al tubului

filtrant (3). Tubul filtrant se debitează în tronsoane de lungimi egale cu lungimea tijelor de prelungire (2), tronsoane care se îmbină apoi între ele prin mufare interioară.

Tehnologia de execuție constă din următoarele faze:

- introducerea primei tije prelungitoare în primul tronson de tub filtrant, fixarea conului la capătul tije prelungitoare, prinderea tije la vibrogenerator și înfigerea ansamblului în teren, prin presare și vibrare, pe lungimea tije;

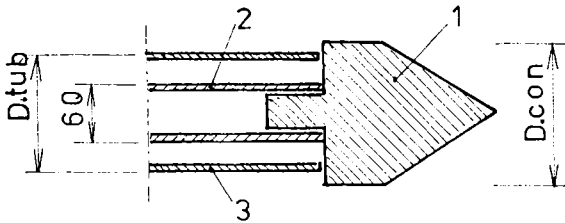


Fig. 4.24. Echipament pentru executarea drenurilor prin vibroforare

1-con; 2-tijă prelungitoare; 3-tub drenant

tronson de tub filtrant, înfiletarea tijelor și îmbinarea tronsoanelor de tub filtrant, apoi înfigerea noului ansamblu în teren pe lungimea tije. Aceste operații se repetă până la realizarea lungimii proiectate;

- extragerea tijelor prelungitoare din interiorul tubului filtrant.

Prin aplicarea acestei tehnologii se obțin următoarele avantaje:

- posibilitatea de folosire ca tub filtrant a tuburilor din PVC ușoare și necorodabile în timp;
- folosirea acelorași tije prelungitoare care se folosesc și la alte tehnologii, mai ușoare prin diametrul mai mic, deci mai ușor de manevrat;
- eliminarea posibilității de surpare a pereților forajului în intervalul de timp cuprins între momentul terminării forării cu con sau cu carotiera și momentul introducerii tubului filtrant.

3.5. CONCLUZII ASUPRA STUDIILOR PREZENTATE ÎN ACEST CAPITOL

Cele două instalații prezentate în acest capitol, instalația vibratoare autotractată IVA și instalația de vibroforare orizontală IVO-3, au fost concepute și proiectate de ICPAIUC București filiala Timișoara în anul 1980, în cadrul și cu asistența tehnică a Catedrei de drumuri și fundații a Facultății de Construcții din Timișoara și au fost executate la Întreprinderea de Reparații Brăila în anul 1982, având în permanență asistența tehnică a autorului.

În același an s-au început experimentările pentru ambele instalații, acestea făcându-se de către Catedra de drumuri și fundații pe amplasamente situate în curtea catedrei și în curtea ICPAIUC București, rezultatele fiind prezentate în detaliu în cap. 4 a acestei lucrări.

Pe măsura efectuării experimentărilor au apărut o serie de deficiențe pentru remedierea cărora s-au conceput și executat, ori s-au modificat, la catedră sau la ICPAIUC București, mai multe subansambluri care s-au montat la instalații, după care au urmat alte serii de experimentări care s-au încheiat în anul 1985. Până la data respectivă Instalația vibratoare autotractată a fost perfecționată și experimentată, astfel încât a putut fi declarată prototip după care a urmat redactarea standardului de ramură, cu denumirea “**Vibroînfigător de țevi**”, de către IR Brăila cu asistența tehnică a catedrei și a autorului [108].

Instalația de vibroforare orizontală IVO-3 a fost perfecționată și experimentată până la declararea ca model funcțional, tot în anul 1985, după care a urmat redactarea normei tehnice de întreprindere, cu denumirea “**Instalație pentru subtraversări, drenuri și ancoraje**”, de către IR Brăila cu asistența tehnică a catedrei și a autorului [109].

Cele două normative au fost redactate în urma predării documentațiilor de execuție pentru toate modificările efectuate în timpul experimentărilor și a referatelor de experimentare de către ICPAIUC București către IR Brăila, odată cu instalațiile respective. La acea dată se stabilise să se treacă la executarea seriei zero pentru instalația vibratoare autotractată IVA și a prototipului pentru instalația de vibroforare orizontală IVO-3.

Din analiza celor prezentate în acest capitol se apreciază că **instalația vibratoare autotractată** este un utilaj de mică mecanizare, deosebit de performant în raport cu dimensiunile sale, capabil de a realiza o serie de lucrări, respectiv tehnologii, pentru domenii diverse ca:

- studierea caracteristicilor terenului de fundare, atât prin vibrocarotare cu prelevare de probe netulburate sau tulburate, cât și prin vibropenetrare;
- înfigerea de țevi sau profile metalice în teren în diverse scopuri;
- executarea de foraje în vederea echipării cu diferite instrumente;
- sondarea terenurilor de fundare pentru aprecierea condițiilor de lucru ale utilajelor vibratoare mari, sau pentru alegerea acestora în funcție de caracteristicile tehnice necesare a le avea la executarea lucrărilor.

Instalația de vibroforare orizontală IVO-3 este o instalație concepută pe baza instalațiilor IVO-1 și IFO-1 și a concluziilor rezultate în urma executării unui număr important de lucrări pentru producție cu aceste instalații. Se apreciază că, datorită caracteristicilor tehnice îmbunătățite pe care le are (tabelul 3.1), este aptă pentru realizarea unor vibroforaje cu caracteristici, ca lungime și diametru, superioare celor realizate cu celelalte instalații. De asemenea, productivitatea care se realizează cu IVO-3 este superioară productivității realizate cu celelalte instalații.

Prin realizarea celor două instalații și prin dotarea șantierelor cu ele s-ar obține economii importante de manoperă, prin reducerea numărului de muncitori necesari deservirii, față de celelalte instalații și prin posibilitatea creată de a înlocui alte procedee de execuție, ca șanțuri deschise. În același timp, la executarea unor lucrări similare cu cele executate cu alte instalații, s-ar obține economii de energie, reducerea prețului de cost, productivitate sporită și caracteristici superioare.

Tabelul 3.1. Caracteristici al instalațiilor IVO

Caracteristici		IVO-1	IVO-3
Forța perturbatoare	kN	17	10...50
Moment static al excentricilor	daNcm	160	300
Motor de antrenare	kW	15(electric)	20(hidraulic)
Turația	rot/min	1500	500...1500
Diametru maxim-con	mm	200	200
Diametru maxim-carotieră	mm	377	480

Echipamentele prezentate au fost concepute și executate în funcție de caracteristicile tehnice ale instalațiilor pentru dotarea cărora s-au realizat, în vederea satisfacerii necesităților practice de realizare a unor lucrări mai deosebite decât cele realizate cu alte instalații, atât în privința dimensiunilor cât și a productivității.

Echipamentul modernizat pentru vibroforare cu IVO-1 care se află în dotarea catedrei, a fost conceput și executat în catedră cu concursul autorului. Având în dotare acest echipament s-au executat peste 12 vibroforaje pentru subtraversări de terasamente de căi ferare sau drumuri, până în prezent. După executarea acestor lucrări s-a ajuns la concluzia că instalația IVO-1, la care se folosește acest echipament, dispune de caracteristicile necesare creșterii diametrului maxim al cuțitului de tăiere la 750 mm cu condiția efectuării unor modificări constructive ale instalației.

Tehnologiile de lucru prezentate în acest capitol s-au stabilit în mod concret, pentru fiecare instalație sau echipament, în vederea folosirii la maxim atât a caracteristicilor tehnice ale instalațiilor și ale echipamentelor cât și a timpului de lucru.

Capitolul 4

STUDII TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE ALE UTILAJELOR, ECHIPAMENTELOR ȘI TEHNOLOGIILOR ELABORATE

Instalațiile prezentate în capitolul anterior au făcut obiectul unor cercetări și asistențe tehnice la studiul, proiectarea și execuția lor și a unor studii experimentale, desfășurate de autor pe o perioadă de trei ani (1983/1985).

Cele mai multe probleme au fost puse de funcționarea mecanică a instalațiilor. Se precizează că experimentările au început cu instalațiile executate ca modele funcționale și s-au încheiat prin modificarea sau schimbarea unor subansambluri, care au făcut ca în final instalațiile să fie utile scopului propus și declarate prototip, după care să se treacă la producția în serie de către I R Brăila, respectiv la elaborarea unor instrucțiuni de folosire.

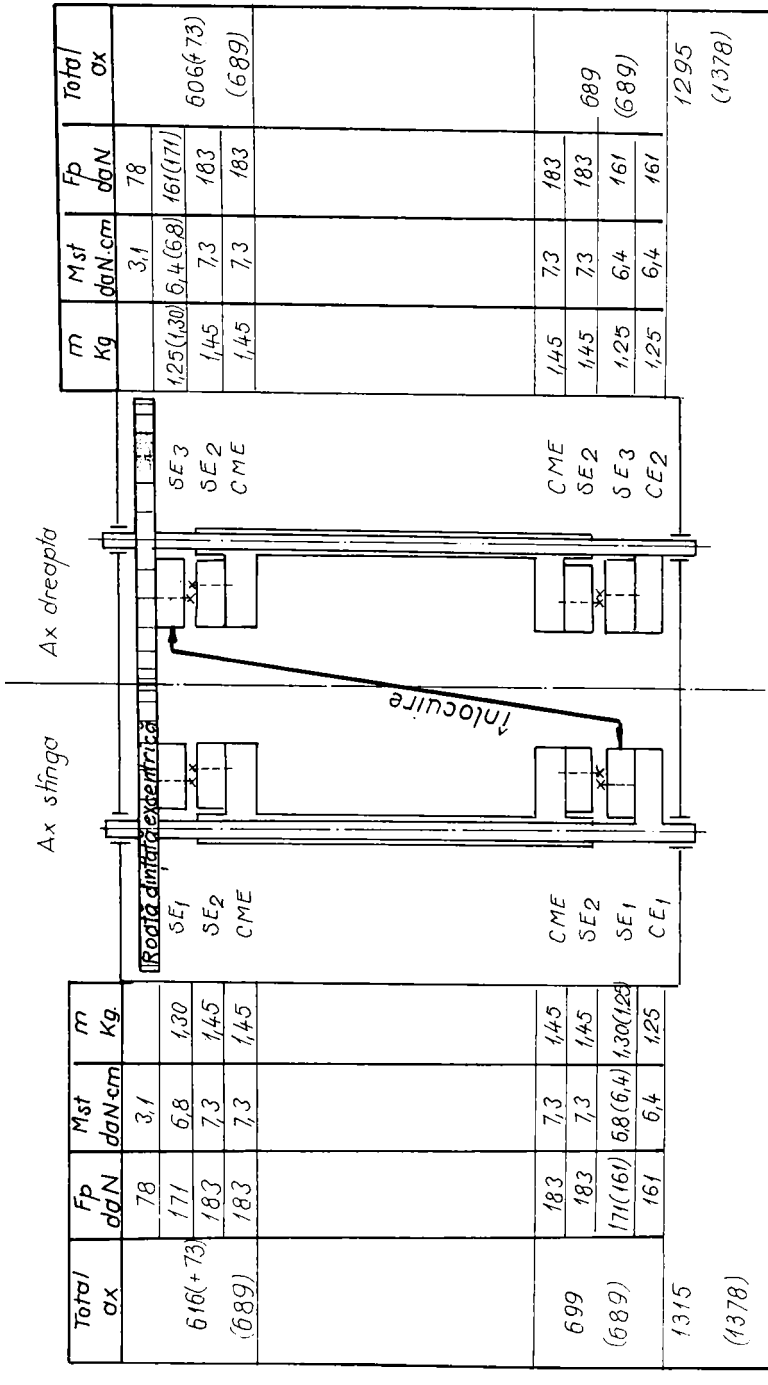
Cercetările, asistența tehnică și experimentările au fost efectuate de autor pe baza unor contracte de colaborare, urmărindu-se pe de o parte **determinarea celor mai ridicați parametri de funcționare** a instalațiilor și a echipamentelor concepute și proiectate cu contribuție directă, iar pe de altă parte **verificarea tehnologiilor de lucru concepute**. Experimentările s-au făcut pe câteva tipuri de stratificații măsurându-se mai mulți parametri, așa cum se va vedea în continuare și definitivându-se primele concluzii cu privire la posibilitățile de aplicare a studiilor întreprinse de către autor.

În cele ce urmează se vor prezenta în mod succint cele mai importante modificări care s-au adus unor subansambluri ale instalațiilor și rezultatele obținute la experimentarea unor tehnologii de lucru prevăzute a se realiza cu aceste instalații.

4.1. STUDIUL ȘI EXPERIMENTAREA INSTALAȚIEI VIBRATOARE AUTOTRACTATE - IVA

4.1.1. Studiul și proiectarea unor modificări ale subansamblurilor instalației

Cele mai multe modificări ale părților mecanice care s-au operat asupra instalației vibratoare autotractate (§3.1), proiectată de ICPAIUC București [122] cu contribuția autorului, pentru punerea în funcțiune, au fost cele operate imediat după execuție, la generatorul de vibrații, subansamblul de bază al instalației (fig. 4.1).



SE - semiexcentric
 E - corp excentric
 CME - corp mobil excentric

Total 2610 daN = 26,1 kN
 Simetrizat 2756 daN = 27,56 kN

Fig. 4.1 Reașezarea excentricilor la instalația IVA

La primele experimentări s-a observat că vibrațiile generate nu sunt unidirecționale ceea ce a condus la concluzia că masele excentrice nu sunt simetrice sau nu sunt bine așezate pe arbori sau bușele de susținere. Analizându-se proiectul de execuție și demontându-se vibrogeneratorul s-a constatat, în primul rând, că doi excentrici nu au fost corect montați (fig.4.1), fiind de greutateți diferite și montați în poziții diferite. În al doilea rând, s-a constatat că forța perturbatoare pe fiecare ax în parte și între cele două axe nu este aceeași. S-a observat că pe axul din stânga, pe un capăt forța perturbatoare era de 616 daN iar pe celălalt capăt era de 699 daN, iar pe axul din dreapta la un capăt era de 606 daN și pe celălalt capăt de 689 daN. Pentru a putea continua experimentările, în prima fază, s-au înlocuit doi excentrici între ei, punându-se în poziția corespunzătoare, ceea ce a condus la o ameliorare substanțială a funcționării.

Pentru ultimele experimentări efectuate în scopul omologării instalației ca prototip, odată cu alte modificări, s-au redimensionat și echilibrat toți excentricii, atât pe axe cât și între axe, valorile maselor excentrice și ale forțelor perturbatoare fiind prezentate în fig. 4.2. Prin această așezare și distribuție a maselor excentrice s-a realizat un moment static total maxim de 100 daNcm și o forță perturbatoare totală maximă de 25 kN, atunci când centrul de greutate al excentricilor se află pe aceeași rază.

Fp daN	Mst daN·cm	ax stânga	ax dreapta	Mst daN·cm	Fp daN
325	13	EF	EF	13	325
300	12	EM	EM	12	300
300	12	EM	EM	12	300
325	13	EF	EF	13	325
1250	50			50	1250

Total Ms=100 daN·cm Fp=25 kN

Fig. 4.2. Echilibrarea forțelor perturbatoare

Prin crearea posibilității de rotire a excentricilor unui față de alții, forța perturbatoare poate să scadă la 5 kN atunci când unghiul dintre razele pe care se află centrele de greutate ale excentricilor mobili și ale excentricilor fixi este maxim (fig. 3.2.b).

Dispozitivul pentru reglarea momentului static a maselor excentrice (fig.3.4) pentru început nu a funcționat deoarece axul pistonului, jugul și tijele de acționare erau prinse articulat, ceea ce a făcut ca săniile de reglare să nu acționeze în același timp. Prin fixarea rigidă a elementelor de mai sus și prin executarea unei căi de rulare s-a reușit ca pistonul hidraulic să acționeze concomitent asupra bușelor de reglare a momentului static, conducând în final la păstrarea aceluiași moment static pe axe, deci la o funcționare corespunzătoare.

Mecanismul pentru stabilirea regimului de lucru ca vibrator sau percutor în sus ori în jos, așa cum s-a prezentat în fig. 3.5, nu permitea stabilirea regimului de lucru ca vibrator deoarece arcul de transfer (1) nu s-a putut comprima spiră pe spiră, lipsind cuzinetul (2) din partea superioară a țevii centrale (3), (fig. 4.3).

Prin confecționarea bucșei (2) și prin reglarea așezării ei pe tija cremalieră (3) astfel ca distanța necesară pentru percuții în jos Δp_j , dintre tijă și bucșa (4) să fie egală

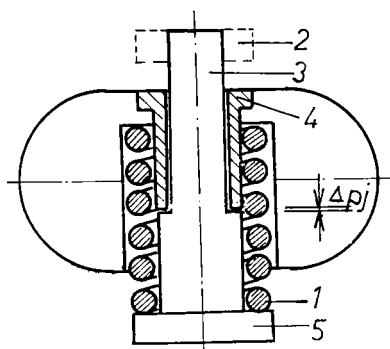


Fig. 4.3. Regim de lucru percuții în jos

1-arc; 2-cuzinet; 3-țevă centrală; 4-bucșă; 5-piuliță

cu distanța necesară pentru funcționarea ca vibrator-generator să funcționeze ca percutor în jos. Pentru funcționarea ca percutor în sus se acționează asupra piuliței (5), prin strângere pe țeava centrală (3), până se obține distanța Δp_s , respectiv bucșa (4), este în contact cu cuzinetul (2) (fig.4.4.a).

Dacă se acționează, în continuare, asupra piuliței (5) până când arcul (1) este comprimat spiră pe spiră și distanța pentru regim de vibrator Δv este egală cu distanța necesară pentru funcționarea ca vibrator-generator, va lucra ca vibrator (fig.4.4.b).

La începerea experimentărilor s-a constatat că vibrațiile produse se transmit cadrului vibrogeneratorului și implicit cablului de

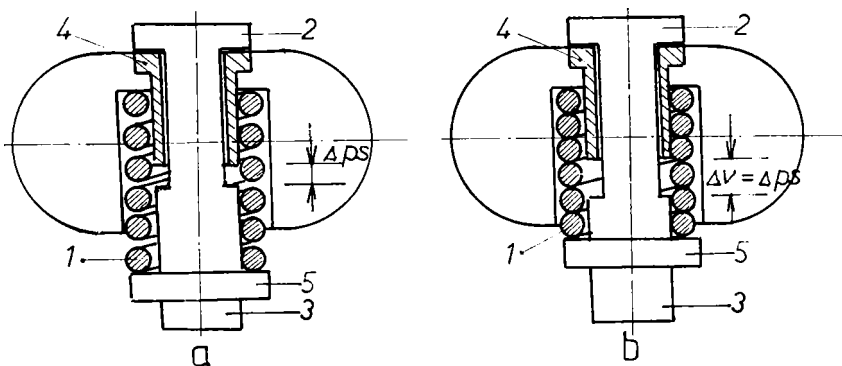


Fig. 4.4. Regim de lucru percuții în sus și vibrații
1-arc; 2-cuzinet; 3-țevă centrală; 4-bucșă; 5-piuliță

ridicare-coborâre a acestuia, deoarece sistemul de amortizare a vibrațiilor nu a funcționat. Cauzele nefuncționării au fost următoarele: (fig.4.5.a)

- placa inferioară (2) nu a fost prinsă rigid de carcasa vibrogeneratorului;
- tijele de glisare (6) au fost prea scurte;
- bucșele (7) au fost executate fără toleranța necesară care să le permită glisarea în lungul tijelor (6);

- cablul de ridicare-coborâre (10) a vibrogeneratorului era fixat de placa inferioară (2) care comprima arcurile (5) de amortizare a vibrațiilor.

Pentru a putea pune vibrogeneratorul în funcțiune s-au executat următoarele operații (fig.4.5.b):

- s-au confecționat patru prezoane (8) cu ajutorul cărora s-a prins placa inferioară (2) de placa superioară (3);

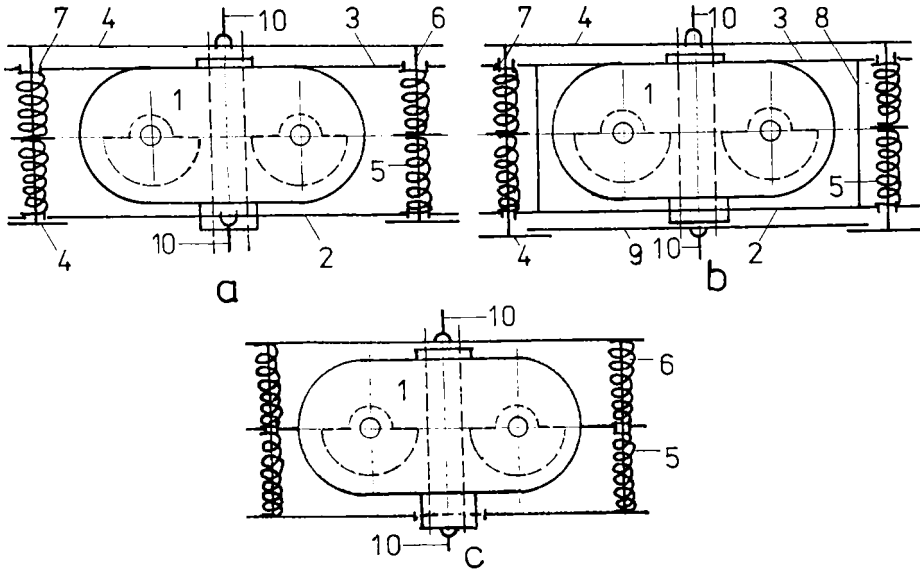


Fig. 4.5. Amortizarea vibrațiilor

1-vibrogenerator; 2-placă inferioară; 3-placă superioară; 4-cadru vibrogenerator; 5-arcuri;
6-tije de glisare; 7-bucșe; 8-prezoane; 9-traversă; 10-cablul de ridicare-presare

- s-au prelungit tijele de glisare (6) pentru a crea spațiul necesar mișcării vibrogeneratorului;

- cablul de ridicare-coborâre (10) s-a fixat de o traversă (9) care se sprijină pe plăcile suport ale coloanelor, sub placa inferioară a vibratorului.

Cu acest montaj s-au făcut primele experimentări iar pentru etapele următoare s-a propus realizarea altei scheme de amortizare (fig.4.5.c), ceea ce s-a realizat pentru prototip. În această schemă s-a executat o singură placă centrală solidarizată cu vibrogeneratorul care transmite vibrațiile la arcurile (5), fixate prin intermediul tijelor (6) ale cadrului (4) a vibrogeneratorului, pentru amortizare. Cablul de ridicare-coborâre (10) a vibrogeneratorului a rămas prins în partea superioară de cadrul vibrogeneratorului iar în partea inferioară s-a legat direct de piulița țevii centrale a vibrogeneratorului. Această legare permite ca presarea, care se realizează cu ajutorul troliului de ridicare-presare, să se transmită direct echipamentului, prin intermediul mandrinelor de prindere și nu prin presarea arcurilor (5) de amortizare a vibrațiilor.

Motorul hidraulic de antrenare a vibrogeneratorului, care a fost prins de placa (1) a cadrului, nu transmitea mișcarea de rotație la vibrator deoarece în perioada de funcționare nu se păstra întinderea uniformă a curelei trapezoidale (fig.4.6.a) de antrenare. Pentru funcționare, în perioada primelor experimentări, s-a fixat motorul hidraulic de placa superioară a vibratorului (2), în acest fel motorul vibrând împreună cu vibrogeneratorul iar cureaua de transmisie rămânând la fel de întinsă tot timpul funcționării (fig.4.6.b). Pentru că motorul nu trebuie să se afle sub influența vibrațiilor s-au propus următoarele modificări, care s-au realizat la prototipul instalației (fig.4.6.c):

- motorul hidraulic s-a montat pe placa cadrului (1) care nu participă la vibrații și s-a înlocuit cu altul mai puternic, cu turația de 1450 rot/min;
- s-a intercalat o fulie intermediară, între motor și vibrator, a cărui ax se găsește pe

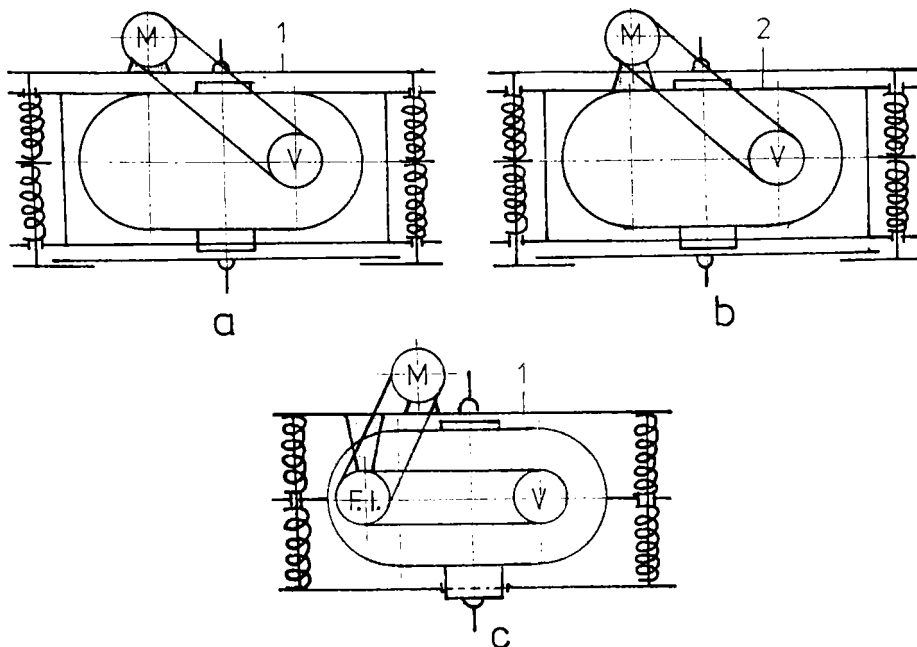


Fig.4.6. Antrenarea vibrogeneratorului.
1-placă cadru; 2-placă superioară vibrator

linia axelor vibratorului și este prinsă tot de placa superioară (1) a cadrului. În aceste condiții motorul hidraulic nu este supus vibrațiilor, distanța dintre motor și fulia intermediară rămâne tot timpul constantă iar distanța dintre fulia intermediară și fulia vibratorului rămâne, de asemenea, tot timpul aceeași, deoarece vibratorul oscilează în sus și în jos, astfel că nu se apropie sau îndepărtează de fulia intermediară pentru ca transmiterea rotației să nu se poată face.

Mandrinely de prindere a echipamentului (§3.1.4, fig. 3.7) au necesitat o serie de modificări pentru că, așa cum au fost executate inițial, nu au dat rezultate satisfăcătoare. Aceste modificări au constat în:

- executarea unor capace (1) mai rezistente, care s-au fixat mai rigid de corp, primele fiind smulse din șuruburile de prindere;

- inițial prinderea echipamentului s-a prevăzut a se realiza prin autoîmpănare, bacurile conice (5) fiind acționate doar de către un arc spiral (2) pentru blocare și de către o presiune hidrostatică realizată asupra unui piston (8) pentru deblocare. S-a constatat că arcurile nu au forța necesară autoîmpănării astfel că s-a mai executat un ștuț (7) pentru racord la instalația hidraulică prin care să se acționeze și în sens invers asupra pistonului hidraulic (8), deci pentru strângerea bacurilor conice pe echipament;

- s-a schimbat poziția ștuțurilor (7) de legare la conducta de ulei deoarece în timpul funcționării vibrogeneratorului acestea s-au lovit de cadru și s-au rupt.

Lumânarea de ghidare a vibrogeneratorului (§3.1.2) a suferit, la rândul său, o serie de modificări dintre care se prezintă doar cele mai importante:

- îndepărtarea poziției articulațiilor pentru ca să intre în contact cu bușele suportului pentru rotirea lumânării în poziție de transport făcând astfel imposibilă deplasarea transversală în timpul transportului;

- executarea unui sistem de blocare a rotirii lumânării în timpul lucrului, mai ales atunci când se folosește presarea;

- montarea unei mandrine la orificiul tălpii superioare, prin care trece echipamentul, pentru blocarea acestuia la extragere din pământ, în timpul deblocării mandrinelor de prindere. Această mandrină a fost necesară deoarece s-a constatat în timpul experimentărilor, că atunci când mandrinele de prindere se decuplează pentru introducerea sau extragere, echipamentul cade în forajul executat sub acțiunea greutatei proprii.

Dispozitivul de presare (§3.1.3, fig. 3.6) a necesitat, la rândul lui, o serie de îmbunătățiri dintre care se menționează:

- cablul de ridicare-presare (3) a fost schimbat cu altul mai gros pentru că cel prevăzut inițial s-a rupt de câteva ori în timpul experimentărilor; în același timp a fost prins rigid de toba (4) pentru a nu aluneca pe ea;

- toba (4) s-a executat astfel încât să poată fi decuplată de la motor în timpul înfugerii, când nu se folosește și presarea, deoarece viteza de coborâre permisă de motorul hidraulic este mai mică, de cele mai multe ori, decât viteza de înfigere a echipamentului în teren.

Calele (4) din spatele instalației (fig. 3.1) nu sunt necesare atunci când se lucrează pe un teren orizontal și cu lumânarea în poziție verticală. Acestea sunt necesare doar atunci când se lucrează pe teren înclinat. Pentru protejarea căruciorului de transport (§3.1.6) și pentru asigurarea stabilității instalației în timpul lucrului sunt necesare două brațe de calare în fața instalației, așa cum s-a observat în timpul primelor experimentări, când în față exista doar un picior telescopic care se fixa cu ajutorul unui vinci. Totodată, la brațele de calare, este necesar a se asigura o reglare continuă, ceea ce s-a realizat printr-un sistem tip șurub cu manivelă.

Motorul termic de acționare a grupului hidraulic (§3.1.5) a prezentat o serie de deficiențe dintre care se menționează:

- pornirea s-a făcut foarte greu datorită unor componente defecte;

- după o perioadă scurtă de funcționare motorul termic nu a mai putut fi pornit datorită unor componente defecte și pentru că rezervorul de benzină nu avea aerisire;

- în timpul experimentărilor s-a constatat că motorul termic inițial, de 12 kW, nu avea puterea necesară antrenării grupului hidraulic în bune condiții.

Pentru înlăturarea deficiențelor prezentate mai sus, instalația propusă pentru omologare a fost echipată cu un motor Diesel de 34 kW.

Grupul hidraulic (§3.1.5) a prezentat cele mai multe defecțiuni și neajunsuri, care au trebuit remediate pe parcurs. La începerea experimentărilor s-a observat că nu există debit suficient de ulei pentru antrenarea motoarelor hidraulice. După studierea instalației hidraulice s-a observat că aceasta nu a fost executată conform proiectului. Prima constatare a fost că robinetul de pe conducta de refulare a pompei hidraulice nu a putut fi manevrat. S-au întocmit schițele necesare și s-a confecționat un alt dispozitiv de manevrare.

După punerea în funcțiune a grupului hidraulic (§3.1.5, fig. 3.8) conducta de ulei, care intra în supapa de sens, s-a smuls din aceasta nefiind montată corespunzător și a deteriorat inelul de etanșare. După remedierea acestei defecțiuni s-a constatat că funcționează atât motorul hidraulic de ridicare-coborâre cât și mandrinele și cilindrul de reglare a momentului static al excentricilor. Motorul (3) de antrenare a vibrogeneratorului nu funcționa totuși corespunzător, așa că s-a scos din circuit regulatorul de debit. După aceste modificări întreaga instalație a funcționat.

Pe parcursul experimentărilor s-au mai constatat și alte deficiențe, astfel:

- conductele de retur a uleiului hidraulic nu au fost asigurate cu coliere, ceea ce a condus la repetate desfaceri și pierderi de ulei. Remedierea s-a făcut prin strângere cu sârmă;

- conducta de retur de la motorul hidraulic al vibrogeneratorului, fiind subdimensionată, a ieșit din rezervorul de ulei producând și ea pierderi de ulei până când a fost înlocuită cu alta având diametrul mai mare și prinsă cu sârmă;

- conductele de alimentare ieșeau din niplurile cu care au fost stânse și provocau deteriorări ale inelelor de etanșare datorită montării necorespunzătoare;

- se produceau pierderi de ulei pe la nipluri, care au fost înlăturate parțial, prin strângerea niplurilor.

În ceea ce privește tabloul de comandă, se menționează că motorul (4, fig. 3.8) de acționare a troliului de ridicare-coborâre nu s-a putut pune în funcțiune decât în același timp cu motorul de antrenare a vibratorului, iar cilindrul hidraulic (5, fig.3.8) de reglare a momentului static funcționa doar atunci când era oprit motorul vibratorului.

După revederea schemei de funcționare a instalației hidraulice, s-a montat o pompă hidraulică dublă (1, fig. 3.8) pentru alimentarea pe un circuit a motorului de antrenare a vibrogeneratorului și pe celălalt circuit a motorului de ridicare-presare, a mandrinelor și a pistonului hidraulic de reglare a excentricilor. După aceste modificări toți consumatorii au funcționat, atât individual cât și în paralel.

La încercarea modificării turației motorului de antrenare a vibratorului, prin varierea debitului de ulei, s-a constatat că regulatorul de debit și presiune nu corespunde. După schimbarea regulatorului și modificarea schemei de acționare, conform §3.1.5, fig. 3.8, s-a reușit și modificarea turației motorului, deci a frecvenței vibrațiilor, dar nu a mai fost timp și pentru experimentarea tehnologiilor la diferite turații. Rezultă astfel, din cele

prezentate în rezumat, că studiile, proiectarea și modificările care s-au impus au fost absolut necesare pentru ca instalația IVA să poată fi experimentată și omologată.

4.1.2. Studii asupra tehnologiilor realizate experimental cu IVA

În cadrul încercărilor experimentale ale instalației vibratoare autotractată s-a făcut și experimentarea unor tehnologii de lucru, care să determine dacă principalele legi de variație a vitezei de vibroforare și a vitezei de execuție a vibroforajelor se confirmă și la aceasta.

Se precizează că prin viteză de vibroforare se înțelege viteza determinată pe baza timpului consumat numai pentru înfigerea carotierei sau conului în teren pe lungimea unei curse, respectiv pe toată lungimea vibroforajului. Prin viteză de execuție a vibroforajului se înțelege viteza determinată pe baza timpului total, obținut prin cumulara timpului de vibroforare cu timpul consumat pentru efectuarea operațiilor auxiliare aferente curselor de vibroforare.

Prin analizarea mărimii și variației vitezei de vibroforare și a celei de execuție, s-a urmărit să se verifice în ce măsură performanțele instalației corespund necesităților practice și se încadrează în cele ale instalațiilor de vibroforare existente.

Datorită faptului că: instalația a fost nouă și la primele încercări după construcția sa, nu toate subansamblurile au funcționat corespunzător, nu au fost executate toate echipamentele prevăzute în proiect și pentru că a stat un timp scurt la dispoziție pentru experimentarea tehnologiilor (fiind luată de unitatea producătoare pentru remedierea deficiențelor constatate), s-au experimentat doar două tehnologii și anume tehnologia de vibropenetrare a terenului cu con și tehnologia de vibroforare cu carotiera.

4.1.2.1. Studiul tehnologiei de vibropenetrare

Pentru experimentarea tehnologiei de vibropenetrare, concepută și prezentată în §3.4.1.1, s-au executat atât vibropenetrări prin vibropercuții cât și vibropenetrări prin vibrare pură în anul 1983, pe un amplasament situat în curtea Catedrei de drumuri și fundații, unde stratificația și câteva caracteristici fizice ale terenului sunt cele prezentate în tabelul 4.1.

Toate încercările s-au făcut la momentul static maxim al excentricilor, de 100 daNcm și la turația de 1450 rot/min. neexistând, la timpul respectiv, posibilitatea de reglare a momentului static a excentricilor și a turației datorită faptului că mecanismul de reglare a momentului static și regulatorul de debit nu au funcționat din motive tehnice.

La încercările de vibropenetrare s-a folosit doar conul cu diametrul de 70 mm existent în dotarea instalației, vibrogeneratorul realizând o amplitudine a vibrațiilor de 6 mm. S-au cronometrat timpii de înfigere a conului în teren, pe adâncimi egale cu cursa vibrogeneratorului în lumânarea de ghidare (cursă de 80 cm) și timpii auxiliari consumați pentru: montarea tijelor prelungitoare la vibrator, înfiletarea conului, decuplarea și cuplarea mandrinelor și ridicarea, sau coborârea, vibrogeneratorului în gol iar în final, desfiletarea tijelor prelungitoare odată cu extragerea lor din pământ cu ajutorul dispozitivului de ridicare-presare.

Tabelul 4.1. Câteva caracteristici fizice ale terenului de pe amplasamentul de experimentare (curtea catedrei)

Adâncime (m)	Stratificația	γ kN/m ³	n %	Φ grade	c kPa	I _c	I _D
0,00...0,30	Sol vegetal	-	-	-	-	-	-
0,30...2,40	Argilă nisipoasă	19,1	46	18	35	0,76	-
2,40...5,20	Nisip mijlociu și fin prăfos	18,1	40	26	8	-	0,62
5,20...5,90	Argilă compactă	19,7	38	15	110	0,91	-
5,90...8,30	Nisip mijlociu cu lentile argiloase	18,3	44	24	15	0,82	0,77
8,30.....	Nisip fin și mijlociu cu slab liant argilos	18,8	41	22	20	0,78	0,72

Rezultatele obținute la efectuarea a două vibropenetrări reprezentative, la **regimul de lucru vibropercuții**, se prezintă centralizat în tabelele 4.2 și 4.3. Aceste rezultate au fost prelucrate în sensul determinării vitezelor medii pe curse de vibropenetrare, a vitezelor de vibropenetrare și a vitezelor de execuție ale vibropenetrărilor, ale căror variații pe adâncimea sondajului sunt prezentate în diagramele din figura fig. 4.7.

Prin încercările experimentale efectuate s-a urmărit determinarea influenței pe care o exercită natura terenului și adâncimea de vibropenetrare asupra vitezei de vibropenetrare și a vitezei de execuție.

Se observă că viteza de vibropenetrare scade pe măsura creșterii adâncimii. Dacă la nivelele superioare viteza de vibropenetrare este de aproximativ 0,90 m/min, la adâncimea de 8,00 m scade la aproximativ 0,60 m/min. De asemenea, se observă că scăderea vitezei de vibropenetrare este mai accentuată pe primii 5,00 m unde se străbat două straturi, de argilă nisipoasă și de nisip mijlociu și fin prăfos, după care are loc o scădere mai mică până la adâncimea de 6,00 m, zonă în care se străbate un strat de argilă compactă. De la adâncimea de 6,00 m viteza de vibropenetrare scade iarăși mai accentuat, terenul penetrat fiind constituit din nisip mijlociu cu lentile argiloase și nisip fin și mijlociu cu slab liant argilos.

Variația vitezelor de vibropenetrare, se observă cel mai bine urmărind diagramele vitezelor medii de vibropenetrare v_m pe lungimea unei curse. Viteza medie s-a considerat egală pe această lungime.

Dacă se analizează diagramele de variație ale vitezelor de execuție se constată că acestea sunt aproximativ identice. Micile variații ale vitezelor apar probabil datorită faptului că la una dintre încercări adâncimile parțiale de vibropenetrare au fost mai mici decât cursa de lucru a vibrogeneratorului în lumânarea de ghidare, ceea ce a condus la creșterea timpului auxiliar.

**Tabelul 4.2. Rezultate experimentale - vibropenetrare cu con D=70 mm
Regim de lucru - vibropercuții - încercarea 1**

Nr. crt.	Adâncimi (m)		Timp de vibropenetrare (s)		Viteza de vibropenetrare (m/min)		Timp oper. auxiliare (s)	Timp de execuție. (min)	Viteza de execuție - v_e (m/min)
	pe cursă	cumulate	parțial	cumulat	v_m	v_{vp}			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,80	0,80	50	50	0,96	0,96	105	2,58	0,31
2	0,70	1,50	45	95	0,93	0,95	100	5,00	0,30
3	0,75	2,25	50	145	0,90	0,93	105	6,25	0,36
4	0,80	3,05	60	205	0,80	0,89	105	9,00	0,34
5	0,80	3,85	65	270	0,74	0,86	25	10,50	0,37
6	0,70	4,55	60	330	0,70	0,83	25	11,92	0,38
7	0,80	5,35	69	399	0,69	0,80	100	14,73	0,36
8	0,75	6,10	61	460	0,74	0,80	25	16,17	0,37
9	0,70	6,80	60	520	0,70	0,78	25	17,58	0,38
10	0,80	7,60	82	602	0,58	0,76	105	20,70	0,36
11	0,80	8,40	90	692	0,53	0,73	25	22,62	0,37
Timp de extragere și demontare echipament							595	32,53	0,26

Notă:

v_m - viteză medie de vibropenetrare pe cursă;

v_{vp} - viteză de vibropenetrare pe adâncimea cumulată;

v_e - viteză de execuție pe adâncimea cumulată.

**Tabelul 4.3. Rezultate experimentale - vibropenetrare cu con D=70 mm
 Regim de lucru - vibropercuții - încercarea 2**

Nr. crt.	Adâncimi (m)		Timp de vibropenetrare (s)		Viteza de vibropenetrare (m/min)		Timp oper. auxiliare (s)	Timp de execuție (min)	Viteza de execuție - v_e (m/min)	
	pe cursă	cumulate	parțial	cumulat	v_m	v_{vp}				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0,80	0,80	52	52	0,92	0,92	100	2,53	0,32	
2	0,80	1,60	50	102	0,96	0,94	100	5,03	0,32	
3	0,80	2,40	55	157	0,87	0,92	20	6,28	0,38	
4	0,80	3,20	60	217	0,80	0,88	105	9,03	0,35	
5	0,80	4,00	68	285	0,70	0,84	25	10,58	0,39	
6	0,80	4,80	70	355	0,69	0,81	20	12,08	0,40	
7	0,80	5,60	65	420	0,74	0,80	105	14,92	0,38	
8	0,80	6,40	72	492	0,67	0,78	25	16,53	0,39	
9	0,80	7,20	76	568	0,63	0,76	100	19,47	0,37	
10	0,80	8,00	80	648	0,60	0,74	20	21,13	0,38	
11	0,80	8,80	83	731	0,58	0,72	25	22,93	0,38	
12	0,80	9,60	90	821	0,53	0,70	105	26,18	0,37	
13	0,80	10,40	96	917	0,50	0,68	25	28,20	0,37	
14	0,80	11,20	110	1027	0,44	0,65	100	31,70	0,35	
15	0,80	12,00	120	1147	0,40	0,63	25	34,12	0,35	
Timp de extragere și demontare echipament								825	47,87	0,25

Notă:

v_m - viteză medie de vibropenetrare pe cursă,

v_{vp} - viteză de vibropenetrare pe adâncimea cumulată,

v_e - viteză de execuție pe adâncimea cumulată.

Autorul a experimentat în continuare instalația în condiții de funcționare la aceeași parametri și pe același amplasament, dar la regim de lucru vibrații pure.

Rezultatele obținute la executarea a două vibropenetrări reprezentative, la **regimul de lucru vibrații pure**, se prezintă în tabelele 4.4 și 4.5.

Și aceste rezultate au fost prelucrate în sensul determinării vitezei medii pe cursă, a vitezei de vibropenetrare, precum și a vitezei de execuție a vibropenetrărilor, viteze care sunt reprezentate grafic prin diagramele de variație cu adâncimea, din fig. 4.8.

Analizându-se, și de data aceasta (pe baza încercărilor experimentale), influența pe care o exercită natura terenului și adâncimea asupra vitezei de vibropenetrare se constată următoarele:

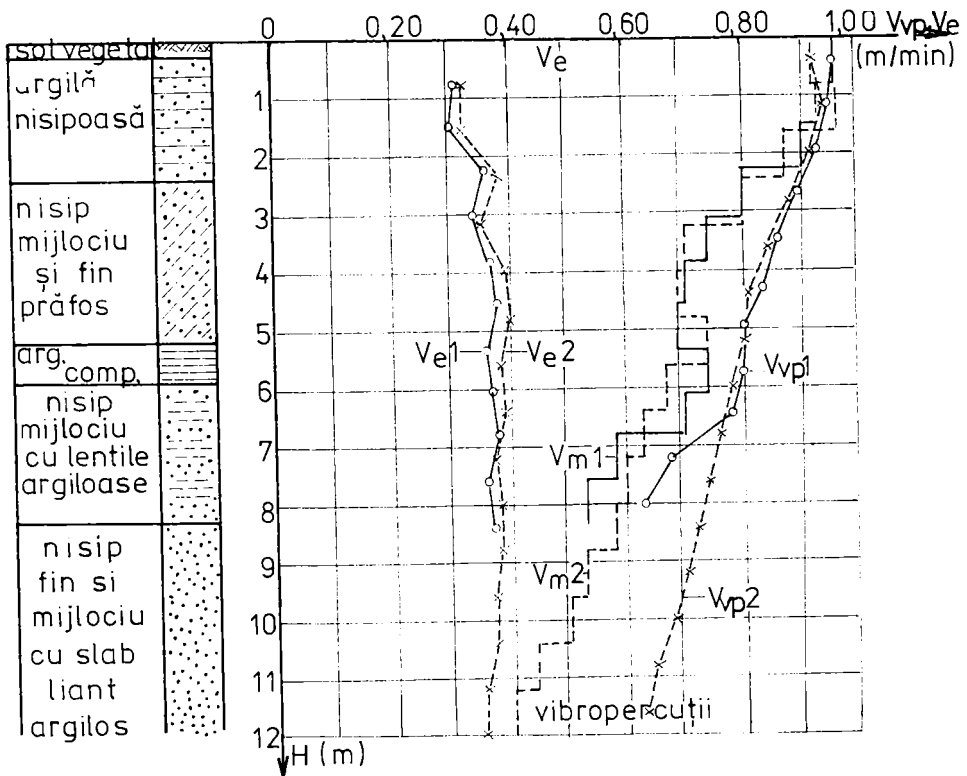


Fig. 4.7. Variația vitezei de vibropenetrare la regim vibropercuții în jos
(v_e - viteza de execuție; v_m - viteza medie de vibropenetrare; v_{vp} - viteza de vibropenetrare;
1 - încercarea 1; 2 - încercarea 2)

- viteza de vibropenetrare scade pe măsura creșterii adâncimii de vibropenetrare; dacă la nivelele superioare viteza de vibropenetrare este de aproximativ 0,90 m/min, la adâncimea de 12,00 m scade la aproximativ 0,45 m/min, deci la jumătate;

- dacă se analizează reducerea vitezei de vibropenetrare în funcție de natura terenului se observă că aceasta este mai lentă pe primii 5,00 m unde se străbat două

Tabelul 4.4. Rezultate experimentale - vibropenetrare cu con D=70 mm
Regim de lucru - vibrații pure - încercarea 2

Nr. crt.	Adâncimi (m)		Timp de vibropenetrare (s)		Viteza de vibropenetrare (m/min)		Timp oper. auxiliare (s)	Timp de execuție (min)	Viteza de execuție -v _e (m/min)
	pe cursă	cumulate	parțial	cumulat	v _m	v _{vp}			
1	0,80	0,80	54	54	0,89	0,89	95	2,48	0,32
2	0,80	1,60	54	108	0,89	0,89	90	4,88	0,33
3	0,80	2,40	65	173	0,74	0,83	20	6,30	0,38
4	0,80	3,20	64	237	0,75	0,81	105	9,12	0,35
5	0,80	4,00	70	307	0,68	0,78	25	10,70	0,37
6	0,80	4,80	70	377	0,68	0,76	25	12,28	0,39
7	0,80	5,60	80	457	0,60	0,74	100	15,28	0,37
8	0,80	6,40	86	543	0,56	0,71	25	17,13	0,37
9	0,80	7,20	90	633	0,53	0,68	100	20,30	0,35
10	0,80	8,00	95	728	0,50	0,66	25	22,30	0,36
11	0,80	8,80	100	828	0,48	0,64	25	24,38	0,36
12	0,80	9,60	100	928	0,48	0,62	105	27,80	0,35
13	0,80	10,40	110	1038	0,44	0,60	25	30,05	0,35
14	0,80	11,20	118	1156	0,41	0,58	110	33,85	0,33
15	0,80	12,00	125	1281	0,38	0,56	25	36,35	0,33
16	0,80	12,80	135	1416	0,36	0,54	25	39,01	0,33
Timp de extragere și demontare echipament							825	52,76	0,24

Notă: v_m - viteză medie de vibropenetrare pe cursă; v_{vp} - viteză de vibropenetrare pe ad. cumulată; v_e - viteză de execuție

**Tabelul 4.5. Rezultate experimentale - vibropenetrare cu con $D=70$ mm
Regim de lucru - vibrații pure - încercarea I**

Nr. crt.	Adâncimi (m)		Timp de vibropenetrare (s)		Viteza de vibropenetrare (m/min)		Timp oper. auxiliare (s)	Timp de execuție (min)	Viteza de execuție v_e (m/min)
	pe cursă	cumulate	parțial	cumulat	v_m	v_{vp}			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,80	0,80	52	52	0,92	0,92	100	2,53	0,32
2	0,80	1,60	55	107	0,87	0,90	85	4,87	0,33
3	0,80	2,40	60	167	0,80	0,86	20	6,20	0,39
4	0,80	3,20	64	231	0,75	0,83	110	9,10	0,35
5	0,80	4,00	68	299	0,70	0,80	20	10,57	0,38
6	0,80	4,80	68	367	0,70	0,78	25	12,12	0,40
7	0,80	5,60	80	447	0,60	0,75	105	15,20	0,37
8	0,80	6,40	83	530	0,58	0,72	20	16,92	0,38
9	0,80	7,20	87	617	0,55	0,70	100	20,03	0,36
10	0,80	8,00	93	710	0,52	0,68	25	22,00	0,36
11	0,80	8,80	95	805	0,51	0,66	20	23,92	0,37
12	0,80	9,60	104	909	0,46	0,63	110	27,48	0,35
13	0,80	10,40	112	1021	0,43	0,61	22	29,72	0,35
14	0,80	11,20	120	1141	0,40	0,59	21	32,07	0,35
Timp de extragere și demontare echipament							730	44,23	0,25

Notă:

v_m - viteză medie de vibropenetrare pe cursă

v_{vp} - viteză de vibropenetrare pe adâncimea cumulată

v_e - viteză de execuție pe adâncimea cumulată

straturi, unul de argilă nisipoasă și altul de nisip mijlociu și fin prăfos. Între 5,00 și 6,00 m,

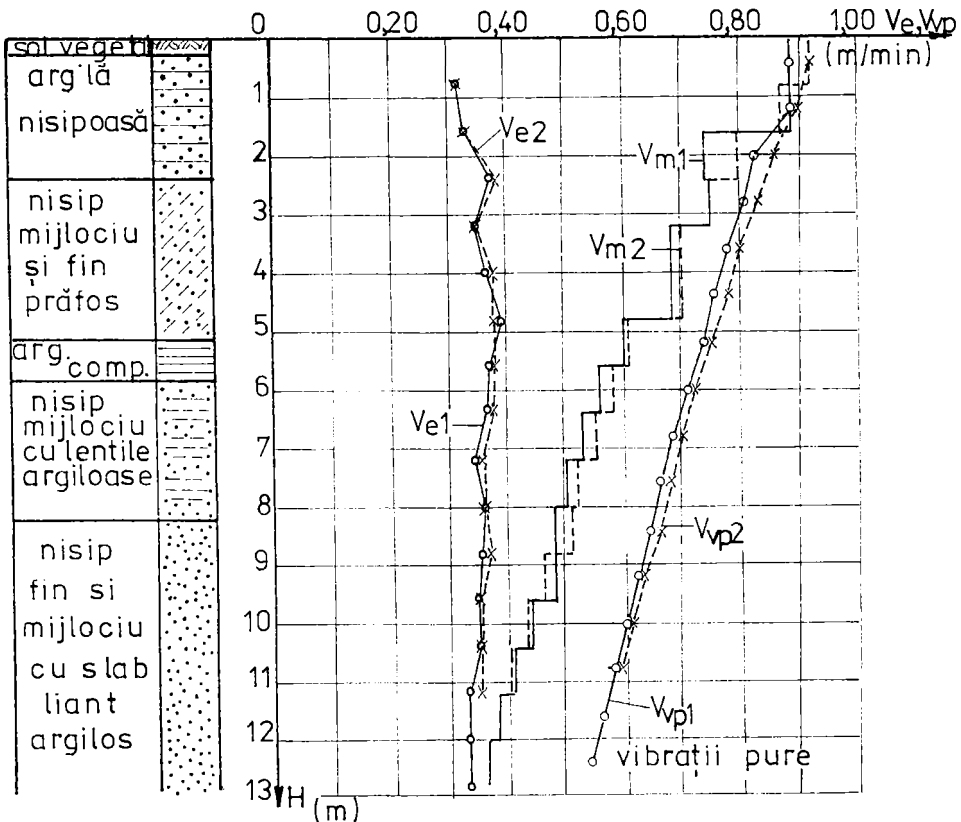


Fig. 4.8. Variația vitezei de vibropenetrare la regim de vibrații pure
(v_e - viteza de execuție; v_m - viteza medie de vibropenetrare; v_{vp} - viteza de vibropenetrare;
1 - încercarea 1; 2 - încercarea 2)

unde terenul este constituit dintr-un strat de argilă compactă scăderea este mai accentuată, după care urmează iarăși o scădere mai lentă, terenul străbătut fiind constituit din nisip mijlociu cu lentile argiloase și nisip fin și mijlociu cu slab liant argilos.

Dacă se analizează în continuare, influența regimului de lucru a vibrogeneratorului și a naturii terenului asupra vitezei de vibropenetrare se poate trage concluzia că natura terenului influențează viteza de vibropenetrare în funcție de regimul de lucru folosit. Astfel, la terenurile coezive vibropercuțiile au o influență pozitivă mai mare decât vibrațiile, iar la terenurile necoezive vibrațiile au o influență pozitivă mai mare decât vibropercuțiile asupra vitezei de vibropenetrare, așa cum menționa și V. Haida în 1979 [30].

Comparând viteza de vibropenetrare realizată la cele două regimuri de lucru, se observă că aceasta este ceva mai mică la regimul de lucru cu vibrații pure decât la regimul de lucru cu vibropercuții ceea ce confirmă și concluziile altor studii experimentale

[30], [51], [126], respectiv că vibropercuțiile au o influență benefică, mai mare decât vibrațiile pure, asupra modificării caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor coezive și semicoezive.

Studiind viteza de execuție a vibropenetrărilor, care se obține prin împărțirea adâncimii de vibropenetrare la timpul total consumat, se observă că are o variație mică pe primii 4,00 m, de la 0,30 m/min la 0,40 m/min, după care se menține aproximativ constantă pe adâncimea de vibropenetrare, între valorile de 0,30 și 0,40 m/min. Oricât ar părea de bizar acest lucru este real, având în vedere faptul că pentru a ajunge până la adâncimea de 4,00 m timpul auxiliar este destul de important deoarece trebuie să se efectueze următoarele operații: cuplarea primei tije la vibrogenerator, înfiletarea conului și îmbinarea prin înfiletare a încă două tije de prelungire. Aceste operații necesită un timp auxiliar destul de mare. În continuare, timpul auxiliar este mai mic deoarece doar la un interval de două sau trei curse ale vibrogeneratorului se mai înfiletează câte o tijă prelungitoare.

Timpul auxiliar este dat de: timpul necesar îmbinării prin înfiletare a tronșoanelor de tije de prelungire, timpul necesar cuplării și decuplării mandrinelor de prindere ale echipamentului și timpul de ridicare în gol a vibrogeneratorului pe lungimea unei curse în lumânarea de ghidare.

Viteza de execuție aproximativ constantă, realizată de la adâncimea de 4,00 m, spre deosebire de viteza de vibropenetrare care scade în continuare, se poate justifica prin faptul că timpul auxiliar necesar vibropenetrării este aproximativ jumătate din cel de vibropenetrare, la fiecare cursă și de aproximativ 2 ori mai mare atunci când se prelungeste tronșonul de tije prin înfiletarea a încă unei tije. Aceasta face ca timpul auxiliar să fie aproximativ egal cu timpul necesar înfîngerii conului pe lungimea unei curse de vibropenetrare, deci influența timpului efectiv de vibropenetrare asupra vitezei de execuție să fie aproximativ aceeași cu influența timpului auxiliar.

Viteza de execuție, astfel determinată, se referă doar la viteza cu care s-a executat vibropenetrarea până la o anumită adâncime. În realitate, la timpul necesar pentru vibropenetrare până la o adâncime oarecare trebuie să se adauge și timpul necesar extragerii coloanei de tije din pământ și cel necesar demontării acesteia, ceea ce conduce la un timp total de execuție. Ținând cont și de acest timp se poate determina teoretic o viteză medie de execuție a vibropenetrării, până la adâncimile la care s-a ajuns, de aproximativ 0,25 m/min. Pe baza măsurărilor efectuate și prezentate în tabelele 4.2...4.5, s-au determinat teoretic timpii totali de execuție, pentru realizarea vibropenetrărilor la anumite adâncimi, care se prezintă în tabelul 4.6. Pe baza acestora s-a construit un grafic de variație a timpului necesar pentru executarea unor vibropenetrări la aceleași adâncimi (fig. 4.9) cu un con cu diametrul de 70 mm.

Analizând valorile din tabel, prezentate pe grafic, se observă că timpul crește practic liniar cu adâncimea. Această diagramă poate fi considerată valabilă pentru penetrare în orice teren, având în vedere cele menționate mai sus și anume că timpul pentru vibroforare reprezintă aproximativ 1/2 din timpul de execuție a vibropenetrării, respectiv, așa cum rezultă din măsurători aproximativ 1/3 din timpul total de execuție a unei vibropenetrări.

Tabelul 4.6. Timp total de execuție a unei vibropenetrări cu IVA și con cu D=70 mm

Adâncime (m)	Timp total de execuție conf. datelor din tabelul: (s)				Timp mediu de exec.	
	4.2	4.3	4.4	4.5	(s)	(min)
3	733	750	723	725	733	12,22
6	1342	1385	1447	1340	1378	22,97
9	2168	2152	2070	2047	2110	35,17
12	2872	-	2954	2822	2883	48,04

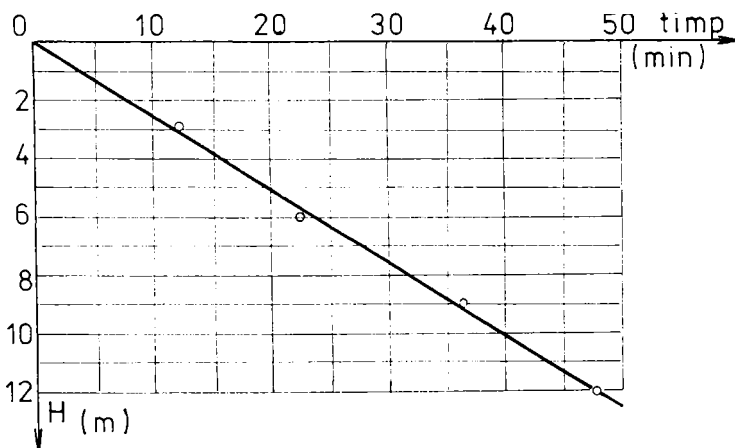


Fig. 4.9. Diagrama de variație a timpului total de execuție a unei vibropenetrări cu con cu D = 70 mm

Pentru determinarea aproximativă a timpului de execuție în funcție de adâncimea de vibropenetrare se poate folosi relația:

$$t \approx 4 H \quad (1)$$

dedusă din fig. 4.9, unde timpul t se obține în minute pentru h considerat în metri.

Din aspectele cantitative și calitative menționate mai sus, rezultă că productivitatea și eficiența metodei vibropenetrării este condiționată, în proporție de aproximativ 60%, de timpul consumat pentru efectuarea operațiilor auxiliare. Prin concluzia de mai sus nu trebuie să se înțeleagă că viteza de vibropenetrare, respectiv timpul consumat pentru înfigerea conului în teren pe lungimea unei curse, ar fi lipsită de importanță practică.

Prin intermediul vitezei de vibropenetrare se poate determina natura terenului și calitatea lucrărilor de îmbunătățire, de pe un anumit amplasament, prin corelare cu viteza determinată la o vibropenetrare etalon executată în imediata vecinătate a unui foraj prin

care s-a determinat stratificația și caracteristicile fizice ale terenului, sau caracteristicile terenului îmbunătățit. Totodată, prin posibilitatea de modificare a turației și a momentului static al excentricilor, de care dispune această instalație, se pot determina parametrii optimi de funcționare a vibrogeneratorului, pentru care se obține viteza maximă de vibropenetrare, ceea ce conferă instalației posibilitatea de a putea fi folosită pentru sondare la stabilirea caracteristicilor pe care trebuie să le aibă utilajele vibratoare mari pentru a putea fi folosite pe un anumit amplasament, pentru înfigerea piloților sau a coloanelor

Din cele prezentate mai sus rezultă că tehnologia de vibropenetrare studiată este corespunzătoare. Pentru ca să se obțină o productivitate ridicată este necesar să se reducă la maxim timpul auxiliar. În acest sens autorul indică efectuarea vibropenetrărilor pe adâncimi parțiale egale cu cursa de lucru a vibrogeneratorului în lumânarea de ghidare.

Deoarece timpul auxiliar este dat, în cea mai mare parte, de timpul necesar îmbinării prin înfiletare a tijelor prelungitoare, pentru reducerea acestui timp este de preferat ca tijele să fie cât mai lungi. Mărirea lungimii tijelor conduce la imposibilitatea manevrării de către un singur muncitor așa că se apreciază că lungimea stabilită inițial, de 2,00 m, corespunde cel mai bine pentru realizarea acestei tehnologii.

4.1.2.2. Studiul tehnologiei de vibroforare cu carotiera

Pentru experimentarea tehnologiei de vibroforare, concepută și prezentată în §3.4.1.2, s-au executat vibroforaje cu carotiere a căror diametre și lungimi au fost: 70 mm/500 mm, 70 mm/800 mm, respectiv 100 mm/800 mm. Toate carotiarele folosite au fost de tipul celei prezentate în fig. 2.9.a (cap. 2).

Carotiera cu lungimea de 500 mm a existat în dotarea inițială a instalației, fiind proiectată și executată odată cu aceasta iar carotiera cu lungimea de 800 mm a fost executată în timpul experimentărilor pentru a se putea folosi chiar cursa de lucru a vibrogeneratorului în lumânarea de ghidare pentru umplere, în acest fel eliminându-se o serie de timpi auxiliari și unele erori de măsurare. Carotiera cu diametrul de 100 mm s-a luat de la altă instalație existentă la catedră.

Toate vibroforajele au fost executate pe amplasamentul descris anterior și anume în curtea Catedrei de drumuri și fundații unde stratificația terenului era cunoscută și este prezentată, împreună cu câteva caracteristici fizice, în tabelul 4.1.

Caracteristicile de lucru ale vibrogeneratorului au fost: regim de lucru - vibrații pure, moment static maxim al excentricilor egal cu 100 daNcm, frecvența - 24 Hz, amplitudinea - 6 mm.

Valorile timpilor parțiali de vibroforare, pe curse de 0,50 m sau 0,80 m pentru care s-au făcut cronometrările, se prezintă centralizat în tabelele 4.7, 4.8, 4.9. În aceleași tabele se prezintă și valorile timpilor: de instalare a tijelor și carotierelor la vibrogenerator, de introducere a carotierei în forajul executat anterior, de extragere a carotierei pline din foraj până la suprafața terenului pentru golire și de golire a carotierei, precum și valorile vitezelor medii de vibroforare calculate pe lungimea fiecărei curse, de 0,50 m sau 0,80 m., a vitezelor de vibroforare și de execuție a vibroforajului, calculate pe lungimea cumulată de vibroforare.

**Tabelul 4.7. Rezultate experimentale - vibroforare
Carotiera cu D = 70 mm și L = 500 mm, încercarea I**

Nr. crt.	Adâncimi (m)		Timp de vibrof. (sec)		Viteză de vibrof. (m/min)		Timp auxiliari (sec)				Timp de execuție (min)	Viteza de exec. v_e (m/min)	
	pe cursă	cumu- lată	parțial	cumu- lat	v_m	v_{vf}	introdu- cere	extrade- re	golire	cumulat			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0,50	0,50	25	25	1,20	1,20	80	8	95	183	3,47	0,14	
2	0,50	1,00	28	51	1,15	1,17	7	16	95	301	5,87	0,17	
3	0,50	1,50	28	79	1,07	1,14	85	30	100	516	9,92	0,15	
4	0,50	2,00	31	110	0,97	1,09	29	43	105	693	13,38	0,15	
5	0,50	2,50	32	142	0,94	1,06	112	56	95	956	18,30	0,14	
6	0,50	3,00	32	174	0,94	1,03	55	68	95	1174	22,47	0,13	
7	0,50	3,50	33	207	0,91	1,01	132	84	95	1485	28,20	0,12	
8	0,50	4,00	33	249	0,91	1,00	82	96	95	1758	33,30	0,12	
9	0,50	4,50	34	274	0,88	0,98	94	107	95	2054	38,80	0,12	
10	0,50	5,00	34	308	0,88	0,97	105	119	95	2373	44,60	0,11	
11	0,50	5,50	39	347	0,77	0,95	182	132	100	2787	52,20	0,11	
12	0,50	6,00	41	388	0,73	0,93	120	145	105	3157	59,20	0,10	
13	0,50	6,50	40	428	0,75	0,91	132	158	100	3547	66,25	0,10	
14	0,50	7,00	40	468	0,75	0,90	145	170	95	3957	73,75	0,095	
Timp demontare echipament											180	76,75	0,091

Notă:

v_m - viteză medie de vibroforare pe cursă

v_{vf} - viteză de vibroforare pe adâncimea cumulată

v_e - viteză de execuție pe adâncime cumulată

**Tabelul 4.8. Rezultate experimentale - vibroforare
 Carotiera cu D = 70 mm și L = 800 mm, încercarea 2**

Nr. crt.	Adâncimi (m)		Timp de vibrof. (sec)		Viteză de vibrof. (m/min)		Timp auxiliari (sec)				Timp de execuție (min)	Viteza de exec. V_c (m/min)
	pe cursă	cumu- lată	parțial	cumu- lat	V_m	V_{vf}	introdu- cere	extrage- re	golire	cumulat		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,80	0,80	42	42	1,14	1,14	80	12	150	242	4,73	0,17
2	0,80	1,60	46	88	1,04	1,09	10	32	130	414	8,37	0,19
3	0,80	2,40	49	137	0,98	1,05	100	53	135	702	13,98	0,17
4	0,80	3,20	52	189	0,92	1,01	50	72	130	954	19,05	0,17
5	0,80	4,00	52	241	0,92	0,99	135	92	125	1306	25,78	0,16
6	0,80	4,80	54	295	0,89	0,97	90	114	130	1640	32,25	0,15
7	0,80	5,60	59	354	0,81	0,95	177	133	145	2095	39,73	0,14
8	0,80	6,40	63	417	0,76	0,92	132	155	145	2527	49,06	0,13
9	0,80	7,20	66	483	0,73	0,89	154	176	140	2997	58,00	0,12
Timp demontare echipament							928	1139	1230	3297	63,00	0,11

Notă:

V_m - viteză medie de vibroforare pe cursă

V_{vf} - viteză de vibroforare pe adâncimea cumulată

V_c - viteză de execuție pe adâncime cumulată

**Tabelul 4.9. Rezultate experimentale - vibroforare
 Carotiera cu D = 100 mm și L = 800 mm, încercarea 3**

Nr. crt.	Adâncimi (m)		Timp de vibrof. (sec)		Viteză de vibrof. (m/min)		Timp auxiliari (sec)				Timp de execuție (min)	Viteza de exec. v_e (m/min)	
	pe cursă	cumu- lată	parțial	cumu- lat	v_m	v_{vf}	introdu- cere	extrade- re	golire	cumulat			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0,80	0,80	56	56	0,85	0,85	85	12	140	237	4,88	0,16	
2	0,80	1,60	61	117	0,79	0,82	10	32	135	414	8,85	0,18	
3	0,80	2,40	65	182	0,74	0,79	105	53	130	702	14,73	0,16	
4	0,80	3,20	68	250	0,71	0,77	50	73	135	960	20,17	0,16	
5	0,80	4,00	70	320	0,69	0,75	135	94	130	1319	27,32	0,15	
6	0,80	4,80	72	392	0,67	0,73	91	114	135	1659	34,18	0,14	
7	0,80	5,60	78	470	0,62	0,71	110	130	155	2054	42,07	0,13	
8	0,80	6,40	83	553	0,58	0,69	190	150	150	2544	51,62	0,12	
9	0,80	7,20	87	640	0,55	0,67	142	172	145	3003	60,72	0,12	
Timp demontare echipament												65,72	0,11
							918	1130	1255	3303			

Notă:

v_m - viteză medie de vibroforare pe cursă

v_{vf} - viteză de vibroforare pe adâncimea cumulată

v_e - viteză de execuție pe adâncime cumulată

Vitezele de vibroforare s-au calculat prin împărțirea adâncimii forate la timpul cumulat necesar înfiterii în pământ a carotierei până la adâncimea respectivă.

În consecință, valorile obținute pentru vitezele medii de vibroforare se consideră că corespund mijlocului fiecărei curse. Vitezele de execuție s-au calculat prin împărțirea adâncimii cumulate a forajului la timpul de execuție necesar vibroforării și operațiilor auxiliare pentru vibroforare până la adâncimea respectivă. Valorile obținute sunt viteze de execuție de la începerea forajului până la adâncimea la care s-a ajuns la un moment dat. Viteza de execuție determinată la un moment dat nu reprezintă viteza reală de execuție, pentru că nu include și timpul consumat pentru desfiletarea tijelor prelungitoare. Această viteză s-a calculat doar pentru adâncimea maximă la care s-au executat forajele.

Se menționează faptul că la toate vibroforajele executate nu s-a desfiletat setul de tije la fiecare extragere a carotierei din teren pentru golire. Acest lucru s-a făcut doar la ajungerea la adâncimea de 7,20 m, când lungimea totală a tronsonului de tije situat deasupra vibrogeneratorului a fost de 8,00 m. Nu s-a mers mai departe în acest fel pentru că balansul tronsonului de tije punea în pericol stabilitatea instalației, atunci când tijele erau extrase în totalitate din pământ și se rezemau doar în mandrinele vibrogeneratorului. Pentru continuarea vibroforării la adâncime mai mare este necesară desfiletarea tijelor la fiecare cursă de vibroforare.

Cu timpii de vibroforare și de execuție din tabelele 4.7...4.9 (col. 4 și 11) s-au determinat vitezele de vibroforare și de execuție a vibroforajelor (col. 6 și 12) cu ajutorul cărora s-au construit diagramele de variație ale vitezelor de vibroforare și de execuție pentru carotiarele cu diametrul de 70 mm, din fig. 4.10 și diagramele de variație ale vitezelor de vibroforare și de execuție pentru carotiera cu diametrul de 100 mm și lungimea de 800 mm, din fig. 4.11.

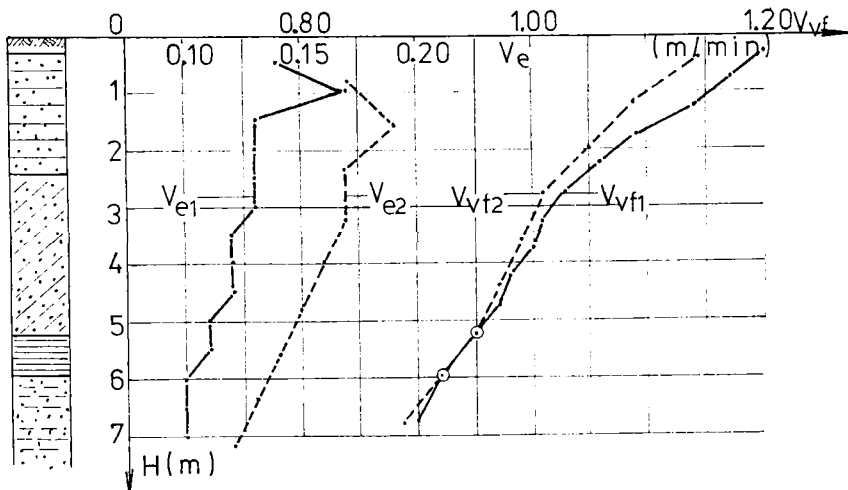


Fig. 4.10. Diagramele de variație ale vitezelor de execuție și de vibroforare pentru carotiarele cu $D = 70$ mm

(v_e - viteza de execuție; v_{vf} - viteza de vibroforare; 1 - încercarea 1; 2 - încercarea 2)

Analizând valorile vitezelor de vibroforare calculate în tabelele 4.7...4.9 (col. 6) și trasate grafic în fig. 4.10 și 4.11, se observă că cea mai mare viteză de vibroforare s-a obținut la vibroforajul executat cu carotiera cu diametrul de 70 mm și lungimea de 500 mm (1,20...0,90 m/min), iar cea mai mică la vibroforajul executat cu carotiera cu diametrul de 100 mm și lungimea de 800 mm (0,90...0,67 m/min).

Scăderea vitezei de vibroforare se explică prin creșterea frecării dintre teren și carotieră cu adâncimea, în primul rând la carotiarele cu același diametru dar cu lungime mai mare și în al doilea rând, la carotiere cu aceeași lungime dar cu diametru mai mare. Dacă se consideră viteza cea mai mare, pentru carotiera cu $L = 500$ mm și $D = 70$ mm de la încercarea 1 egală cu 1,00, atunci celelalte viteze de la încercările 2 și 3 sunt de 0,98 și 0,74 din aceasta, deci prezintă o scădere mai semnificativă la carotiera cu diametrul de 100 mm (coloana 6 din tab. 4.7; 4.8; 4.9).

Analizând diagramele din fig. 4.10, se observă că vitezele de vibroforare au valori foarte apropiate, uneori chiar suprapunându-se, la carotiere cu același diametru.

Conform celor de mai sus, s-ar părea că este mai eficient să se folosească carotiere cu lungimi și diametre mai mici. Dacă se analizează în schimb viteza de execuție, se constată că aceasta este mai mare la carotiera cu lungime mai mare și diametru mai mic la care timpul de execuție este de 58 minute, față de 61 de minute (col 11 din tab. 4.8 și 4.9), cât este necesar pentru a se foră la aceeași adâncime cu o carotieră de diametru mai mare. Dacă se raportează timpii totali de execuție, în același fel ca și vitezele de vibroforare, se constată că timpul total de execuție a unui foraj cu carotiera de lungime egală cu 500 mm este de 1,22 ori mai mare decât timpul total de execuție a aceluiași vibroforaj cu carotiera cu același diametru dar cu lungimea de 800 mm, deci la foraje cu același diametru este mai eficient să se lucreze cu carotiere având lungimea mai mare.

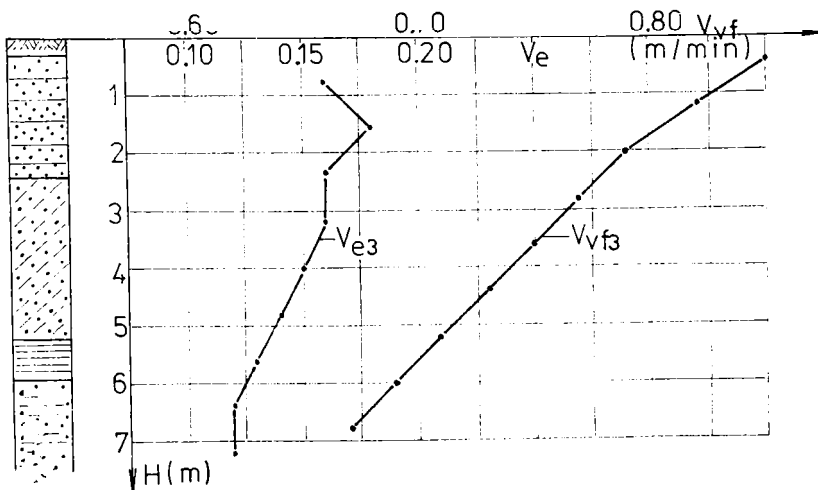


Fig. 4.11. Diagramele de variație ale vitezei de execuție și de vibroforare pentru carotiera cu $D = 100$ mm

(v_e - viteza de execuție; v_{vf} - viteza de vibroforare; 3 - încercarea 3)

La vibroforajele executate cu carotiere de același diametru, întrucât reducerea timpului total de execuție este mai mare decât reducerea vitezei de vibroforare, 0,82 pentru timpul total de execuție (63 min față de 73,75 min), față de 0,98 pentru viteza de vibroforare (0,89 m/min față de 0,90 m/min), rezultă că este mai avantajoasă folosirea unor carotiere cu lungimi mai mari. Lungimea maximă propusă este cea a lungimii unei curse de lucru a instalației, respectiv 800 mm. O creștere a lungimii carotierei peste lungimea cursei de lucru nu este posibilă tehnologic, din cauza imposibilității ridicării vibrogeneratorului la înălțime mai mare decât cursa de lucru.

Dacă se analizează viteza de vibroforare realizată cu carotiera cu diametrul de 100 mm și lungimea de 800 mm (fig. 4.11), se constată că aceasta este semnificativ mai mică decât viteza de vibroforare realizată la aceeași adâncime dar cu carotiera cu diametrul de 70 mm și lungimea de 800 mm (0,67 față de 0,89). Acest lucru este evident având în vedere faptul că la folosirea unei carotiere cu diametru mai mare dar de aceeași lungime, cresc atât timpii necesari umplerii carotierei cât și timpii auxiliari de introducere a carotierei până la adâncimea de lucru și de extragere pentru golire, datorită frecărilor dintre carotieră și teren.

Făcând raportul dintre timpul de vibroforare și timpul total de execuție se constată că timpul de vibroforare reprezintă:

- 10 % pentru carotiera cu $D=70$ mm și $L = 500$ mm (tab. 4.6; 7,8/76,8);
- 12,8 % pentru carotiera cu $D=70$ mm și $L = 800$ mm (tab. 4.7; (8,05/63);
- 16,2 % pentru carotiera cu $D=100$ mm și $L = 800$ mm (tab. 4.8; 10,60/65,72), din timpul total de execuție. Din cele de mai sus rezultă că este mai eficient să se folosească carotiere cu lungimea și diametrul maxime, posibil a se utiliza, în acest fel folosindu-se cel mai eficient timpul de lucru deoarece timpul auxiliar este minim.

Tot ca urmare a valorilor prezentate mai sus se consideră că și în cazul acestei instalații este indicat să se foreze cu mai multe carotiere cu diametri descrescători ceea ce va conduce, pe lângă realizarea unei viteze de vibroforare mai mare, la scurtarea timpului pentru operațiile auxiliare de extragere și de introducere a carotierei, din și în forajul executat, deci la reducerea timpilor auxiliari, așa cum menționează și V. Haida în 1979, [30].

Cunoscându-se din literatura de specialitate [30] că influența vibropercuțiilor asupra vitezei de vibroforare este mai mare decât influența vibrației, mai ales în cazul pământurilor argiloase și semiargiloase, se apreciază că instalația vibratoare autotractată se pretează folosirii în scopul cercetării terenului de fundare prin vibroforare, deoarece toate legile de variație, ale timpilor de vibroforare și de execuție și ale vitezelor de vibroforare și de execuție, menționate în literatură, sunt valabile și în cazul acestei instalații.

Din aspectele cantitative și calitative, menționate mai sus, rezultă destul de clar concluzia că productivitatea și eficiența metodei vibroforării este condiționată în cea mai mare măsură de timpul consumat pentru efectuarea operațiilor auxiliare, deoarece viteza de execuție a vibroforajelor este determinată în proporție de aproape 90 % de mărimea acestui timp (conform tab. 4.6....4.8). Prin concluzia de mai sus nu trebuie să se înțeleagă că problema vitezei de vibroforare, respectiv a timpului consumat pentru înaintarea carotierei în teren pe lungimea unei curse, ar fi lipsită de importanță practică. După cum se menționează în §4.1.2.1, prin intermediul vitezei de vibroforare se pot studia legitățile

principale ale procesului de vibroforare, necesare unei bune corelări a parametrilor vibromecanismelor folosite, cu adâncimea de vibroforare și cu natura pământului în care se execută vibroforajele.

Pe baza cronometrărilor efectuate la executarea vibroforajelor cu carotierele cu lungimea de 800 mm, s-au determinat teoretic timpii și vitezele de execuție pentru un vibroforaj executat până la adâncimea de 7,20 m. Valorile determinate se prezintă în tabelul 4.10.

Tabelul 4.10. Timp și viteze de execuție - vibroforare cu IVA

Nr. crt.	Adâncime (m)	Timp total (min)			Viteza de execuție (m/min)
		D = 70 mm	D = 100 mm	D mediu (mm)	
1	1,60	9,62	10,01	9,82	0,163
2	3,20	21,55	22,67	22,11	0,145
3	5,60	43,48	45,82	44,65	0,125
4	7,20	63,00	65,72	64,36	0,112

Dacă se construiește curba de variație a vitezei reale de execuție pe baza valorilor din tabelul 4.10 (fig.4.10) pe primii 7,20 m, se poate aproxima viteza de execuție reală până la adâncimea de 10,00 m, care este de aproximativ 0,10 m/min.

Pentru curba de variație a vitezei de execuție (1), determinată așa cum s-a menționat mai sus, se observă, din fig. 4.10, că se suprapune destul de bine o curbă teoretică (2), determinată pe baza unei relații stabilită de autor de forma:

$$v_e = \frac{0,19}{\sqrt[3]{H}} \quad (2)$$

pentru care valorile vitezelor de execuție teoretice determinate la diferite adâncimi se prezintă în tab. 4.11.

Tabelul 4.11. Viteze de execuție a vibroforajelor, determinate teoretic cu formula 2, pentru IVA

H (m)	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00
v_e (m/min)	0,16	0,135	0,122	0,113	0,106

Se apreciază că această relație se poate folosi pentru calculul orientativ a vitezei de execuție a unui vibroforaj cu instalația IVA, până la o adâncime oarecare, mai mică de 10,00 m. O formulă asemănătoare pentru calculul vitezei de execuție a unui vibroforaj a fost stabilită și V. Haida în 1979 [30].

Din compararea valorilor medii ale timpului total de execuție a forajelor cu adâncimea în jur de 7,00 m, se observă o reducere a mărimii acestuia în cazul metodei vibroforării cu aproximativ 70 % (75 minute față de 250 minute), față de cea a timpului mediu total de execuție a unui foraj prin metoda clasică.

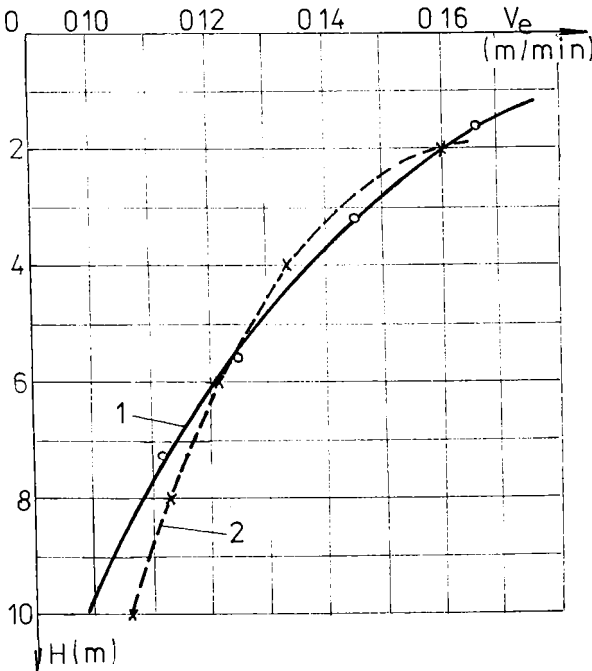


Fig. 4.12. Curba de variație a vitezei de execuție a forajelor cu IVA (1) și curba teoretică (2)

presare cu unul mai rapid, deci o îmbunătățire constructivă a instalației.

Referitor la tehnologia de vibroforare, din cele menționate mai sus, rezultă că aceasta este corespunzătoare și poate fi aplicată cu succes. Pentru a se obține o productivitate ridicată la executarea vibroforajelor, este necesar să se reducă la maxim timpul auxiliar. În acest sens autorul indică folosirea unor carotiere cu lungimea egală cu cursa de lucru a vibrogeneratorului în lumânarea de ghidare. În ceea ce privește lungimea tijelor prelungitoare și de această dată, este indicat ca acestea să aibă lungimea cât mai mare, limitată doar de posibilitatea de manevrare de către un singur muncitor.

Altă posibilitate de reducere a timpului auxiliar ar fi aceea de creștere a vitezei de întrecere și de extragere a carotierei din foraj prin înlocuirea motorului lent de antrenare a troliului de ridicare-

4.2. STUDIUL ȘI EXPERIMENTAREA INSTALAȚIEI DE VIBROFORARE ORIZONTALĂ IVO-3

4.2.1. Studiul, proiectarea și executarea unor modificări ale subansamblurilor instalației

Instalația de vibroforare orizontală IVO-3 (fig.3.9, cap. 3), executată la I.R. Brăila după proiectul întocmit de ICPAIUC București cu asistența tehnică a Catedrei de

drumuri și fundații, respectiv a autorului, a fost pusă la dispoziția catedrei în anul 1983 pentru experimentare, în baza unui contract de colaborare încheiat între catedră și ICPAIUC București [128]. Înainte de începerea experimentărilor s-a studiat documentația de execuție și s-a analizat concordanța dintre instalația executată și documentație, observându-se o serie de neconcordanțe care au fost analizate și comunicate executantului pentru remediere. Aceste neconcordanțe s-au referit la următoarele aspecte:

- acționarea instalației trebuia să se facă de către două pompe hidraulice care să fie părți componente ale unui grup hidraulic (fig. 3.10, §3.2.6). Acest grup hidraulic nu a fost executat până la data efectuării primelor experimentări;

- nu s-au montat o serie de repere, printre care și apărătorile pentru protecția muncii la organele active, iar curelele trapezoidale de transmisie nu au fost corespunzătoare;

- mandrinele și componentele lor nu au funcționat deoarece placa pentru acționarea mandrinelor (3 din fig. 4.13) a fost executată cu grosime prea mare, ceea ce nu a permis introducerea șuruburilor de fixare (7) a bacurilor conice în găurile ovale (6) și prea mare în plan, astfel că nu exista posibilitatea deplasării bacurilor conice, aceasta și datorită faptului că nu s-au executat găuri ovale și cu axul paralel cu axul găurii din mijlocul bacului;

- cilindrii hidraulici pentru acționarea mandrinelor au fost de alt tip decât cei prevăzuți în proiect și au fost montați cu corpul la partea mobilă și cu tija de acționare la partea fixă;

- cilindrii hidraulici pentru acționarea căruciorului vibratorului au fost montați și ei invers, deci cu corpul la partea mobilă și cu tija la partea fixă;

- panoul de comandă nu a fost executat corespunzător, fiind dotat cu alt tip de distribuitoare, fără racord pentru scurgerea uleiului de la suportul distribuitoarelor și cu manete de comandă necorespunzătoare;

- supapa de reținere, de la acționarea mandrinelor, nu a fost identică cu cea din proiect și nu a fost montată în poziția corespunzătoare;

- conductele de alimentare cu ulei a cilindrilor hidraulici de acționare a mandrinelor au fost montate necorespunzător, în consolă, ceea ce a făcut ca în timpul funcționării să fie antrenate și furtunurile de alimentare în mișcare, ceea ce a condus la ruperea conductelor în zona de racord cu cilindrii;

- cele două orificii de ghidare (15, fig.3.9) ale echipamentului de lucru din cadrul anterior și din cel posterior nu au fost coliniare cu axul țevii centrale a vibrogeneratorului;

- căruciorul vibratorului glisa doar pe role de ghidaj orizontale (14, fig. 3.9), ceea ce permitea mișcări de rotație a vibrogeneratorului în plan orizontal;

- tije de prelungire ale echipamentului de lucru (13) nu au avut executate găuri în care să fie fixate bucșe (1, fig. 4.14) pentru manevrare și nu s-au putut înșuruba complet între ele, astfel că presarea se realiza doar prin intermediul părții filetate. După executarea filetelui grosimea țevii a rămas doar de 2 mm, ceea ce a condus la deformări în zona îmbinărilor, chiar și sub greutate proprie;

- carotiera, cu lungimea de 1000 mm și diametrul exterior de 377 mm, a fost executată din țevă cu grosimea peretelui de 20 mm, ceea ce a făcut ca să fie imposibil de manevrat manual, pentru manevrare fiind nevoie de o macara. Grosimea peretelui prevăzută prin proiect a fost de 8 mm, ceea ce permite manevrarea carotierei de către doi muncitori.

La solicitarea scrisă a experimentatorului (Catedra de drumuri și fundații), respectiv a autorului, executantul instalației, I R Brăila, a remediat unele din deficiențele menționate, după cum urmează:

- s-a adaptat un grup hidraulic existent la Catedră pentru acționarea instalației, acest grup dispunând doar de o singură pompă hidraulică de acționare, la care au fost legați toți utilizatorii instalației: motorul de antrenare a vibratorului, cilindri de presare, cilindri de acționare a mandrinelor, cilindri de calare;

- s-au montat încă patru role de ghidare (14, fig. 3.9) a vibrogeneratorului, care s-au așezat în poziție verticală în cadrul de ghidare, împiedicând în acest fel rotirea căruciorului în plan orizontal;

- s-au montat reperele lipsă, apărătorile la organele active și s-au schimbat curelele de transmisie a rotației, de la motorul hidraulic la vibrogenerator, cu altele corespunzătoare;

- s-au corectat componentele mandrinelor de cuplare a echipamentului de lucru prin executarea altei plăci (3), mai subțire și cu găuri ovale, care să permită deplasarea bacurilor conice în sens radial (fig.4.13). Mandrinele au fost proiectate de către autor, pentru care a obținut un certificat de inovator [10] (fig. 4.13), și au următoarele componente: țeavă centrală vibrogenerator (1) cu capetele prelucrate în interior sub formă tronconică, câte două bacuri conice (2) așezate în cele două capete ale țevii centrale, plăci (3) de acționare a bacurilor conice, cilindri hidraulici (4) de acționare a plăcilor. Cilindrii hidraulici sunt prinși articulat de corpul vibrogeneratorului și acționează prin intermediul tijei placa de presare a bacurilor. Placa de presare are rolul de a împinge bacurile conice în țeava centrală a vibratorului. Prin această acționare bacurile se vor deplasa spre interior și radial, spre axul țevii centrale, strângând între ele tija echipamentului de lucru(5). Bacurile conice au fețele exterioare lise pentru a

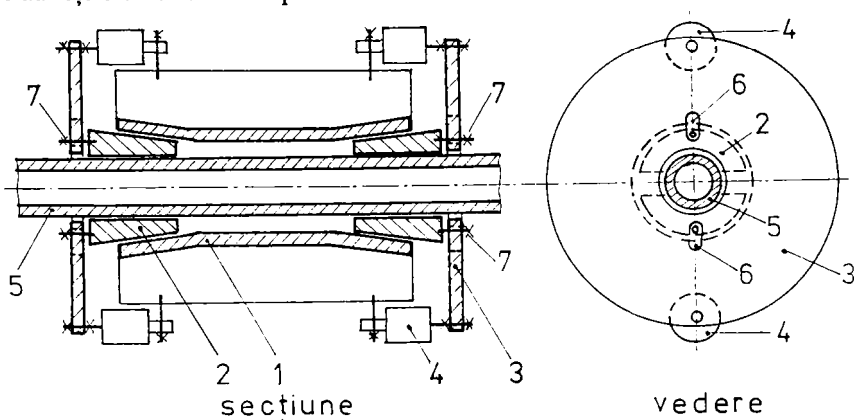


Fig. 4.13. Schiță mandrine

1-țeavă centrală vibrogenerator; 2-bacuri conice; 3-placă de acționare; 4-cilindri hidraulici; 5-echipament; 6-găuri ovale; 7- șuruburi de fixare a bacurilor

luneca pe țeava centrală și fețele interioare prelucrate cu striuri și tratate termic pentru cuplare cu echipamentul. Sub acțiunea cilindrilor hidraulici (4) bacurile conice (2) prind echipamentul (5) iar sub acțiunea presării echipamentului în teren, s-au a tragerii pentru

scoaterea din foraj, se va exercita o presiune suplimentară asupra lor, presiune care contribuie la împănare între țeava centrală (1) și tija echipamentului (5). Această împănare este posibilă datorită fețelor striate ale bacurilor care nu permit lunecarea pe tija echipamentului și a fețelor lise care au posibilitatea să lunece în interiorul suprafeței tronconice a țevii centrale (1). Decuplarea echipamentului se face prin împingerea bacurilor conice înspre exteriorul țevii centrale, prin intermediul plăcii de presare (3), de către cilindrii hidraulici (4). Toți cilindrii hidraulici ai mandrinelor, fiind legați la un singur circuit hidraulic, împing placa de acționare înspre exteriorul țevii centrale. Prima dată se vor decupla bacurile conice din partea opusă ultimei presări, datorită rezistenței mai mici pe care o opun nefiind împănate în țeava centrală, până la deschiderea totală. Prin creșterea presiunii hidrostatice în cilindri, cei dintr-o parte fiind deschiși, la atingerea unei anumite presiuni cilindrii din partea opusă vor smulge bacurile conice împreună cu echipamentul din țeava centrală a vibrogeneratorului, realizând în acest fel decuplarea echipamentului;

- s-au rectificat cilindrii hidraulici (10, fig. 3.9) prin scurtarea tijelor de acționare la dimensiunea proiectată și s-a modificat prinderea lor cu corpul pe carcasa vibrogeneratorului, în acest fel cilindrii rămânând în poziție fixă față de vibrogenerator; această modificare conducând și la fixarea furtunurilor de alimentare a cilindrilor hidraulici în poziție fixă;

- s-au montat corect cilindrii hidraulici de presare (5, fig. 3.9), cu baza corpului la cadrul instalației și cu tija la vibrogenerator, astfel că și conductele pentru alimentare cu ulei hidraulic nu au mai fost solicitate la rupere;

- s-au aliniat găurile de ghidaj (15, fig. 3.9) ale echipamentului, din cadrul instalației, cu axa țevii centrale a vibrogeneratorului;

- s-au executat găuri în tijele prelungitoare ale echipamentului, în care s-au introdus bușele (1, fig. 4.14) cu rol de manevrare, în care se introduc leviere pentru înșurubarea tijelor, între ele sau cu carotiera ori cu conul de penetrare.

Celelalte deficiențe nu au putut fi înlăturate, astfel că s-au realizat unele improvizații pentru a putea pune în funcțiune instalația pentru experimentare.

După executarea racordurilor hidraulice între grupul hidraulic și instalație s-a încercat pornirea vibrogeneratorului, care nu s-a putut realiza. S-a studiat și stabilit că presiunea asigurată pentru funcționarea motorului hidraulic nu este suficientă, deoarece se disipează în cilindrii hidraulici de presare, toți consumatorii fiind legați la aceeași pompă. Pentru punerea în funcțiune s-au introdus două tije prelungitoare ale echipamentului în vibrogenerator, s-au blocat cu ajutorul mandrinelor și s-a realizat o presare într-un reazem improvizat. După aceste operații s-a încercat din nou pornirea vibrogeneratorului, care de data aceasta s-a reușit, astfel că s-a hotărât încercarea instalației în condiții de șantier.

Deoarece tehnologia de executare a vibroforajelor pe direcție orizontală sau înclinată este aceeași și datorită spațiului restrâns al amplasamentului, curtea catedrei unde stratificația este cea prezentată în tabelul 4.1 și în fig. 4.7 și unde nu s-a putut executa o groapă pentru amplasarea instalației, așa cum se prezintă în fig. 3.21, s-a hotărât așezarea instalației în poziție înclinată, pe suportul său și încercarea în această poziție.

După pornirea grupului hidraulic s-a verificat modul de lucru a mandrinelor pentru prinderea echipamentului, constatându-se că acestea lucrează corespunzător, după

care s-a încercat înfigerea echipamentului în teren sub acțiunea vibrațiilor și a presării, constatându-se următoarele deficiențe:

- acționarea cilindrilor cu două secțiuni ale distribuitorului legate mecanic între ele la pârgăuile de manevrare nu a fost corespunzătoare, în sensul că unul din cilindri acționează mai rapid decât celălalt; acționarea nesincronizată a celor doi cilindri a condus la deplasarea laterală a căruciorului și deformarea (încovoierea) tijelor echipamentului de lucru;

- acționarea concomitentă a vibrogeneratorului și a cilindrilor de presare a condus la reducerea turației vibrogeneratorului, astfel că prin scăderea amplitudinii nu s-au mai transmis vibrații la echipamentul de lucru.

Ca urmare a acestei observații s-a apreciat că motorul hidraulic de acționare a vibrogeneratorului nu atinge turația corespunzătoare, datorită debitului redus de ulei hidraulic care ajunge la el.

Datorită deficiențelor, constatate și menționate mai sus, s-a decis întreruperea primei faze a experimentărilor, până la înlăturarea lor și în plus, pentru executarea următoarelor îmbunătățiri:

- echiparea instalației hidraulice cu distribuitoare cu sucțiune, pentru motorul hidraulic de acționare a vibratorului și pentru acționarea cilindrilor hidraulici de presare și executarea acestora astfel ca să existe posibilitatea blocării manetei de acționare în timpul lucrului;

- proiectarea și executarea unui grup hidraulic propriu acționat de un motor termic și dotat cu două pompe, una pentru acționarea motorului vibrogeneratorului și a cilindrilor hidraulici de acționare a mandrinelor, cei doi consumatori nelucrând niciodată concomitent și una pentru acționarea cilindrilor de presare și a cilindrilor de calare (fig. 3.11, §3.2.6).

S-a apreciat că după înlăturarea tuturor deficiențelor semnalate, după executarea celor solicitate și după experimentarea tehnologiilor de lucru, instalația va putea fi omologată ca prototip pentru producția de serie.

A doua fază a experimentărilor s-a desfășurat la ICPAIUC București în anul 1985 după remedierea, de către întreprinderea constructoare, tuturor deficiențelor semnalate în prima fază a experimentărilor [126].

Principalele remedieri efectuate până la acea dată au constat în:

- reșezarea și redimensionarea conductelor de alimentare a consumatorilor cu ulei hidraulic în poziții corespunzătoare și cu diametri necesari circulației debitului de ulei asigurat de pompele hidraulice;

- s-au refăcut tije de prelungire ale echipamentului în sensul că s-au găurit diametral și s-au introdus bușele (1) necesare acționării pentru înfiletare și desfiletare. Totodată s-au modificat capetele filetate în sensul că s-au îngroșat și apoi s-a executat filetul necesar (fig. 4.14).

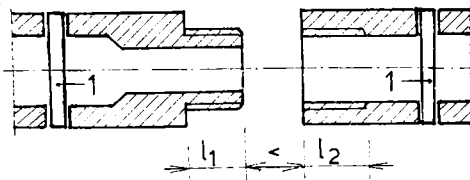


Fig. 4.14. Sistemul de îmbinare a tijelor prelungitoare (prin înfiletare)

1-bușe

Lungimea părții filetate exterior l_1 s-a realizat mai mică decât lungimea părții filetate interior l_2 pentru a permite înfiletarea completă,

astfel ca forța de presare să se transmită și prin suprafețele în contact, nu numai prin filet;

- s-au executat două carotiere, una cu diametrul exterior de 219 mm și cealaltă cu diametrul exterior de 377 mm, cu autodescărcare și cu grosimea peretelui de 8 mm (fig. 3.14, §3.3.3), așa cum s-a prevăzut inițial, pentru a putea fi manevrate de doi muncitori;
- s-a proiectat și executat un grup hidraulic independent (fig. 3.10, §3.2.6) care a fost dotat cu două pompe și distribuitoare corespunzătoare și care include și tabloul de comandă a instalației, legătura dintre acesta și instalație realizându-se doar prin intermediul furtunurilor de presiune.

Pentru verificarea funcționării grupului hidraulic și a instalației în gol s-a racordat grupul la instalație și s-au pus în funcțiune constatându-se că atât componentele grupului cât și cele ale instalației au funcționat corespunzător, dar că mai sunt necesare unele îmbunătățiri în vederea reducerii forței de muncă manuale și a creșterii vitezei de lucru. În acest sens s-au făcut următoarele îmbunătățiri:

- întrucât echipamentul de lucru era sprijinit în față și în spate pe câte două role înclinate s-a proiectat și executat a treia rolă orizontală superioară, care are posibilitatea de reglare pe verticală, pentru ghidarea exactă și împiedecarea flambării echipamentului;
- pentru mărirea vitezei de introducere și extragere a echipamentului din teren s-a executat o racordare suplimentară a sistemului de presare la pompa hidraulică de acționare a vibratorului. Acest lucru este posibil deoarece în timpul introducerii echipamentului până la punctul de forare și în timpul extragerii, în general, nu se lucrează cu vibrație; în timpul forării, când funcționează vibratorul, se folosește doar racordarea inițială la pompa auxiliară, astfel că viteza de înaintare este de 1,5 m/min. Prin racordarea suplimentară viteza de înaintare sau de retragere a crescut la 3,00 m/min, ceea ce a contribuit la micșorarea substanțială a timpului de execuție a unui vibroforaj.

4.2.2. Studiul experimental a tehnologiei de vibroforare cu IVO-3

După efectuarea remediilor precizate în §4.2.1 și după executarea probei de mers în gol, Catedra de drumuri și fundații, în baza contractului de cercetare cu nr. 7104 [126], împreună cu ICPAIUC București au stabilit ca experimentările să se facă pe poligonul de încercări de la o uzină din București, unde stratificația terenului este constituită dintr-un **teren argilos plastic-vârtos** cu $\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$ și $I_c = 0,82$.

A urmat fixarea instalației într-o groapă de intrare, așa cum s-a prevăzut în §3.4.2-fig. 3.21, și s-a executat un vibroforaj cu conul având $D = 133 \text{ mm}$, pe lungimea de 12,00 m, timpii înregistrați fiind prezentați în tabelul 4.12.

Analizând valorile înregistrate în tabel se constată că timpul auxiliar, necesar înfiletării tijelor prelungitoare ale echipamentului și punerii pe poziție de lucru a vibrogeneratorului la executarea unui vibroforaj prin vibropenetrare cu presare, este de circa 4 ori mai mare decât timpul necesar înfugerii conului (59-13,30 min), de unde rezultă creșterea vitezei de execuție odată cu creșterea lungimii forate.

Dacă se analizează viteza de vibroforare se observă că aceasta are o scădere redusă pe lungimea forată, de la 1,00 m/min. la 0,83 m/min., fiind foarte apropiată de viteza de deplasare în gol a vibrogeneratorului, care este de 1,50 m/min.

După executarea acestui vibroforaj doar pentru urmărirea funcționării instalației și verificarea tehnologiei de lucru, întrucât toate operațiile au decurs în mod corespunzător s-a înlocuit conul cu o carotiera cu diametrul de 377 mm. După două înfigeri ale carotierei s-a constatat că aceasta nu poate fi golită datorită compactității pământului din interior și pentru că șlițurile laterale ale carotierei au fost prea mici. Datorită acestei constatări s-a conceput, cu asistența tehnică a autorului, apoi s-a proiectat și executat de către ICPAIUC București o carotieră cu diametrul de 377 mm, cu autogolire (fig.3.14, §3.3.3)

Tabelul 4.12. Rezultate experimentale - vibroforare cu con cu D = 133 mm, regim de lucru vibrare pură cu presare

Nr. ciclu	Lungime (m)		Timp (min)			V _{vp} m/min	V _e m/min
	pe cursă	cumulată	auxiliar	vibropen.	cumulat		
1	1,00	1,00	10	1,00	11,00	1,00	0,09
2	1,00	2,00	5	1,05	17,05	0,95	0,117
3	1,00	3,00	4	1,08	22,13	0,93	0,135
4	1,00	4,00	4	1,10	27,23	0,91	0,146
5	1,00	5,00	5	1,09	33,32	0,92	0,150
6	1,00	6,00	4	1,11	38,43	0,90	0,160
7	1,00	7,00	5	1,12	44,55	0,89	0,157
8	1,00	8,00	4	1,10	49,65	0,91	0,161
9	1,00	9,00	4	1,13	54,78	0,88	0,164
10	1,00	10,00	5	1,15	60,93	0,87	0,164
11	1,00	11,00	4	1,17	66,10	0,85	0,166
12	1,00	12,00	5	1,20	72,30	0,83	0,166

Notă: V_{vp}- viteză de vibropenetrare; V_e- viteză de execuție

Experimentarea a continuat, pe același amplasament dar cu altă direcție de forare, prin executarea unui vibroforaj cu carotiera cu diametrul de 219 mm. S-a reușit executarea forajului până la lungimea de 10,00 m cu folosirea intermitentă a vibrațiilor, (doar prin presare). Pentru a nu se desfileta echipamentul la golirea fiecărei carotiere s-a montat un con cu diametrul de 133 mm la extremitatea echipamentului, opusă carotierei deci în partea posterioară, cu ajutorul căruia s-a executat un foraj în sens invers în care s-a introdus echipamentul pentru a se elimina timpul auxiliar de demontare și montare. De la lungimea de 10,00 m a forajului a fost nevoie să se pună în funcțiune, cu caracter permanent, vibrogeneratorul pentru înfigere. S-a continuat în acest fel până s-a ajuns la lungimea de 18,00 m când s-a constatat că echipamentul nu mai înaintează. Săpându-se un șanț perpendicular pe direcția forajului la distanța de 18,00 m s-a găsit pe direcția forajului o grindă din beton. După înlăturarea obstacolului s-a continuat forarea cu conul, având diametrul de 133 mm, până la ieșirea în groapa de ieșire, la 24,00 m.

Datorită deselor întreruperi pentru punerea la punct a instalației hidraulice nu s-au reținut valori ale timpilor de forare pentru o prelucrare ulterioară.

După executarea acestui foraj s-a înlocuit conul cu carotiera cu autogolire cu diametrul de 377 mm (fig. 3.14) executându-se un foraj peste cel executat anterior, pe aceeași axă, cu lungimea de 10 m. De la atingerea lungimii de 7,00 m carotiera plină nu a mai putut fi extrasă doar prin presare, fără ajutorul vibratorului, astfel că pe o distanță de până la 2,00 m a fost nevoie să se folosească și vibrarea pentru extragere, după care s-a putut extrage iarăși doar prin presare.

Timpii cronometrați la executarea forajului cu carotiera cu autodescărcare având diametrul de 377 mm au fost înregistrați și se prezintă în tabelul 4.13 odată cu cu timpii de introducere în foraj a echipamentului, de umplere a carotierei și de extragere și golire. Pe baza acestor timpi s-a determinat viteza de execuție, calculată pe lungimea de 10,00 m, pentru forarea cu această carotieră. Totodată s-a făcut și se prezintă și o estimare a timpului necesar pentru executarea forajului până la lungimea de 15,00 m, determinându-se și viteza de execuție până la această lungime. La terminarea forării s-au făcut cronometrări ale timpilor de înfiletare și de desfiletare a tijelor echipamentului de lucru precum și de efectuare a unei curse a căruciorului de 1,00 m cu cele două viteze, pentru lucru și pentru operații auxiliare, care au rezultat de 1,50 m/min pentru mersul în sarcină și de 3,00 m/min la mersul în gol.

Se observă că vibroforarea pe lungimea de 10,00 m s-a realizat în 4,57 ore, timp efectiv de lucru și se apreciază că forarea pe lungimea de 15,00 m în același teren și condiții ar dura 10,40 ore ceea ce este un rezultat foarte bun față de vibroforarea cu IVO-1 care a fost de 33,30 ore (col. 4, tab. 2.5). Tot din același tabel se observă că viteza de introducere a echipamentului în forajul executat variază între 1,0...0,5 m/min, după ce s-au eliminat valorile extreme, viteza de vibroforare pentru umplerea carotierei variază între 0,16-0,25 m/min, iar viteza de execuție a forajului scade odată cu creșterea lungimii forate (fig.4.15), de la 5 m/oră la vibroforarea primului metru, la 1,44 m/oră la ajungerea la lungimea de 15,00 m, conform valorilor din tabelul 4.13.

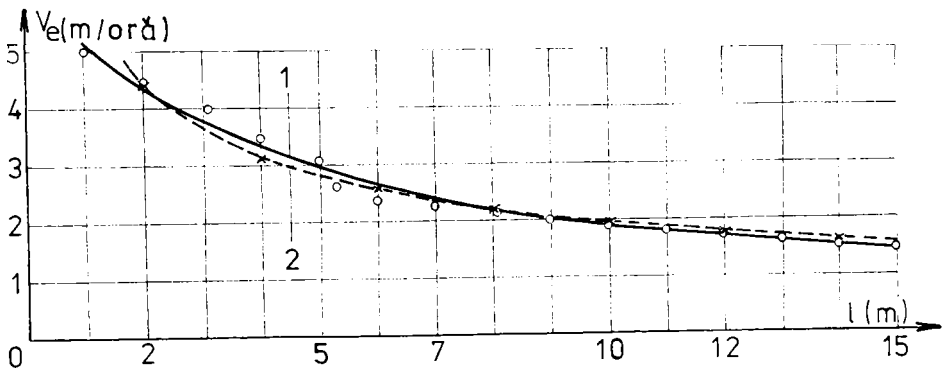


Fig. 4.15. Variația vitezei de execuție a forajului orizontal (col. 9, tab. 4.13)
1-viteza conf. tab. 4.13, col. 6; 2-viteza determinată teoretic

**Tabelul 4.13. Rezultate experimentale - vibroforare
 Regim de lucru - vibrare pură cu presare, A = 8 mm; f = 24 Hz - carotieră cu D = 377 mm**

Nr. crt.	Lungime vibroforată (m)		Timpuri parțiale (min)			Timp total (min)	Viteze (m/min)		Vit. de exec. (m/oră)	
	pe cursă	cumulată	T ₁	vibroforare	T ₂		introducere	vibroforare		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	1,00	1,00	4	5	3	12	-	0,20	5,00	
2	1,00	2,00	5	4	6	27	1,00	0,25	4,44	
3	1,10	3,10	8	5	7	47	1,03	0,22	3,97	
4	0,90	4,00	9	5	9	70	0,80	0,18	3,42	
5	1,00	5,00	10	6	11	97	1,00	0,16	3,08	
6	0,30	5,30	11	3	11	122	0,88	0,12	2,61	
7	0,70	6,00	13	4	14	153	0,67	0,17	2,35	
8	1,00	7,00	15	5	16	189	0,64	0,20	2,22	
9	1,10	8,10	17	6	18	230	0,62	0,18	2,11	
10	0,90	9,00	19	4	21	274	0,60	0,22	1,97	
11	1,00	10,00	21	4	22	321	0,59	0,25	1,87	
Aproximare		11,00	21	4	23	344		0,20	1,79	
		12,00	25	4	26	370		0,20	1,69	
		13,00	27	5	30	400		0,20	1,60	
		14,00	29	5	32	432		0,20	1,52	
		15,00	31	5	35	467		0,20	1,44	
		Desfiletare echipament						1,00...1,40	0,16...0,25	

Notă:

T₁ - timp de introducere a carotierei pe lungimea vibroforată;

T₂ - timp de extragere din foraj și golire carotieră

Cu valorile vitezei de execuție determinate în tabelul 4.13, col. 9, s-a construit diagrama de variație, din fig. 4.15, în funcție de lungime. Se observă că pestecurba de variație a vitezei se suprapune destul de bine o curbă teoretică (2), determinată pe baza unei relații stabilită de autor de forma:

$$v_0 = \frac{6,20}{\sqrt{L}} \quad (3)$$

pentru care valorile determinate la diferite lungimi ale vibroforajului se prezintă în tabelul 4.14.

Tabelul 4.14. Viteze teoretice de execuție a vibroforajelor cu IVO-3

L (m)	2	4	6	8	10	12	14
V _e (m/oră)	4,40	3,10	2,53	2,19	1,96	1,79	1,66

Se apreciază că relația de mai sus se poate folosi pentru calculul aproximativ a vitezei de execuție a vibroforajelor orizontale cu lungimea până la circa 14,00 m, executate cu IVO-3.

În timpul executării forajului s-au făcut și alte măsurători ale parametrilor de lucru care se prezintă în continuare:

- presiunea maximă înregistrată a uleiului hidraulic la vibrator - 300 bari pentru realizarea turației maxime a vibrogeneratorului de 1440 rot/min și a forței perturbatoare de 8000 kN;
- presiunea maximă înregistrată a uleiului hidraulic pe circuitul de alimentare a acționărilor auxiliare - 125 bari;
- amplitudinea vibrațiilor la turația de 1440 rot/min - 8 mm;
- frecvența vibrațiilor - 24 Hz;
- timpul mediu de înfiletare a unui tronson - 4 min.;
- timpul mediu de golire a unei carotiere - 2 min.

Dacă se consideră un coeficient de folosire a timpului de lucru de 0,6, atunci într-un schimb de lucru de 8 ore se poate executa un vibroforaj cu diametrul de 377 mm, peste un alt vibroforaj executat cu carotiera având D = 219 mm, cu lungimea de 9,00 m, considerând o oră pentru încălzirea uleiului hidraulic la temperatura de 40 °C, necesară funcționării corespunzătoare a instalației.

Se menționează că nu s-a desfiletat și înfiletat tot echipamentul la fiecare vibrocarotare în scopul reducerii timpilor auxiliari. De la prima forare, odată cu montarea fiecărui tronson de echipament s-a montat și un con cu D = 133 mm în partea posterioară a echipamentului, cu care s-a executat un foraj înspre înapoi, acest lucru permițând executarea forajului cu carotiera cu un echipament montat cu lungimea de 20,00 de metri.

Acest procedeu de lucru se recomandă acolo unde axul forajului se găsește mai jos decât nivelul terenului natural și unde nu există obstacole în partea posterioară.

Pe baza rezultatelor obținute la măsurarea parametrilor de lucru s-a stabilit că pentru executarea unui vibroforaj cu lungimea de 20,00 m cu un con având $D = 133$ mm, considerând timpul de înfiletare a unui tronson de 4 min. și viteza de forare de 1,00 m /min pe primii 10,00 m și de 0,50 m/min pe următorii 10,00 m, este nevoie de 2 ore iar pentru retragerea și desfiletarea tronsoanelor este nevoie de o oră, deci de un timp total efectiv de lucru de 3 ore. Dacă se consideră un coeficient de utilizare a timpului de 0,6 și se adună o oră necesară încălzirii uleiului hidraulic, rezultă că într-un interval de 7 ore (mai puțin de un schimb de lucru) se poate executa un vibroforaj, folosind echipamentul cu con, cu lungimea de 20,00 de metri.

Comparând timpii de execuție a vibroforajelor cu carotiera a acestei instalații (tabelul 4.13), cu timpii înregistrați la realizarea vibroforajelor cu instalația IVO-1 (tabelul 2.5), din dotarea Catedrei de drumuri și fundații, timpii menționați pentru câteva lungimi de foraje în tabelul 4.15, se constată că performanțele la IVO-3 sunt de aproximativ trei ori mai bune. Reducerea timpului de execuție a vibroforajului rezultă din mărirea maselor excentrice, deci a forței perturbatoare de la 18 kN la 25 kN, mărirea vitezei de înaintare și de retragere a echipamentului de la 1,00 m/min la 1,50 m/min la mersul în lucru și la 3,00 m/min la mersul în gol și din mecanizarea golirii carotierei.

Tabelul 4.15. Timpii de executare a forajelor cu carotiera cu $D = 377$ mm

Lungime (m)	Timp cumulată (ore)	
	IVO-1	IVO-3
5	4,25	1,62
10	14,72	4,57
15	33,30	10,40

Se menționează că tehnologia de vibroforare experimentată este similară cu cea folosită la executarea vibroforajelor orizontale cu instalația IVO-1 și că aceasta este corespunzătoare și pentru instalația IVO-3.

Pe baza rezultatelor obținute în timpul experimentărilor și a caracteristicilor deosebite ale instalației, prin contractul nr. 7104/85 [126], s-au propus următoarele:

- omologarea și declararea modelului funcțional ca prototip;
- completarea proiectului de execuție a instalației astfel ca să conțină toate modificările și îmbunătățirile făcute sau constatate în timpul experimentărilor;
- trecerea la producția de serie mică;
- elaborarea cărții tehnice a instalației și a instrucțiunilor de folosire;
- completarea echipamentului cu carotiere cu diametrul până la 600 mm și carotiere cu con de ghidare.

4.3. EXPERIMENTAREA ECHIPAMENTULUI MODERNIZAT PENTRU IVO-1

Pentru experimentarea echipamentului modernizat pentru IVO-1, prezentat în capitolul anterior (fig.3.15) și executat, pe baza studiilor și a proiectului realizat de autor, prin autodotare la Catedra de drumuri și fundații, s-a profitat de faptul că au existat unele lucrări de subtraversare în zonă astfel că experimentarea tehnologiei de lucru și a echipamentului, conform §3.2.4, s-a făcut odată cu realizarea unei subtraversări solicitată de o unitate de producție din Timișoara, pe sub o linie dublă de cale ferată, pe baza contractului de colaborare cu nr. 2307/91 [114] a cărui beneficiar au fost Uzinele Mecanice Timișoara.

După pregătirea locului de lucru, respectiv săparea la piciorul taluzurilor terasamentului a gropii de amplasare a instalației la adâncimea necesară și a gropii de ieșire a echipamentului, s-a transportat și așezat instalația IVO-1 (fig. 3.8) pe poziția de lucru, la distanțele și cota prevăzute de proiectul de execuție (fig.4.16).

Deoarece partea de sus a tubului de protecție cu diametrul de 377 mm s-a impus să se afle la cel puțin 3,00 m sub nivelul șinelor căii ferate electrificate, stratul de pământ necesar a fi forat fiind constituit din **argilă prăfoasă cafenie plastic vârtuoasă**, cu $\gamma = 19,4 \text{ kN/m}^3$ și $I_c = 0,80$, instalația s-a așezat astfel ca axul echipamentului să se afle la 3,20 m sub nivelul șinei, adică la nivelul la care să străbată terenul natural. Pentru a se putea poza conducta de protecție cu diametrul de 377 mm, forajul s-a executat cu diametrul de 440 mm.

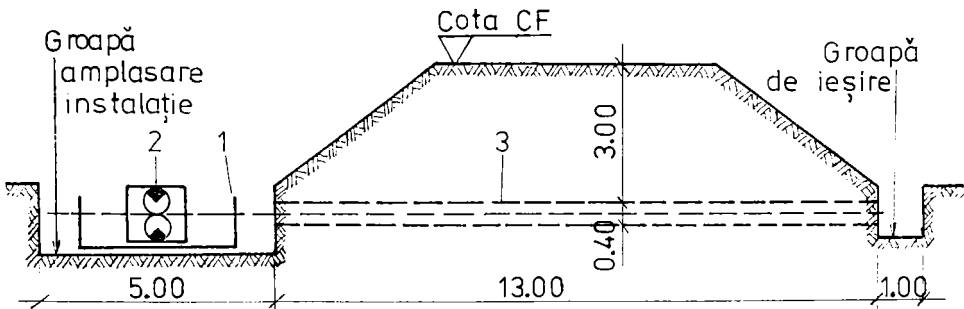


Fig. 4.16. Profilul forajului pentru subtraversare

Deoarece forajul pentru subtraversare trebuia executat orizontal s-a așezat instalația în poziție orizontală în groapă. S-a introdus prima tijă prelungitoare a echipamentului (1, fig. 3.15) în țeava centrală a vibrogeneratorului și s-a înfiletat conul de penetrare (3) după care s-a început înfigerea conului în teren odată cu prelungirea echipamentului cu tije prelungitoare, conform tehnologiei de lucru descrise în §3.4.3. La ieșirea conului în groapa de ieșire s-a constatat că acesta a deviat de la direcția orizontală, ieșind cu circa 50 cm deasupra cotei impuse prin proiect.

Considerându-se că la înfigerea conului există tendința ca acesta să se ridice datorită compactității terasamentului, s-a extras conul din teren odată cu demontarea

tijelor prelungitoare, apoi s-a ridicat partea posterioară a instalației cu 5 cm, după translatarea instalației în lateral cu 30 cm pentru ca să nu existe tendința de deviere a conului pe vechiul traseu. S-a considerat că diferența de cotă de 5 cm între capetele instalației, cu lungimea de 3,50 m, va compensa diferența de nivel la care a ajuns conul în groapa de ieșire.

S-a procedat din nou la înfigerea conului (3, fig. 3.15) în teren sub acțiunea presării, respectiv a vibrării, dată de instalație până la ajungerea în groapa de ieșire. De această dată cota la care a ieșit conul a corespuns cu cea solicitată prin proiect așa că s-a desfiletat conul și s-a montat cuțitul circular (4) cu diametrul exterior de 220 mm. Prin sistemul hidraulic s-a realizat retragerea echipamentului, cu ajutorul cilindrilor hidraulici de presare ai instalației și a vibrogeneratorului, tăindu-se o suprafață cilindrică în teren pe toată lungimea subtraversării.

Întrucât în spatele instalației nu au existat obstacole s-a montat conul (2) la partea posterioară a echipamentului care, la tragerea cuțitului circular pentru tăierea vibroforajului, a perforat terenul din spatele instalației. **Acest procedeu de lucru a eliminat timpii auxiliari necesari desfiletării tijelor de prelungire (1) ale echipamentului** (conf. tehnologiei prezentate în §3.4.3, fig. 3.23).

În momentul în care cuțitul circular ajunge în groapa de amplasare a instalației, s-a demontat cuțitul (4) și s-a montat din nou conul (3) folosit inițial care s-a introdus în vibroforaj până în groapa de ieșire unde s-a desfiletat și s-a montat iarăși cuțitul circular în fața căruia s-a amplasat o flanșă (5) cu diametrul de 100 mm (fig. 3.23). Prin retragere s-a extras o parte din materialul tăiat anterior până în groapa de amplasare a instalației.

Pentru golirea completă a forajului de materialul tăiat s-a mai repetat o dată operația de extragere cu o flanșă cu diametrul de 200 mm. După golirea forajului de tot materialul tăiat s-a putut vedea dintr-o groapă în cealaltă, prin forajul executat, ceea ce a condus la concluzia că prin retragere, chiar dacă direcția de înfigere a conului nu se păstrează chiar liniară, se produce o rectificare a direcției de vibroforare.

După executarea vibroforajului cu diametrul de 220 mm, s-a introdus din nou echipamentul în foraj și s-a tăiat o altă suprafață cilindrică, concentrică cu prima, cu cuțitul circular al cărui diametru exterior a fost de 330 mm. A urmat extragerea materialului tăiat de acest cuțit, care s-a realizat în două faze, odată cu o flanșă cu diametrul de 200 mm și în final cu o flanșă cu diametrul de 300 mm.

Operațiile de lucru, de tăiere și de extragere a materialului din foraj, s-au repetat din nou cu cuțitul circular cu diametrul de 440 mm. La golirea forajului cu diametrul de 440 mm s-a introdus din nou echipamentul prin foraj până în groapa de ieșire, unde s-a săpat în prealabil un șanț pe direcția forajului în interiorul căruia s-a așezat tubul de protecție.

Ultima fază de lucru a constat în prinderea țevii de protecție la tijele prelungitoare ale echipamentului și pozarea prin tragere, în forajul executat. La tragerea țevii de protecție a fost necesar să se folosească și vibrarea pentru reducerea frecării dintre țeava de protecție izolată cu bitum la exterior și pereții vibroforajului, având în vedere că vibroforajul nu a fost perfect rectiliniu. Timpii înregistrați la executarea vibroforajului și la tragerea țevii de protecție sunt înregistrați în tabelul 4.16

unde s-a calculat și viteza de execuție a vibroforajului la diferite diametre și viteza de execuție a subtraversării, deci după pozarea țevii de protecție.

Tabelul 4.16. Valori ale timpilor determinați experimental la executarea unui vibroforaj orizontal cu IVO-1 și echipament modernizat, pe lungimea de 13,00 m, conf. §3.4.3

Faza	Operația	Timp (ore)		Viteza de exec. m/oră
		pe operație	cumulat	
0	1	2	3	4
I	Executarea vibroforajului cu diametrul de 220 mm			
b	Înfigerea conului odată cu înfiletarea țevii echipamentului	1,30	1,30	
c	Desfiletare con, prindere cuțit și tăiere foraj prin retragerea echipam.	0,75	2,05	
d	Desfacere cuțit și împingere echipam. înspre groapa de ieșire	0,60	2,65	
e	Prindere flanșă și cuțit și tragere material spre groapa de intrare	0,70	3,35	
d	Desfacere flanșă și cuțit și împingere echipam. înspre groapa de ieșire	0,65	4,00	
e	Prindere flanșă și cuțit și tragere material spre groapa de intrare	0,75	4,75	2,74
II	Executarea vibroforajului cu diametrul de 330 mm			
d	Desfacere flanșă și cuțit și împingere echipam. înspre groapa de ieșire	0,65	5,40	
c	Prindere cuțit și tăiere foraj prin tragere înspre groapa de intrare	0,75	6,15	
d	Desfacere cuțit și împingere echipam înspre groapa de ieșire	0,60	6,75	
e	Prindere flanșă și cuțit și tragere material spre groapa de intrare	0,75	7,50	
d	Desfacere flanșă și cuțit și împingere echipam. înspre groapa de ieșire	0,65	8,15	
e	Prindere flanșă și cuțit și tragere material spre groapa de intrare	0,80	8,95	1,45
III	Executarea vibroforajului cu diametrul de 440 mm			
d	Desfacere flanșă și cuțit și împingere echipam. înspre groapa de ieșire	0,65	9,60	
c	Prindere cuțit și tăiere foraj prin tragere spre groapa de intrare	0,75	10,35	
d	Desfacere cuțit și împingere echipam spre groapa de ieșire	0,65	11,00	

0	1	2	3	4
e	Prindere flanșă și cuțit și tragere material spre groapa de intrare	0,75	11,75	
d	Desfacere flanșă și cuțit și împingere echipam. înspre groapa de ieșire	0,60	12,35	
e	Prindere flanșă și cuțit și tragere material spre groapa de intrare	0,80	13,15	0,99
IV	Pozarea tubului de protecție cu diametrul de 377 mm			
f	Desfacere flanșă și cuțit și împingere echipam. înspre groapa de ieșire	0,65	13,80	
g	Prindere țevă de protecție și tragere în foraj odată cu desfiletarea tijelor echipamentului	0,95	14,75	0,88

Analizând mărimea timpilor înregistrați pe diferite faze de lucru se constată că valoarea acestora este aproape aceeași, diferind foarte puțin de la o fază la alta, ceea ce înseamnă că acești timpi depind în cea mai mare parte de caracteristicile utilajului deoarece direcția de vibroforare a fost orizontală, astfel că stratificația terenului nu se schimbă pe lungimea forajului.

Se observă din tabelul de mai sus că **viteza de executare a unei subtraversări scade pe măsura măririi diametrului cuțitului de tăiere a vibroforajului**, deci odată cu creșterea numărului de faze de lucru, până la faza finală de pozare a tubului de protecție.

O importanță deosebită o are păstrarea liniarității forajului. Tijele de prelungire ale echipamentului, având diametrul mai mic decât cel ale echipamentelor tradiționale, 60 mm în loc de 90 mm pentru IVO-1 sau 114 mm pentru IVO-3, au tendința de a flamba mai ușor deci prezintă dezavantajul că pot să devieze mai mult de la direcția stabilită. Acest dezavantaj nu prezintă o mare importanță având în vedere faptul că timpul consumat pentru străpungerea terasamentului cu conul și reșezarea instalației pe altă direcție de vibroforare este cu mult mai mic decât timpul în care se execută forajul cu carotiera, 1,30 ore față de 17,73 ore la vibroforarea cu IVO-1 și carotieră (tab. 4.17). Pe lângă aceasta, datorită faptului că vibroforarea se execută prin presare (tragere) spre un punct fix, prin folosirea acestei tehnologii se realizează o corectare a eventualelor neliniarități ale forajului.

Un alt avantaj deosebit îl reprezintă faptul că echipamentul este ușor putând fi manevrat de un singur muncitor, ceea ce face ca echipa de lucru să fie formată din cel mult trei muncitori, unul pentru comanda instalației și ceilalți doi pentru realizarea operațiilor auxiliare, respectiv infiletarea și desfiletarea echipamentului și realizarea împănării acestuia la vibrogenerator.

Organul activ de tăiere, cuțitul circular (4, fig. 3.15), prin lungimea mică întâmpină o rezistență mică la tăierea suprafeței cilindrice în teren ceea ce conduce la posibilitatea realizării acestei operații în general cu ajutorul presării și a vibrații intermitente, date de cilindrii hidraulici ai instalației, respectiv de vibrogenerator. În

acest fel se realizează o economie importantă de energie deoarece motorul electric de acționare a cilindrului hidraulic are puterea doar de 4 kW față de motorul electric de antrenare a vibrogeneratorului care are puterea de 15 kW.

Cuțitul circular, având o evazare exterioară (4, fig. 3.15) și fiind prelucrat conic înspre exterior, la tăierea terenului realizează o compactare a peretelui exterior al forajului. Această compactare, pe lângă faptul că contribuie la asigurarea stabilității vibroforajului, realizează și o umezire a peretelui, prin cedarea unei părți din apa legată, favorizând în acest fel lunecarea materialului tăiat din interior în lungul forajului, pentru extragere.

Se apreciază că tehnologia de lucru stabilită teoretic și prezentată în capitolul anterior (§3.4.3), apoi verificată în producție pe o lucrare efectivă, este corespunzătoare scopului propus, de realizare a vibroforajelor cu instalația IVO-1 și echipamentul modernizat și că poate fi folosită în condiții bune.

4.4. STUDII COMPARATIVE ÎNTRE TEHNOLOGIILE DE VIBROFORARE FOLOSITE LA EXECUTAREA SUBTRAVERSĂRILOR

În cele două subcapitole anterioare s-au prezentat două tehnologii de executare a vibroforajelor pentru subtraversări, experimentate de autorul lucrării. Tehnologia de vibroforare pentru subtraversare care se realizează cu instalația de vibroforare orizontală IVO-3, este similară cu tehnologia care s-a folosit cu instalația de vibroforare orizontală IVO-1 existentă la catedră, tehnologie prezentată în §2.6.2 și pe baza căreia a fost stabilită. Pentru a avea posibilitatea comparării între ele a celor trei tehnologii de lucru (IVO-1 cu carotieră, IVO-3 cu carotieră și IVO-1 cu echipament modernizat), s-au analizat timpii necesari pentru vibroforare și pentru execuția subtraversărilor, precum și vitezele de vibroforare și execuție realizate cu aceste tehnologii.

În tabelul 4.17, pe baza măsurărilor efectuate cu ocazia realizării unui număr de 7 subtraversări (tab. 2.4), cu IVO-1 și carotieră (§2.5), s-au determinat teoretic și înregistrat: timpii medii de vibroforare pe 20,00 m lungime pentru operațiile de introducere a echipamentului în forajul executat, timp care includ și timpul necesar îmbinării prin înfiletare a tijelor de prelungire notat cu t_1 , timpii necesari forării propriu-zise, deci de umplere a carotierei sub efectul vibrării și presării, apoi timpii de extragere a carotierei din foraj care includ și timpii necesari pentru golirea carotierei notați cu t_2 . Acești timpii s-au prelucrat în sensul determinării timpului total de realizare a forajului pe un metru lungime și a timpului cumulat de vibroforare cu ajutorul căruia s-a determinat viteza de vibroforare la 5,00; 10,00; 15,00 și 20,00 m lungime. Dacă se urmărește doar realizarea vibroforajului, fără pozarea unui tub în interior, la timpul cumulat de vibroforare se va aduna timpul necesar desfășurării echipamentului obținându-se în acest fel timpul total de execuție a vibroforajului.

Dacă în interiorul vibroforajului se pozează un tub de protecție, la timpul de vibroforare se cumulează timpul necesar pozării tubului, timp în care se realizează introducerea echipamentului în foraj, prinderea tubului și tragerea în interiorul forajului,

odată cu desfășurarea tijelor de prelungire ale echipamentului. Cu timpul obținut prin însumarea timpului de executare a forajului cu cel de pozare a tuburilor de protecție s-a calculat viteza de execuție a subtraversării cu instalația IVO-1.

Se menționează că timpii înregistrați sunt aproximativ constanți indiferent de diametrul carotierelor folosite pentru forare și de diametrul tubului de protecție pozat în interiorul forajului și că depind în cea mai mare măsură de caracteristicile utilajului, respectiv de timpii auxiliari necesari vibroforării, $t_1 + t_2$, care cresc pe măsura creșterii lungimii vibroforajului și în mai mică măsură de caracteristicile terenului pe lungimea forajului, care în general se păstrează constante, atunci când direcția de vibroforare este orizontală.

Pe baza rezultatelor obținute la experimentarea tehnologiei de vibroforare cu instalația IVO-3 și a timpilor auxiliari mășurați cu aceeași ocazie s-a realizat tabelul 4.18 în același mod și ținând cont de aceleași considerente avute în vedere la completarea tabelului 4.17. Se observă, ca un aspect deosebit, reducerea importantă a timpilor necesari efectuării tuturor operațiilor necesare, mai ales a celor auxiliare, datorată caracteristicilor superioare ale instalației IVO-3 față de instalația IVO-1 în ceea ce privește vitezele de lucru la mers în gol și în lucru și forței perturbatoare superioare.

Pe baza cronometrărilor efectuate la lucrarea menționată în §4.3 și cu ocazia realizării unui număr de 12 vibroforaje pentru subtraversare cu instalația IVO-1 dotată cu echipamentul modernizat (fig. 3.15), care se vor prezenta în capitolul 5 referitor la valorificarea cercetărilor în producție, s-a întocmit tabelul 4.19 cu timpii medii de realizare a unei subtraversări cu diametrul maxim de 650 mm și cu lungimea maximă de 25,00 m, conform tehnologiei prezentate în §3.4.3.

Așa după cum se observă, în tabelul 4.19 au fost înregistrați: timpii de străpungere a terasamentului cu conul cu diametrul de 70 mm până în partea opusă instalației pentru lungimi de străpungere de 10,00 m, 15,00 m, 20,00 m și 25,00 m, timpii de tăiere a suprafețelor cilindrice cu cuțitul circular cu diametrul minim de 220 mm, timpii necesari introducerii echipamentului în foraj până în partea opusă instalației și timpii necesari curățării (golirii) forajului prin extragerea materialului cu ajutorul flanșelor, pentru aceleași lungimi de foraj, conform tehnologiei stabilită de autor și prezentată în §3.4.3

Din experiența practică a rezultat că pentru un vibroforaj cu lungimea de până la aproximativ 16,00 m, golirea forajului se poate realiza prin două operații de extragere, iar pentru foraje cu lungimi mai mari de 16,00 m sunt necesare trei operații de extragere a materialului din foraj.

Spre deosebire de tehnologiile anterioare, unde vibroforajul se execută de la început cu diametrul dorit, de 219 mm sau 377 mm, la această tehnologie dacă se dorește realizarea unui vibroforaj cu diametrul de 330 mm acesta se realizează în două etape, după ce s-a executat vibroforajul cu diametrul de 220 mm acesta se lărgiște la diametrul de 330 mm. În același fel se procedează pentru celelalte diametre succesive de vibroforaj, până la cel mai mare realizat până în prezent de 650 mm, dar nu cel mai mare posibil de realizat cu această tehnologie.

Pe lângă timpii de vibroforare în tabel mai sunt înregistrați și timpii necesari pozării tuburilor de protecție care cuprind fazele de introducere a echipamentului în foraj,

Tabelul 4.17. Timpii medii de realizare a unei subtraversări cuIVO-1 și carotieră, cu D = 377 mm, prin vibrare pură și presare

Lungime foraj (m)	Timpii medii (min)			Timp de forare cumulat (ore)	Viteza de forare (m/oră)	Timp de pozare (ore)	Viteza de execuție (m/oră)
	t ₁	vibroforare	t ₂				
0	1	2	3	5	6	7	8
1	2	7	5	0,23			
2	4	7	8	0,53			
3	10	7	14	1,06			
4	17	7	21	1,81			
5	23	7	27	2,77	1,80	1,20	1,26
6	29	7	33	3,92			
7	36	7	39	5,28			
8	42	7	45	6,81			
9	48	7	51	8,58			
10	55	7	57	10,56	0,95	2,58	0,76
11	61	7	63	12,75			
12	67	7	69	15,14			
13	74	7	75	17,73			
14	80	7	81	20,53			
15	86	7	89	23,56	0,64	4,00	0,54
16	95	7	95	26,85			
17	101	7	101	30,33			
18	107	7	107	34,02			
19	114	7	113	37,92			
20	120	7	119	42,02	0,48	5,25	0,42
Desfiletare echipament				43,35			

Notă: t₁ - timp de introducere a carotierei în foraj; t₂ - timp de extragere a carotierei din foraj și de golire

Tabelul 4.18. Timpii medii de realizare a unei subtraversări cu IVO-3 și carotieră, cu D = 377 mm, prin vibrare pură și presare

Lungime foraj (m)	Timpii medii (min)				Timp de forare cumulat (ore)	Viteza de forare (m/oră)	Timp de pozare (ore)	Viteza de execuție (m/oră)
	t ₁	vibroforare	t ₂	total				
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	4	5	1	10	0,17			
2	5	5	3	13	0,39			
3	7	5	5	17	0,66			
4	9	5	7	21	1,02			
5	11	5	9	25	1,44'	3,50	35'	2,48
6	13	5	11	29	1,92			
7	15	5	13	33	2,47			
8	17	5	15	37	3,08			
9	19	5	17	41	3,77			
10	21	5	19	45	4,52	2,21	1,00	1,81
11	23	5	21	49	5,66			
12	25	5	23	53	6,22			
13	27	5	25	57	7,17			
14	29	5	27	61	8,19			
15	31	5	29	65	9,27	1,62	1,42	1,40
16	33	5	31	69	10,42			
17	35	5	33	73	11,63			
18	37	5	35	77	12,92			
19	39	5	37	81	14,25			
20	41	5	39	85	15,68	1,28	1,83	1,14
Desfiletare echipament				40	16,35			

**Tabelul 4.19. Timpii medii de realizare a unei subtraversări
cu IVO-1 și echipament modernizat**

Faza	Operații	Timpii medii (ore) pentru:			
		L=10 m	L=15 m	L=20 m	L=25 m
0	1	2	3	4	5
Executarea vibroforajului cu diametrul de 220 mm					
b	Străpungere cu con	1,0	1,50	2,00	2,50
c	Tăiere cu cuțit	0,55	0,85	1,20	1,60
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	1,05
e	Extragere	0,55	0,85	1,20	1,60
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	1,05
e	Extragere	0,55	0,85	1,20	1,60
d	Introducere			0,85	1,05
e	Extragere			1,20	1,60
	Total forare	3,55	5,35	9,35	12,05
f+g	Pozare tub	1,15	1,65	2,15	2,65
	Total subtraversare	4,70	7,00	11,50	14,70
Executarea vibroforajului cu diametrul de 330 mm					
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	1,05
c	Tăiere cu cuțit	0,55	0,85	1,20	1,60
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	1,05
e	Extragere	0,55	0,85	1,20	1,60
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	1,05
e	Extragere	0,55	0,85	1,20	1,60
d	Introducere			0,85	1,05
e	Extragere			1,20	1,60
	Total forare	6,55	9,85	17,55	22,65
f+g	Pozare tub	1,15	1,65	2,15	2,65
	Total subtraversare	7,70	11,50	19,70	25,30
Executarea vibroforajului cu diametrul de 440 mm					
	Introducere	0,45	0,65	0,85	1,05
c	Tăiere cu cuțit	0,55	0,85	1,20	1,60
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	1,05
e	Extragere	0,55	0,85	1,20	1,60
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	1,05
e	Extragere	0,55	0,85	1,20	1,60
d	Introducere			0,85	1,05
e	Extragere			1,20	1,60
	Total forare	9,55	15,35	25,70	33,25
f+g	Pozare tub	1,15	1,65	2,15	2,65
	Total subtraversare	10,70	16,00	27,85	35,90

0	1	2	3	4	5
Executarea vibroforajului cu diametrul de 550 mm					
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	
c	Tăiere cu cuțit	0,55	0,85	1,20	
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	
e	Extragere	0,55	0,85	1,20	
d	Introducere	0,45	0,65	0,85	
e	Extragere	0,55	0,85	1,20	
d	Introducere			0,85	
e	Extragere			1,20	
	Total forare	12,55	18,85	33,90	
f+g	Pozare tub	1,15	1,65	2,15	
	Total subtraversare	13,70	20,50	36,05	
Executarea vibroforajului cu diametrul de 650 mm					
d	Introducere	0,45	0,65		
c	Tăiere cu cuțit	0,55	0,85		
d	Introducere	0,45	0,65		
e	Extragere	0,55	0,85		
d	Introducere	0,45	0,85		
e	Extragere	0,55	0,85		
d	Introducere	0,45	0,65		
e	Extragere	0,55	0,85		
	Total forare	16,55	24,85		
f+g	Pozare tub	1,15	1,65		
	Total subtraversare	17,70	26,50		

legarea tubului la tijele echipamentului și tragerea tubului în foraj odată cu desfiletarea tijelor de prelungire ale echipamentului, timpi care împreună cu timpul de vibroforare dau timpii de execuție ai subtraversărilor.

Pe baza valorilor din tabelul 4.19 s-au construit diagramele de variație ale **timpiilor de vibroforare** (fig.4.17) pe lungimi și diametre diferite. Se observă că variația timpului de vibroforare este liniară datorită faptului că acest timp depinde în cea mai mare măsură de caracteristicile utilajului și în foarte mică măsură de terenul în care se execută vibroforajul, timpul de vibroforare propriu-zisă fiind foarte mic în raport cu timpul auxiliar (0,55 ore pentru vibroforare față de 3,00 ore necesare executării unui vibroforaj cu diametrul de 220 mm și lungimea de 10,00 m). Totodată, în dreptul lungimii de forare de 16,00 m, se observă o creștere bruscă a timpului de vibroforare datorită fazei suplimentare, necesară pentru extragerea completă a materialului din vibroforaj.

În același mod s-au construit diagramele de variație ai **timpiilor de execuție** ale subtraversărilor cu diametre diferite (fig.4.18) și de această dată se observă saltul pe care îl face timpul de execuție, odată cu creșterea numărului de faze de extragere a materialului din vibroforaj.

Pe baza acestor diagrame s-au stabilit relațiile de determinare a timpului de execuție a forajelor pentru diametrele folosite până în prezent și pentru lungimi de vibroforare de la 5,00 la 16,00 m și de la 16,00 la 28,00 m.

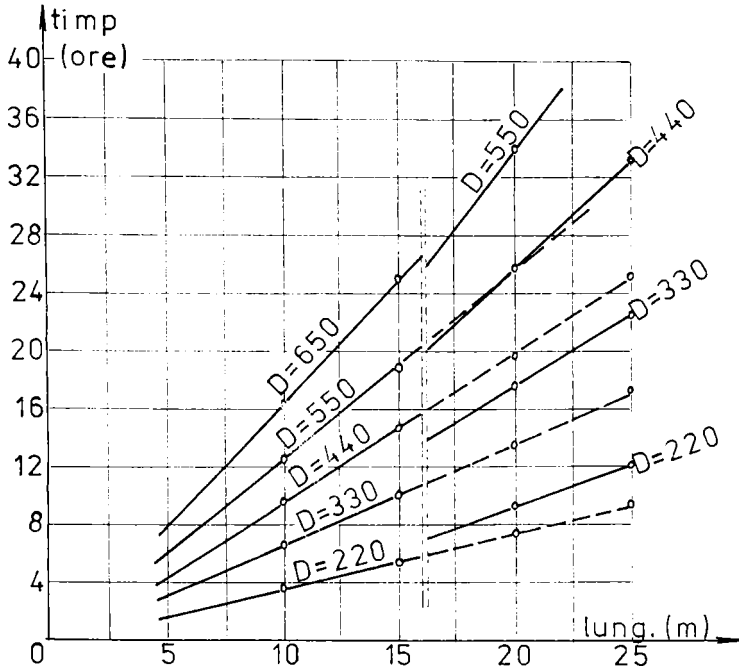


Fig. 4.17. Diagrame de variație a timpului de vibroforare cu IVO-1 și echipament modernizat.

Relațiile stabilite în funcție de diametrul și lungimea vibroforajului sunt următoarele :

- D = 220 mm, L = 5,00...16,00 m;

$$t_e = 0,52 L - 0,80 \quad (4)$$

- D = 220 mm, L = 16,00...28,00 m;

$$t_e = 0,60 L - 0,80 \quad (5)$$

- D = 330 mm, L = 5,00...16,00 m;

$$t_e = 0,82 L - 0,80 \quad (6)$$

- D = 330 mm, L = 16,00...28,00 m;

$$t_e = 1,10 L - 2,00 \quad (7)$$

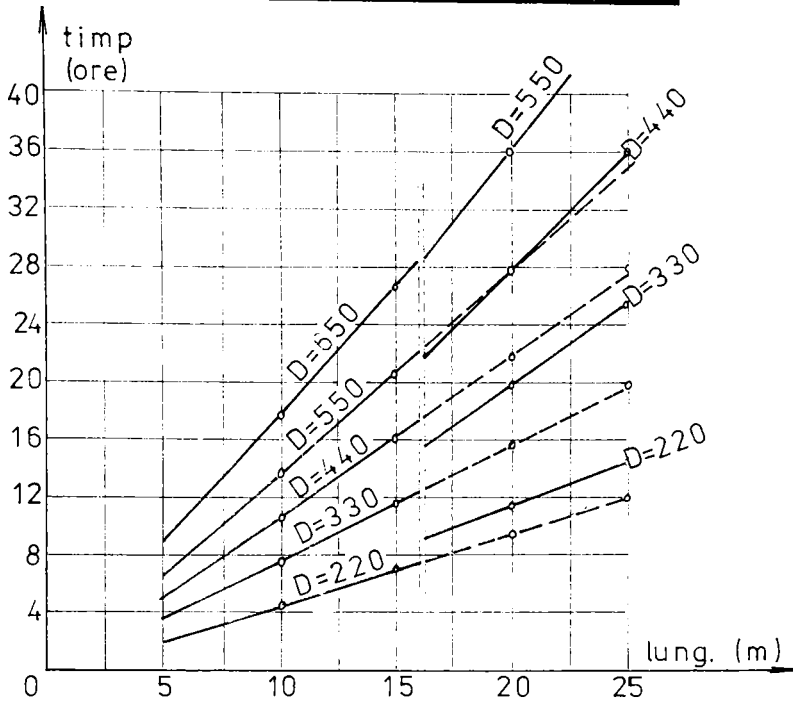


Fig. 4.18. Diagrame de variație a timpului de execuție cu IVO-1 și echipament modernizat

- D = 440 mm, L = 5,00...16,00 m;

$$t_e = 1,12 L - 0,80 \quad (8)$$

- D = 440 mm, L = 16,00...28,00 m;

$$t_e = 1,60 L - 4,00 \quad (9)$$

- D = 550 mm, L = 5,00...16,00 m;

$$t_e = 1,42 L - 0,80 \quad (10)$$

$D = 550 \text{ mm}, L = 16,00 \dots 28,00 \text{ m};$

$$t_e = 2,00 L - 4,00 \quad (11)$$

$D = 650 \text{ mm}, L = 5,00 \dots 16,00 \text{ m};$

$$t_e = 1,82 L - 0,80 \quad (12)$$

unde t_e rezultă în ore pentru L considerat în m.

Din studiul relațiilor de mai sus se observă că primul termen depinde de diametrul forajului iar cel de al doilea de numărul de faze de extragere a materialului tăiat din foraj.

Aceste relații pot servi la aprecierea aproximativă a timpului necesar executării unei subtraversări cu un anumit diametru și de o lungime oarecare cuprinsă între 5,00 și 28,00 m. De exemplu, pentru un vibroforaj cu diametrul de 440 mm și lungimea de 20,00 m se folosește relația (9), deci $t_e = 1,60 \times 20,00 - 4,00 = 28,00$ ore. În tabelul 4.19 pentru diametrul și lungimea considerate se menționează un timp de execuție de 27,85 ore, deci relația de calcul dă valori foarte apropiate de realitate.

Cu ajutorul timpilor înregistrați în tabelul 4.19 s-au determinat vitezele de vibroforare și vitezele de execuție ale subtraversărilor de diferite diametre care se prezintă în tabelul 4.20.

Pentru compararea timpilor de realizare a forării prin cele trei tehnologii, pe baza datelor din tabelele anterioare, s-au determinat diagramele de variație ale timpilor de vibroforare pentru executarea unui vibroforaj cu diametrul de 377 mm prin vibroforarea cu carotiera și cu IVO-1, apoi cu IVO-3, precum și pentru vibroforajul cu diametrul de 330 mm executat prin vibroforare cu echipamentul modernizat și IVO-1 (fig.4.19). Prin analizarea diagramelor se constată că în cazul folosirii carotierelor pentru vibroforare cu oricare din cele două instalații, timpul de vibroforare crește exponențial. Creșterea mai mare se observă la instalația IVO-1 ale cărei caracteristici tehnice sunt inferioare față de cele ale instalației IVO-3, deci timpul de vibroforare este mai mare la IVO -1 față de IVO -3 și crește mai repede.

În cazul vibroforării cu echipamentul modernizat și instalația IVO-1 timpul de forare crește liniar, așa cum s-a menționat și anterior, dar ca valoare este mai apropiat de timpul realizat cu carotiera și IVO-3, ceea ce conduce la concluzia că, pentru acest diametru, cea mai productivă instalație este IVO-3 până la lungimi de aproximativ 24,00 m după care timpul de vibroforare cu această instalație este mai mare decât timpul de vibroforare cu IVO-1 și echipamentul modernizat, după cum se observă din fig. 4.19.

Și timpul de pozare a conductei de protecție în foraj, la utilizarea echipamentului modernizat cu IVO-1, se situează între timpii de pozare realizați cu instalațiile IVO-1 și IVO-3, conform valorilor înregistrate în tabelul 4.21. Se menționează că timpii pentru pozare înscrși în tabel pentru IVO-1 cu carotieră și IVO-1 cu echipament

Tabelul 4.20. Viteze de realizare ale subtraversărilor cu IVO-1 și echipament modernizat

Diametrul (mm)	Viteza de forare/Viteza de execuție (m/h)			
	10 m	15 m	20 m	25 m
220	2,81	2,80	2,14	2,07
	2,13	2,14	1,74	1,70
330	1,53	1,52	1,14	1,10
	1,30	1,30	1,02	0,99
440	1,05	1,04	0,78	0,75
	0,93	0,93	0,73	0,70
550	0,80	0,79	0,59	-
	0,73	0,73	0,55	-
650	0,60	0,60	0,55	-
	0,56	0,56	-	-

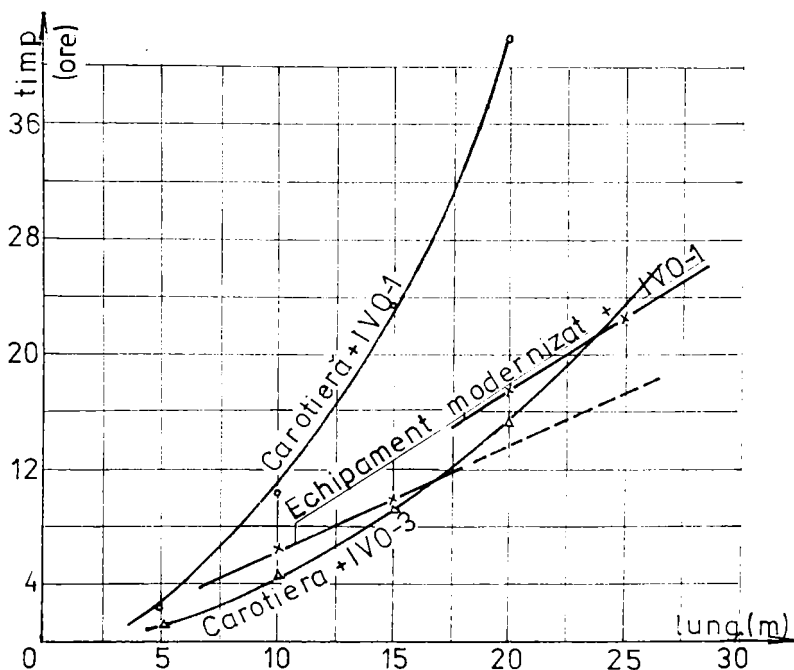


Fig. 4.19. Diagrame de variație a timpilor de vibroforare

modernizat s-au determinat prin cronometrări ale lucrărilor executate, iar timpii pentru pozare cu IVO-3 și carotieră s-au determinat teoretic pe baza vitezelor de lucru ale instalației.

Pentru a putea compara mai bine productivitatea care se poate realiza cu cele trei tehnologii, s-au pus pe aceeași figură diagramele de variație ale vitezelor de vibroforare determinate în tabelele 4.17; 4.18 și 4.19 (fig.4.20).

Tabelul 4.21. Timpii de pozare a conductelor în vibroforaje

Tehnologia	Timp de pozare (ore)				
	5,00 m	10,00 m	15,00 m	20,00 m	25,00 m
IVO-1 cu carotieră	1,20	2,60	4,00	5,25	-
IVO-1 cu echipament modernizat	-	1,15	1,65	2,15	2,65
IVO-3 cu carotieră	0,58	1,00	1,42	1,83	-

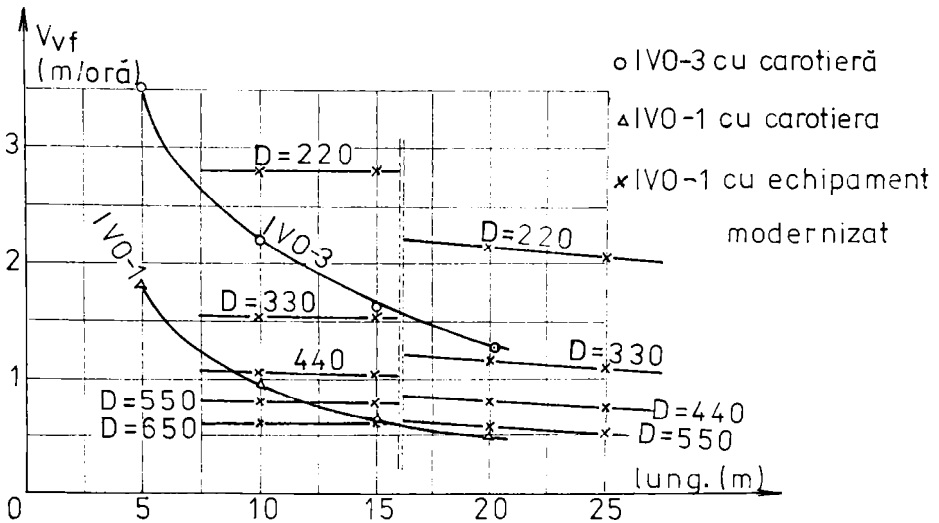


Fig. 4.20. Diagrame de variație ale vitezelor de vibroforare

Același lucru s-a făcut pentru vitezele de execuție ale subtraversărilor realizate prin cele trei tehnologii (fig.4.21). Se observă, la ambele figuri, că alura diagramelor este aceeași. Atât viteza de vibroforare cât și viteza de execuție pentru tehnologiile de vibroforare cu carotiera descresc invers proporțional cu lungimea vibroforajului, datorită creșterii timpilor auxiliari, tinzând spre o valoare constantă de la o anumită lungime a vibroforajului. Se observă că la o lungime a vibroforajului de 5,00 m, vitezele de vibroforare și de execuție sunt duble pentru tehnologia realizată cu IVO-3 față de vitezele

realizate prin tehnologia de vibroforare cu IVO-1 (3,50 față de 1,75 m/oră la vibroforare și 2,50 față de 1,25 m/oră la execuție.. La o lungime a vibroforajului de 20,00 m, atât viteza de vibroforare cât și cea de execuție sunt de aproximativ 2,6 ori mai mari la tehnologia de vibroforare cu IVO-3 față de tehnologia de vibroforare cu IVO-1.

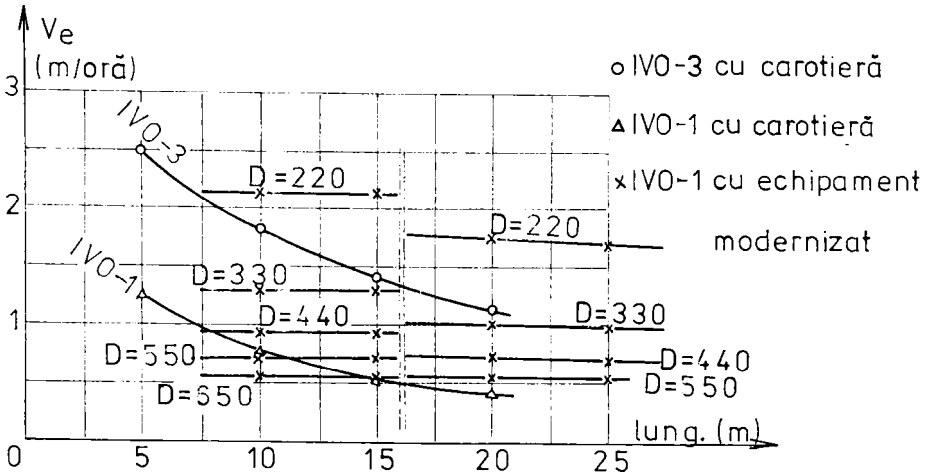


Fig. 4.21. Diagrame de variație ale vitezelor de execuție

Folosind tehnologia de vibroforare cu echipamentul modernizat și IVO-1, atât viteza de vibroforare, cât și cea de execuție pentru forajul cu diametrul de 220 mm sunt net superioare chiar și celor realizate cu IVO-3. Datorită micșorării nesemnificative a vitezei de execuție în raport cu lungimea forajului și descreșterii liniare a vitezei, productivitatea crește odată cu creșterea lungimii forajului.

Pentru vibroforajele cu diametrele de 330 mm și 440 mm, realizate cu echipamentul modernizat, atât viteza de vibroforare cât și viteza de execuție se situează între vitezele realizate cu cele două tehnologii cu carotiera, mai ales pentru lungimi ale vibroforajelor mai mari de 10,00 m, așa cum se întâlnesc de cele mai multe ori în realitate. Vitezele de realizare a vibroforajelor cu echipamentul modernizat devin atrăgătoare la lungimi ale vibroforajelor mai mari de 20,00 m, deoarece rămân aproximativ constante spre deosebire de vitezele realizate cu celelalte tehnologii, care scad mult la depășirea acestei lungimi.

Vibroforajele cu diametrele de 550 mm și 650 mm se pot realiza doar cu echipamentul modernizat și cu toate că vitezele sunt apropiate sau mai mici decât cele realizate cu carotiera și IVO-1, pentru lungimi de vibroforare mai mici de aproximativ 13,00 m, rămân deocamdată singurele care se pot executa, deoarece nici una din instalații nu dispune de echipamente, respectiv carotiere, cu aceste diametre. La vibroforaje cu lungimi mai mari de 13,00 m vitezele de lucru se situează între vitezele realizate cu celelalte două tehnologii și anume 1,30, 0,90 sau 0,70 m/oră la diametri de 330, 440 și 550 mm la echipamentul modernizat față de 1,40 m/oră la IVO-3, cu carotieră și 0,50 m/oră la IVO-1 cu carotieră.

Vitezele de vibroforare și de execuție cu echipamentul modernizat și IVO-1 au doar aceste valori pentru că viteza de lucru a instalației IVO-1 este foarte mică, de 0,30...0,45 m/min, față de viteza de lucru a instalației IVO-3 care este de 1,50 m/min la mersul în sarcină și de 3,00 m/min la mersul în gol. Viteza de vibroforare și de execuție cu echipamentul modernizat poate să crească de 3...4 ori dacă echipamentul este folosit cu instalația IVO-3, sau dacă s-ar crea posibilitatea creșterii vitezei de lucru la instalația IVO-1, prin folosirea unui grup hidraulic mai performant.

4.5. CONCLUZII PRIVIND UTILAJELE, ECHIPAMENTELE ȘI TEHNOLOGIILE STUDIATE ȘI EXPERIMENTATE

La sfârșitul fiecărui subcapitol s-au menționat o serie de concluzii referitoare la utilajele, echipamentele și tehnologiile experimentate. În continuare se vor prezenta, în rezumat, unele dintre aceste concluzii.

Pentru subtraversarea căilor de comunicație terestre cu conducte, cabluri etc. tehnica vibrării este aplicabilă pentru realizarea vibroforajelor cu rezultate deosebite, atât tehnice cât și economice, ceea ce recomandă folosirea procedurii studiate.

Instalația vibratoare autotractată IVA este o instalație performantă pentru că, la caracteristicile tehnice de care dispune, este capabilă de a realiza vibropenetrarea folosind echipamente cu con cu diametrul de 70 mm până la adâncimea de aproximativ 20,00 m și vibrocarotarea cu carotiera având diametrul de 110 mm până la adâncimea de aproximativ 15,00 m. Dotările suplimentare față de înfigătorul de țevi ca: mecanismul de presare, mandrinele acționate hidraulic pentru prinderea echipamentului, dispozitivul de modificare a regimului de lucru și mecanismul de reglare în timpul funcționării a momentului static al excentricilor, o fac foarte productivă, viteza de vibropenetrare la regim de lucru vibrații pure fiind de 0,92...0,83 m/min până la adâncimea de 3,20 m față de 0,75...0,54 m/min realizată cu înfigătorul de țevi (tab. 4.5 și 2.3). Alte avantaje ale folosirii acestei instalații derivă din posibilitatea transportării prin remorcare și din faptul că este independentă față de sursa de energie.

Pentru **instalația de vibroforare orizontală IVO-3** nu s-au putut verifica experimental performanțele maxime datorită lipsei echipamentelor necesare. Se apreciază că este capabilă de a realiza: vibroforarea cu con cu diametrul de 133 mm pe o lungime de până la 35,00 m, vibroforarea cu carotiera cu diametrul de 377 mm pe o lungime de până la 25,00 m și vibroforarea cu o carotieră cu diametrul maxim de 550 mm. Viteza de execuție a vibroforajelor pentru subtraversări cu această instalație este de cel puțin două ori mai mare decât viteza realizată cu IVO-1 (tab. 2.5 și 4.13), aceasta datorându-se în special vitezei superioare de lucru la mersul în gol (3,00 față de 1,00 m/min), forței perturbatoare mărite a vibrogeneratorului (10...50 față de 17 kN), mecanizării cuplării și decuplării echipamentului de lucru cu ajutorul mandrinelor hidraulice și folosirii carotierei cu autodescărcare, așa cum s-a menționat și la §4.2.2.

Echipamentul modernizat pentru vibroforare cu IVO-1 suplinește lipsa unei instalații cu performanțele IVO-3 datorită vitezelor de vibroforare și de execuție ale subtraversărilor, comparabile cu cele realizate cu IVO-3 (fig. 4.20 și 4.21). Viteza de

execuție a subtraversărilor, realizată cu acest echipament, descrește liniar cu lungimea vibroforajului executat cu echipamentul modernizat. De aceea este indicat a se folosi la executarea vibroforajelor cu lungimi mari, iar datorită rezistenței mici pe care o opune terenul în timpul vibroforării, datorită construcției sale, se pretează la executarea vibroforajelor cu diametri mari, cel mai mare executat până în prezent fiind de 650 mm (conf. §4.4, fig. 4.21).

Prin posibilitatea practică de creștere a vitezei de lucru a instalației IVO-1 este posibil să se mărească proporțional și vitezele de vibroforare și de execuție cu acest echipament, ceea ce ar conduce la o productivitate superioară.

La lucrările executate cu ocazia experimentării tehnologiei de lucru cu **echipamentul modernizat și IVO-1** și la alte lucrări executate pentru producție, s-a constatat că și la terenurile necoezive sau slab coezive stabilitatea forajului s-a păstrat până la pozarea tubului de protecție. **Acest fapt conduce la concluzia că se pot executa vibroforaje cu această tehnologie fără să fie nevoie de sprijiniri și de restricții de circulație pe căile de comunicație pe care le subtraversează, aspect deosebit de benefic.**

În urma studiilor și cercetărilor efectuate și a prelucrării datelor înregistrate cu această ocazie **s-au stabilit de către autor o serie de relații de calcul** pentru determinarea timpilor de execuție sau a vitezelor de execuție a vibroforajelor cu utilajele, echipamentele sau tehnologiile de lucru concepute și experimentate. Relațiile 1...3, de determinare a timpului de execuție a unei vibropenetrări cu IVA, a vitezei de execuție a vibroforajelor cu IVA și a vitezei de execuție a vibroforajelor orizontale cu IVO-3, sunt determinate pe un număr mic de încercări, efectuate pe un singur amplasament, astfel că trebuie verificate și eventual completate în continuare pe amplasamente diferite și la parametri diferiți de funcționare a instalațiilor. Relațiile 4...12, de determinare a timpului de execuție a vibroforajelor orizontale cu IVO-1 și echipamentul modernizat, s-au stabilit în funcție de rezultatele măsurărilor efectuate la un număr de 12 vibroforaje executate pentru producție, fiecare pe alt amplasament și stratificație a terenului, așa că se poate considera că au un nivel suficient de încredere.

Capitolul 5

STUDII PRIVIND IMPLEMENTAREA UNOR CERCETĂRI ÎN PRODUCȚIE

Așa după cum s-a menționat în capitolul 3 cercetările, prezentate în această lucrare, au apărut ca o necesitate impusă de existența lucrărilor în domeniu, iar tehnologiile studiate de autor în capitolele anterioare s-au folosit la realizarea unui număr important de lucrări, în special la vibroforaje pentru subtraversări de terasamente de cale ferată sau alte căi de comunicații terestre, cu conducte pentru transportul lichidelor sau a gazelor. Unele dintre aceste lucrări, cu caracteristicile lor, se prezintă în tabelul 5.1.

Deoarece instalația vibratoare autotractată IVA a fost executată într-un singur exemplar ca model funcțional și a fost adusă, prin modificările efectuate asupra ei în timpul experimentărilor, la stadiul de prototip, apoi a fost returnată întreprinderii producătoare împreună cu documentația de execuție și cu proiectul de execuție a tuturor îmbunătățirilor în vederea executării seriei zero, nu s-a putut folosi până în prezent la executarea unor lucrări pentru producție. În aceeași situație se află instalația de vibroforare orizontală IVO-3 care după experimentare a fost declarată model funcțional.

În cele ce urmează se vor descrie un număr de trei lucrări de subtraversare executate prin vibroforare, menționate în tabelul 5.1, fiecare în parte, prezentând unele aspecte noi în ceea ce privește tehnologia de realizare, toate fiind executate cu instalația IVO-1 cu echipament modernizat pentru vibroforare.

5.1. STUDII CU PRIVIRE LA EXECUTAREA VIBROFORAJELOR PENTRU SUBTRAVERSAREA UNEI CĂI FERATE LA TIMIȘOARA CU O REȚEA TERMICĂ

Pentru alimentarea cu energie termică a unui cartier al municipiului Timișoara a fost necesară subtraversarea liniei de cale ferată Timișoara Nord - Timișoara Sud, la km 3+738, cu două conducte metalice cu diametrul de 324 mm pentru transportul energiei termice. Cele două conducte au fost introduse în două tuburi de protecție din țevă metalică, cu diametrul de 500 mm, la distanța de 1,50 m între axe și la 3,00 m sub nivelul șinelor (fig. 5.1).

În soluția inițială, prin proiectul executat de IPROTIM, era prevăzut ca subtraversarea să se realizeze printr-un tunel tehnic, executat din prefabricate din

Tabelul 5.1. Lucrări de vibroforare orizontală pentru subtraversări executate cu IVO-1 și echipament modernizat

Nr. crt.	Localitatea	Beneficiar	Contract	Lungime (m)	Diam. foraj (mm)	Diam. tub prot. (mm)	Destinație
1	Timișoara	TAGCMT	1411/88	2 x 15	550	500	rețea termică [111]
2	Deva	IEELIF	314/89	16	550	480	apă [112]
3	Beregsău	COMTIM	18849/90	17	330	219	apă [113]
4	Timișoara	UMT	2307/91	16	550	480	gaze naturale [114]
5	Oțelu Roșu	PRESCOM	29/92	12	650	600	apă [115]
6	Timișoara	SOLVENTUL	61/93	14	550	500	apă uzată [116]
7	Oradea		116/94	26	330	273	apă [117]
8	Călan	METALOTEM	108/94	18	220	150	gaze naturale [118]
9	Timișoara	RICHMOND	132/95	16	90	60 PVC	telefon [119]
10	Nădlac	SC Transp. Nădlac	44/95	15	330	219	apă [120]
11				22	440	324	canal [121]
12	Timișoara	RAD Munic.	49/96	14	440	377	canal [121]
13	Jimbolia	RADJ Timiș	68/96	18	440	377	canal [121]
14				18	330	280	apă [131]

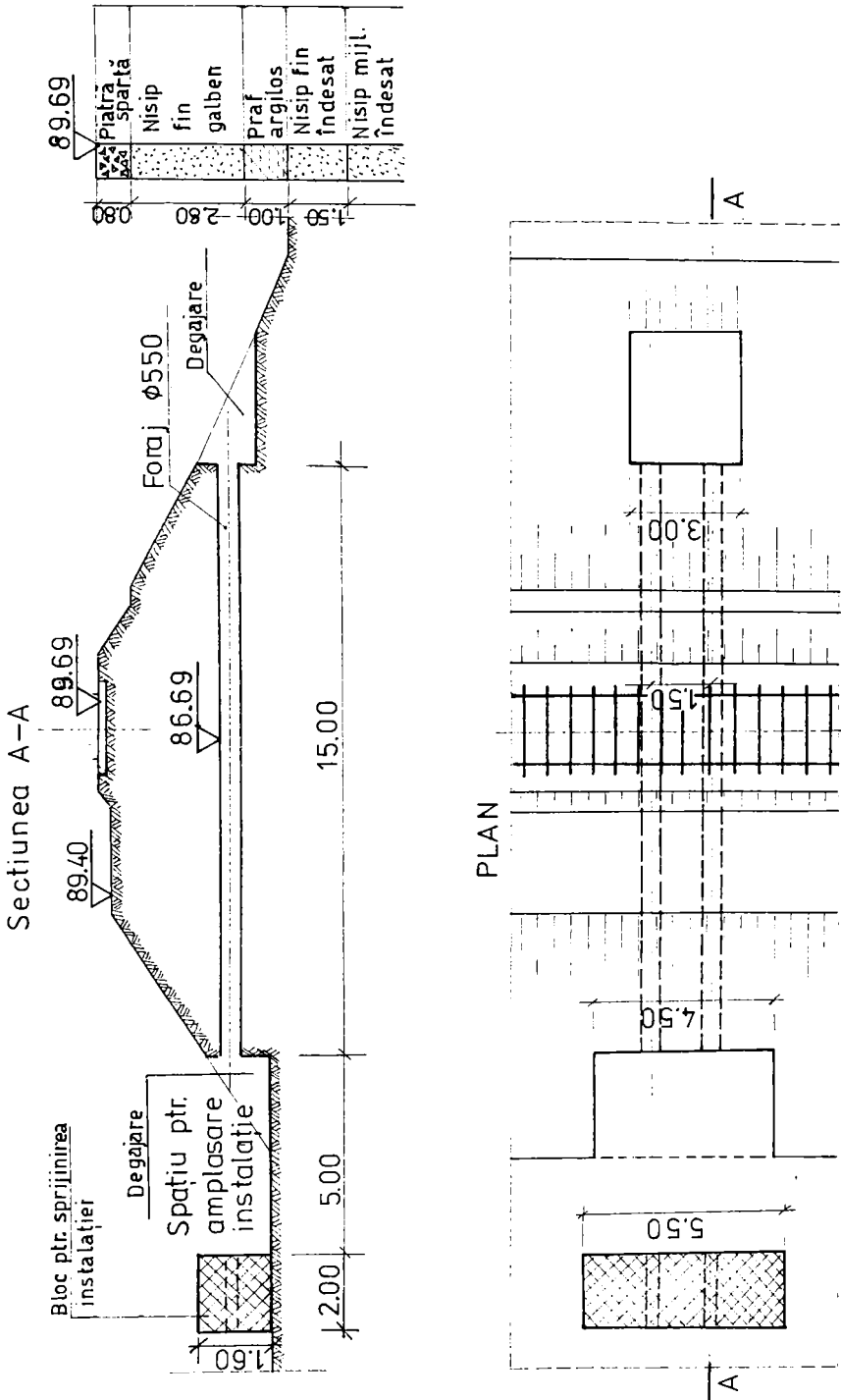


Fig. 5.1. Profilul și vederea subtraversării de cale ferată de la Timișoara

beton tip C2, vizitabil pentru întreținerea rețelei de termoficare. Canalul termic trebuia să aibă lungimea necesară în vederea dublării și electricității liniei curente. Executarea subtraversării în varianta proiectată, conform graficului de eșalonare a lucrărilor, ar fi necesitat un timp de șase luni, ceea ce nu ar fi permis asigurarea căldurii în cartierul nou de locuințe la termenul fixat. Din acest motiv s-a renunțat la soluția inițială de subtraversare prin tunel tehnic și s-a propus executarea subtraversării prin vibroforare, cu protejarea conductelor de transport a agentului termic în tuburi metalice, lucrare care s-a executat de către Catedra de drumuri și fundații, în baza contractului nr.1411/88 [111].

La data respectivă instalația de vibroforare IVO-1, existentă la catedră, era dotată cu echipamentul modernizat de vibroforare, conceput de autor, cel mai mare cuțit circular de tăiere având diametrul de 550 mm, fiind astfel îndeplinită condiția tehnică de realizare a vibroforajelor cu diametrul necesar pozării tuburilor de protecție cu diametrul de 500 mm.

În zona de subtraversat terasamentul căii ferate este realizat în rambleu, cu înălțimea de 4,50 m de la nivelul terenului natural. Deoarece vibroforajele trebuiau executate deasupra terenului natural, s-a impus necesitatea **studierii modalității de așezare și sprijinire a instalației** pentru executarea vibroforajelor, având în vedere faptul că reacțiunile care apar în timpul vibroforării trebuie preluate. În situația în care vibroforajul se execută sub nivelul terenului, platforma de așezare a instalației se află la 80 cm sub nivelul axului vibroforajului, astfel că instalația se poate sprijini în pereții gropii de amplasare ceea ce permite transmiterea reacțiunilor prin intermediul sprijinirilor la pereții gropii, conform tehnologiilor prezentate în §3.4.3.

După analizarea condițiilor concrete de la fața locului, s-a hotărât săparea unui prism de pământ în rambleul căii astfel ca platforma de așezare a instalației să se afle la 80 cm sub axul vibroforajului iar deasupra axului vibroforajului să mai existe cel puțin 60 cm de perete vertical, necesar sprijinirii părții din față a instalației. În vederea sprijinirii părții posterioare a instalației, s-a realizat un masiv cu dimensiunile de 2,00 x 5,00 x 1,60 m din blocuri de beton care existau pe șantier, în vederea folosirii ca suporturi pentru conductele de transport (fig. 5.1)

În timpul executării primului vibroforaj s-a constatat că masivul din blocuri de beton a trebuit să aibă lățimea de 2,00 m și înălțimea de cel puțin 1,60 m pentru a rezista reacțiunilor transmise de instalație. Masivul s-a realizat prin așezarea suporturilor din beton unul peste altul, cu asigurarea unui spațiu liber necesar trecerii echipamentului de lucru.

Pentru ca direcția de vibroforare să nu se schimbe la tăierea suprafeței cilindrice, a fost necesar ca în partea opusă instalației, pe zona de început a vibroforajului unde rambleul este realizat în taluz, să se execute o degajare în rambleu, aceasta asigurând un perete vertical, perpendicular pe direcția vibroforajului.

În același timp cu studierea posibilității de amplasare a instalației pentru lucru s-a efectuat și **studiul geotehnic** pentru determinarea stratificației rambleului, printr-un sondaj executat de la nivelul terasamentului CF. S-a constatat că acesta este realizat din praf argilos cafeniu, nisip fin argilos galben și umplutură din piatră spartă și nisip, așa cum se observă pe fig. 5.1. Deoarece vibroforajul pentru subtraversare

trebuia executat în stratul de **nisip fin argilos galben, cu $I_D = 0,81$** , la contactul cu stratul de praf argilos cafeniu, s-a considerat, pe baza rezultatelor obținute anterior la executarea unor lucrări în terenuri asemănătoare, că se poate forța și în acest teren.

Pentru executarea vibroforajelor s-a considerat că se poate folosi tehnologia de lucru stabilită de autor și prezentată în §3.4.3 având în vedere faptul că la lucrări executate anterior cu diametri mai mici s-a constatat că forța de presare a instalației nu a fost folosită la maxim în timpul vibroforării și a pozării tubului de protecție, iar volumul de pământ necesar a fi extras, prin creșterea diametrului vibroforajului de la 440 la 550 mm crește doar de 1,28 ori față de cel extras la vibroforajul cu diametrul de 440 mm.

Odată cu verificarea posibilității de vibroforare cu cuțitul circular cu diametrul de 550 mm s-a mai urmărit: cronometrarea timpului de lucru necesar realizării vibroforajului la diametrul respectiv în vederea determinării vitezei de execuție, necesarul de forță de muncă și dacă forța perturbatoare a vibrogeneratorului și forța de presare a cilindrilor hidraulici permit executarea vibroforajului.

După asigurarea tuturor condițiilor necesare executării subtraversărilor, s-a trecut la executarea primei subtraversări (vibroforarea și pozarea tubului de protecție) care s-a realizat în cinci zile, datorită deselor întreruperi cauzate de: cedarea masivului de sprijinire a instalației și devierea direcției de vibroforare, defectarea grupului electric de alimentare a instalației cu energie electrică, în zona respectivă neexistând posibilitatea racordării instalației la rețeaua electrică.

Cea de a doua subtraversare s-a executat în trei zile, de această dată putându-se lucra continuu datorită experienței acumulate pe parcursul executării primei subtraversări, timpii de realizare pe faze de lucru a vibroforajului și de pozare a tubului de protecție fiind înregistrați în tabelul 5.2.

Din datele prezentate în tabel, pentru lungimea forajului de 15,00 m, s-a realizat o **viteză de vibroforare de 0,68 m/oră** și o **viteză de execuție a subtraversării**, unde este inclus și timpul consumat pentru pozarea tubului de protecție, **de 0,625 m/oră**. Deoarece nu există vibroforaje executate cu carotire cu diametru de 550 mm nu există posibilitatea comparării vitezei de execuție realizată cu echipamentul modernizat.

Timpul consumat pentru execuție a fost de:

- două zile (o zi de lucru fiind echivalentă cu 8 ore), pentru pregătirea locului de amplasare, de sprijinire a instalației și de alimentare cu curent a vibrogeneratorului și a grupului hidraulic, de la un generator de curent electric;

- cinci zile pentru vibroforarea și pozarea tubului de protecție pentru prima subtraversare;

- trei zile pentru vibroforarea și pozarea tubului de protecție la cea de a doua subtraversare;

- o zi pentru demontarea și scoaterea instalației de pe poziție.

Dacă la acest timp se mai adaugă trei zile pentru prelungirea tuburilor de protecție și a conductelor de transport la lungimea prevăzută în proiect pentru subtraversare, se obține un timp total de 14 zile a 8 ore, în care s-a lucrat în zona căii

ferate pentru subtraversare în loc de 6 luni, cu 8 ore pe zi, prevăzute inițial în proiectul de execuție, deci s-a realizat o reducere a timpului de execuție de 13 ori.

**Tabelul 5.2. Timp de realizare a vibroforajului și a subtraversării
CF la Timișoara
Cuțit circular cu D=550 mm, L=15,00 m**

Diam. (mm)	Operații	Timp (min)		Timp cumulat (ore)
		Parțial	Pe faze	
220	Străpungere cu con și tăiere cu cuțit cu D=220 mm	146	146	2,43
	Introducere echipament și extragere material de 2 ori	2 x 95	190	6,60
330	Introducere echipament și tăiere cu cuțit cu D=330 mm	110	110	8,43
	Introducere echipament și extragere material de 2 ori	2 x 95	190	11,60
440	Introducere echipament și tăiere cu cuțit cu D=440 mm	115	115	13,52
	Introducere echipament și extragere material de 2 ori	2 x 100	200	16,85
550	Introducere echipament și tăiere cu cuțit cu D=550 mm	115	115	18,77
	Introducere echipament și extragere material de 2 ori	2 x 95	285	21,93
500	Introducere echipament și pozare tub cu. D=500 mm	125	125	24,00

La executarea vibroforajelor, au lucrat doar 4 muncitori, din care unul pentru menținerea grupului electric în funcțiune. În cazul în care instalația este legată direct la rețeaua electrică, sunt necesari doar trei muncitori.

Dacă se analizează valorile timpilor înregistrați în tabelul de mai sus, se observă că timpul consumat pentru străpungerea terasamentului cu con și tăierea suprafeței cilindrice cu diametrul de 220 mm este mai mare decât cel consumat pentru introducerea echipamentului în interiorul forajului și tăierea suprafeței cilindrice cu diametrul de 330 mm. Acest lucru este datorat faptului că la străpungerea terasamentului, deci prima fază de lucru conform tehnologiei, timpul auxiliar este mai mare pentru că trebuie să se înfileteze tije prelungitoare și conurile. La lungimea de 15 m a forajului, la care este necesar a se înfileta opt tije și două conuri, timpul auxiliar este de circa 30 min. astfel că pentru înfigerea conului și tăierea suprafeței cilindrice s-au consumat doar circa 106 min. Acest timp este aproximativ egal cu cel de introducere a echipamentului în foraj și de tăiere a suprafeței cilindrice cu diametrul de 330, 440 și 550 mm, ceea ce conduce la concluzia că viteza de tăiere, respectiv de

vibroforare, depinde mai puțin de diametrul cuțitului și mai mult de caracteristicile utilajului, respectiv de viteza de înaintare sau de retragere asigurată de instalația hidraulică.

Dacă se analizează mărimea timpului consumat pentru extragerea pământului din foraj în raport de mărimea timpului de introducere a echipamentului și de tăiere a suprafeței cilindrice, se constată că și acestea sunt aproximativ egale, iar viteza realizată la extragerea materialului din foraj depinde în cea mai mare măsură de caracteristicile utilajului.

Având în vedere cele menționate mai sus se justifică interesul acordat de autor, pe parcursul lucrării, de a îmbunătăți caracteristicile tehnice ale instalațiilor, respectiv de a mări viteza de deplasare a vibrogeneratorului atât la mersul în gol cât și la mersul în sarcină (§4.2.1).

Valoarea de deviz de 290000 lei, estimată de proiectant pentru executarea subtraversării, a fost diminuată la 93000 lei prin soluția adoptată, deci la 32% din cea estimată prin proiectul inițial, prin folosirea acestei tehnologii costurile reducându-se de 3,12 ori.

Datorită faptului că extragerea pământului din foraj și pozarea tubului de protecție s-au putut face cu folosirea intermitentă a vibrogeneratorului s-a tras concluzia că **se poate foră și la diametri mai mari**, cu condiția construirii unor cuțe circulare cu diametre corespunzătoare. Acest lucru a fost realizat peste puțin timp, așa cum se va vedea din paragraful următor, la o altă lucrare

5.2. STUDIU ȘI PROIECTARE CU PRIVIRE LA EXECUTAREA VIBROFORAJULUI PENTRU SUBTRAVERSAREA CĂII FERATE CU O CONDUCTĂ DE APĂ ÎN LOCALITATEA OȚELU-ROȘU

Pentru satisfacerea necesarului de apă a localității Oțelu-Roșu, capacitatea de transport existentă la data respectivă fiind insuficientă, s-a executat o aducțiune cu un diametru de 400 mm, de la rezervorul de înmagazinare existent până în zona centrală a orașului. Lungimea aducțiunii este de 2.600 m. În zona gării Oțelu-Roșu, la km 20+415 a căii ferate Caransebeș-Bouřari, s-a executat o subtraversare a căii ferate [115].

Proiectul inițial, întocmit de Atelierul de proiectare a Regionalei CF Timișoara, prevedea executarea subtraversării prin pozarea unui tub metalic de protecție cu diametrul de 600 x 10 mm într-un șanț deschis săpat în terasamentul căii ferate. Prin proiect s-a solicitat ca tubul metalic de protecție să fie pozat cu panta de 1 % pentru a permite evacuarea eventualelor infiltrații de apă pe lungimea conductei de transport, iar capetele lui să poată fi înglobate în două cămine de vane. Tubul trebuia pozat astfel ca partea superioară să se afle la cel puțin 1,50 m sub nivelul șinei.

S-a prevăzut ca lucrările de subtraversare să se execute sub protecția unui podeț provizoriu U5, cu restricție de viteză la 25 km/oră, săpăturile fiind prevăzute a se executa la adăpostul unor sprijiniri consolidate cu cadre din lemn de rășinoase cu D = 20 cm.

Conform graficului de eşalonare, execuția subtraversării în varianta proiectată inițial, trebuia să se termine în patru decade, cu restricție de viteză pe o perioadă de trei decade, așa cum se prezintă în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3. Grafic de eşalonare a execuției subtraversării căii ferate la Oțelu-Roșu

Denumire lucrare	Durata de execuție (decade)			
	I	II	III	IV
Organizare de șantier	6 zile a 8 ore -----		4 zile a 8 ore -----	
Pozare tub de protecție	40 de zile a 8 ore -----			
Restricție de viteză	30 de zile a 8 ore -----			
Podet provizoriu tip U5	30 de zile a 8 ore -----			

Regionala de căi ferate Timișoara nefiind de acord cu restricția de viteză pe o perioadă așa mare, având interes în transportul la timp a materialelor dintr-o parte în alta, a impus ca subtraversarea să se realizeze în maxim 15 zile, restricția de viteză neacordându-se pe o perioadă de timp mai mare.

Pentru a se încadra în termenul impus, beneficiarul lucrării a solicitat Catedrei de drumuri și fundații din cadrul Facultății de Construcții executarea unui vibroforaj și pozarea tubului de protecție cu instalația din dotare (IVO-1).

După studierea proiectului subtraversării și a terenului în care trebuia să se execute vibroforajul pentru subtraversare s-a acceptat executarea lucrării, dar cu diametrul maxim al tubului de protecție de 500 mm, așa cum s-a procedat la o lucrare anterioară (§5.1). Proiectantul general nu a fost de acord cu reducerea diametrului tubului de protecție, de aceea s-a luat de către autorul prezentei lucrări de doctorat, inițiativa executării unui cuțit circular cu diametrul de 650 mm, care să completeze echipamentul modernizat, existent la data respectivă pentru executarea vibroforajelor și să se studieze posibilitatea realizării vibroforajului cu diametrul respectiv. Această creștere a diametrului cuțitului circular de tăiere s-a considerat că este posibilă, deoarece volumul de pământ necesar a fi extras la diametrul vibroforajului de 650 mm crește doar de 1,10 ori față de volumul extras la diametrul de 550 mm.

În urma studiului profilului litologic al terenului din zona subtraversării a rezultat că vibroforajul trebuie să se execute la cota - 3,00 m față de șina de cale ferată, unde există un strat de nisip fin cu rar pietriș îndesat cu $I_D=0,78$ și granulozitate foarte uniformă, $U_n = 4$, a cărui grosime este de 1,70 m (fig. 5.2).

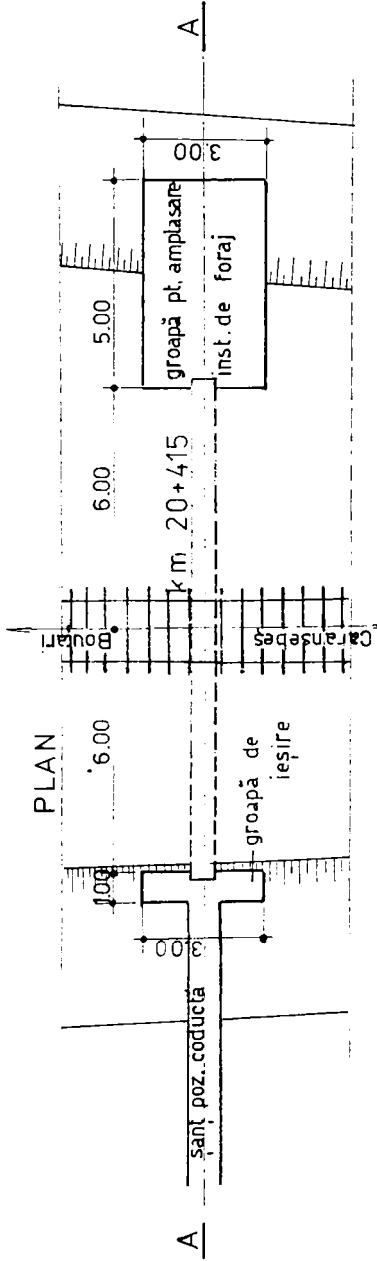
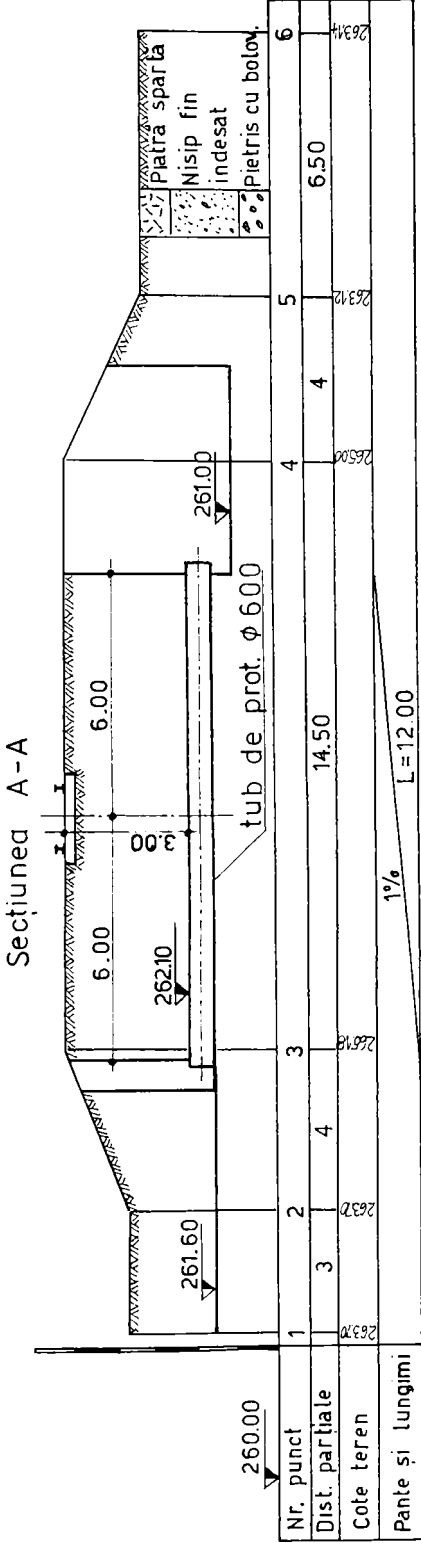


Fig. 5.2. Secțiune și plan prin subtraversarea căii ferate executată la Oțelu-Roșu

După stabilirea celor de mai sus, s-a trecut la realizarea sutraversării prin săparea gropii de amplasare a instalației și a gropii de ieșire a echipamentului, a căror margini s-au executat la distanța minimă de 6,00 m față de axul căii ferate, necesară asigurării stabilității acesteia. Săpătura pentru groapa de intrare și de ieșire, conform tehnologiei de lucru (§3.4.3), s-a executat doar după introducerea restricției de viteză și montarea podețului provizoriu, operații impuse de Regionala CF Timișoara.

S-a urmărit în mod special ca groapa de amplasare a instalației să se sape până la nivelul de separație dintre stratul de nisip fin cu rar pietriș îndesat și stratul de pietriș cu bolovăniș, astfel ca vibroforajul, a cărui ax se află la 80 cm deasupra acestui nivel, să străbată doar stratul de nisip fin.

La această lucrare s-a studiat, în primul rând, dacă există posibilitatea executării vibroforajului cu diametrul de 650 mm și apoi cronometrarea timpului de lucru pe faze pentru determinarea vitezei de execuție. În același timp s-a urmărit stabilitatea forajului executat în stratul de nisip fin cu rar pietriș îndesat, existent în zona respectivă.

Vibroforarea s-a realizat fără nici un incident și cu panta de 1 %, solicitată de proiectantul general. Se menționează faptul că pentru extragerea materialului din interiorul vibroforajului, după tăierea terenului cu cuțitele circulare cu diametri de 550 și 650 mm, au fost necesare trei faze succesive, volumul de material tăiat considerându-se a fi prea mare pentru a se putea extrage doar în două faze.

Timpii cronometrați pe faze de lucru sunt prezentați în tabelul 5.4. Alimentarea cu curent electric a instalației de forare s-a făcut de la un tablou de distribuție alimentat de la rețeaua orașului, astfel că nu au existat întreruperi în timpul execuției vibroforajului.

Analizându-se și de această dată mărimea timpilor pe faze de lucru se constată, ca și la lucrarea prezentată în §5.1, că timpul necesar străpungerii terasamentului cu con și tăierii suprafeței cilindrice cu diametrul de 220 mm este aproximativ egal cu cel de introducere a echipamentului și de tăiere la diametri de 330, 440, 550 și 650 mm. De asemenea, timpul de introducere a echipamentului și de extragere a materialului tăiat este aproximativ același. Din cele menționate se desprinde, și de data aceasta, concluzia că acești timpi depind în cea mai mare măsură de viteza de lucru a instalației.

Dacă se compară timpul consumat pentru tăiere cu cel consumat pentru extragere se constată că primul este sensibil mai mare decât al doilea, acest lucru fiind explicabil; deoarece extragerea se face în două sau trei faze succesive, deci nu necesită o forță mare de presare.

Pentru a determina influența terenului, respectiv a gradului de îndesare, asupra vitezei de vibroforare, determinată pentru vibroforajele cu diametrul de 550 mm la cele două sutraversări, se constată că se obține o viteză de 0,68 m/oră la executarea vibroforajului în stratul de nisip fin argilos cu $I_D = 0,81$ (tab. 5.2) și de 0,72 m/oră la executarea vibroforajului în stratul de nisip fin cu rar pietriș îndesat cu $I_D = 0,78$ (tab. 5.4). Valorile vitezelor sunt sensibil diferite, deci gradul de îndesare are o oarecare influență asupra vitezei de vibroforare

Tabelul 5.4. Timpi de realizare a vibroforajului cu D=650 mm pentru subtraversarea căii ferate la Oțelu-Roșu cu o conductă de alimentare cu apă, cu lungimea de 12 m

Diam. (mm)	Operații	Timp (min)		Timp cumulat (ore)
		parțial	pe faze	
0	1	2	3	4
220	Străpungere cu con și tăiere cu cuțit cu D=220 mm	120	120	2,00
	Introducere echipament și extragere material de 2 ori	2 x 75	150	4,50
330	Introducere echipament și tăiere cu cuțit cu D=330 mm	85	85	5,92
	Introducere echipament și extragere material de 2 ori	2 x 75	150	8,42
440	Introducere echipament și tăiere cu cuțit cu D=440 mm	85	85	9,83
	Introducere echipament și extragere material de 2 ori	2 x 75	150	12,33
550	Introducere echipament și tăiere cu cuțit cu D=550 mm	85	85	13,75
	Introducere echipament și extragere material de 3 ori	3 x 75	225	16,50
650	Introducere echipament și tăiere cu cuțit cu D=650 mm	85	85	17,75
	Introducere echipament și extragere material de 3 ori	3 x 75	225	20,50
600	Introducere echipament și pozare tub cu D=600 mm	120	120	22,50

Tot din tabelul 5.4 se observă că pozarea tubului de protecție cu diametrul de 600 mm s-a realizat în două ore, timp care include și operațiile de introducere a echipamentului în foraj, prinderea tubului de protecție de echipament și tragerea tubului în foraj. Pozarea tubului de protecție în foraj s-a făcut cu ajutorul presării, iar pe ultimii trei metri cu presare și vibrare deoarece doar presarea nu a fost suficientă pentru depășirea forței de frecare dintre tubul izolat cu emulsie bituminoasă și pereții forajului.

Comparând vitezele de pozare a tuburilor de protecție la cele două subtraversări prezentate mai sus, se observă că la pozarea tubului cu diametrul de 500 mm s-a realizat o viteză de 7,07 m/oră (tab. 5.2) iar la pozarea tubului cu diametrul de 600 mm s-a realizat o viteză de 6,00 m/oră. Această scădere a vitezei de pozare a tubului cu diametrul de 600 mm se explică prin suprafața mai mare de frecare dintre tub și pereții vibroforajului.

Ca un element deosebit se menționează faptul că pereții forajului nu s-au surpat la folosirea vibrării cu toate că terenul în care s-a executat vibroforajul este constituit din nisip, acest lucru datorându-se probabil umidității naturale a nisipului.

Viteza de vibroforare realizată a fost de 0,58 m/oră iar viteza de execuție de 0,53 m/oră, ceea ce se consideră foarte bine având în vedere faptul că timpul necesar pentru executarea propriu-zisă a subtraversării a fost doar de trei zile.

La executarea subtraversării cu această tehnologie au lucrat trei muncitori, spre deosebire de soluția inițială prin care s-a prevăzut un număr de șase muncitori.

Cu toate că valoarea de deviz a crescut la 990000 lei, de la 780000 cât s-a estimat inițial (în prețuri la nivelul anului 1992), prin reducerea timpului de execuție de la 40 zile cât s-a prevăzut inițial prin graficul de eșalonare a lucrării la 8 zile, s-a realizat o productivitate de ~100000 lei/zi față de ~20000 lei/zi în soluția inițială.

Timpul total de realizare a subtraversării a fost de opt zile, mai mic cu 6 zile decât cel acordat de Regionala CF și cu 22 zile decât cel prevăzut prin soluția inițială, din care două zile pentru săparea gropilor necesare conform tehnologiei de lucru stabilită de autor și prezentată în §3.4.3 și introducerea podețului provizoriu în linie după asigurarea re restricției de viteză, trei zile efective pentru vibroforare și pozarea tubului de protecție și încă o zi pentru scoaterea instalației și a podețului provizoriu la care se mai adaugă două zile de sfârșit de săptămână. Ca atare după 8 zile, de la începerea lucrării, s-a putut ridica restricția de viteză, cu șase zile mai devreme de termenul stabilit de Regionala CF.

În concluzie, se apreciază că se pot executa vibroforaje cu diametrul de 650 mm și chiar mai mare, cu instalația IVO-1 și echipamentul modernizat. Folosirea acestei tehnologii conduce la creșterea productivității muncii și la reducerea substanțială a timpului de lucru față de soluția de realizare în șanț deschis.

5.3. STUDIU ȘI PROIECTARE CU PRIVIRE LA EXECUTAREA VIBROFORAJULUI SUBTRAVERSĂRII DN ORADEA-SATU MARE CU O CONDUCTĂ DE APĂ

Pentru alimentarea cu apă a unei noi platforme industriale din municipiul Oradea a fost necesară subtraversarea drumului național Oradea-Satu Mare cu o conductă de transport a apei cu diametrul de 127 x 5 mm, pozată într-un tub de protecție cu diametrul de 273 x 8 mm.

Drumul național fiind intens circulat în zona respectivă Direcția Regională de Drumuri Naționale Cluj Napoca nu a permis executarea subtraversării prin săpătură deschisă ceea ce a necesitat ca aceasta să se facă prin forare.

Deoarece drumul are în zona de subtraversat lățimea de 13,00 m, lungimea minimă a vibroforajului trebuia să fie de 15,00 m pentru ca să nu fie deranjat acostamentul cu lățimea de 1,00 m, pe ambele părți ale drumului [117].

Studiindu-se natura terenului din zona respectivă, care este constituit dintr-o argilă prăfoasă plastic vârtoasă, cu $I_c = 0,82$ și cu grosimea de 1,60 m, sub un strat

de umplură cu grosimea de 80 cm, s-a recurs la vibroforarea cu instalația IVO-1 existentă la catedră și cu echipamentul modernizat din dotare. Pentru executarea subtraversării s-a săpat groapa de amplasare a instalației la adâncimea de 2,55 m sub nivelul platformei drumului. Această adâncime s-a stabilit din condiția ca axul forajului, executat la 1,95 m sub nivelul drumului, să treacă pe sub cablul telefonic situat la aproximativ -1,20 m și pe deasupra conductei de canalizare situată undeva în apropierea axului drumului, la aproximativ -2,70 m față de platforma drumului (fig. 5.3).

Deoarece conducta de aducțiune a apei trebuia să subtraverseze în continuare trotuarul și o platformă pietruită cu lățimea de 8,00 m, situată în curtea unei fabrici, la solicitarea beneficiarului s-a hotărât **studierea posibilității de a se executa vibroforajul, cu tehnologia stabilită de autorul lucrării, pe sub drum, trotuar și platformă.** În acest fel lungimea totală a forajului a ajuns la 26,00 m, până la ieșirea prin taluzul natural din curtea fabricii. În aceste condiții groapa de ieșire, situată la marginea drumului, a devenit groapă intermediară pentru verificarea direcției de forare și pentru extragerea materialului tăiat pe ultimul tronson cu lungimea de 10,00 m a vibroforajului. În acest fel s-a verificat posibilitatea executării unui vibroforaj cu lungimea de 26,00 m, prin tehnologia de lucru cu groapă intermediară, folosită anterior la executarea unui vibroforaj cu instalația IVO-1 și carotieră (§2.5.2).

Subtraversarea s-a executat cu instalația IVO-1 fixată într-o singură poziție, cu echipamentul modernizat, pe toată lungimea de vibroforare cu diametrul de 330 mm. După străpungerea terasamentului cu conul de penetrare și verificarea menținerii direcției de vibroforare, s-a executat vibroforajul cu diametrul de 220 mm. Se menționează că extragerea materialului din foraj s-a făcut doar prin două faze succesive, acest lucru datorându-se gropii intermediare în care s-a extras materialul tăiat de pe o lungime a forajului de 10,00 m, restul materialului de pe lungimea de 15,00 m extrăgându-se în groapa de amplasare a instalației, astfel că vibroforajul se poate considera ca un vibroforaj cu lungimea de 16 m și un vibroforaj cu lungimea de 10 m..

După executarea vibroforajului cu diametrul de 220 mm a urmat faza de tăiere a terenului cu cuțitul circular cu diametrul de 330 mm și extragerea pământului tăiat în două faze, în cele două gropi.

Pozarea tubului de protecție s-a făcut **sub efectul presării pe primii 20,00 m și sub efectul presării și vibrării pe ultimii 6,00 m.** Se menționează faptul că pe terenul din spatele instalației nu au existat construcții astfel că în timpul forării nu a fost nevoie să se desfileze tot tronsonul de tije prelungitoare la fiecare fază de lucru. Timpii cronometrați pe faze de lucru și timpul cumulată de execuție sunt consemnați în tabelul 5.5.

Comparând și de această dată timpul necesar străpungerii terasamentului și tăierii cu cuțitul circular cu diametrul de 220 mm cu timpul necesar introducerii echipamentului în vibroforaj și tăierii cu cuțitul cu diametrul de 330 mm se constată că primul este mai mare, datorându-se și de această dată, operațiilor auxiliare de înfilare a tijelor prelungitoare. Timpul de introducere și de tăiere este mai mare decât timpul necesar extragerii materialului tăiat, deoarece această operație se face în două faze.

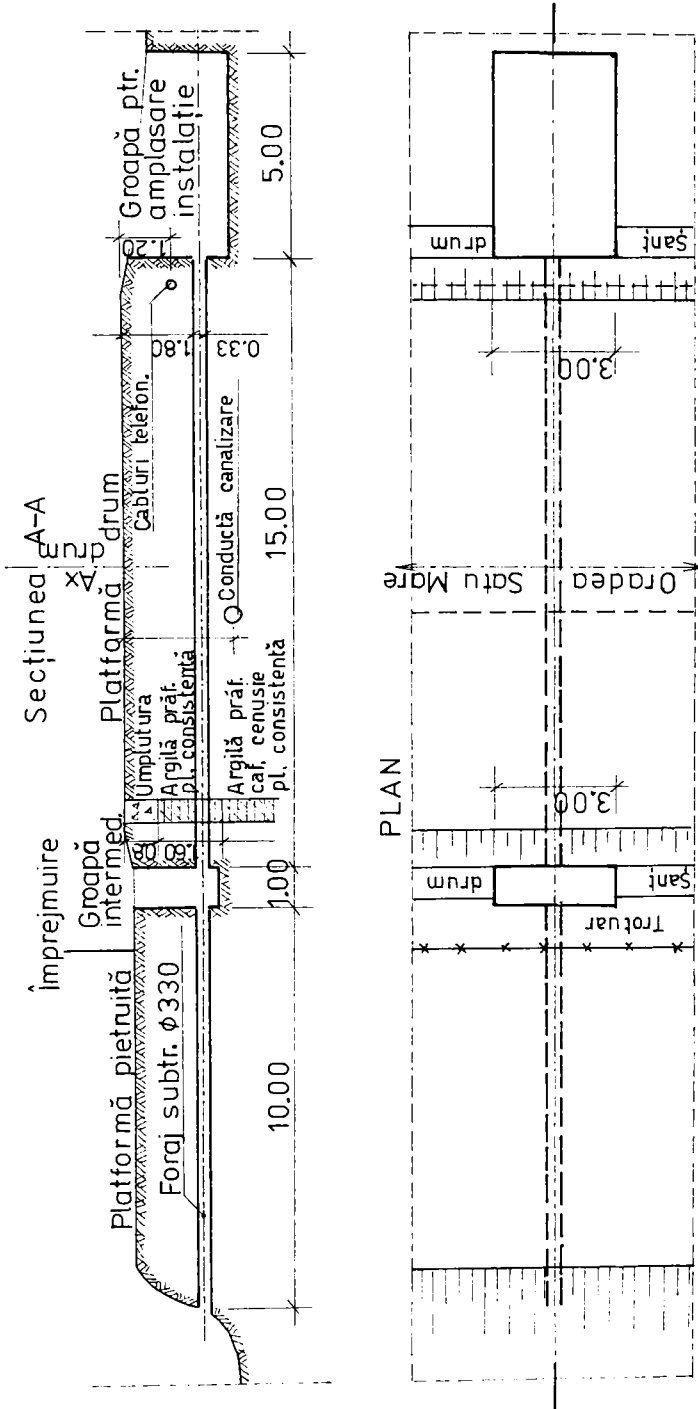


Fig. 5.4. Profil și vedere pentru subtraversarea DN Oradea-Satu Mare

Tabelul 5.5. Timpii de realizare a vibroforajului cu D=330 mm pentru subtraversarea DN Oradea - Satu Mare cu o conductă de alimentare cu apă, cu lungimea de 26,00 m

Diam. (mm)	Operații	Timp (min)		Timp cumulat (ore)
		parțial	pe faze	
220	Străpungere cu con și tăiere cu cuțit cu D=220 mm	270	270	3,30
	Introducere echipament și extragere material de 2 ori	2 x 180	360	9,30
330	Introducere echipament și tăiere cu cuțit cu D=330 mm	190	190	12,40
	Introducere echipament și extragere material de 2 ori	2 x 175	350	18,50
289	Introducere echipament și pozare tub de protecție D=289 mm	210	210	22,00
137	Introducere echipament și pozare conductă transport cu D137 mm, odată cu desfiletarea echipament.	190	190	25,17

Dacă se calculează viteza de pozare a tubului de protecție se obține valoarea de 7,42 m/oră, mai mare decât cele două valori menționate în §5.2, datorită diametrului mai mic al tubului, deci suprafeței mai mici de frecare dintre tub și teren.

Conform timpilor înregistrați în tabelul 5.5, **viteza de vibroforare realizată a fost de 1,35 m/oră iar viteza de execuție de 1,14 m/oră.**

Se menționează că timpii măsurați și prezentați în tab. 5.2, 5.4 și 5.5 au fost folosiți pentru stabilirea diagramelor de variație a timpului de vibroforare și a timpului de execuție a vibroforajelor executate cu IVO-1 și echipamentul modernizat pentru vibroforare (fig. 4.17 și 4.18, §4.4).

Cu toate că la această subtraversare nu s-a lucrat sub presiunea încadrării într-un timp oarecare impus de condiții speciale timpul total de execuție a fost de 10 zile, din care două zile pentru săparea gropilor și amplasarea instalației, trei zile pentru vibroforarea propriu-zisă, două zile pentru pozarea tubului de protecție și a conductei de transport și o zi pentru scoaterea instalației de pe poziție și umplerea gropilor, la care se adaugă două zile de pauză la sfârșit de săptămână.

În concluzie se apreciază că, prin folosirea unei tehnologii adecvate fiecărei situații din teren, **se pot executa vibroforaje cu lungimi de până la 30,00 m** cu instalația IVO-1 și echipamentul modernizat, reducându-se totodată timpul de execuție a vibroforajului și implicit a subtraversării.

5.4. CONCLUZII DESPRINSE DIN PREZENTAREA A 3 CAZURI DE SUBTRAVERSĂRI STUDIAȚE ȘI REALIZATE DE AUTOR

În decursul timpului, de la punerea în funcțiune a instalației IVO-1, s-au executat peste zece vibroforaje pentru realizarea subtraversărilor de cale ferată prin metoda vibroforării cu carotieră [50], [61], [62], [63] și alte treisprezece vibroforaje pentru executarea subtraversărilor de terasamente de cale ferată sau drumuri cu IVO-1 și echipamentul modernizat pentru vibroforare [110], [112], [113], [116], [119], [121], [131].

Motivele pentru care s-au ales cele trei lucrări menționate mai sus sunt:

- vibroforajul pentru subtraversarea de la Timișoara a fost **primul vibroforaj** care s-a executat într-un rambleu, motiv pentru care instalația de vibroforare a trebuit să fie fixată deasupra terenului natural și nu în groapă și la care s-au executat **două vibroforaje paralele** la distanța de 1,50 m între axuri, cu echipamentul modernizat de vibroforare;

- vibroforajul pentru subtraversarea de la Oțelu Roșu a fost **primul vibroforaj executat cu diametrul de 650 mm** în teren necoeziv;

- vibroforajul pentru subtraversarea de la Oradea a fost **primul vibroforaj executat**, cu echipamentul modernizat pentru vibroforare, **prin tehnologia de lucru cu groapă intermediară**, folosită de autor la vibroforarea cu carotiera (§2.5.2)

Pentru a scoate în evidență avantajele executării subtraversărilor prin vibroforare, față de subtraversările executate prin săpătură deschisă, se prezintă în tabelul 5.6 timpii de execuție și valorile de deviz, prevăzute și realizate, pentru subtraversarea prezentată în §2.5.2 și pentru cele trei subtraversări prezentate în acest capitol.

Tabelul 5.6. Valori comparative pentru subtraversări

Subtraversarea	Timp de execuție		Valoare de deviz (lei)	
	soluție clasică	prin vibroforare	soluție clasică	realizată prin vibrof.
Subtraversare CF la Deva D=477 mm L = 24,00 m	5 luni	16 zile a 8 ore	276.000	85.000
Subtraversare CF la Timișoara D=550 mm L = 15,00 m x 2	6 luni	14 zile	290.000	93.000
Subtraversare CF la Oțelu Roșu D=650 mm L = 12,00 m	1 lună	8 zile	20000/zi 780.000	10000/zi 990.000
Subtraversare DN la Oradea D=330 mm L = 26.00 m	4 zile/ 15 m	5 zile/ 26 m	40000/m 600.000	31000/m 800.000

Analizând valorile din tabelul de mai sus se constată o serie de avantaje ale executării subtraversărilor prin vibroforare față de metodele clasice de executare prin săpătură deschisă. Pentru subtraversarea de la Deva, prezentată în §2.5.2, timpul

de execuție prin vibroforare cu instalația IVO-1 și carotieră a fost de 11 % din timpul de execuție în săpătură deschisă iar valoarea de deviz doar de 31 % din valoarea prevăzută pentru executarea în săpătură deschisă.

Pentru subtraversarea CF la Timișoara timpul de execuție prin vibroforare cu instalația IVO-1 și echipament modernizat a fost doar de 8 % din timpul de execuție în canal tehnic iar valoarea de deviz a fost de 32 % din valoarea prevăzută inițial. Această subtraversare s-a executat în 14 zile față de 20 zile cât ar fi fost necesar pentru executarea cu IVO-1 și carotieră, pe lângă faptul că până la acea dată nu s-a mai executat nici un vibroforaj, folosind această tehnologie, cu diametrul de 550 mm.

Pentru subtraversarea CF la Oțelu Roșu timpul de execuție prin vibroforare cu instalația IVO-1 și echipamentul modernizat a fost de 27 % din timpul de execuție prevăzut pentru pozarea tubului de protecție în canal deschis iar valoarea de deviz a fost de 127 % din valoare prevăzută inițial. Cu toate că valoarea de deviz a crescut față de soluția inițială, metoda de executare prin vibroforare este mai avantajoasă prin faptul că conduce la:

- reducerea substanțială a forței de muncă umane de la 7 la 3 muncitori;
- reducerea consumului de material lemnos prin eliminarea sprijinirilor;
- reducerea substanțială a timpului de executare a vibroforajului,
- creșterea productivității muncii de la 20000 lei/zi la 100000 lei/zi.

Executarea vibroforajului prin metoda prezentată, față de vibroforarea cu IVO-1 și carotieră, este mai avantajoasă în primul rând prin diametrul mai mare realizat față de diametrul maxim al carotierelor existente și în al doilea rând prin timpul mai scurt de execuție propriu-zisă, trei zile față de patru zile (§2.5.2 și 5.3).

Pentru subtraversarea DN Oradea - Satu Mare timpul de execuție prin vibroforare cu IVO-1 și echipamentul modernizat a reprezentat 72 % din timpul de execuție în săpătură deschisă, valoarea de deviz fiind de 114 % față de valoarea estimată inițial. Valoarea de deviz mărită rezultă din faptul că subtraversarea s-a executat pe o lungime de 26,00 m în loc de 15,00 m cât a fost prevăzut prin proiect. Cu toate că s-a executat un vibroforaj cu lungime mai mare s-a obținut o valoare de deviz de 31000 lei /m față de 40000 lei/m cât era necesar prin soluția clasică. Dacă se calculează valoarea de deviz realizată în funcție de lungimea prevăzută inițial de 15,00 m atunci rezultă că această valoare este de 461.000 lei, ceea ce înseamnă o reducere de 33 % față de soluția soluția inițială.

Ca și la lucrarea prezentată anterior metoda de execuție folosită este mai avantajoasă prin faptul că contribuie la:

- reducerea forței de muncă;
- eliminarea în totalitate a restricțiilor de circulație;
- eliminarea posibilității de apariție a denivelărilor care apar în timp, la executarea în săpătură deschisă, prin tasarea diferențiată a umpluturii față de zona învecinată nederanjată.

Ca o concluzie generală, se poate menționa faptul că viteza de vibroforare, în cazul folosirii echipamentului modernizat, depinde mai puțin de natura terenului în care se forează, la cele trei vibroforaje prezentate mai sus acestea variind între 2,27...2,66 m/oră pentru forajul cu diametrul de 220 mm și între 1,29...1,42 m/oră

la forajul cu diametrul de 330 mm. Aceasta depinde în primul rând de viteza de lucru a instalației, așa cum rezultă și din §4.4 și în al doilea rând de caracteristicile vibrogeneratorului. Prin cele menționate mai sus se poate justifica interesul manifestat de autor, pe tot parcursul lucrării, pentru îmbunătățirea performanțelor tehnice ale instalațiilor, echipamentelor și a tehnologiilor de lucru.

Capitolul 6

CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII

Ca urmare a dezvoltării continue a dinamicii pământurilor în general, respectiv a studiilor și cercetărilor privind comportarea pământurilor la acțiunea unor încărcări dinamice sub formă de vibrații sau vibropercuții în particular, tehnica vibrării este tot mai mult folosită pentru rezolvarea unor probleme de geotehnică și fundații.

În crearea și perfecționarea unor tehnologii, de înfigere în pământ a diverselor elemente de construcții (piloți, palplanșe, țevi metalice etc.) sau de consolidare a terenurilor slabe de fundare, bazate pe tehnica vibrării, o importanță deosebită o prezintă studiile și cercetările privind modificarea unor caracteristici geotehnice ale pământurilor sub acțiunea vibrațiilor sau a vibropercuțiilor. Din analiza fenomenelor fizice caracteristice procesului de înfigere și de extragere prin vibrații sau vibropercuții, a rezultat că acestea conduc în mare parte la reducerea frecării interne și externe a pământului. De aceea, dintre caracteristicile mecanice ale pământurilor sub acest aspect, interesează în primul rând, modul și măsura în care are loc reducerea rezistenței la forfecare, respectiv a parametrilor acesteia (unghiul frecării interioare și coeziunea specifică), sub acțiunea vibrațiilor sau a vibropercuțiilor.

Având în vedere considerentele menționate mai sus, studiile și cercetările efectuate asupra tehnologiilor de executare a lucrărilor de geotehnică și fundații au fost corelate cu analizarea unor aspecte principale, legate de comportarea pământurilor la acțiuni dinamice sub formă de vibrații sau vibropercuții.

Din prelucrarea sistematică a materialului bibliografic consultat și din unele cercetări proprii efectuate în această direcție, autorul a reținut o serie de concluzii utile pentru conceperea și stabilirea caracteristicilor tehnice ale unor utilaje vibratoare și echipamente de lucru, destinate executării unor lucrări de geotehnică și fundații, care prin acțiune vibratorie sau vibropercutantă produc modificări în structura pământului, caracterizate prin schimbări calitative și cantitative ale caracteristicilor fizice și mecanice care au menirea de a favoriza executarea lucrărilor. Dintre aceste caracteristici se menționează în primul rând reducerea frecării interioare și a coeziunii. În acest sens au fost concepute, executate și experimentate utilaje vibratoare, cu echipamentele de lucru și tehnologiile aferente, pentru executarea lucrărilor de geotehnică și fundații, care să completeze și să diversifice sistema de mașini și utilaje folosite în acest domeniu de activitate, contribuind astfel la creșterea domeniului de folosire a tehnicii vibrării la executarea forajelor geotehnice în general și în alte scopuri în particular.

6.1. CÂTEVA CONCLUZII FINALE

6.1.1. Din prelucrarea datelor oferite de literatura de specialitate consultată și din cercetările și studiile proprii a rezultat faptul că vibrațiile și vibropercuțiile au o influență semnificativă asupra rezistenței la forfecare a pământurilor, atât a celor coezive cât și a celor necoezive, prin faptul că provoacă reducerea rezistenței la forfecare a acestora, comparativ cu cea obținută în condiții statice.

6.1.2. Reducerea rezistenței la forfecare sub acțiunea forțelor dinamice și modul în care are loc această reducere, depinde în primul rând de natura și starea structurală a pământului, iar în al doilea rând de parametrii solicitării dinamice sub formă de vibrații sau vibropercuții. Atât la pământurile coezive cât și la cele necoezive, reducerea mărimii rezistenței la forfecare dinamică față de cea statică este funcție de următorii parametri: amplitudinea vibrațiilor (A), frecvența vibrațiilor (f) și accelerația vibrațiilor ($\eta = a/g$).

6.1.3. Utilajele vibratoare, cu ajutorul cărora se execută lucrări de geotehnică și fundații, trebuie concepute pentru beneficiari a căror condiții de lucru și pretenții nu pot fi cunoscute în totalitate, decât în principiu, ceea ce face ca proiectanții să întâmpine o serie de greutăți pentru satisfacerea acestui deziderat. Utilajele trebuie să cuprindă un domeniu larg de aplicabilitate și să fie pe cât posibil adaptabile, pentru condițiile specifice fiecărui șantier, altfel apar efecte negative asupra înfîșierii prin vibrare, cunoscut fiind faptul că natura pământului și condițiile de lucru influențează puternic randamentul.

6.1.4. Pentru dimensionarea vibratoarelor sau a vibropercutoarelor, trebuie să se stabilească o serie de parametri caracteristici ca: forța perturbatoare, momentul static al excentricilor, amplitudinea și frecvența, între care trebuie să existe o anumită interdependență pentru ca vibrogeneratoarele să fie performante. Pentru a se obține o cât mai largă aplicabilitate trebuie să existe posibilitatea unor modificări a acestor caracteristici în timpul lucrului, dintre care și posibilitatea transformării vibrogeneratoarelor din vibratoare în vibropercutoare și invers.

6.1.5. Pe baza observațiilor reținute în timpul executării mai multor lucrări pentru producție, au rezultat o serie de cerințe pe care trebuie să le satisfacă utilajele. Dintre aceste cerințe se consideră că cele mai importante sunt: independența energetică, posibilitatea transportului și a accesului pe terenuri diferite și în spații limitate, posibilitatea modificării caracteristicilor tehnice în timpul lucrului, posibilitatea de presare suplimentară asupra echipamentelor de lucru etc.

6.1.6. Echipamentele de lucru, studiate și realizate cu contribuția autorului, pentru instalațiile prezentate în lucrare constau din elemente active (conuri și carotiere) și elemente pasive (tije de prelungire), care transmit mișcarea vibratorie sau vibropercutoare a terenului înconjurător (§2.3.3). Conurile pentru vibroforare sunt executate din țevi metalice prelucrate sub formă de con cu diametri cuprinși între 60 și 200 mm și lungimi de 100...200 mm, în funcție de unghiul la vârf de 30 °...90 °. Conurile sunt elementele ce intră în contact nemijlocit cu straturile de pământ în care

se execută vibroforajul și asupra cărora se manifestă rezistența la vibroforare. Această rezistență depinde în mod substanțial de dimensiunile geometrice ale conurilor (fig. 3.12.b, 3.13.b, 3.15.2 și 3).

Carotierele sunt tuburi metalice cu diametrul de 80...400 mm și lungimea de 800...2000 mm, prevăzute la parte anterioară cu un cuțit tăietor, iar la partea posterioară cu un element filetat prin intermediul căruia se realizează îmbinarea cu tijele de prelungire ce fac legătura cu vibrogeneratorul. În procesul de vibroforare carotiera reprezintă elementul activ, care vine în contact nemijlocit cu straturile de pământ în care se realizează vibroforarea și asupra căreia se manifestă rezistența la vibroforare a pământului. Această rezistență se manifestă atât sub formă de forțe de frecare pe pereții carotierei cât și de rezistență frontală. De aceea, viteza de vibroforare depinde în mod substanțial de alcătuirea constructivă și de dimensiunile geometrice ale carotierei (fig. 2.9, 3.12.c, 3.13.c, 3.14).

6.1.7. Cercetările experimentale efectuate, precum și unele date din literatura de specialitate consultată, au arătat că reducerea rezistenței la vibroforare a pământului și implicit sporirea vitezei de înaintare, se pot obține și prin unele măsuri constructive operate asupra carotierelor. Astfel, prin practicarea unor tăieturi longitudinale sub formă de fante în peretele carotierei, se reduc forțele de frecare datorită micșorării suprafeței laterale a carotierei, care intră în contact direct cu pământul (fig. 2.9). În cazul forării pentru prelevare de probe geotehnice, aceste fante permit examinarea vizuală și determinarea cu precizie a limitelor de schimbare a stratificației pe adâncimea vibroforajului. Pentru ca presiunea normală pe peretele carotierei (care apare din comprimarea laterală a pământului, datorită volumului ocupat în teren de peretele carotierei) să fie cât mai redusă, este indicat ca peretele acesteia să aibă grosimea cât mai mică, fiind funcție de rezistența materialului din care este executată (§2.3.3).

Tot pentru reducerea forțelor de frecare dintre pământ și suprafața laterală, interioară și exterioară a carotierei, se recomandă mărirea diametrului exterior al cuțitului, implicit micșorarea celui interior, cu 2...4 % față de diametrul exterior și de cel interior al corpului carotierei. Rezistența pământului, manifestată frontal pe secțiunea transversală, se reduce prin ascuțirea unilaterală a cuțitului dinspre exterior (fig. 2.9, 3.12.c și 3.13.c).

6.1.8. Viteza de vibroforare depinde în mare măsură de diametrul carotierei, reducându-se pe măsura creșterii diametrului. S-a observat totuși că la forajele verticale, până la adâncimi de 2..3 m, diametrul carotierei influențează puțin viteza de vibroforare, ceea ce recomandă începerea vibroforării cu carotiere cu diametru mai mare, trecându-se apoi la diametre mai mici, pe măsură ce crește adâncimea de vibroforare. Acest lucru nu este indicat în cazul executării vibroforajelor pentru subtraversări, la care se pozează tuburi de protecție, pentru a nu crea în jurul acestora spații goale prea mari.

Mărirea vitezei de vibroforare depinde și de adâncimea vibroforajului. Aceasta intervine atât prin presiunea geologică, care condiționează mărirea presiunii normale pe peretele carotierei, deci forțele de frecare, cât și prin elasticitatea tronsonului de tije prelungitoare, care este variabilă cu adâncimea, mai ales în cazul

forajelor orizontale. Elasticitatea tronsonului de tije reduce efectul vibrațiilor sau a vibropercuțiilor asupra carotierei sau a conului de penetrare (§2.3.3).

6.1.9. Eficiența metodei vibroforării nu se poate stabili doar în funcție de viteza de vibroforare, deci viteza de înfigere a carotierei, ci trebuie avută în vedere și viteza de execuție a vibroforajului, care este determinată de timpul total consumat pentru executarea unui foraj pe o anumită adâncime. Pe baza încercărilor experimentale efectuate s-a putut stabili raportul dintre timpul de vibroforare și timpul destinat realizării operațiilor auxiliare, pe care le necesită executarea unui vibroforaj. Cu cât acest raport este mai mare cu atât productivitatea utilajului este mai mare (§4.5).

6.1.10. Unul dintre factorii care măresc substanțial timpul auxiliar este compactarea pământului în interiorul carotierei (formarea efectului de "pilot") în timpul vibroînfigerii, ceea ce face ca golirea carotierei să fie foarte dificilă și să dureze mult timp. Dintre posibilitățile de reducere a acestui timp se menționează folosirea a două carotiere de același fel, ceea ce permite reducerea timpului de staționare pentru golire prin folosire alternativă, dar nu și timpul și forța de muncă necesară golirii.

6.1.11. Procedeele de vibroforare cu carotiera pentru forajele orizontale prezintă unele dezavantaje: echipamentul este greu de manevrat de către un singur muncitor, diametrul forajelor executate cu carotiera este de maxim 400 mm, pe măsura creșterii lungimii de vibroforare viteza de execuție scade datorită numărului mai mare de operații auxiliare de montare și de demontare a unui număr din ce în ce mai mare de tije prelungitoare ale coloanei de forare precum și a numărului mare de operații necesare pentru introducerea, extragerea și golirea carotierei, care scade productivitatea etc.

6.1.12. În vederea folosirii mai eficiente a efectelor vibrării asupra terenului de fundare și a înlăturării unora dintre dezavantajele menționate mai sus, **autorul și-a orientat cercetările** asupra acestor probleme, făcând studii și aducând unele contribuții la îmbunătățirea caracteristicilor unor utilaje, conceperea și proiectarea în colectiv mixt a unor utilaje noi, conceperea, proiectarea și realizarea unor echipamente de lucru și a tehnologiilor specifice pentru utilajele și echipamentele menționate și a experimentat utilajele, echipamentele și tehnologiile concepute în condiții de șantier.

Astfel în lucrarea de față s-au prezentat pe larg două utilaje: **instalația vibratoare autotractată IVA și instalația de vibroforare orizontală IVO-3**, precum și **echipamentele specifice celor două utilaje, un echipament modernizat pentru instalația de vibroforare orizontală IVO-1, o carotieră cu autogolire și tehnologiile de lucru pentru fiecare utilaj și echipament (cap. 3).**

6.2. CONTRIBUȚII ADUSE PRIN ELABORAREA STUDIILOR

La sfârșitul fiecărui capitol al lucrării sunt prezentate în detaliu concluziile și contribuțiile autorului la realizarea celor menționate în capitolul respectiv. În cele ce urmează vor fi prezentate unele dintre contribuțiile mai semnificative ale autorului, referitoare la tematica abordată.

6.2.1. Contribuții la studiul, conceperea și experimentarea unor utilaje vibratoare

6.2.1.1. "Instalația vibratoare autotractată IVA" (fig. 3.1, §3.1) este unul dintre utilajele concepute și experimentate cu contribuția autorului, care a fost declarat în final ca prototip, fiind destinată executării următoarelor lucrări:

- executarea vibroforajelor pentru prelevarea de probe netulburate sau tulburate, necesare efectuării studiilor geotehnice;
- studierea caracteristicilor terenului de fundare la fața locului prin vibropenetrare;
- înfigerea mai multor tipuri de țevi sau profile metalice în teren pentru legarea la pământ a instalațiilor electrice, realizarea injectărilor etc.;
- executarea de foraje în scopul echipării cu diferite instrumente de măsură sau control;
- sondarea terenului pentru aprecierea condițiilor de lucru ale utilajelor vibratoare mari.

Aceste destinații sunt posibile datorită conceperii unor mecanisme noi sau datorită modernizării celor cunoscute deja. În acest sens vibrogeneratorul a fost realizat astfel încât să poată lucra ca vibrator sau ca vibropercutor, printr-o simplă acționare manuală făcută în condiții statice. Pentru mărirea suplimentară a vitezei și a accelerației vibrațiilor s-a separat motorul de vibrator, ceea ce contribuie la micșorarea masei oscilatoare și la mărirea amplitudinii oscilațiilor. Antrenarea vibrogeneratorului se realizează cu un motor hidraulic care permite modificarea turației, deci a frecvenței, ceea ce face necesară realizarea unui mecanism care să permită reglarea momentului static al excentricilor în timpul funcționării, astfel ca forța perturbatoare și amplitudinea să-și mențină valoarea maximă pentru fiecare frecvență (§3.1.1).

Vibrogeneratorul este montat într-o lumânare de ghidare (§3.1.2) care permite să se lucreze pe verticală sau înclinat. Lumânarea este montată pe un cadru suport prevăzut cu roți (§3.1.6) în vederea transportării prin remorcare.

Prin conceperea unui grup hidrostatic (§3.1.5), compus dintr-un motor termic și o pompă hidraulică cu debit variabil care permite reglarea turației motorului de antrenare a vibrogeneratorului, s-a asigurat independența energetică a instalației.

S-a creat posibilitatea de presare a echipamentului în teren, cu ajutorul unui motor hidraulic, în limita preluării reacțiunilor din greutatea proprie, în scopul varierii presiunii pe vârful echipamentului de lucru (§3.1.3).

În vederea îmbunătățirii sistemului de prindere rigidă a echipamentului de lucru, deci a creșterii productivității, pe baza unui certificat de inovator, s-au realizat două mandrine hidraulice de prindere cu ajutorul unor bacuri conice acționate hidraulic (§3.1.4), soluția constituind o inovație a autorului.

6.2.1.2. "**Instalația de vibroforare orizontală IVO-3**" (fig. 3.9, §3.2), este alt utilaj conceput și experimentat cu contribuția autorului, ca urmare a rezultatelor bune obținute în producție cu instalația de vibroforare orizontală IVO-1. IVO-3 este destinată executării vibroforajelor pentru subtraversarea căilor de comunicație terestre cu conducte, cabluri etc. și a executării vibroforajelor pentru realizarea ancorării sau pentru drenuri.

Pentru îmbunătățirea performanțelor tehnice ale instalației, respectiv a vitezei de lucru și a diametrului maxim de forare, s-au realizat o serie de modificări (§3.2.2), atât în ceea ce privește alcătuirea generatorului de vibrații cât și a componentelor auxiliare. Astfel, pentru creșterea forței perturbatoare, s-a mărit masa excentricilor. Asupra frecvenței s-a acționat în sensul creării posibilității de modificare a acesteia în timpul lucrului. Pentru aceasta s-a înlocuit antrenarea electrică a vibrogeneratorului cu o antrenare hidraulică care permite reglarea turației în timpul funcționării.

O serie importantă de îmbunătățiri s-au adus componentelor auxiliare. Una dintre acestea se referă la dispozitivul de împănare (prindere) a echipamentului de lucru ce a fost modificat în sensul înlocuirii acționării manuale, cu o acționare mecanică prin intermediul unor cilindri hidraulici care au forța necesară pentru împănare, cu ajutorul unor bacuri conice, dar mai ales pentru desfacerea împănării. Acest sistem de prindere conduce la creșterea productivității și la reducerea forței de muncă umane (§3.2.3).

S-a mărit forța statică de presare astfel ca o serie de operații să se poată realiza prin presare sau cu vibrare intermitentă. În același timp s-a modificat acționarea hidraulică a presării astfel ca să se obțină două viteze de lucru: una pentru mersul în sarcină și una dublă ca mărime pentru mersul în gol, ceea ce contribuie la creșterea vitezei de execuție (§3.2.6).

O altă îmbunătățire s-a realizat prin prevederea unui sistem de sprijinire a instalației, format din două tampoane reglabile manual și din doi cilindri hidrostatici care contribuie la o mai bună fixare a instalației pe tot timpul lucrului (fig. 3.9, §3.2.5).

Pentru realizarea independenței energetice a instalației s-a executat un grup hidraulic independent (fig. 3.10, §3.2.6), format dintr-un motor termic care acționează o pompă hidraulică pentru antrenarea vibrogeneratorului și o altă pompă hidraulică pentru acționarea presării, a împănării echipamentului și a rezemării instalației în timpul lucrului.

6.2.2. Contribuții la conceperea, realizarea și experimentarea unor echipamente de vibroforare

6.2.2.1. În vederea folosirii eficiente a performanțelor instalației, pe baza concluziilor desprinse din studiul bibliografic legate de condițiile pe care trebuie să le îndeplinească echipamentele de vibroforare (§2.3.3), s-a conceput, executat și experimentat **echipamentul de vibroforare pentru instalația vibratoare autotractată IVA** (fig. 3.12, §3.3.1) cu ajutorul cărui se pot realiza tehnologiile de lucru menționate la pc. 6.2.1.1.

6.2.2.2. Pe baza aceluiași considerente menționate mai sus s-a conceput, executat și experimentat **echipamentul de vibroforare pentru instalația de vibroforare orizontală IVO-3** (fig. 3.13, §3.3.2).

6.2.2.3. În vederea reducerii totale a forței de muncă necesară pentru golirea carotierelor și a timpului de staționare pentru golire, s-a conceput și executat o **carotieră cu autogolire** (fig. 3.14), care folosește forța de presare a instalației pentru scoaterea pământului compactat din interiorul carotierei în timpul extragerii acesteia din foraj, fără a mai fi necesară desfiletarea carotierei de la tijele prelungitoare. Mecanizarea descărcării carotierei, în acest fel, conduce la o reducere de 30...40 % a timpului auxiliar (§4.2.2), reducere care contribuie în mod substanțial la creșterea vitezei de execuție.

6.2.2.4. **Echipamentul modernizat de vibroforare** (fig. 3.15) pentru executarea subtraversărilor (Brevet de invenție nr. 106589 B1 al cărui prim autor este autorul acestei lucrări), elimină dezavantajele menționate mai sus prin aceea că: se asigură **creșterea diametrului maxim al forajului la 650 mm** cu trepte de creștere de câte 110 mm începând de la 220 mm până la 650 mm, **reduce forța de muncă umană și contribuie la creșterea productivității muncii** prin creșterea vitezei de execuție (§3.3.4 și 4.3).

Echipamentul modernizat este compus din cuțite circulare care taie o suprafață cilindrică, flanșe circulare cu ajutorul cărora se extrage pământul tăiat pe toată lungimea forajului la un anumit diametru, tije de prelungire și conuri de străpungeră. Organul activ de lucru al echipamentului este cuțitul circular, executat dintr-o bucată de țevă cu lungimea de 300 mm și diametre diferite, începând de la 220 mm la 650 mm, care este prevăzut la un capăt cu un cuțit cu evazare doar înspre exterior și ascuțit unilateral, dinspre exterior (fig. 3.15.c).

Lungimea mică a cuțitului și faptul că pământul tăiat de cuțit trece prin acesta, rămânând în foraj, contribuie la reducerea substanțială a forței de frecare pe pereții cuțitului, deci a rezistenței la vibroforare, ceea ce are efect benefic asupra reducerii forței perturbatoare necesară vibroforării și a creșterii vitezei de execuție.

Evazarea înspre exterior a cuțitului și ascuțirea unilaterală dinspre exterior conduc la compactarea pereților forajului [15], ceea ce contribuie la îmbunătățirea rezistenței pereților, deci la asigurarea stabilității forajului până la pozarea conductei pentru subtraversare.

Tijele de prelungire ale echipamentului, având diametrul de doar 60 mm și lungimea de 2000 mm, pot fi manevrate de un singur muncitor. Prin faptul că tăierea

pământului se face prin tragere, forța perturbatoare produsă de vibrogenerator nu se reduce datorită elasticității prăjinii de foraj iar liniaritatea forajului este asigurată în condiții cu mult mai bune decât la procedeul de forare prin carotare unde forarea se realizează prin împingere.

În ceea ce privește conurile din componența echipamentului (fig. 3.15.2 și 3), unul dintre aceștia servește la străpungerea terasamentului și la introducerea prăjinii de forare prin interiorul forajului executat în faza anterioară, iar celălalt con se folosește pentru înfigerea prăjinii de forare în terenul din spatele instalației, eliminându-se în acest fel operațiile auxiliare de demontare și montare a prăjinii la fiecare fază de lucru.

Viteza de execuție a forajelor cu acest echipament a crescut foarte mult față de viteza de execuție cu carotiera, mai ales pentru lungimi mari de forare, de peste 20 m, așa cum rezultă din §4.4.

6.2.3 Contribuții la stabilirea tehnologiilor de realizare ale vibroforajelor cu utilajele și echipamentele concepute și executate

6.2.3.1. Studiile și cercetările proprii privind tehnologiile de lucru cu utilaje vibratoare, au condus la conceperea unor echipamente prezentate în lucrare și la perfecționarea tehnologiilor de lucru. Astfel, pentru tehnologia de forare prin carotare cu instalația vibratoare autotractată, s-a stabilit lungimea practică a carotierelor (fig. 3.12), egală cu lungimea cursei de lucru a vibrogeneratorului în lumânarea de ghidare, lungime care permite reducerea la maxim a timpului necesar efectuării operațiilor auxiliare de extragere a carotierei din foraj și de golire fără desfacerea (desfiletarea) întregii prăjini de forare (§3.4.1).

Pentru aceeași instalație, în vederea anticipării condițiilor de lucru pentru utilaje vibratoare mari, s-a stabilit tehnologia de vibropenetrare, cu conuri de diferite dimensiuni, pe diferite adâncimi, odată cu măsurarea vitezei de penetrare la diferite turații și valori ale momentului static al excentricilor (fig. 3.12, §3.4.1.1).

6.2.3.2. În ceea ce privește tehnologia de forare pe orizontală cu instalația de vibroforare orizontală IVO-3 (§3.4.2), în prima fază, s-a stabilit tehnologia de vibroforare fără desfacerea prăjinii de forare după fiecare umplere a carotierei, prin folosirea unui con montat la partea posterioară a prăjinii de forare, care permite înfigerea acesteia în terenul din spatele forajului. Astfel se elimină timpul necesar desfiletării și înfiletării tijelor de prelungire, ceea ce reduce în mod substanțial timpul auxiliar de execuție, contribuind astfel la creșterea vitezei de execuție, respectiv la creșterea productivității utilajului.

6.2.3.3. În vederea executării unor vibroforaje cu lungimi mai mari de 15 m s-a conceput tehnologia de forare cu o groapă intermediară (§2.5.2 și §5.3), situată aproximativ la mijlocul lungimii forajului, care permite reducerea lungimii de extragere a carotierei pline pentru golire și de introducere a carotierei în forajul executat, pentru faza următoare de forare. Și acest lucru conduce la reducerea timpului auxiliar de

vibroforare, respectiv la creșterea vitezei de execuție a forajelor, contribuind la mărirea productivității utilajului.

6.2.3.4. Deoarece în timpul vibroforării nu se poate ști exact momentul în care carotiera s-a umplut, de cele mai multe ori presarea carotierei continuând până când apare fenomenul de "pilot", pământul din carotieră este compactat foarte puternic. Acest lucru face ca golirea manuală a carotierei să fie foarte anevoioasă, mai ales la forarea în terenuri coezive, ceea ce conduce la consumarea unui timp auxiliar foarte mare. În vederea mecanizării golirii s-a conceput carotiera cu autogolire (fig. 3.14, §3.3.3) și tehnologia de lucru cu aceasta, cu ajutorul presării realizată de utilaj pe un fund dublu a carotierei, fără a mai fi necesară desfiletarea pentru golire și înlocuirea cu alta de același diametru, sau așteptarea până la golirea manuală a pământului din interior.

Prin folosirea acestei tehnologii carotiera este golită mecanizat, în timpul extragerii din foraj, ceea ce contribuie iarăși la reducerea timpului auxiliar de vibroforare, deci la creșterea vitezei de execuție a vibroforajului (§4.4).

Prin aplicarea tehnologiei prezentate mai sus, conform cronometrărilor efectuate în timpul executării unor lucrări pentru producție, s-a redus ponderea timpului auxiliar de la aproximativ 90 % cât reprezenta acesta în cazul folosirii tehnologiilor clasice de vibroforare, la aproximativ 60..50 % în cazul folosirii tehnologiei de vibroforare cu con la partea posterioară, deci fără desfiletarea prăjinii de forare și a tehnologiei de lucru cu carotiera cu autogolire, așa cum rezultă din tab. 4.17 și 4.18.

6.2.3.5. Pe baza studiului bibliografic și a observațiilor reținute cu ocazia realizării unui număr important de foraje pentru subtraversări cu IVO-1, s-a conceput și realizat echipamentul modernizat pentru executarea forajelor destinate subtraversării și s-a stabilit tehnologia de lucru cu acesta [9].

Tehnologia de realizare a unei subtraversări cu echipamentul modernizat constă în: executarea unei gropi de amplasare a instalației și a uneia pentru ieșirea echipamentului, tăierea unei suprafețe cilindrice, eliberarea forajului prin extragerea pământului tăiat în faza anterioară și pozarea unui tub sau conductă pentru subtraversare (§3.4.3).

Tăierea unei suprafețe cilindrice la diametrul minim se face după așezarea și fixarea instalației în groapă, astfel ca axa tijelor prelungitoare montate la instalație să se afle la adâncimea impusă prin proiect față de partea superioară a terasamentului, montarea conului de străpungere la tijele prelungitoare, străpungerea terasamentului prin înfigerea conului cu ajutorul tijelor prelungitoare sub efectul vibropresării realizată de instalație, odată cu prelungirea prăjinii de forare prin înfiletarea câte unei tije (fig. 3.23). La ajungerea conului în groapa de ieșire, acesta se înlocuiește cu cuțitul circular de diametru minim, odată cu montarea celui de al doilea con la partea posterioară a prăjinii de forare. Acest con execută un foraj în spatele instalației, în care intră prăjina de forare, pentru eliminarea operațiilor succesive de demontare și de montare la fiecare fază de lucru. Sub acțiunea vibropresării înapoi, cuțitul circular taie o suprafață cilindrică până la groapa de intrare, operație după care se înlocuiește cuțitul circular cu conul de străpungere pentru trecerea prăjinii de forare în partea opusă, deci la groapa

de ieșire. Aici se montează flanșa metalică în locul conului, după care prin vibropresare înapoi, flanșa va scoate pământul tăiat din interiorul forajului.

Dacă se urmărește realizarea unui foraj cu diametrul mai mare, se introduce din nou prăjina de forare în interiorul forajului executat, se înfiletează cuțitul cu diametrul imediat mai mare, se taie o suprafață cilindrică cu diametrul respectiv, după care se extrage pământul tăiat cu ajutorul flanșei cu diametrul similar. Operațiile se repetă până la realizarea forajului cu diametrul prevăzut, după care se introduce prăjina de forare în interiorul forajului și se prinde la tubul de protecție care va fi tras în interiorul forajului, sub acțiunea vibropresării, odată cu demontarea prăjinii de forare.

Tehnologia de vibroforare cu echipamentul modernizat și IVO-1, prin faptul că timpul de vibroforare este aproximativ egal cu timpul auxiliar de lucru (tab. 4.16), realizează o viteză de execuție comparabilă cu cea realizată cu instalația IVO-3 echipată cu carotiera cu autogolire, cu toate că se realizează cu instalația IVO-1 ale cărei caracteristici tehnice sunt inferioare față de caracteristicile instalației IVO-3 (tab. 4.13 și 4.16).

Cea mai importantă realizare care se obține prin folosirea echipamentului modernizat este faptul că se pot executa foraje cu diametre superioare, cel mai mare realizat până în prezent fiind de 650 mm (§5.2). Din observațiile reținute cu ocazia realizării unor subtraversări cu acest diametru, rezultă că instalația IVO-1 dispune de forța necesară pentru realizarea unor foraje cu diametre mai mari, cu condiția executării cuțitelor și a flanșelor necesare.

La executarea unor foraje cu lungimi de peste 20 m se indică folosirea tehnologiei de forare cu groapă intermediară, ceea ce conduce la reducerea timpului și a numărului de faze necesare extragerii pământului, deci la creșterea vitezei de execuție, conform §5.3.

Se apreciază, de asemenea, că prin realizarea unei instalații cu forță de presare mai mare și cu viteză de înaintare dublă față de cea a instalației IVO-1, lucru absolut realizabil, se pot executa foraje cu diametre până la 100 cm și cu viteze de execuție care să depășească viteza de execuție a oricărui tip de instalație de forare, mecanică sau prin vibrare, cunoscută până în prezent.

6.2.3.6. În §2.4.2 se analizează "Instrucțiunile tehnice pentru proiectarea și executarea drenurilor vibroforate" [107] iar în §3.4.4 **se propune o nouă tehnologie de executare a acestora cu IVO-3 și echipamentul din dotare care realizează unele avantaje, cum ar fi posibilitatea de folosire ca tub filtrant a tuburilor din PVC ușoare și necorodabile, folosirea acelorași tije prelungitoare ce se folosesc și pentru vibroforare și eliminarea posibilității de surpare a pereților vibroforajului în intervalul de timp cuprins între vibroforare și introducerea tubului filtrant.**

6.3. APLICAREA PRACTICĂ A CERCETĂRILOR EFECTUATE

6.3.1. Studiile și cercetările proprii privind realizarea vibroforajelor pentru subtraversări și a subtraversărilor în general, au fost verificate și aplicate în

producție prin realizarea unui număr de peste 20 de subtraversări pe sub terasamente de cale ferată sau de drumuri în decursul unei perioade de 12 ani (unele fiind exemplificate și în lucrare, tab. 2.4 și 5.1). Se menționează că pe parcursul acestei perioade s-au folosit toate tehnologiile de lucru prezentate în această lucrare și anume: tehnologia de vibroforare cu carotiera, tehnologia de vibroforare cu carotiera cu autogolire și tehnologia de vibroforare cu echipamentul modernizat, cu rezultate tot mai bune. Astfel, dacă la executarea vibroforajului pentru subtraversare prezentat în §2.5.2 s-a realizat o viteză de execuție de 0,56 m/oră la o lungime a vibroforajului de 26,00 m, la executarea altui vibroforaj pentru subtraversare prezentat în §5.3, de aceeași lungime, s-a realizat o viteză de execuție de 1,14 m/oră.

Există date suficiente pentru conceperea și executarea unor utilaje mai performante, bazate pe tehnica vibrării, pentru realizarea vibroforajelor orizontale destinate subtraversărilor, cu diametre și cu lungimi mai mari decât cele realizate până în prezent și prezentate în această lucrare.

6.3.2. Ca urmare a contribuțiilor catedrei și a autorului lucrării la conceperea, proiectarea și experimentarea utilajelor, a echipamentelor și a tehnologiilor, pentru realizarea forajelor geotehnice în pământ, prezentate în această lucrare s-a solicitat de către forurile competente participarea la redactarea unor standarde și norme de întreprindere. Astfel, pentru instalația vibratoare autotractată, care a fost adusă până în stadiu de prototip, s-a participat la redactarea standardului de ramură cu titlul **Vibroînfigător de țevi** [108], împreună cu beneficiarul, fostul Minister al Construcțiilor Industriale și cu Institutul pentru Cercetarea și Proiectarea de Aparataje și Instalații Utilizate în Construcții București, în anul 1986.

Pentru instalația de vibroforare orizontală IVO-3 s-a participat la redactarea normei tehnice de întreprindere, cu titlul **Instalație pentru subtraversări, drenuri și ancoraje** [109] împreună cu beneficiarul, fostul Minister al Construcțiilor Industriale și cu întreprinderea constructoare, Întreprinderea de Reparații Brăila, în anul 1986. Acest lucru a fost necesar datorită destinației acestei instalații și anume aceea de realizare vibroforajelor orizontale sau înclinate în pământ, pentru diverse scopuri, așa cum rezultă chiar din denumirea instalației.

6.3.3. Pe lângă aplicarea directă în practică, în mare parte rezultatele cercetărilor proprii efectuate în domeniile menționate, au fost făcute cunoscute în țară și prin publicarea lor în decursul anilor în diverse reviste de specialitate, sau prin prezentarea la unele manifestări științifice interne, sub formă de lucrări științifice elaborate în colectiv sau personal de către autor [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [57], [58], [91], [92].

O parte dintre rezultatele obținute în urma cercetărilor și experimentărilor efectuate, au fost confirmate oficial prin acordarea unui brevet de invenție [9] și a unui certificat de inovator [10].

6.3.4. Autorul a stabilit un număr de 12 relații de calcul (cap. 4), pe baza rezultatelor obținute în urma experimentărilor efectuate, pentru aprecierea timpului de execuție a unei vibropenetrări realizate cu IVA, a vitezei de execuție a vibroforajelor realizate cu IVA, a vitezei de execuție a vibroforajelor orizontale realizate cu IVO-3 și a timpului de execuție a vibroforajelor orizontale realizate cu IVO-1 și echipamentul

modernizat. Unele dintre aceste relații, fiind stabilite pe baza unui număr redus de încercări, trebuie verificate și eventual completate cu rezultatele obținute pe alte amplasamente și la parametri diferiți de funcționare a instalațiilor.

6.3.5. Așa cum s-a subliniat și pe parcursul lucrării, cercetările efectuate au reliefat unele aspecte și idei care deschid noi perspective de dezvoltare a cercetărilor în viitor, dintre care se pot menționa următoarele:

- proiectarea și realizarea unor utilaje mai performante pentru executarea vibroforajelor destinate subtraversărilor, pentru lungimi de până la 30 m și diametre până la un metru, cel mai des solicitate în etapa actuală, pentru executarea cărora nu există utilaje cu care să se poată realiza în timp scurt și la un preț de cost acceptabil;

- studierea și perfecționarea metodei vibrosondării pentru anticiparea condițiilor de lucru ale utilajelor vibratoare mari;

- studiul posibilității de dirijare, respectiv de păstrare a direcției de vibroforare (pe orizontală sau înclinat), poate contribui la creșterea vitezei de execuție, respectiv a productivității.

BIBLIOGRAFIE

1. Arimas, R.A. - **Consolidation des sols par vibration**, Construction, nr.7-8, Paris, 1968
2. Bally, R.J., Stănescu, P. - **Alunecările și stabilitatea versanților agricoli**, Editura Ceres, București, 1977
3. Bally, R. J., Klein, R. - **Injectarea pământurilor**, Editura Tehnică, București, 1985
4. Barkan, D.D. - **Osnovanîe problemy dinamiki osnovanij i fundamentov**, Osnov. fundamenty i mehanika gruntov, nr. 6, Moskva, 1965
5. Barkan, D.D. - **Vibrometod v stroitelstve**, Gostrojzdat, Moskva, 1959
6. Barkan, D.D. - **Dinamika osnovanij i fundamentov**, Strojeenmorizdat, Moskva, 1949
7. Bazant, Z., Dvorak, A. - **Effects of vibrations on Sand and the measurement of dynamik properties**, Proceedings of the 6-th Int. Conf. on soil Mechanics and Foundations Engineering, Montreal, 1965
8. Bârsan, G.M. - **Dinamica și stabilitatea construcțiilor**, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979
9. Belea, Gh., Stoian, C., Cova, C., Comea, D., Ursachi, I. - **Procedeu și instalație pentru executarea subtraversărilor**, Brevet de invenție nr. 106589B1, 1989
10. Belea, Gh., Stoian, C., Cova, C. - **Dispozitiv pentru prinderea echipamentelor de subtraversare**, Certificat de inovator nr.753, 1988
11. Belea, Gh., Stoian, C. - **Vibroînfigător de țevi**, Simpozionul "Soluții noi pentru execuția construcțiilor", Secțiunea geotehnică, fundații și structuri rutiere, Timișoara, 1986
12. Belea, Gh., Stoian, C. - **Tehnologii de lucru cu vibroînfigătorul de țevi**, A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, vol 3, Galați, 1987
13. Belea, Gh. - **Propunere de modificare a echipamentelor de lucru ale instalației de vibroforare**, Buletin IPT, Tomul 36, 1991
14. Belea, Gh., Bogdan, I. - **Modernizarea unui ansamblu a instalației de vibroforare**, Buletin IPT, Tomul 36, 1991
15. Belea, Gh. - **Considerații teoretice privind stabilitatea forajelor orizontale**, Zilele Academice Timișene, 1995
16. Belea, Gh. - **Instalații și echipamente pentru realizarea subtraversărilor**, A VIII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, vol. 2, Iași, 1996
17. Belea, Gh. - **Tehnologii de subtraversare a terasamentelor**, A VIII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, vol. 2, Iași, 1996

18. Belea, Gh. - **Considerații teoretice și experimentale privind reglarea în regim dinamic a caracteristicilor unui vibrator**, A VIII-a Conferință de vibrații mecanice, vol. 2, Timișoara, 1996
19. Buzdugan, Gh. - **Dinamica fundațiilor de mașini**, Editura Academiei R.S.R. București, 1968
20. Boldurean, I.P. - **Contribuții la stabilirea soluțiilor constructive și a capacității portante a fundațiilor executate în gropi ștanțate**, Teză de doctorat, Timișoara, 1995
21. Casagrande, A., Schanon, W.Z. - **Strength of Soil under dinamik loads**, Proceedings, ASCE, nr. 4, Vol. 74, 1948
22. Costin, I. - **Instalații pentru foraj de mică adâncime**, Editura Tehnică, București, 1972
23. Dima, Gh. - **Studiu asupra modificării caracteristicilor fizico-mecanice ale maselor de pământ supuse acțiunii vibrațiilor**, Teză de doctorat, București, 1965
24. Eastwood, W. - **Model investigations concerned with driving piles by vibrations**, Civil Eng. and Public Workes, Review, vol. 50, nr. 584, SUA, 1955
25. Efremov, M.G. - **Vibrometod proxodki geologo-razvedočinix scvajin**, Gosstrojzdat, Moskva, 1958
26. Ermolaev, N.N., Senin, N.N. - **Soprotivlenie grunta sdvigu pri kolebaniax**, Osnovania, fundamenty i mehanika gruntov, nr. 1, Moskva, 1968
27. Giemanski, A., Polac, A. - **Vibrator wiertniczy**, Katowice, 1963
28. Gumenskii, B.N., Komarov, N.S. - **Vibroburnie gruntov**, Izd-vo Minist. Kommunalnogo hozjajstva, RSFSR, Moskva, 1959
29. Haida, V., Butuman, V., Keller, E. - **Unele aspecte privind rezistența la forfecare dinamică a pământurilor**, Vol. lucrărilor sesiunii științifice de la I P Cluj-Napoca, vol. 1, 1978
30. Haida, V. - **Contribuții la studiul comportării pământurilor solicitate dinamic și folosirii tehnicii vibrării în geotehnică**, Teză de doctorat, Timișoara, 1979
31. Haida, V. - **Drenuri orizontale vibroforate folosite la consolidări de terenuri alunecătoare și la puțuri de captare a apei**, Conf a III-a de Geotehnică și Fundații, vol 1, Timișoara, 1975
32. Haret, R. - **Influența vibrațiilor asupra transformărilor sol-gel la argile tixotropice**, Teză de doctorat, Inst. Pol. București, 1972
33. Hrădy, I. - **Kodbery vzorku pri vibracnim vrtami**, Geologisn Pruzkum, nr. 4, Praga, 1965
34. Ignut, R., Puchalskj, R. - **Characteristica documentacji geologiczno-inzynierkich wykony-wanuch w "Geoproject"**, Fiziografia, geologia i geodezja na ustugach budownistwa, Warszawa, 1962
35. Iordache, G. - **Foraje speciale**, Editura Tehnică, București, 1977

36. Johnson, R.W., Eldon, Y. - **Pore Pressure strenght characteristics of Sand-Soil Mixtures under Repeated Dinamics Loads**, Proc. of the 2 Asian Conf. on Soil Mech. Japonia, 1963
37. Kawakami, F., Ogawa, S. - **Strengt and Deformations of Compacted Soil Subjected to Repeated Stress Applications**, Proc. of the 6 Intern. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Montreal, 1965
38. Khaled, M.F. - **Contribuții privind cercetarea terenului în vederea stabilirii sistemului de fundare**, Teză de doctorat, Timișoara, 1988
39. Kirkham, R.H. - **The Compaction of Convete by surface vibration**, Conf. sur la tehn. de compactage par vibr., Budapesta, 1963
40. Krasnicov, N.D. - **Dinamičeschie svojstva gruntov i metodî ix upotreplenja**, Stroizdat, Leningrad, 1970
41. Kușuli, M.I., Sleahin, A.V. - **Despre teoria înfîgerii prin vibrații a unei bare cilindrice într-un mediu elastico-plastic**, Editura Academiei R.P.R., București, 1955
42. Lîciko, Iu.M. - **Opredelenie fiziko-mehaničeskix svojstv gruntov pri vibrationnom burenii injenerno-geologičeskix skvazin**, Osnovanja, fundamenti i mehanika gruntov, nr. 3 Moskva, 1972
43. Lobasov, B.P. - **Glubinnoe uplotnenie pesčeanix osnovanij podvodoi**, "Novie Sposoby i vibrationnoe oborudovanie dlja prozvodstva spețialnix zemlianix rabot", Leningrad, 1961
44. Lușkin, A.Ia. - **Bestrașeinaia peokladka trub sposobom vibroprokola** "Novye Sposoby i vibrationnoe oborudovanie dlja proizvodstva spețialnix zemlianix rabot", Leningrad, 1961
45. Maslov, N.K. - **Uslovia ustoičivnosti vodonasișčenix peskov i glinix**, Gosenergoisdat, Leningrad, 1959
46. Miladinov, D.V. - **Dinamics properties of cohesive soils**, Proc. of the third Europ. Symp. Eartgquake Eng. Sofia, 1970
47. Olson, R.F., Kane, H. - **Dynamic shearing Properties of Compacted clay at High Pressures**, Proc. of the 6-th Intern. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Montreal, 1965
48. Paji, V.M., Seikov, M.L. - **Primenenie vibroburenja pri izîkaniyah na stroitelnix plosčiadkah**, Osnovania, fundamenty i mehanika gruntov, nr. 5 Moskva, 1960
49. Panachanathan, S. - **Laboratory and in situ Determination of Natural Frecq- vency of Sand Beds**, Proc. of the second Asian Regional Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Vol. I, Japan, 1963
50. Păunescu, M. - **Tehnici de fundare prin vibrare**, A III-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, vol. 2, Timișoara, 1975
51. Păunescu, M. - **Tehnica vibrării în realizarea fundațiilor**, Editura Facla, Timișoara, 1979
52. Păunescu, M. - **Îmbunătățirea terenurilor slabe în vederea fundării directe**, Editura Tehnică, București, 1980

53. Păunescu, M. - **Fundații în condiții speciale**, Institutul Politehnic "Traian Vuia", Timișoara, 1980
54. Păunescu, M., Stoian, C. - **Procedeu și instalație pentru lucrări de subtraversare**, Brevet de invenție nr. 60587/1973
55. Păunescu, M., Stoian, C. - **Procedeu și instalație pentru lucrări de foraje pentru ancoraje și subtraversări**, Brevet de invenție nr. 70529/1970
56. Păunescu, M., Stoian, C. - **Instalație pentru înfigerea s-au smulgerea unor elemente de fundații prin vibropresare sau vibropercuție**, Brevet de invenție nr. 77531/1978
57. Păunescu, M., Stoian, C., Belea, Gh., Gellert, Fr. - **Instalație vibratoare pentru subtraversări de terasamente**, Simpozionul "Utilaje pentru construcții, probleme noi în concepție, proiectare, execuție și exploatare", pag. 439...446, București, 1983
58. Păunescu, M., Stoian, C., Belea, Gh. - **Instalație vibratoare pentru lucrări speciale de teren**, Simpozionul "Utilaje pentru construcții, probleme noi în concepție, proiectare, execuție și exploatare", pag. 431...438, București, 1983
59. Păunescu, M., Schein, T., Butuman, V., Vasiloni, N. - **On foundation of buildings on piles made by vibrations**, Proc. of the European Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Viena, 1976
60. Păunescu, M., Haida, V. - **Forages geotechnique et puit hydrgeologiques executes au moyen des mecanismes vibrateurs**, IX Convegno di Geotechnics, Genova, 1968
61. Păunescu, M., Haida, V., Velcu, G. - **Folosirea vibrării pentru subtraversarea cu conducte și cabluri a terasamentelor**, Rev. "Hidrotehnica, Gospodărirea apelor și Meteorologia", nr. 4, București, 1968
62. Păunescu, M., Vasiloni, N. - **Foraje orizontale executate prin vibrație**, Rev. "Hidrotehnica", nr. 8, București, 1971
63. Păunescu, M., Haida, V., Butuman, V. - **Forschungen über Erdeigenschaften unter Dynamischen Beanspruchungen**, 5-th Danube European Conf. on Soil Mech. an Found. Eng., Bratislava, 1977
64. Păunescu, M., Velcu, G., Haida, V. - **Compactarea în adâncime a nisipurilor saturate prin metoda vibroînțepării**, Rev. "Noutăți pe șantierele de construcții", nr. 8, București, 1966
65. Păunescu, M., Marin, M. - **Soluții moderne pentru fundații directe**, Editura Facla, Timișoara, 1986
66. Păunescu, M., Haida, V., Stoian, C. - **Drenuri orizontale executate prin vibroforare**, Studii și cercetări, contr. nr. 13398/1973
67. Păunescu, M., Vasiloni, N. - **Vibropenetrarea - nouă metodă de determinare a rezistențelor terenului în regim de solicitare dinamică**, A IV-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Iași, 1975
68. Păunescu, M. - **Folosirea vibrațiilor la executarea unor lucrări de fundații**, Editura Tehnică, București, 1966

69. Păunescu, M. - **Contribuții la studiul procesului de înfigere și smulgere prin vibrare a piloților, tuburilor și palplanșelor**, Teză de doctorat, București, 1962
70. Păunescu, M. - **Relații de calcul pentru înfigerea și smulgerea prin vibrare a piloților, palplanșelor și tuburilor**, Bul. științific și tehnic al Inst. Politehnic Timișoara, 1962
71. Păunescu, M., Izdrăilă, V. - **Procedee speciale de fundare și consolidări**, Inst. Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1974
72. Păunescu, M., Nanu, C., Kocher, I., Iacob, R. - **Noi sisteme de utilaje, scule și dispozitive pentru lucrări de fundații în adâncime, inclusiv de consolidare ale terenului de fundare cu diverse procedee**, Ctr. nr. 3729, Cat. D.F.-ICCPDC București, 1979
73. Păunescu, M., Stoian, C., Belea, Gh., ș.a. - **Sinteză documentară cu privire la folosirea tehnicii vibrării pentru executarea lucrărilor de geotehnică și fundații, inclusiv propuneri de perspectivă**, Ctr. 863, Cat. D.F.-ICCPDC București, 1981
74. Perlea, V., Perlea, M. - **Stabilitatea dinamică a terenurilor nisipoase**, Editura Tehnică, București, 1984
75. Preobrazenskaia, N.A., Savcenko, I.A. - **O vlijanii vibrații na soprotivlenie glinistyx gruntov sdvigu**, Sb. N.I.I. Osnovanii "Dinamika gruntov" nr. 32, Gostroiizdat, Moskva, 1958
76. Rahmatulin, H.A., Sagomanian, I.Ia., Aleseev, N.A. - **Vaprosy dinamiki gruntov**, Izd-vo MGU, Moskva, 1964
77. Rebrik, B.M. - **Vibraționnoe burenie skvazin**, Izd-vo "Nedra", Moskva, 1974
78. Rebrik, B.M. - **Vibrotehnika v burenii**, Izd-vo "Nedra", Moskva, 1966
79. Sanders, J.E., Ymbrie, J. - **Continuous cores of bahamian calcareous sands made by vibrodrilling**, Geological Society of America Bulletin, vol. 74, S.U.A., 1963
80. Savcenko, I.A. - **Vlijanie vibrații na vnutrenie v peskah**, Sb. N.I.I. Osnovanii, "Dinamika gruntov", nr. 32, Gosstroisdat, Moskva, 1958
81. Savinov, O.A., Lușkin, A.Ia. - **Vibraționij metod proguzenia svojego primenenie v stroitelstve**, Gostrodat, Leningrad, 1960
82. Savinov, O.A. - **Sovremennie konstrukții fundamentov pod mașiny i ih rasčet**, Stroizdat, Leningrad, 1979
83. Schein, T. - **Contribuții la studiul și realizarea fundațiilor indirecte executate cu utilaje vibratoare**, Teză de doctorat Timișoara, 1980
84. Schmid, W.E., Kitogo, S. - **Shear strength of Clays and Safety Factors as a Functions of Time**, Proc. of the 6-th Intern. Conf. Mech. and Found. Eng., vol. I, Montreal, 1965
85. Scurenko, N.S. - **Experimentalnê dannê o vlijanii vibrații na soprotivlenie gruntov rezanin**, Sb. N.I.I. Osnov. "Dinamika gruntov", nr.32, Gosstroizdat, Moskva, 1958

86. Seed, B.H., Chan, C.K. - **Clay strength under earthquake loading conditions**, Jurnal of the Soil Mech. and Found. Soc. of Civil Eng., SN2, SUA., 1966
87. Silaş, G., Păunescu, M., Groşanu, I., Brândeşu, L. - **Contribuţii la studiul şi proiectarea maşinilor vibropercutante folosite la înfigerea piloţilor**, Bul. Şt. şi Tehnic al IPT, tom 7, fasc. 2, Timişoara, 1962
88. Silaş, G., Păunescu, M., Groşanu, I., Brândeşu, L., Gligor, T. - **Vibropercutor pentru înfigerea elementelor în pământ**, Bul. Şt. şi Tehnic al IPT, vol. 9, fasc. 2, Timişoara, 1964
89. Silaş, G., Păunescu, M., Groşanu, I., Haida, V. - **Executarea forajelor geotehnice prin metoda vibrării**, Rev. "Hidrotehnica, Gospodărirea apelor şi Meteorologia", nr. 8, Bucureşti, 1966
90. Strobl, R. - **Vibrationsrammtechnik**, B.M.T., Heft 2, 1975
91. Stoian, C., Belea, Gh. - **Instalaţie vibratoare acţionată Diesel-hidraulic pentru subtraversări de terasamente**, Simp. Soluţii noi, eficiente pentru proiectarea şi execuţia structurilor, Secţ. Geotehnică, fundaţii şi structuri rutiere, Fac. de Construcţii, Timişoara, 1986
92. Stoian, C. - **Subtraversarea unei linii de cale ferată folosind utilaje vibratoare**, A III-a Conf. de Geotehnică şi Fundaţii, vol. I, Timişoara, 1975
93. Stoianovici, T., Birţ, I., Gatea, I. - **Instalaţie de foraj geotehnic prin vibrares-vibroforeza 3"**, Brevet de invenţie, IPIU Bucureşti, 1974
94. Strasser, Ed. - **Cercetarea proprietăţilor pământurilor pe şantier prin prelevarea probelor cu ajutorul vibrării**, Ses. Probleme actuale ale tehnicii fundaţiilor din R.S.R., Bucureşti, 1967
95. Ştefănică, N.M. - **Contribuţii asupra metodelor de industrializare a fundaţiilor stâlpilor de energie electrică**, Teză de doctorat, Timişoara, 1980
96. Takashi, Watanabe - **Compaction of Sandy Ground by vibration-Vibroflotation and Related Problemes**, Proc. of the Second Asian Reg. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., vol. I, Japonia, 1963
97. Takenda, J., Tachikawa, H. - **Mechanical Properties of Sand Subjected to Dynamic Load by Forting**, Proc. of the Second Asian Reg. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., vol. I, Japonia, 1963
98. Taylor, P.W., Baccus, D.R. - **Dinamic cyclic strein test on a clay**, Proc. of the 7-th Intern. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., Mexic, 1969
99. Teitlin, I.A., Gucev, I.N. - **Ob opredelenia nagruzoe na fundamentî pri grupovo ustanovke neurabnonesenîn maşin s sinkronîmi avigateliami**, Osnov. fund. i mech. gruntov, nr. 3, Moskva, 1972
100. Torjescu, S. - **Contribuţii la studiul vibraţiilor cu şoc şi aplicaţiile sale**, Teză de doctorat, Bucureşti, 1984
101. Trofimenkov, Iu.G., Vorobkov, L.A., Smiriţkii, L.I., Benediktov, A.A. - **Polevîye metodî issledovania stroitelnîx svoistvo gruntov**, Stroizdat, Moskva, 1964

102. Valișev, N.T. - **Učet nekotorix osobenostej seismičeskogo regima pri otenke stepeni dinamičeskoj ustoičivosti peščanix mass v osnovanii i v žele ghidrotehničeskix soorujenii**, Naučinoe soobșenie, Leningrad, 1959
103. Vasiloni, N. - **Contribuții privind calculul capacității portante a fundațiilor indirecte realizate cu utilaje vibratoare**, Teză de doctorat, Timișoara, 1985
104. Viță, I., Păunescu, M., Schein, T., Torjescu, S. - **Mașini, utilaje de construcții și tehnologii specifice lucrărilor de consolidare a terenurilor de fundare**, Mecanizarea construcțiilor, nr. 2, 1983
105. Vovk, A., Černîy, G.I., Mihailiuk, A.V., Gundarev, K.A. - **Pročinnostye svojstva suglinkov vlaznosti pridinamičeskom nagruzenii**, Osnovania, fundamenty i mehanika gruntov, nr. 5, Moskva, 1973
106. Whitman, R.V., Heaby, K.A. - **The Behaviour of soils under Transient Loadings**, I. Soil Mech. and Found. Div. Proc. American Soc. Civil Eng., S.U.A., 1962

INSTRUCȚIUNI ȘI STANDARDE

107. x x x **Instrucțiuni tehnice pentru executarea drenurilor orizontale prin vibroforare**, Indicativ C178-76, Buletinul Construcțiilor nr. 11, 1976
108. x x x **Vibroînfigător de țevi**, Standard de ramură, Intreprinderea de Reparații Brăila, 1985
109. x x x **Instalație pentru subtraversări, drenuri și ancoraje**, Normă tehnică de întreprindere, Intrep. de Reparații, Brăila, 1985

CONTRACTE

110. x x x **Proiectarea și executarea unei subtraversări de cale ferată la Deva**, Contr. nr 10800, Cat. D.F.-ACM-RCF, Belea Gh., Păunescu, M. ș.a., Timișoara, 1986
111. x x x **Asistență tehnică la proiectarea și executarea unor subtraversări CF**, Contr. nr. 1411, Cat. D.F.- GIGCL, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., Timișoara, 1988
112. x x x **Subtraversare CF-Proiectare și execuție**, Contr. nr. 314, Cat. D.F.- IEELIF Hunedoara-Deva, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., Deva, 1989
113. x x x **Executare foraj D500**, Contr. nr. 10849, Cat. D.F. - SC COMTIM SA, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., Timișoara, 1990
114. x x x **Subtraversare CF-Proiectare și realizare**, Contr. nr. 2307, Cat. D.F.- SC UMT SA, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., Timișoara, 1991

115. x x x **Subtraversare D600 cu tub metalic-Proiectare și execuție**, Ctr. 28, Cat. D.F.-Prescom Caraș-Severin, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., Oțelu Roșu, 1992
116. x x x **Studiu, proiectare și execuție de foraje orizontale pentru subtraversarea cu conducte cu D330 mm**, Ctr. nr. 61, Cat. D.F.-SC SOLVENTUL SA, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., Timișoara, 1993
117. x x x **Foraj orizontal D330 mm DN Oradea-Satu Mare, Proiectare și execuție**, Contr. nr. 116, Cat. D.F.-Oradea, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., 1994
118. x x x **Subtraversare linie CF Simeria-Petroșani, Proiectare și execuție**, Contr. nr. 108, Cat. D.F. SC METALOTERM SRL, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., Călan, 1994
119. x x x **Subtraversare DN Timișoara-Șag, Execuție**, Contr. nr. 132, Cat. D.F. SC RICHMOND SA, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., Timișoara, 1995
120. x x x **Subtraversare DN Arad-Nădlac, Proiectare și execuție**, Contr. nr. 148, Cat. D.F.-Șant. Constr. pt. Transp. Nădlac, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., 1995
121. x x x **Subtraversare CF de incintă cu D440 mm, Execuție**, Contr. nr. 152, Cat. D.F. Regia Autonomă de Drumuri Municipale, Belea, Gh., Haida, V., ș.a., Timișoara, 1996
122. x x x **Vibroînfigător de țevi, Proiect de execuție**, Contr. nr. 6035/79, Cat. D.F.-ICPAIUC București, Fil. Timișoara, Ciobanu, V., Nanu, C., ș.a., 1981
123. x x x **Studii și cercetări privind perfecționarea metodei penetrării**, Contr. nr. 1477, Cat. D.F.-ICCPDC București, Gruia, A., Belea, Gh., ș.a., 1988
124. x x x **Instalație de vibroforare pe orizontală IVO-3, Proiect de execuție**, Cat. D.F.-ICPAIUC București, Ionescu, P., Nanu, C., ș.a., 1981
125. x x x **Studii și experimentări privind viboînfigătorul de țevi**, Ctr. nr. 1713, Cat. D.F.-ICPAIUC București, Stoian, C., Păunescu, M., Belea, Gh., 1982
126. x x x **Experimentarea modelului funcțional al instalației pentru subtraversări, drenuri și ancoraje**, Contr. nr. 7104, Cat. D.F.-ICPAIUC București, Stoian, C., Belea, Gh. 1985
127. x x x **Vibroînfigător VUB-1M**, Fișa tehnică elaborată de MMTc-IPTANA, București, 1976
128. x x x **Studiu tehnico-economic pentru instalația IFO-1**, nepublicat, Catedra de drumuri și fundații a I. P. "Traian Vuia", Păunescu, M., ș.a., Timișoara, 1972
129. x x x **Studiu tehnico-economic pentru instalația IVO-1**, nepublicat, Catedra de drumuri și fundații a I. P. "Traian Vuia", Păunescu, M., ș.a., Timișoara, 1972

130. x x x **Experimentarea modelului îmbunătățit a vibroînfigătorului de țevi**, Contr. nr. 7108, Cat. D.F.-ICPAIUC-ICCPDC, Belea, Gh., Stoian, C., București, 1985
131. x x x **Subtraversare CF Jimbolia pentru o conducta de apă și o conducta de canalizare**, C-da 5/01.11.1996, Dep. IGCCT-SC LONGHERSIN SRL, Belea Gh. ș.a.,1996

CUPRINS

Introducere	3
1. Scurtă sinteză documentară cu privire la folosirea tehnicii vibrării pentru executarea unor lucrări de geotehnică	5
1.1. Despre influența vibrațiilor asupra unor caracteristici ale pământurilor	5
1.1.1. Influența vibrațiilor asupra unor caracteristici elastice și de amortizare	5
1.1.2. Despre influența vibrațiilor asupra rezistenței la forfecare a pământurilor	6
1.1.2.1. Rezistența la forfecare a pământurilor necoezive	6
1.1.2.2. Rezistența la forfecare a pământurilor coezive	13
1.1.3. Influența vibrațiilor asupra compresibilității pământurilor	20
1.2. Domenii de folosire a tehnicii vibrării la lucrările de geotehnică și fundații	25
1.3. Despre generatoarele de vibrații și considerații legate de înfigere și smulgere	28
1.3.1. Tipuri de generatoare de vibrații	28
1.3.1.1. Vibratoare	31
1.3.1.2. Vibropercutoare cu forță de restabilire liniară (vibropercutoare cu arcuri)	34
1.3.1.3. Vibropercutoare cu forță de restabilire constantă (vibropercutoare fără arcuri)	37
1.3.2. Influența caracteristicilor vibrogeneratorului asupra înfingerii și smulgerii	38
1.3.3. Influența naturii pământului asupra înfingerii și smulgerii	43
1.4. Concluzii	46
2. Studii cu privire la realizarea prin vibrare a forajelor geotehnice în general și pentru subtraversări de căi de comunicații în special	48
2.1. Câteva elemente introductive	48
2.2. Cu privire la stadiul actual de dezvoltare și de aplicare a metodei vibroforării	51
2.3. Asupra instalațiilor și echipamentelor folosite la vibroforare	56
2.3.1. Câteva tipuri de vibroinstalații de producție sovietică	57
2.3.2. Câteva tipuri de vibroinstalații de producție indigenă	58
2.3.2.1. Prezentare sumară a unor vibroinstalații pentru foraje verticale	58
2.3.2.2. Prezentare sumară a unor vibroinstalații pentru foraje orizontale	64

2.3.3. Unele echipamente folosite la vibroforare	68
2.4. Asupra tehnologiilor de executare a vibroforajelor	72
2.4.1. Prezentarea tehnologiei de vibroforare cu tubare	73
2.4.2. Referire la tehnologia de vibroforare a drenurilor	73
2.5. Studii experimentale și concluzii desprinse în urma folosirii unor utilaje și echipamente existente în cadrul Catedrei de drumuri și fundații	74
2.5.1. Studii experimentale asupra înfigătorului de țevi model 1972	74
2.5.2. Rezultate experimentale cu privire la funcționarea instalației IVO-1	78
2.6. Concluziile autorului referitoare la posibilitățile de studiu și de modernizare a unor utilaje precum și a tehnologiilor pentru executarea vibroforajelor	87
3. Studii cu privire la realizarea unor utilaje, echipamente și tehnologii perfecționate care folosesc tehnica vibrării pentru foraje și subtraversări	90
3.1. Studiul și proiectarea instalației vibratoare autotractate -IVA	91
3.1.1. Studii cu privire la generatorul de vibrații	93
3.1.2. Studiul și conceperea lumânării de ghidare a vibrogeneratorului	96
3.1.3. Cu privire la conceperea și proiectarea dispozitivului de ridicare-presare a vibrogeneratorului cu echipamentul de forare	96
3.1.4. Studiu privind modificarea sistemului de prindere a echipamentului de lucru	97
3.1.5. Studiul și conceperea grupului hidraulic de acționare a instalației	98
3.1.6. Conceperea căruciorului pentru deplasarea instalației	99
3.1.7. Cu privire la caracteristicile tehnice ale instalației vibratoare autotractate	100
3.2. Studii asupra instalației de vibroforare orizontală IVO-3	101
3.2.1. Studiu privind compunerea cadrului de bază a instalației	102
3.2.2. Studiul și proiectarea vibrogeneratorului de vibrații	103
3.2.3. Studiu cu privire la modificarea sistemului de prindere a echipamentului	104
3.2.4. Studiu privind creșterea forței de presare	104
3.2.5. Cu privire la îmbunătățirea sistemului de fixare a instalației	104
3.2.6. Studiul și conceperea unui grup hidraulic propriu de acționare a instalației IVO-3	105
3.2.7. Cu privire la caracteristicile tehnice ale instalației IVO-3	106
3.3. Conceperea, proiectarea și realizarea echipamentelor pentru vibroforare	108
3.3.1. Studiul și realizarea echipamentului de vibroforare pentru instalația vibratoare autotractată - IVA	109
3.3.2. Studiul și realizarea echipamentului de vibroforare pentru instalația de vibroforare orizontală - IVO-3	110
3.3.3. Modificarea unei carotiere pentru realizarea autogolirii	112
3.3.4. Conceperea și executarea unui echipament modernizat pentru vibroforare cu IVO-1	113
3.4. Studiul unor tehnologii de lucru pentru executarea vibroforajelor cu instalațiile și echipamentele prezentate	115

3.4.1. Studiul tehnologiilor de lucru cu instalația vibratoare autotractată - IVA	115
3.4.1.1. Tehnologia de forare prin vibropenetrare	115
3.4.1.2. Tehnologia de forare prin vibrocarotare	117
3.4.2. Studiul tehnologiilor de lucru cu instalația de vibroforare orizontală- IVO-3	121
3.4.3. Studiul unei tehnologii de vibroforare cu IVO-1și echipamentul modernizat	123
3.4.4. Studiu privind completarea tehnologiilor de vibroforare ale drenurilor orizontale	126
3.5. Concluzii asupra studiilor prezentate în acest capitol	127
4. Studii teoretice și experimentale ale utilajelor, echipamentelor și tehnologiilor elaborate	130
4.1. Studiul și experimentarea instalației vibratoare autotractate - IVA	130
4.1.1. Studiul și proiectarea unor modificări ale subansamblurilor instalației	130
4.1.2. Studii asupra tehnologiilor realizate experimental cu IVA	138
4.1.2.1. Studiul tehnologiei de vibropenetrare	138
4.1.2.2. Studiul tehnologiei de vibroforare cu carotiera	148
4.2. Studiul și experimentarea instalației de vibroforare orizontală IVO-3	156
4.2.1. Studiul, proiectarea și executarea unor modificări ale subansamblurilor instalației	156
4.2.2. Studiul experimental a tehnologiei de vibroforare cu IVO-3	161
4.3. Experimentarea echipamentului modernizat pentru IVO-1	167
4.4. Studii comparative între tehnologiile de vibroforare folosite la executarea subtraversărilor	171
4.5. Concluzii privind utilajele, echipamentele și tehnologiile studiate și experimentate	183
5. Studii privind implementarea unor cercetări în producție	185
5.1. Studii cu privire la executarea forajelor pentru subtraversarea unei căi ferate la Timișoara cu o rețea termică	185
5.2. Studiu și proiectare cu privire la executarea vibroforajului pentru subtraversarea căii ferate cu o conductă de apă în localitatea Oțelu-Roșu	191
5.3. Studiu și proiectare cu privire la executarea vibroforajului subtraversării DN Oradea-Satu Mare cu o conductă de apă	196
5.4. Concluzii desprinse din prezentarea a 3 cazuri de subtraversări studiate și realizate de autor	200
6. Concluzii finale și contribuții	203
6.1. Câteva concluzii finale	204
6.2. Contribuții aduse prin elaborarea studiilor	206
6.2.1. Contribuții la studiul, conceperea și experimentarea unor utilaje	

vibratoare	207
6.2.2. Contribuții la conceperea, realizarea și experimentarea unor echipamente de vibroforare	208
6.2.3. Contribuții la stabilirea tehnologiilor de realizare ale vibroforajelor cu utilajele și echipamentele concepute și executate	210
6.3. Aplicarea practică a cercetărilor efectuate	212
Bibliografie	215