

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" TIMIȘOARA
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII

Ing. MIRCEA VLAIA

**CONTRIBUȚII LA ALCĂȚUIREA , CALCULUL ȘI ALEGEREA
MATERIALELOR PENTRU CONSTRUCȚII METALICE DE RETENȚIE
CU SUPRAFEȚE CURBE**

Lucrare elaborată în vederea obținerii titlului de doctor inginer

621.091
366 A.

Conducător științific
Prof.dr.ing. Ioan Caraba

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

Timișoara , 1997.

MULȚUMIRI

Dorința de cunoaștere păstrează mereu treaz spiitul uman; utilă pentru omenire este cunoașterea întreprinsă într-un mod sistematizat , astfel se poate crea un salt calitativ și cantitativ cu rezultate aplicabile în practică !

Fără lungul șir de căutări, începând cu perioada studenției, continuând cu sfera cunoașterii definită de cadrul amenajărilor hidrotehnice naționale, urmată apoi și până în prezent de activitatea de cercetare-proiectare, prezenta lucrare nu se putea realiza.

Școala hidrotehnică timișoreană a fost cea care a pus bazele inițieri-mi în ceea ce reprezintă structurile de rezistență prin cursurile de înalt profesionalism al unor discipline de bază ca: statica și rezistența materialelor (anul II și III), construcții metalice (anul III și IV) construcții hidrotehnice (anul IV și V) . Înaltă recunoștință păstrez tuturor dascălilor mei care, au vegheat ca lungul drum al cunoașterii să nu pară arid !

Disciplina de construcții metalice a fost cea căreia începând din studenție și până în prezent, i-am acordat o perseverență cunoaștere sub meticuloasa supraveghere a profesorului Ioan Caraba care a conturat și a coordonat prezenta lucrare în calitate de conducător științific. Mulțumiri și înaltă considerațiune profesorului Ioan Caraba pentru suma cunoștințelor transmise în neîntreruptul șir de ani, începând din vremea studenției și până în prezent, pentru atenția și răbdarea cu care mi-a călăuzit în permanență pașii !

Înaltă recunoștință adresez colegilor mei de la Hidrotim alături de care, de la sfera cunoașterii teoretice am trecut la activitatea practică de cercetare-proiectare . Satisfacția profesională, materializată în concepția unor construcții metalice de retenție performante și funcționale, este rodul activității desfășurate alături de acești oameni minunați căroră, le port un respect deosebit !

Mulțumiri sincere tuturor celor care prin comportament și ținută morală m-au fortificat în momentele dificile !

Deosebit respect și căldură celor care, permanent, m-au susținut spiritual spre a depăși zăgazarile și a ajunge la "lumină" !

Un gând de veșnică recunoștință, părinților mei care, mi-au sădit scânteia dorinței de a căuta și a cunoaște câte ceva din nemărginire!

AUTORUL

CUPRINS

CAP. 1 - CONSIDERAȚII GENERALE ASUPRA CONSTRUCȚIILOR METALICE DE RETENȚIE	pag.
1.1. Definierea construcțiilor metalice de retenție și clasificarea lor	5
1.1.1. Terminologie și simbolizare	5
1.2. Obiectul prezentei lucrări	8
1.3. Alcătuirea C.M.H. de retenție, de suprafață și de adâncime, cu platelaj curb	9
1.4. Scopul lucrării	12
1.5. Importanța și rolul construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție	12
1.6. Conținutul lucrării	13
Bibliografie	15
CAP. 2 - ACȚIUNI ȘI GRUPĂRI DE ACȚIUNI ÎN CONSTRUCȚII METALICE HIDROTEHNICE DE RETENȚIE. METODA DE CALCUL A C.M.H. DE RETENȚIE .	
2.1. Acțiuni care solicită construcțiile metalice hidrotehnice; mărimea acțiunilor	17
2.1.1. Greutatea proprie	17
2.1.2. Greutăți suplimentare	19
2.1.3. Acțiuni hidrostactice și hidrodinamice	19
2.1.4. Acțiunea vântului	24
2.1.5. Impactul plutitorilor	25
2.1.6. Acțiunea dată de impactul navelor	25
2.1.7. Acțiunea dată de frecarea navelor	26
2.1.8. Impactul și presiunea datorită gheții	27
2.1.9. Forțe de frecare	28
2.1.10. Forțe de acționare	28
2.1.11. Forța de închidere pe prag	28
2.1.12. Acțiuni datorate diferențelor de temperatură	29
2.1.13. Schimbarea condițiilor de rezemare	32
2.1.14. Acțiuni seismice	32
2.1.15. Acțiunea dată de împingerea aluviunilor	34
2.2. Grupări de acțiuni	36
2.2.1. Gruparea fundamentală (GF)	36
2.2.2. Gruparea fundamentală suplimentară (GFS)	36
2.2.3. Gruparea specială (GS)	37
2.3. Metoda de calcul a C.M.H. de retenție	37
2.3.1. Metoda de calcul a rezistențelor admisibile	38
2.3.2. Metoda de calcul după stările limită.	38
2.4. Exemplu de calcul	40
2.5. Concluzii	45
Bibliografie	45

CAP. 3 - TIPURI DE CONSTRUCȚII METALICE HIDROTEHNICE DE RETENȚIE CU SUPRAFAȚĂ CURBĂ ȘI ALCĂTUIREA LOR

3.1 Construcții metalice hidrotehnice de retenție cu suprafață curbă utilizate curent	47
3.1.1. Stavilă clapetă 8 x 3,8	47
3.1.2 Stavilă segment de suprafață 16 x 10,43	50
3.1.3 Stavilă segment cu clapetă 16 x (8,23 + 2,2)	52
3.1.4. Stavilă segment de adâncime 4x4/23,85	55
3.2. Construcții metalice hidrotehnice de retenție cu suprafața curbă, în soluții moderne	57
3.2.1. Poartă buscată segment 10 x 12,5	57
3.2.2. Stavilă segment de adâncime 1 x 2,1/65	63
3.2.3. Stavilă segment de adâncime 10 x 3/13,5	69
3.2.4. Stavilă segment de adâncime cu cadre multiple 10 x 10, 312/63	73
3.2.5. Stavilă plană cu clapetă 16 x (4 + 1,5)	77
3.2.6.C.M.H. de retenție cu suprafață curbă, pe plan mondial	80
3.2.7. Concluzii	83
Bibliografie	84

CAP. 4 - PROGRAME DE CALCUL CU ELEMENTE FINITE. PROIECTAREA CONSTRUCȚIILOR METALICE HIDROTEHNICE UTILIZÂND PROGRAME DE CALCUL AUTOMAT

4.1. Programe de calcul cu elemente finite	85
4.1.1. Generalități	85
4.1.2. Programul de calcul cu elemente finite Ansys	85
4.1.2.1. Calculul static al structurilor	88
4.1.2.2. Calculul dinamic al structurilor	88
4.1.2.3. Calcule de voaloare și stabilitate	89
4.1.2.4. Structura programului Ansys	89
4.1.2.5. Optimizarea proiectării	89
4.1.2.6. Biblioteca programului	89
4.1.3. Programul de calcul cu elemente finite RSTAB	90
4.1.3.1. Scopul programului	90
4.1.3.2. Acțiuni posibil de luat în calcul	90
4.1.3.3. DUENQ, modul de rezistență al RSTAB - ului	91
4.1.3.4. Principii de calcul	91
4.1.3.5. Limitele programului	91
4.1.4. Programul de calcul cu elemente finite ADINA	92
4.1.4.1. Structura programului	92
4.1.4.2. Programul ADINA	92
4.1.4.3. Programul ADINA-T	93
4.2. Proiectarea construcțiilor metalice hidrotehnice utilizând programe de calcul automat.	93
4.2.1. Calculul porții buscate segment cu metoda elementelor finite	93
4.2.1.1. Definirea acțiunilor și gruparea acțiunilor	95
4.2.1.2. Definirea geometriei structurii de rezistență a canatului	100
4.2.1.3. Eforturi unitare în structura de rezistență a canatului porții .	104
4.2.2. Poziționarea rațională a elementelor orizontale de rigidizare a platelajului	110

4.2.3. Determinarea prin calcul automat, a acțiunilor stavilei asupra infrastructurii de beton .	119
4.2.4. Dimensionarea tije servomotoarelor orizontale printr-un calcul de rezistență de ordinul II	125
4.2.5. Determinarea prin calcul automat a vitezei de curgere a apei de-a lungul feței amonte a platelajului	128
4.2.6. Concluzii	131
Bibliografie.	132

CAP. 5 - SISTEME DE ETANȘARE ALE CONSTRUCȚIILOR METALICE HIDROTEHNICE DE RETENȚIE

5.1. Noțiuni generale. Definierea sistemelor de etanșare.	133
5.1.1. Clasificarea sistemelor de etanșare	134
5.1.2. Alcătuirea sistemelor de etanșare	135
5.1.3. Calculul sistemelor de etanșare	141
5.1.3.1. Calculul sistemului de etanșare tip "cuștit"	141
5.1.3.2. Calculul sistemului lateral de etanșare	145
5.1.4. Sisteme de etanșare uzuale	146
5.1.5. Sisteme de etanșare noi	146
5.2. Soluții de îmbunătățire a funcționării sistemelor de etanșare	149
5.2.1. Sisteme existente de barbotare a apei	149
5.2.2. Sistem propus pentru barbotare a apei	150
5.3. Soluții constructive optime pentru sisteme de etanșare	151
5.4. Considerații finale ale capitolului cinci	152
Bibliografie	152

CAP. 6 - SOLUȚII DE ALCĂTUIRE A LESTULUI CONSTRUCȚIILOR METALICE HIDROTEHNICE DE RETENȚIE

6.1. Definierea problemei	153
6.2. Soluții existente de lestare	153
6.2.1. Comportarea în timp a C.M.H. în soluții existente de lestare	155
6.2.2. Limite ale lestării în soluțiile existente	156
6.3. Soluții noi de lestare; propuneri	156
6.3.1. Calculul mărimilor necesare determinării cantității de lest.	156
6.3.2. Amplasarea și dimensionarea lestului	159
6.3.3. Instalația de lestare	160
6.3.4. Funcționarea stavilei în noua variantă de lestare	162
6.3.5. Particularități specifice noi soluții de lestare	162
6.3.6. Concluzii	163
Bibliografie	163

**CAP. 7 - MATERIALE UTILIZATE LA EXECUȚIA CONSTRUCȚIILOR
METALICE HIDROTEHNICE DE RETENȚIE**

7.1. Noțiuni introductive	165
7.2. Oțelul , material de bază al structurilor metalice hidrotehnice și alegerea lui	167
7.2.1. Mărci de oțel utilizate curent la execuția C.M.H.	168
7.2.2. Mărci de oțel propuse pentru execuția C.M.H.	170
7.3. Materiale propuse pentru sistemele de etanșare ale stavilelor	174
7.4. Materiale utilizate la protecția anticorozivă a C.M.H.	177
7.5. Concluzii și contribuții	181
Bibliografie	182

CAP. 8 - CONSIDERAȚII FINALE

8.1. Activitatea de concepție a construcțiilor hidrotehnice pe plan național	183
8.2. Elemente originale, în domeniul construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție , prezentate în lucrare	185
8.3. Proiectarea construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție în viitor	186
Bibliografie.	188
Bibliografie generală	189
A. Lucrări consultate	189
B. Din lucrările autorului	192

CAPITOLUL I CONSIDERAȚII GENERALE ASUPRA CONSTRUCȚIILOR METALICE DE RETENȚIE

1.1. Definirea construcțiilor metalice de retenție și clasificarea lor

Construcțiile metalice de retenție sunt structuri executate din oțel care, prin alcătuirea și funcționarea lor, constituie un baraj mobil, înglobat într-o structură de beton cu care formează un front de retenție - baraj, ecluză - pe cursul râurilor și fluviilor. Fiind utilizate în cadrul amenajărilor hidrotehnice, construcțiile metalice de retenție sunt cunoscute și sub numele de construcții metalice hidrotehnice (C.M.H.) de retenție.

După ultimele precizări ale /5/, construcțiile metalice hidrotehnice includ toate construcțiile din oțel care sunt supuse acțiunilor hidrostatice și/sau hidrodinamice, în componența construcțiilor metalice hidrotehnice intră: structura metalică de retenție și piesele metalice înglobate în infrastructura de beton.

Există numeroase posibilități de clasificare a C.M.H. de retenție, dintre acestea se menționează, după /1/, câteva:

a. După poziția orificiului obturat se disting:

- C.M.H. de suprafață când echipează ecluzele căilor navigabile sau deversorii de suprafață ai barajelor. În această categorie intră: stavilele de orice tip, batardourile de suprafață, porțile de ecluză de orice tip;
- C.M.H. de adâncime când echipează orificii situate sub nivelul apei; acestei grupe aparțin: stavilele de adâncime, vanele de orice tip și batardourile.

b. După forma platelajului C.M.H. de retenție se împart în:

- C.M.H. de retenție cu platelaj plan, în majoritatea cazurilor platelajul formează un front de retenție plan vertical; foarte rar, platelajul plan poate fi dispus înclinat, cu un anumit unghi față de planul vertical. Din categoria C.M.H. de retenție cu platelaj plan fac parte: stavilele plane, batardourile, porțile plane;
- C.M.H. de retenție cu platelaj curb, în acest caz platelajul este profilat după un segment de cerc, din această categorie făcând parte: stavilele segment, stavilele clapetă, stavilele sector, stavilele cilindrice, porțile buscate segment, suprafața curbă, după /4/, conferă multiple avantaje: reducerea greutateii și a forței de acțiune, manevrabilitate ușoară;
- C.M.H. de retenție cu platelaj poligonal când, frontul de retenție este realizat din segmente dispuse după un contur poligonal (ex. porți buscate, stavile plane);
- C.M.H. de retenție cu platelaj compus când, frontul de retenție reprezintă o combinație între platelajul plan și platelajul curb, ca de exemplu: stavila plană cu clapetă, porțile segment cu clapetă.

Construcțiile metalice de retenție, după /3/, sunt cele mai reprezentative (ca execuție și funcționare) comparativ cu celelalte construcții metalice hidrotehnice.

1.1.1. Terminologie și simbolizare

Notațiile, simbolurile și modurile de definire ale C.M.H. de retenție sunt variate. După /1/ și /2/, fără a avea un caracter limitativ, în tabelul 1.1. se definesc următorii termeni și noțiuni:

Termeni și noțiuni definitorii

Tabelul 1.1.

Termen	Noțiune
Construcții metalice hidrotehnice de retenție C.M.H.	Structuri portante, executate din metal, cu rol de închidere sau deschidere a orificiilor de trecere a apei prin corpul barajelor sau al ecluzelor.
Echipament hidromecanic E.H.M.	Utilaj care servește la închiderea sau deschiderea totală sau parțială a unui orificiu de trecere a apei ; în componența utilajului intră instalațiile care îl deservesc cu excepția instalațiilor de ridicat și a instalațiilor auxiliare ale amenajării.
Orificiu de trecere a apei	Deschidere în corpul construcției, cu nivel liber sau înecat care servește la trecerea apei.
Organ de închidere	Organul mobil de obturare al echipamentului hidromecanic.
Locaș	Degajare în construcție, în care se amplasează organul de închidere.
Nișă	Partea din locaș în care sunt amplasate elementele care transmit construcției de beton acțiunile preluate de organul de închidere și piesele care asigură ghidarea și etanșarea echipamentului.
Piese înglobate	Construcție metalică înglobată în betonul secundar cu rol de : - a transmite construcției de beton acțiunile preluate de organul de închidere ; - a asigura etanșarea, ghidarea și rezemarea organului de închidere ; - a asigura protecția muchiilor de beton ale nișei
Stavila de suprafață și de adâncime	Construcții metalice mobile care , în cadrul lucrărilor hidrotehnice servesc la obturarea totală sau parțială a orificiilor deversoare sau a golirilor de fund , pentru necesități diverse: - descărcarea apei, reglarea biefului amonte, - evacuarea plutitorilor și aluviunilor.
Vane	Construcții metalice , similare cu stavilele, însă de dimensiuni mult mai mici care servesc la închiderea și deschiderea conductelor de golire, a conductelor de presiune, a orificiilor de priză e.t.c.
Poartă	Construcție metalică mobilă care servește la închiderea sau deschiderea sasului ecluzei pentru trecerea navelor.

În tabelul 1.2. sunt precizate câteva părți componente ale construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție :

Părțile componente ale C.M.H.

Tabelul. 1.2.

Termen	Noțiune
Platelaj	Tabla de retenție, etanșă, amplasată pe fața amonte sau aval a organului de închidere.
Sistem de etanșare	Ansamblul de piese (de obicei din cauciuc) și elementele de fixare a acestora, care asigură etanșitatea C.M.H.
Prag inferior	Piesă liniară amplasată transversal pe direcția curentului de apă; la partea inferioară a orificiului de trecere a apei , servind la rezemarea organului de închidere în nișă și la etanșare pe latura inferioară a acestuia.
Prag superior	Piesă liniară, amplasată transversal pe direcția curentului de apă, la partea superioară a orificiului de trecere a apei, servind la rezemarea organului de închidere în nișă și la etanșare pe latura superioară a acestuia.
Canat	Jumătate independentă a porții buscate.

Construcțiile metalice hidrotehnice de retenție pot fi reprezentate prescurtat printr-un simbol, format din două sau mai multe litere; câteva exemple de tipuri constructive uzuale, cu simbolurile lor, sunt prezentate în tabelul 1.3.

C.M.H. de retenție ; tipuri constructive

Tabelul 1.3.

Termen	Simbol	Specificație
Stavila clapeta	SC	Stavila cu platelajul având profilul transversal asemănător cu al barajului deversor; stavila este prevăzută cu articulații pe muchia longitudinală inferioară și servește la reglarea nivelului în lacul de acumulare.
Stavila segment de suprafață	SSS	Stavila cu platelajul curb, prevăzută cu două brațe articulate în infrastructura de beton; stavila servește la obturarea orificiilor de suprafață ale barajelor.
Stavila segment de adâncime	SSA	Stavila similară cu stavila segment de suprafață ca tip constructiv ; este destinată obturării orificiilor de adâncime și servește la evacuarea debitelor catastrofale și la deversarea aluviunilor.
Poarta buscata	PB*	Construcție metalică de retenție compusă din două canate care pivotează în jurul axelor de rotație prin aceasta , realizându-se închiderea și deschiderea ecluzei.

* În capitolul 3 al lucrării este prezentat un tip nou de poartă buscata, atât ca alcătuire constructivă cât și ca funcționalitate: poarta buscată segment pentru care se introduce simbolul P.B.S.

Mărimile funcționale și dimensionale constructive ale C.M.H. de retenție depind de:

- poziția lor raportată la oglinda apei: de adâncime sau de suprafață
- deschiderea orificiului obturant;
- înălțimea orificiului obturat;
- înălțimea acțiunii hidrostatice exprimată în m coloană H₂O.

Mărimile caracteristice pentru câteva tipuri uzuale de C.M.H. de retenție sunt prezentate în tabelul 1.4.:

Mărimi caracteristice ale C.M.H. de retenție

Tabelul I.4.

Construcții metalice hidrotehnice	Mărimi caracteristice	
	denumire	Unitatea de măsură
Stavile de adâncime	deschiderea	m
	înălțimea	m
	înălțimea coloanei de apă	mH ₂ O
Stavile de suprafață	deschiderea	m
	înălțimea *	m
Porți	deschiderea	m
	înălțimea	m

* În cazul stăvililor cu clapetă se va indica și înălțimea clapetei .

Simbolizarea construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție cuprinde:

- simbolul tipului constructiv;
- mărimile caracteristice.

În continuare se prezintă câteva exemple de simbolizare:

a) Stăvilă segment de adâncime ce echează un orificiu cu deschiderea de 10 m și înălțimea de 3 m : înălțimea de calcul a acțiunii hidrostatice este de 13,5 m:

$$SSA 10 \times 3/13,5 \text{ m.}$$

b) Stăvilă segment cu clapetă ce echează un orificiu cu deschiderea de 16m; înălțimea totală a structurii metalice este de 10,43 m din care 8,23 reprezintă stăvila iar 2,2 m este înălțimea clapetei :

$$S.S.C. 16 \times (8,23 + 2.2).$$

c) Poartă buscată ce echează o ecluză de 10 m deschidere, înălțimea porții fiind de 5,7 m:

$$PB 10 \times 5,7.$$

Notă:

La simbolizarea construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție care echează orificii de suprafață nu e necesară indicarea înălțimii coloanei de apă.

1.2. Obiectul prezentei lucrări

Obiectul lucrării îl reprezintă studierea și cercetarea modului de alcătuire, calcul și alegerea materialelor de bază și adaos ale construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție cu suprafață curbă. Vor fi analizate și propuse soluții moderne privind alcătuirea rațională pentru diferite structuri metalice de rezistență și sisteme de etanșare; unele probleme ale calculului de rezistență rezolvate prin metode simplificate în vechile soluții , vor fi soluționate prin calcul exact, utilizând mijloacele de calcul computerizat. Lucrarea nu tratează instalațiile și dispozitivele de deservire a C.M.H..

1.3. Alcătuirea C.M.H. de retenție , de suprafață și de adâncime , cu platelaj curb.

C.M.H. sunt unități tehnice complexe, constituite din subansamble care împreună, realizează obturarea orificiilor pe care le deserveșc. Principial, după /1/, în alcătuirea unei construcții metalice hidrotehnice se disting următoarele:

- partea mobilă (construcția metalică de rezistență cu sistemul de etanșare, scări, platforme e t c.);
- partea fixă (piese metalice înglobate);
- instalații și dispozitive de deservire a C.M.H.

Deoarece stavila segment, cum se arată în /1/, este des utilizată în cadrul amenajărilor hidrotehnice, în figura 1.1. este prezentat modul de alcătuire al acestui tip de construcție metalică hidrotehnică compusă din:

1.3.1. Elemente de rezistență

Aceste elemente sunt reprezentate de:

- a. - platelajul care reprezintă elementul de rezistență cu rol propriu-zis de creare a frontului de retenție ; platelajul se execută din metal; pentru C.M.H. de importanță secundară platelajul poate fi executat din lemn.
- b. - lonjeroni și antretoaze (diafragme) care constituie elemente secundare de rezistență cu rol în rigidizarea platelajului pe verticală și orizontală; secțiunea transversală de tip simplu conex, este realizată din elemente dreptunghiulare (debitate din tablă)îmbinate cu sudură sau din profile laminate ; la calculul caracteristicilor geometrice și sectoriale ale secțiunii transversale, platelajul pe zona activă, conlucrează cu lonjeronul (antretoaza); pentru acțiuni hidrostatice mari secțiunea transversală a antretoazelor poate fi alcătuită sub formă de grindă cu zăbrele .
- c. - structura portantă principală este elementul de rezistență care preia suma acțiunilor (grupări de acțiuni) ce solicită C.M.H.

Ca secțiune transversală structura portantă principală se poate realiza sub formă de:

- grinzi cu zăbrele, grinzi cu inimă plină (profile laminate sau secțiuni compuse din elemente dreptunghiulare îmbinate cu sudură) rigidizate (contravântuite) în partea opusă platelajului (la nivelul tălpilor);
- grinzi tip cheson, burtă de pește, utilizate în general pentru a prelua efectul răsucirii (stavile plane și segment, stavile clapetă).

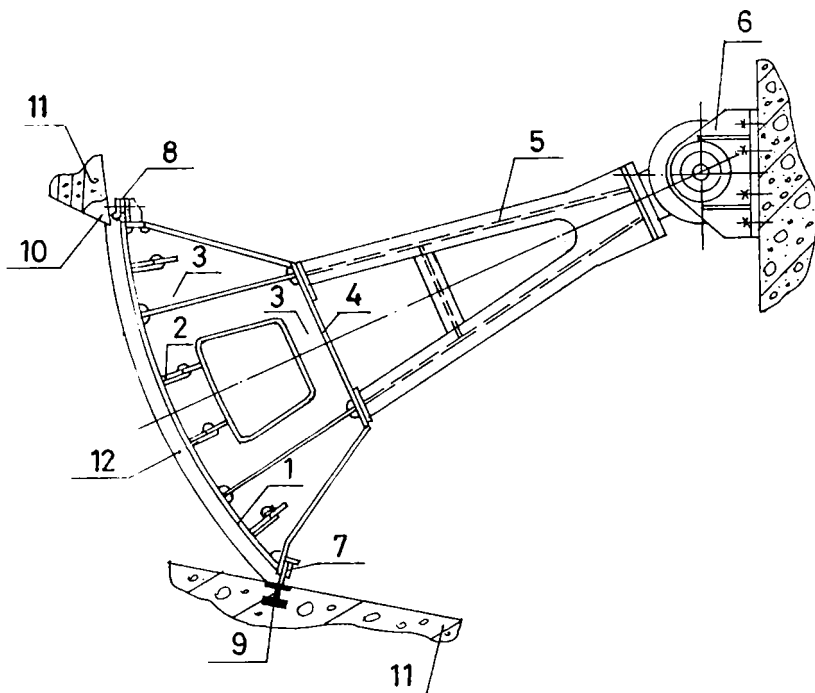


fig. 1.1. Stavilă segment de adâncime - alcătuire.

- 1 - platelaj. 2 - lonjeron. 3 - antretoază (diafragmă). 4 - grindă cheson. 5 - brăț (stâlp).
 6 - articulație. 7 - etanșare la pragul inferior. 8 - etanșare la pragul superior.
 9 - piesă metalică înglobată la pragul inferior. 10 - piesă metalică înglobată la pragul superior.
 11 - infrastructură de beton la pragul superior și respectiv inferior. 12 - piesă metalică înglobată (ghidaj).

În cazul stavelor segment, grinzi principale se reazemă pe stâlpi cu care formează cadre.

În cazul porților buscate segment (C.M.H. prezentă în cap. 3) structura portantă principală este realizată din grinzi principale orizontale ce reazemă pe stâlpi, formând cadre triunghiulare.

Stavilele sector au structura portantă principală formată din cadre echidistante.

Platelajul, lonjeronii, antretoazele și structura portantă principală formează structura metalică de rezistență

- d. - reazemele, executate sub formă de articulații, sunt elemente de rezistență care preiau acțiunile ce soliciță structura metalică de rezistență și le transmit infrastructurii de beton.
- c. - roți de rulare și ghidare sunt elemente care asigură deplasarea și ghidarea structurii metalice în nișă în timpul funcționării.

1.3.2. Elemente auxiliare (partea fixă)

Sunt reprezentate de piesele metalice înglobate în betonul secundar, acesta transmite acțiunile la masivul de beton (baraj, centrală, pile etc.).

Piesele metalice înglobate se realizează din profile laminate, din fâșii de table, rigidizate transversal echidistant, sau sub formă de secțiuni transversale compuse din elemente înbinat cu sudură.

Piesele metalice bordează orificiul în beton pe tot conturul acestuia în vederea realizării unor suprafețe plane continue. Piesele metalice înglobate din pereții laterali ai orificiului constituie ghidajele și contraghidajele. Piesele metalice înglobate la partea superioară și inferioară a orificiului constituie pragul superior și respectiv inferior, fig. 1.1.

În cazul C.M.H. de suprafață pragul superior nu este necesar.

Spre a evita formarea oxizilor, piesele metalice care vin în contact cu sistemul de etanșare, sunt placate cu oțel inoxidabil.

Pentru buna funcționare a C.M.H. pe timp de iarnă, piesele metalice înglobate se prevăd cu sisteme de barbotare și sisteme de încălzire.

1.3.3. Elemente de legătură

Acestea sunt reprezentate de sistemul de etanșare care realizează legătura elastică (uneori rigidă, în cazul etanșărilor metalice) între elementele de rezistență și piesele metalice înglobate în beton.

Sistemul de etanșare împreună cu elementele de rezistență formează organul de închidere al orificiului.

Organul de obturare împreună cu piesele metalice înglobate formează construcția metalică hidrotehnică de retenție.

1.3.4. Instalații sau dispozitive de deservire a C.M.H. de retenție

1.3.4.a. Instalații sau dispozitive proprii de acționare.

Pentru închiderea și deschiderea orificiilor pe care le echipează, C.M.H. sunt prevăzute cu instalații sau dispozitive de acționare care pot fi:

- hidraulice (servomotoare);
- mecanice (tije de acționare, mecanism cu lanț);
- pneumatice (cu aer comprimat).

1.3.4.b. Instalația electrică de acționare și încălzire.

Instalația electrică de acționare asigură ridicarea și coborârea sincronă a C.M.H., oprirea automată la punctele de fine de cursă sau în poziții intermediare.

Comenzile de ridicare - coborâre pot fi transmise local sau de distanță.

Instalația electrică de încălzire asigură încălzirea prin inducție a pieselor metalice înglobate îndepărtând prin aceasta pelicula de gheață formată între sistemul de etanșare și piesa metalică înglobată.

Notă:

Organul de închidere , piesele metalice înglobate, instalația sau dispozitivele proprii de acționare și instalația electrică de acționare și încălzire formează echipamentul hidromecanic.

1.4. Scopul lucrării

Pe plan național volumul informațiilor referitoare la studiul și publicarea rezultatelor cercetării efectuate asupra construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție este destul de restrâns având în vedere seriile mici, adesea la nivel de unicat, ale execuției acestor construcții; publicațiile din literatura de specialitate mondială prezintă într-o formă foarte simplificată modul de alcătuire al C.M.H. proiectate în soluții moderne ; modul de calcul al structurii de rezistență precum și materialele utilizate la execuție nu constituie surse accesibile de informare .

În aceste condiții, scopul lucrării este de a prezenta într-o formă unitară , un concept modern privind:

- modul de alcătuire a unor tipuri moderne de C.M.H. de retenție precum și alcătuirea secțiunii transversale a elementelor structurale ;
- dimensionarea structurii de rezistență utilizând programe de calcul automat prin care , modul real de comportare în exploatare al C.M.H. este încadrat cu mare precizie în activitatea de proiectare, comparativ cu metodele clasice (ex. metoda suprapunerii efectelor) de lucru ;
- alegerea materialelor, unele în premieră, utilizate la execuția elementelor de rezistență și a elementelor auxiliare ale structurii.

Se menționează că stavilele prezentate au fost concepute la comanda fermă a beneficiarilor, multe dintre ele fiind în exploatare sau în curs de execuție; aspectele tratate se referă la C.M.H. cercetate la nivel de detaliu privind alcătuirea și calculul structurilor precum și la alegerea materialelor de bază și de adaos.

1.5. Importanța și rolul construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție .

Întotdeauna furia apelor dezlănțuite la viitură, a pricinuit mari pierderi economice comunităților umane. Prin ingeniozitate, omul a încercat permanent, să limiteze volumul pagubelor produse de ape, în acest sens, cele mai eficiente mijloace de apărare împotriva inundațiilor fiind construcțiile hidrotehnice cu ajutorul cărora , debitele catastrofale pot fi ținute sub control și folosite în diverse scopuri utile din punct de vedere socio-economic.

Construcțiile metalice hidrotehnice de retenție , prin amplasarea lor în infrastructura de beton, asigură stăvilirea apelor și utilizarea lor pentru diverse folosințe: producerea de energie electrică, irigații, alimentare cu apă a centrelor populate și a centrelor industriale, agrement etc.; în perioada viiturilor C.M.H. de retenție asigură reținerea debitelor excedentare și evacuarea lor , în aval , în regim controlat în cazul când capacitatea altor folosințe (evacuarea prin turbinare) este depășită.

Prin crearea frontului de retenție a apelor, construcțiile metalice hidrotehnice asigură limitarea inundării suprafețelor agricole, a centrelor industriale și a comunităților umane , prin aceasta , obținându-se și o valorificare optimă a potențialului hidraulic !

Prin amenajarea cursurilor râurilor și controlul riguros al acestora , importante suprafețe inutilizabile (terenuri mlăștinoase) pot fi folosite ca terenuri agricole , în același timp fiind eliminate zone cu aspect dezolant, generatoare de epidemii etc.

Deosebit de importantă pentru societate este posibilitatea creerii zonelor de agrement, având ca "infrastructură" lacul de acumulare, realizat prin amplasarea construcțiilor metalice de retenție.

C.M.H. de retenție au rolul de a obtura total sau parțial orificiile din corpul barajelor și ecluzelor pentru a realiza:

1. În cazul unităților funcționale baraj, nivelele hidrostatice cerute în biefurile amonte și aval de diversele folosințe urmare a regimului de exploatare.
2. În cazul ecluzelor de pe căile navigabile, nivelul hidrostatic necesar în sasul ecluzei - corelat cu nivelul hidrostatic din amonte și din aval - în vederea trecerii navelor prin ecluză.
3. Trecerea plutitorilor (sloiuri de gheață, bușteni) prin frontul de retenție.

Costul ridicat al lucrărilor de investiții ale C.M.H. de retenție poate fi repede amortizat iar cheltuielile de întreținere sunt scăzute; controlul riguros al debitelor râurilor amenajate din punct de vedere hidrotehnic, pledează pentru execuția acestor lucrări al căror rol este puternic scos în evidență prin comparație cu efectele catastrofale produse de inundații în zonele neamenajate.

1.6. Conținutul lucrării

Lucrarea este structurată în 8 capitole dezvoltate pe 194 de pagini, cuprinzând un număr de 112 figuri și 99 de referințe bibliografice.

Capitolul 1, “Considerații generale asupra construcțiilor metalice de retenție”, după definirea generală a construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție, prezintă câteva criterii de clasificare a acestora; din mulțimea C.M.H. sunt specificate tipurile care fac obiectul lucrării.

Sunt prezentate pe scurt elementele structurale și subsansamblele componente ale C.M.H. de retenție precum și utilitatea lor. În final se menționează scopul lucrării.

Capitolul 2, “Acțiuni și grupuri de acțiuni în C.M.H. de retenție; metoda de calcul a C.M.H. de retenție”, constituie o prezentare unitară a acțiunilor posibile care solicită structurile metalice de retenție; acțiunile prezentate sunt analizate după standardele naționale și în paralel cu ediția '96 a standardului german privind proiectarea C.M.H., /5/.

Acțiunile posibile și simultane, constituite în grupări de acțiuni, sunt analizate în cadrul metodei de dimensionare a C.M.H. Sunt precizate unele situații în care, analizarea necorespunzătoare a acțiunilor și grupărilor acestora duce la deteriorarea chiar scoaterea din funcție a C.M.H.

În cadrul acestui capitol este prezentată noua metodă de calcul a C.M.H. propusă de /5/, metodă care urmărește alinierea la standardul european Eurocode 3.

“Tipuri de C.M.H. de retenție cu suprafață curbă și alcătuirea lor” constituie capitolul 3 al lucrării; în subcapitolul 3.1. sunt prezentate stavilele cu suprafață curbă utilizate curent la echiparea amenajărilor hidrotehnice precum și modalitățile uzuale de alcătuire a structurii metalice.

Subcapitolul 3.2. prezintă tipuri moderne de structuri metalice de retenție analizate din punct de vedere al alcătuirii și funcționalității; astfel sunt prezentate următoarele:

- poartă buscată segment pentru echiparea ecluzelor navigabile; sunt menționate avantajele deosebite ale noii structuri comparativ cu porțile buscate clasice;
- stavilă segment de adâncime, a cărei alcătuire este complet diferită de cea a stavilelor similare, destinată echipării unei golii de fund de medie adâncime (65 m H_2O).
- stavila segment de mică adâncime (13,5 m H_2O) care reprezintă un mod nou de alcătuire a elementelor structurale comparativ cu soluțiile existente;

- stavilă segment de a lăncime cu care multiple care , pune în evidență un concept nou privind alcătuirea secțiunilor C.M.H. destinate golirilor de fund cu deschidere mare;
- stavilă plană cu clapetă, o combinație între două panouri de retenție care pot funcționa independent sau împreună .

În finalul capitolului sunt prezentate comparativ, structuri metalice de retenție moderne proiectate în țări cu tradiție în domeniu.

Capitolul 4, "Programe de calcul cu elemente finite. Proiectarea C.M.H. utilizând programe de calcul automat" prezintă în subcapitolul 4.1. trei programe de calcul cu elemente finite și anume:

- programul RSTAB destinat calculului structurilor din bare;
- programul Ansys pentru calculul structurilor din bare și plăci;
- programul Adina, unul dintre cele mai performante programe cu elemente finite.

Subcapitolul 4.2. evidențiază modul de utilizare al programelor de calcul automat în realizarea, la nivel de detalii de execuție, al porții buscate segment a cărei alcătuire a fost prezentată în capitolul 3.

Unele probleme ale proiectării C.M.H. ca :

- determinarea acțiunilor stavilei asupra infrastructurii de beton;
- dispunerea elementelor orizontale de rigidizare a platelajului în centrele de presiune ale unor suprafețe de presiune egale;
- dimensionarea servomotoarelor orizontale printr-un calcul de rezistență de ordinul doi și determinarea vitezei de scurgere a apei pe sub stavile, probleme care se rezolvă printr-un calcul aproximativ, sunt analizate cu ajutorul programelor de calcul automat oferindu-se astfel posibilitatea unei dimensionări raționale a construcției metalice și a infrastructurii de beton.

Capitolul 5, intitulat "Sisteme de etanșare ale C.M.H. de retenție:" după definirea clasificarea, alcătuirea și calculul sistemelor de etanșare, prezintă tipurile uzuale care echepează C.M.H. de retenție.

Pentru structuri metalice amplasate pe terenuri cu tasări inegale este propus un sistem nou de etanșare.

Sunt prezentate, în continuare, soluțiile existente de barbotare a apei (ca modalitate de îmbunătățire a funcționării etanșării pe timp friguros), precum și un sistem nou de barbotare a apei utilizat în premieră națională la stavile segment cu clapetă 16(8,23+2,2).

În finalul capitolului: sunt specificate soluțiile optime referitoare la alcătuirea constructivă a sistemelor de etanșare.

"Soluții de alcătuire a lestului C.M.H. de retenție" constituie capitolul 6 al lucrării și analizează modalitățile curențe de lestarsă ale stavilelor pentru a permite închiderea în curent a acestora, sub greutatea proprie. Sunt prezentate soluțiile existente de lestarsă cu referiri la comportarea în exploatare precum și limitele soluțiilor existente. În continuare, se propune o soluție nouă de lestarsă, utilizând ca lestarsă apă din lacul de acumulare; este prezentat modul de dimensionare și amplasare al lestului și instalația de lestarsă precum și funcționarea stavilei în noua soluție cu particularitățile specifice.

Al șaptelea capitol "Materiale utilizate pentru execuția construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție" analizează materialele destinate curent execuției C.M.H. și prezintă materiale folosite în premieră, la uzinarea stavilelor moderne. Astfel este prezentat un oțel inoxidabil , cu caracteristici mecanice asemănătoare mărcii OL37, ca alternativă la oțelurile placate.

Posibilitățile de reducere a frecărilor la nivelul sistemului de etanșare cu piesa metalică înglobată sunt evidențiate prin utilizarea garniturilor de etanșare acoperite cu teflon. Protecția

anticorozivă este tratată din punctul de vedere al soluțiilor existente, cu prezentarea, în încheiere a sistemului de protecție “Avenarius”.

Ultimul capitol, opt, intitulat “Considerații finale” face o prezentare a activității de concepție și execuție a C.M.H. pe plan național din faza de pionierat până în prezent, rezultatele obținute în domeniu având ca punct de plecare înaltul profesionalism al școlii politehnice românești în pregătirea viitorilor specialiști.

Pe scurt, este prezentată contribuția autorului adusă în domeniul activității de cercetare și concepție a C.M.H.

În finalul lucrării se fac referiri la posibilitățile viitoare de proiectare a C.M.H. și în acest sens, este propusă o soluție originală de alcătuire și funcționare a unei stavile destinată echipării orificiilor de adâncime.

Bibliografie

1. Caraba I. - Construcții metalice hidrotehnice . Partea a II a. Construcții metalice speciale. Institutul Politehnic “T Vuia” Timișoara. 1978.
2. x x x - STAS 9189-73. Echipamente hidromecanice ale sistemelor energetice. Terminologie și simbolizare.
3. Pescaru V. - Construcții metalice hidrotehnice Vol. I. Institutul Politehnic “Gh. Asachi” Iași.1993.
4. Răduică N. - Calculul stavilelor cu suprafață curbă, ținând seama de conlucrarea elementelor componente. Teză de doctorat. Institutul de Construcții București 1982.
5. x x x - DIN 19704-1. Stahlwasserbauten. Berechnungsgrundlagen 05.1996.

CAPITOLUL 2

**ACȚIUNI ȘI GRUPĂRI DE ACȚIUNI ÎN CONSTRUCȚII METALICE
HIDROTEHNICE DE RETENȚIE; METODA DE CALCUL A
C.M.H. DE RETENȚIE**

2.1. Acțiuni care solicită construcțiile metalice hidrotehnice; mărirea acțiunilor

Construcțiile metalice hidrotehnice au un rol important în desfășurarea diverselor activități sociale, prin utilitatea lor C.M.H. de retenție încadrându-se, în general, în clasele I-a și a II-a de importanță, conform /18/, clase cărora aparțin construcțiile a căror avariere are urmări catastrofale sau grave, este cazul stavelor segment ce echipează golirile de fund sau al C.M.H. din dotarea ecluzelor navigabile adiacente barajelor.

Construcțiile metalice hidrotehnice sunt supuse unor stări complexe de acțiuni, prin acțiune înțelegându-se orice cauză capabilă să genereze eforturi în structura construcției.

Curent este utilizată și noțiunea de "încărcări" și reprezintă acțiunile care se manifestă sub forma unor forțe gravitaționale, de exemplu: greutatea proprie a structurii metalice și a sistemelor de etanșare, greutatea pieselor mecanice, greutatea lestului etc.

În calculul de dimensionare a C.M.H., acțiunile se evidențiază sub forma schemelor de încărcare care, sunt reprezentări grafice ale acțiunilor, cu precizarea parametrilor definitorii: punct de aplicație, mărime, direcție, sens, intensitate, frecvențe etc.

Proiectarea construcțiilor are în vedere prescripțiile generale stabilite de /19/, privind verificarea siguranței construcțiilor precum și prevederile cuprinse în /20/ "Clasificarea și gruparea acțiunilor".

În continuare sunt prezentate acțiunile care solicită C.M.H. și mărirea acestor acțiuni.

2.1.1. Greutatea proprie

Prin specificul lor, construcțiile metalice au o greutate mult mai mică decât construcțiile din beton. Greutatea proprie a C.M.H. de retenție se compune după /1/, din greutatea structurii de rezistență, din greutatea elementelor de rulare (ghidare) și rezemare, din greutatea pieselor mecanice montate pe structura de rezistență, din greutatea dispozitivelor de protecție, din greutatea vopselei și a lestului.

Toate elementele metalice ale C.M.H. se vor calcula cu densitatea specifică de $7,85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, pentru elementele din lemn densitatea specifică se consideră de $1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ și cu aproximația tehnică $g = 10 \text{ m/s}^2$. Acțiunea dată de vopsea, în lipsa prevederilor speciale din tema de proiectare, se consideră ca greutate suplimentară iar în lipsa unui calcul exact va fi inclusă, după /1/, la acțiunile menționate la punctul 2.1.2.

Greutatea proprie (G) se evaluează la predimensionare cu formule, grafice sau prin asimilare cu proiecte existente. După /7/ greutatea proprie se determină cu formulele:

- pentru stavilă segment de suprafață

$$G = 0,698(B^2 \cdot h \cdot H)^{0,673} \quad (2-1)$$

- pentru stăvile segment de adâncime

$$G = 3,688(B^2 \cdot h \cdot H)^{0,521} \quad (2-2)$$

621.091
366 A

- pentru stăvile clapetă

$$G = 2,389B(h \cdot H)^{0,643} \quad (2 - 3)$$

unde:

G = greutatea părții mobile a C.M.H. (kN);

B = deschiderea orificiului obturat (m);

h = înălțimea C.M.H. (m);

H = înălțimea coloanei de apă pe prag (m.col. H₂O).

Formulele prezentate au fost determinate prin analiza statistică a 221 stăvile în faza de proiect de execuție. Greutatea proprie (G) poate fi determinată și grafic, după /7/, conform diagramelor din figurile 2.1. - 2.3.

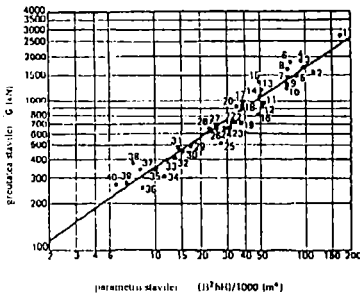


Fig. 2.1. Greutatea stăvilei segment de suprafață.

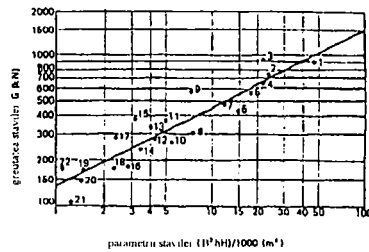


Fig. 2.2. Greutatea stăvilei segment de adâncime.

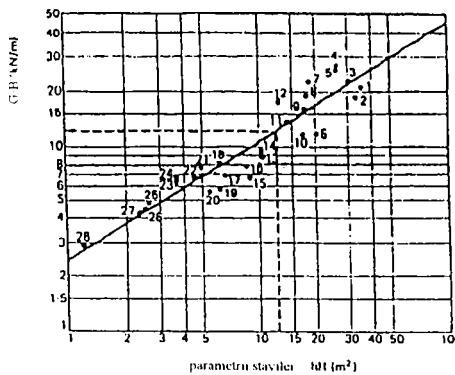


Fig. 2.3. Greutatea stăvilei clapetă G, raportată la deschiderea B.

Analizând diagramele din figurile 2.1. la 2.3. se observă că între parametrii stăvilei reprezentați pe abscisă și greutatea stăvilei reprezentată pe ordonată există o dependență ce poate fi exprimată printr-o funcție de gradul întâi care are expresia:

$$y = 18x + 180 \quad (2 - 1')$$

pentru stăvila segment de suprafață,

$$y = 16,9x + 156 \quad (2 - 2')$$

pentru stăvila segment de adâncime și

$$y = 0,65x + 3,6 \quad (2 - 3')$$

pentru stăvila clapetă.

După /15/, greutatea proprie a C.M.H. se determină cu relația :

$$G = 1,5 \cdot A \sqrt[3]{A} \quad (\text{kN}) \quad (2 - 4)$$

unde :

A este suprafața obturată în m².

Exemplificând, pentru o stavilă segment aflată în exploatare, și care are următoarele caracteristici:

G = 683 kN greutatea stavilei,

B = 16 m este deschiderea orificiului obturat,

H = 10,0 m este înălțimea coloanei de apă pe prag ,

h = 10,43 m este înălțimea stavilei ,

se obțin următoarele rezultate :

- cu formula (2 - 1) :

$$G = 0,698(16^2 \cdot 10,43 \cdot 10)^{0,673} = 665\text{kN}$$

- cu formula (2 - 4) :

$$G = 1,5 \cdot 10,43 \cdot 16 \sqrt[3]{10,43 \cdot 16} = 900\text{kN}$$

Notă:

Greutatea construcției metalice, calculată după /7/, evidențiază o bună apropiere, în procent de 2,6%, comparativ cu greutatea reală a stavilei aflată în exploatare.

Greutatea exactă a stavilei se poate determina după dimensionarea elementelor structurale. Formulele utilizate la anteevaluarea greutății C.M.H. depind de numeroși factori printre care se enumeră: marca oțelului și caracteristicile mecanice ale oțelului, standardele de proiectare adoptate, solicitările și deformațiile admisibile , valoarea coroziunii admise.

2.1.2. Greutăți suplimentare.

În timpul exploatării la construcția metalică aderă sau sunt antrenate diverse materiale: măr, apă, gheață care , măresc suplimentar greutatea structurii.

După /1/, pentru apa antrenată, pentru gheață , vegetația și mărul aderent pe construcția metalică, se consideră o greutate suplimentară de 10% din greutatea proprie a construcției metalice. Greutățile suplimentare se iau în considerare numai când acțiunea lor se produce în sens defavorabil.

2.1.3. Acțiuni hidrostatice și hidrodinamice.

Acțiunea apei reprezintă principalul parametru , luat în calculul C.M.H. , alături de greutatea proprie. După /1/, greutatea specifică a apei râurilor interioare este de 10 kN/m³ iar greutatea specifică a apei de mare este de 10,4 kN/m³ dacă prin tema de proiectare nu se specifică alte valori.

Asupra C.M.H. de retenție cu suprafața curbă , apa exercită forțe de presiune funcție de a căror valori se ține cont la dimensionarea structurii de rezistență.

Considerând o suprafață curbă ABCD, supusă acțiunii hidrostatice, cu notațiile din figura 2.4. expresia forței de presiune obținută prin integrarea suprafețelor elementare, se determină, după [14], cu relația 2 - 5 .

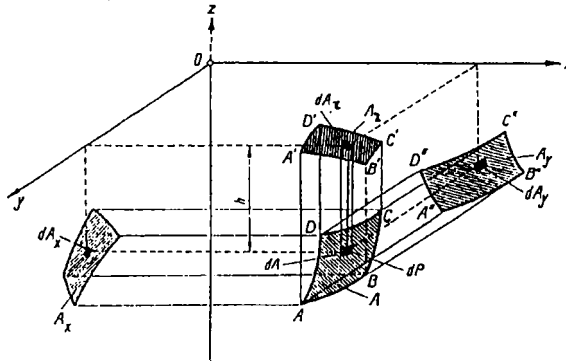


fig. 2.4. Forța de presiune pe o suprafață curbă.

$$\vec{P} = \iint_A p \, d\vec{A} \quad (2-5)$$

- în care :

A este aria suprafeței curbe ABCD ;

p este presiunea ;

dA este o suprafață elementară .

Prin proiectarea forței de presiune pe cele trei axe se obține:

$$\begin{aligned} P_x &= \iint_A p \cdot dA_x = \iint_{A_x} p \cdot dA_x ; \\ P_y &= \iint_A p \cdot dA_y = \iint_{A_y} p \cdot dA_y ; \\ P_z &= \iint_A p \, dA_z \end{aligned} \quad (2-6)$$

- unde :

- P_x , P_y și P_z sunt proiecțiile forței \vec{P} pe axele de coordonate;

- dA_x , dA_y și dA_z sunt proiecțiile suprafeței elementare dA pe planele de coordonate,

- A_x , A_y și A_z sunt proiecțiile ariei A pe planele de coordonate.

Exprimând presiunea statică a apei funcție de adâncimea "h" și de greutatea specifică a apei " γ ":

$$p = \gamma h, \quad (2-7)$$

relațiile 2 - 6 devin :

$$\begin{aligned} P_x &= \gamma \iint_{A_x} h \cdot dA_x ; \\ P_y &= \gamma \iint_{A_y} h \cdot dA_y ; \\ P_z &= \gamma \iint_A h \cdot dA_z \end{aligned} \quad (2-8)$$

în care , se observă că primele integrale sunt momentele statice ale suprafețelor A_x și A_y în raport cu planul manometric; ultima integrală reprezintă un cilindru cu generatoare verticale,

având ca bază suprafața A, cealaltă bază fiind în planul manometric; suprafața cilindrică are ca directoare conturul suprafeței A(ABCD). Astfel, relațiile (2 - 8) se pot scrie:

$$\begin{aligned} P_x &= \gamma \cdot S_{yoz} = A_x \cdot p_{Cx} \\ P_y &= \gamma \cdot S_{zox} = A_y \cdot p_{Cy} \\ P_z &= \gamma \cdot V_{ABCD} \end{aligned} \quad (2 - 9)$$

în care p_{Cx} și p_{Cy} sunt presiunile din centrele de greutate ale proiecțiilor A_x și A_y , iar V_{ABCD} , numit și corp de presiune, rezultă prin integrarea volumelor elementare .

Pentru suprafețe cilindrice care admit un plan de simetrie vertical (ex. stavile segment, stavile cilindrice) componenta P_x devine zero.

Pentru o suprafață cilindrică, cu relațiile 2 - 9 și notațiile din fig 2.4.a , valorile componentelor sunt:

$$\begin{aligned} P_y &= A_y \cdot p_{Cy} = H \cdot b \cdot \gamma \frac{H}{2} = \frac{1}{2} \gamma b H^2 ; \\ P_z &= \gamma \cdot b \frac{\pi r^2}{4} = \frac{\pi}{4} \gamma \cdot b r^2 . \end{aligned} \quad (2 - 9')$$

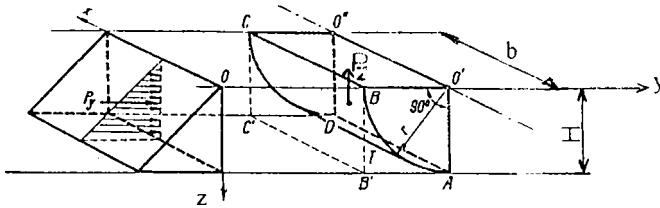


fig. 2.4a. Forța de presiune.

Literatura de specialitate /3/, /4/, /5/, /6/ etc. , prezintă amănunțit relații de calcul privind modul de determinare al componentelor forțelor de presiune care acționează asupra C.M.H. de retenție.

În continuare se prezintă, după /11/, formulele de calcul pentru determinarea componentelor forței de presiune din acțiunea hidrostatică pentru o stavilă segment; cu notațiile din fig. 2.5. se obțin:

$$P_h = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H_1^2 \cdot L \quad (2 - 10)$$

unde : L este lungimea stavilei

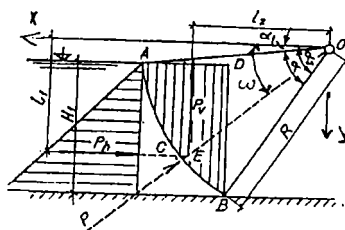


fig. 2.5. Acțiunea hidrostatică asupra stavilei segment.

$$P_v = \frac{1}{2} \cdot \gamma R^2 \left[\frac{\pi \alpha''}{180^\circ} + 2 \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2 - 0,5(\sin 2\alpha_1 + 2 \sin \alpha_2) \right] L, \quad (2 - 11)$$

Rezultanta acțiunii hidrostatice (kN) se determină pe cale grafică sau analitică cu formula:

$$P = \sqrt{P_h^2 + P_v^2}, \quad (2 - 12)$$

iar unghiul rezultantei cu axa OX este :

$$\omega = \text{arctg} \frac{P_v}{P_h}. \quad (2 - 13)$$

Acțiunea hidrodinamică, ce apare la ridicarea stavilei de pe prag, se determină cu ajutorul teoriei curgerilor potențiale.

La desprinderea stavilei de pe prag acțiunea hidrodinamică a apei, ce se manifestă pe platelaj, are valoare inferioară acțiunii hidrostatice redusă cu expresia $\Delta p = \gamma \frac{v^2}{2g}$, unde v este viteza de curgere a apei de-a lungul feței amonte a platelajului; într-un punct material, situat la cota y de la oglinda lacului, valoarea acțiunii hidrodinamice se calculează cu formula:

$$p_d = \gamma \left(y - \frac{v^2}{2g} \right). \quad (2 - 14)$$

În figura 2.5. a este reprezentată alura acțiunii hidrodinamice în urma trasării spectrului curgerii (liniile de curent și liniile echipotențiale) la o stavilă segment, după /16/.

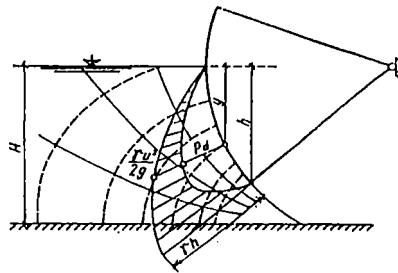


fig. 2.5a. Acțiunea hidrodinamică pe o stavilă segment.

În capitolul 4, utilizând un program de calcul automat, (cu elemente finite de placă), sunt determinate vitezele (V) necesare calculării acțiunii hidrodinamice p_d . Exemplificarea s-a făcut pentru o stavilă segment de adâncime, acționată în vederea evacuării aluviunilor; determinarea acțiunii hidrodinamice este posibilă pentru orice poziție a stavilei, din momentul desprinderii de pe prag până la deschiderea completă.

Acțiunea hidrodinamică, la deversarea peste stavila clapetă, a fost determinată de /5/, în urma cercetărilor de laborator, pentru diferite poziții ale clapetei.

Notând cu α , unghiul pe care îl face coarda clapetei cu orizontala, se disting trei cazuri semnificative ale valorii acțiunii hidrodinamice, definite astfel:

a) - pentru valoarea unghiului $\alpha > 50^\circ$ acțiunea hidrodinamică este egală cu acțiunea hidrostatică ce acționează pe clapetă

b) - pentru $\alpha = 0 \div 40^\circ$ (fig. 2.5.b.) și raportul $\frac{H}{l_c} = 1 \div 0,6$, acțiunea hidrodinamică se determină cu formula:

$$P_d = 0,583\gamma H \cdot l_c \cdot l_0 ; \quad (2 - 14a)$$

$$z \approx 0,5l_c ,$$

în care :

- H este înălțimea coloanei de apă în amonte (m) ;
- l_c este lungimea coardei clapetei (m) ;
- l_0 este deschiderea orificiului obturant (m) ;
- γ este greutatea specifică a apei (kN/m^3) ;
- z este brațul acțiunii hidrodinamice .

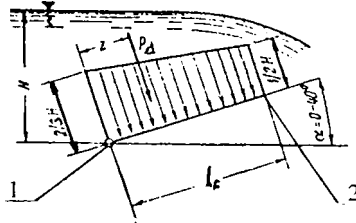


fig. 2.5.b. Calculul acțiunii hidrodinamice.
1 - articulația clapetei . 2 - vârful clapetei

c) - pentru $\alpha < 0 \div 15^\circ$ (fig. 2.5.c.) și raportul $\frac{H}{l_c} = 1 \div 0,6$, acțiunea hidrodinamică se calculează cu formula :

$$P_d = 0,425\gamma \cdot H \cdot l_c \cdot l_0 ; \quad (2 - 14b)$$

$$z = 0,568 \cdot l_c .$$

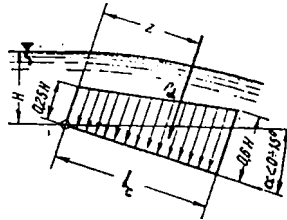


fig. 2.5.c. Calculul acțiunii hidrodinamice.

Notă:

Valorile hotărâtoare ale acțiunii hidrodinamice, pentru calculul de dimensionare al stavilei clapetă sunt cele determinate cu formula 2 - 14a.

Deși ca valoare acțiunea hidrodinamică este inferioară acțiunii hidrostatice scurgerea apei poate cauza apariția fenomenului de vibrație al structurii metalice, fenomen care se evită prin măsuri constructive ca :

- limitarea jocului C.M.H. la ridicare și coborâre;
- dispunerea extremității aval a elementului de rezistență inferior (lonjeron) la o înclinație față de orizontală mai mare de 30°, vârful unghiului fiind pe platelaj;
- limitarea oscilațiilor garniturii de etanșare în jurul poziției de echilibru și alegerea corectă a sistemelor de etanșare (v. cap. 5).

Pentru determinarea forței ascensionale (arhimedice) se iau în considerare toate părțile construcției metalice, scufundate în apă.

Dacă nu se dispune de valori ale acțiunilor hidrostatice sau hidrodinamice sau dacă acestea nu pot fi determinate prin calcul, valorile acestor acțiuni se voi stabili prin încercări pe model.

2.1.4. Acțiunea vântului

Acțiunea vântului se manifestă în plan orizontal, și poate avea orice direcție. Suprafața (A), pe care vântul acționează asupra construcției metalice, se obține prin suma proiecțiilor suprafețelor bătute de vânt pe un plan perpendicular pe direcția vântului. După /1/, acțiunea din vânt (W) se determină cu relația.

$$w = c_f \cdot g_v \cdot A \quad (\text{kN}) \quad (2 - 15)$$

unde:

- c_f - coeficient de formă aerodinamică; $c_f = 1,3$ pentru C.M.H. aflate deasupra solului, $c_f = 0,5$ pentru C.M.H. protejate de vânt, sub nivelul solului;
- g_v - presiunea dinamică (kN/m^2), funcție de zona geografică;
- A - suprafața expusă vântului (m^2).

După /2/, intensitatea normală (p_n^a) a componentei normale la suprafața expusă acțiunii vântului, considerată distribuită, se determină cu relația :

$$p_n^a = \beta \cdot c_m \cdot c_h(z) \cdot g_v, \quad (\text{kN/m}^2) \quad (2 - 16)$$

unde :

- β - este egal cu 1, 6 și reprezintă coeficientul de rafală;
- c_m - este coeficientul aerodinamic egal cu 0,8;
- $c_h(z)$ - este coeficientul variației presiunii dinamice de bază în raport cu înălțimea z deasupra terenul liber;
- g_v - este presiunea dinamică de bază stabilizată, la înălțimea de 10m deasupra terenului (kN/m^2), funcție de zona geografică.

Intensitatea normală a componentei tangențiale la suprafața expusă acțiunii vântului, considerată distribuită, se calculează cu formula:

$$p_i^n = \beta \cdot c_f \cdot c_h(h_{med}) \cdot g_v \quad (\text{kN/m}^2) \quad (2 - 17)$$

unde :

c_f - este coeficientul de frecare egal cu 0,25;

$c_h(h_{med})$ - este un coeficient determinat funcție de înălțimea medie deasupra terenului, a suprafeței considerate.

2.1.5. Impactul plutitorilor

Impactul plutitorilor se determină din energia cinetică a celui mai mare plutitor transportat de cursul apei. Energia cinetică preluată prin deformarea construcției metalice nu trebuie să provoace depășirea limitei de curgere în structura de rezistență. Această acțiune se ia în considerare dacă este cerută și cu valorile precizate în tema de proiectare.

După /4/ acțiunea plutitorilor se determină astfel:

$$P = \frac{m \cdot v^2}{f_a} \quad (2-18)$$

unde:

P este forța de lovire a plutitorului (N);

m este masa plutitorului celui mai mare (kg);

v este viteza plutitorului (m/s), egală cu viteza apei;

f_a este săgeata admisibilă a structurii de rezistență (m).

2.1.6. Acțiunea dată de impactul navelor

În cazul în care C.M.H. pot fi lovite de nave (ex. cazul porților buscate) se vor prevedea dispozitive de protecție separate de organul de obturare, pentru preluarea impactului, conform precizărilor din /1/.

După /12/, mărimea forței de izbire a navei se poate determina cu formula :

$$N_i = \beta \cdot V_n \cdot \sin \alpha \cdot \sqrt{\frac{M}{C_1 + C_2}} \quad (2 - 19)$$

β - este un coeficient prin care se ține seama de energia cinetică absorbită de construcție; pentru construcții izolate $\beta=0,5$; pentru construcții cu parament vertical $\beta=0,4$;

V_n - este viteza de apropiere a navei de construcție (m/s);

α - este unghiul de apropiere a navei de cheu;

M - este masa navei egală cu $\frac{W}{g}$ (W - deplasamentul navei);

C_2 - este săgeata elastică a corpului navei ; $C_2 = 0$ pentru navei fluviale;

C_1 - este suma deplasărilor elastice a construcției și amortizărilor.

- pentru construcții izolate :

$$C_1 = f_p + \frac{f_0}{n} \quad (2-20)$$

în care :

f_p - este mărimea deplasării punctului de aplicație a forței de izbire pe direcția perpendiculară construcției, sub acțiunea unei forțe egale cu $1tf(m/tf)$;

f_0 - este mărimea săgeții elastice a unui dispozitiv de amortizare sub acțiunea forței de $1tf(m/tf)$;

n - este numărul de dispozitive de amortizare la care se transmite forța de izbire a navei.

- pentru construcții cu parament continuu:

$$C_1 = \frac{f_d}{l} + \frac{f_0}{n} \quad (2 - 21)$$

în care :

f_d - este mărimea deplasării punctului de aplicație a forței de izbire pe direcția perpendiculară a liniei coronamentului, sub acțiunea unei forțe de $1tf$, pe $1m$ de construcție (m/tf);

l - lungimea construcției pe care se aplică forța de izbire (m).

Valoarea forței de izbire a navei N_i luată în calcul nu trebuie să depășească acțiunea admisibilă N_a pe corpul navei

$$N_i \leq N_a \quad (2 - 22)$$

Pentru nave fluviale mărimea N_a , exprimată funcție de lungimea $L(m)$ a navei, are valoarea :

$$N_a \leq L - 20 \quad (tf) \quad (2 - 22a)$$

Componenta dirijată tangențial construcției T_j , rezultată din forța de izbire N_i se determină cu formula :

$$T_j = N_i \cdot \mu \quad (2 - 23)$$

unde

μ - este coeficientul de frecare al navei pe amortizor; pentru lemn $\mu = 0,4$

2.1.7. Acțiunea dată de frecarea navelor

Dacă în timpul exploataării, echipamentele pot fi supuse unor solicitări din cauza frecării laterale a navelor , se va verifica dacă pentru această situație este necesară introducerea unei acțiuni suplimentare.

Dacă prin tema de proiectare nu se impun alte valori, după /1/, forța de frecare se consideră că acționează orizontal, la nivelul apei, în sensul de mișcare a vasului și are o valoare de 50 kN. Simultan, se consideră că acționează o forță perpendiculară pe aceasta de 100 kN.

2.1.8. Impactul și presiunea datorită gheții

Presiunea statică a gheții (P_E) se consideră ca acțiune distribuită pe suprafață și acționează în planul orizontal cu valorile:

$P_E = 150 \text{ kN/m}^2$, pentru zona continentală și $P_E = 250 \text{ kN/m}^2$, pentru zona de coastă conform /1/. Pentru zona continentală grosimea stratului de gheață (h_E) este de minim 0,3 m iar pentru zona de coastă $h_E = 0,5 - 0,8 \text{ m}$. Grosimea gheții va fi specificată în tema de proiectare. Pentru pereți verticali presiunea gheții se determină funcție de grosimea h_E , conform figurii 2.6.a. Pentru pereți de retenție înclinați presiunea gheții se poate determina conform figurii 2.6.b.

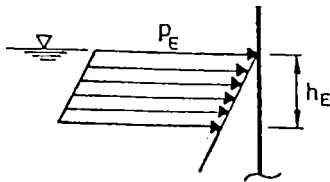


fig. 2.6.a. Presiunea gheții pe un perete de retenție vertical.

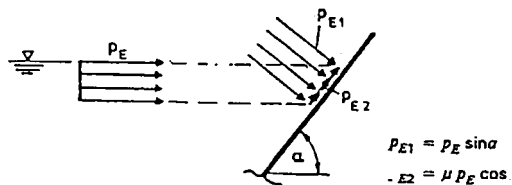


fig. 2.6.b. Presiunea gheții pe un perete de retenție înclinat.

Coefficientul de frecare are valoarea : $\mu = 0,1$.

Pentru C.M.H. care deversează apa și pe la partea inferioară a suprafeței de retenție se va considera o acțiune suplimentară orizontală, distribuită uniform cu valoarea $q = 30 \text{ kN/m}$, care acționează pe elementul de rezistență marginal (lonjeron, grindă principală etc.).

După /12/, acțiunea gheții poate fi luată în calcul, cu valorile conform prevederilor normativului precizat, în urma "unor observații în natură, extinse pe o durată de tip cât mai mare".

Acțiunea dinamică datorită lovirii construcției de sloiurile de gheață izolate ce plutesc liber, după /12/, se calculează ținând cont de unghiul φ , dintre direcția de deplasare a sloiurilor și frontul de retenție al C.M.H.

Pentru unghiul $\varphi < 80^\circ$ acțiunea dinamică se determină cu formula:

$$H_d = k_1 \cdot V \cdot h \sqrt{\Omega \cdot R_s} \sin \varphi \quad (\text{tf}) \quad (2 - 24)$$

iar împingerea maximă pe unitatea de lungime a paramentului acționând perpendicular pe acesta este:

$$H_{d \max} = k_2 \cdot h \cdot R_c \quad (2 - 25)$$

unde:

Ω - este suprafața sloiurilor (m^2), pe baza observației;

k_1 - este un coeficient funcție de obstacol;

v - este viteza de mișcare a sloiului, egală cu viteza apei (m/s);

h - este grosimea sloiului de gheață (m).

k_2 - este un coeficient care ține seama de contactul parțial al gheții cu construcția (0,8 pentru nivelul maxim de curgere a ghețurilor);
 R_s - este rezistența la spargere a gheții, 75 tf/m² în lipsa datelor experimentale;
 R_c - este rezistența la compresiune a gheții egală cu 45 tf/m².

Acțiunea gheții va fi luată în considerare chiar și în cazurile când sunt prevăzute sisteme de îndepărtare a gheții ca: sistem de încălzire, barbotare etc.

Constructiv, se vor lua măsuri de împiedecare a pătrunderii apei și formării gheții în incintele închise tip cheson.

2.1.9. Forțe de frecare

Forțele de frecare care apar la frecare prin alunecare și prin rostogolire se determină funcție de coeficienții de frecare respectivi. Pentru a avea garanția închiderii stavilei sub greutatea proprie, în curent, forțele de frecare se vor majora cu 25%.

După [1] coeficienții de frecare pentru construcții metalice și suprafețe umede sunt:

- oțel pe oțel	$\mu = 0,200 - 0,35$
- oțel pe bronz	$\mu = 0,18 - 0,30$
- oțel inoxidabil pe poliamidă	$\mu = 0,15 - 0,25$
- oțel inoxidabil pe polietilenă	$\mu = 0,10 - 0,20$
- oțel pe elastomer	$\mu = 0,8 - 1,0$
- oțel pe elastomer cu teflon, duritatea Shore A a cauciucului fiind între 50 - 70	$\mu = 0,1$

2.1.10. Forțe de acționare

Forțele de acționare constituie acțiuni ale construcției metalice. Elementele de rezistență ale structurii metalice vor fi verificate la forța de acționare pe care este capabilă să o dezvolte instalația de acționare aleasă. La alegerea instalației de acționare, după [1], se va ține cont că organul de obturare poate fi în mișcare sau în repaus, alegându-se situația defavorabilă.

2.1.11. Forța de închidere pe prag

Forța de închidere pe prag se determină în funcție de rezultanta tuturor forțelor verticale ce acționează pe C.M.H., ca linie de etanșare după [1], stabilindu-se muchia dinspre aval a garniturii. Forța de închidere, pe un metru liniar de garnitură trebuie să fie de minim 5kN.

Forța F_i (kN) ce apare la așezarea stavilei pe prag, pentru stavile segment se poate determina cu formula :

$$F_i = \gamma \cdot B_s \cdot k(H_{sm} - H_{sv}) \quad (2-26)$$

unde :

γ este greutatea specifică a apei (kN/m³);

B_s este lățimea stavilei (m) \equiv lungimea etanșării la prag;

k este lățimea contactului dintre "cușitul" de etanșare și prag (m);

H_{am} este înălțimea coloanei de apă în amonte (m);
 H_{av} este înălțimea coloanei de apă în aval (m).

2.1.12. Acțiuni datorate diferențelor de temperatură

Acțiunile datorate diferențelor de temperatură se manifestă sub forma unor deformații impuse elementelor construcției. (împiedicarea deformării libere) . Variațiile dimensionale ale elementelor structurale se pot determina cu relația:

$$\Delta l = l \alpha_1 \cdot \Delta t \quad (2 - 26.a)$$

unde :

l este lungimea elementului (cm);
 α_1 este coeficientul de dilatație liniară, pentru oțel $\alpha_1 = 12 \cdot 10^{-6}$;
 Δt este diferența de temperatură ($^{\circ}\text{C}$).

Împiedicarea deformării libere a elementului de construcție, duce la apariția unor eforturi unitare (σ_t), independente de geometria elementului, eforturi ce se determină cu relația :

$$\sigma_t = E \cdot \alpha_1 \cdot \Delta t \quad (2 - 26.b)$$

în care, E este modulul de elasticitate longitudinal al oțelului.

După /10/, sunt determinate temperaturile inițiale corespunzătoare momentului realizării construcției pentru sezonul cald (t_{0+}) și respectiv în sezonul rece (t_{0-}):

$$\begin{aligned} t_{0+} &= 0,8t_{VII} + 0,2t_1 ; \\ t_{0-} &= 0,2t_{VII} + 0,8t_1 , \end{aligned} \quad (2 - 27)$$

unde :

t_{VII} și t_1 reprezintă temperaturile medii ale lunilor iulie și respectiv ianuarie;

- valorile normate ale temperaturii aerului exterior în sezonul cald (t^n) și în sezonul rece (t^n) după /10/, se determină cu relația:

$$\begin{aligned} t^n &= t_{VII} + \Delta_{VII} ; \\ t^n &= t_1 - \Delta_1 , \end{aligned} \quad (2 - 28)$$

unde :

Δ_{VII} și Δ_1 reprezintă abaterile față de medie a zilelor cele mai calde și respectiv cele mai reci ; în absența datelor , se pot lua : $\Delta_{VII} = 10^{\circ}\text{C}$ și $\Delta_1 = 15^{\circ}\text{C}$.

Variațiile de temperaturi normate:

$$\begin{aligned} \Delta t_+^n &= t^n - t_{0+} ; \\ \Delta t_-^n &= t^n - t_{0-} , \end{aligned} \quad (2 - 29)$$

nu vor depăși $\pm 40^{\circ}\text{C}$ pentru construcțiile metalice neînglobate în elemente masive.

Notă:

Pentru elemente de construcții subțiri (bare, plăci), /10/ admite o distribuție liniară, pe secțiunea transversală a structurii, a acțiunii dată de temperatura exterioară.

Exemplificând pentru zona orașului Timișoara, unde conform cu /21/, $t_{vii}=28^{\circ}\text{C}$ și $t_i=-12^{\circ}\text{C}$, cu relațiile (2 - 27) se obțin:

$$\begin{aligned} t_{o_1} &= 0.8 \cdot 28 + 0.2(-12) = +20^{\circ}\text{C}; \\ t_{o_2} &= 0.2 \cdot 28 + 0.8(-12) = -4,0^{\circ}\text{C}; \end{aligned} \quad (2 - 27')$$

- cu relațiile (2 - 28) rezultă:

$$\begin{aligned} t_1^n &= 28 + 10 = 38^{\circ}\text{C}; \\ t_2^n &= -12 + 15 = 3^{\circ}\text{C} \end{aligned} \quad (2 - 28')$$

astfel, variațiile de temperaturi normate vor fi :

$$\begin{aligned} \Delta t_1^n &= 38 - (-4) = +42^{\circ}\text{C}; \\ \Delta t_2^n &= 3 - 20 = -17^{\circ}\text{C}. \end{aligned} \quad (2 - 29')$$

Valoarea $\Delta t_1^n = 42^{\circ}\text{C}$ se va reduce la 40°C conform specificației menționate de /10/.

După /1/, ca modificări uniforme ale temperaturii, față de temperatura de montaj de 10°C (283,15K) se vor considera:

a - pentru construcții metalice care se scot temporar complet sau în cea mai mare parte din apă $\pm 35\text{k}$;

b - pentru construcții metalice udate pe o singură parte de apă $\pm 20\text{k}$;

c - pentru construcții metalice udate parțial pe ambele părți $\pm 20\text{k}$;

d - pentru construcții metalice care se află complet sub apă $\pm 10\text{k}$.

În cazurile a și b se va considera suplimentar o variație inegală a temperaturii de 30k pe secțiunea transversală a organului de obturare.

Dacă se consideră schema statică a unei stavile segment, cadru dublu articulat (fig. 2.6.c), cu dimensiunile h (înălțimea cadrului), l (deschiderea cadrului), I_r și I_s momentul de inerție al riglei și respectiv momentul de inerție al stâlpului cadrului atunci, se pot distinge două situații privind acțiunea din temperatură:

A. Temperatură uniformă.

- dacă se notează cu :

t_0 valoarea temperaturii de montaj,

te valoarea temperaturii de exploatare atunci, variația de temperatură este:

$$\Delta t = t_e - t_0$$

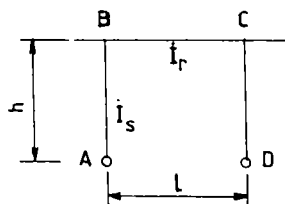


fig. 2.6.c Schema statică.

Presupunând o creștere de temperatură , $\Delta t > 0$, eforturile cauzate de creșterea de temperatură se pot calcula cu relațiile :

$$\begin{aligned} M_B &= -H \cdot h \quad (\text{kNm}); \\ T &= H \quad (\text{kN}); \\ N_{B-C} &= H \quad (\text{kN}); \end{aligned} \quad (2 - 29a)$$

unde :

$$H = - \frac{3EI_r \cdot \alpha_t \cdot \Delta t}{h^2 (2k + 3)}$$

în care :

$$k = \frac{I_r \cdot h}{I_s \cdot l},$$

depinde de momentul de inerție al riglei cadrului (I_r), de momentul de inerție al stâlpului cadrului (I_s) și de dimensiunile cadrului h și l .

Diagramele M , N și T din acțiunea temperaturii ($\Delta t > 0$) sunt prezentate în fig. 2.6.d.

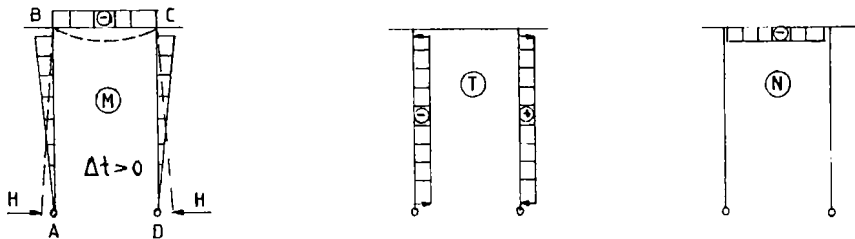


fig. 2.6d Diagrame de eforturi.

Notă:

La scăderea uniformă a temperaturii, $\Delta t < 0$, valorile eforturilor sunt identice dar de sens contrar.

B. Temperatura neuniformă.

În cazul creșterii neuniforme a temperaturii, $\Delta t > 0$ pe lățimea "d" a riglei cadrului (chesonul stăvilii), eforturile se calculează cu relațiile 2.29a în care:

$$H = \frac{3EI_r \alpha_t \cdot \Delta t}{d \cdot h (2k + 3)}, \quad (2 - 29b)$$

iar eforturile sunt reprezentate în fig. 2.6.e.

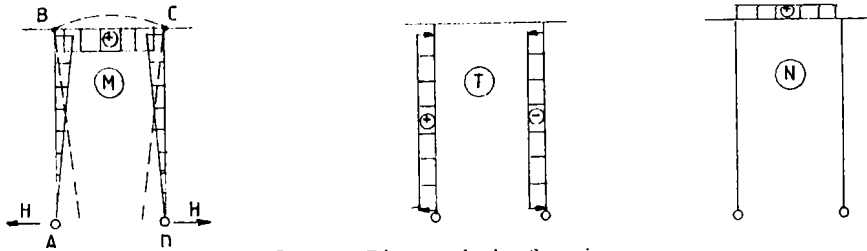


Fig. 2.6.e Diagramele de eforturi.

Notă:

La scăderea neuniformă a temperaturii, $\Delta t < 0$, valorile eforturilor sunt identice dar de semn contrar.

2.1.13. Schimbarea condițiilor de rezemare

Schimbarea condițiilor de rezemare se ia în calcul corespunzător mărimii tasărilor și deformațiilor probabile ale infrastructurii de beton.

Deplasările (tasările) infrastructurii sunt importante în cazul stăvilor segment a căror schemă statică (cadru dublu articulat - articulații sferice - rezemat pe prag) se schimbă prin tasarea unei reazem sau tasarea neuniformă a tuturor reazemelor.

În cazul articulațiilor cilindrice, în planul său, cadrul stăvilii este dublu încastrat iar normal pe plan este dublu articulat.

În zonele în care terenul de fundație este susceptibil la tasări, se vor face obligatoriu studii geo spre a fi determinată neuniformitatea și valoarea tasărilor posibile.

2.1.14. Acțiuni seismice

Acțiunile din cutremur au un caracter pulsatoriu, o durată de acționare scurtă (în medie 20 - 30 secunde) și apar destul de rar. Acțiunile din cutremur se însumează cu celelalte solicitări care acționează asupra structurii metalice, funcție de posibilitatea lor de producere simultană.

Având în vedere caracterul de sarcină extraordinară a solicitărilor din cutremur, ele nu se consideră simultane cu alte acțiuni excepționale posibile (deversare maximă, inundație maximă, încărcări din transport, montaj și betonare, probe de suprasarcină, presiunea unilaterală a apei etc.).

Acțiunea seismică se consideră aplicată în centrul de greutate a elementului de calculat, putând avea orice direcție în spațiu și se determină după [11], cu relația:

$$F_i = G \cdot a_g \quad (2 - 30)$$

unde:

F_i = acțiunea seismică (kN);

a_g = coeficient de intensitate seismică (tab. 2.1.), după [11];

G = greutatea proprie a elementului (kN).

Datorită greutății reduse comparativ cu structurile din beton armat, elementele structurale ale C.M.H. au o inerție redusă la cutremur; demonstrația se face pentru cazul lonjeronului unei stăvilii segment care a fost dimensionat la acțiunea hidrostatică aferentă $q = 22 \text{ kN/m}$, greutatea lonjeronului fiind $G_l = 41,2 \text{ daN}$ pentru deschiderea între reazeme $l = 1,4 \text{ m}$.

Aplicând relația 2 - 30 pentru intensitatea seismică corespunzătoare gradului 8 (tab. 2.1.) și $a_c = 0,1$ se obține:

$$F_i = 0,412 \cdot 0,1 = 4,12 \cdot 10^{-2} \text{ kN}.$$

Prin raportarea acțiunii seismice (F_i) la lungimea "l" a lonjeronului se obține acțiunea seismică distribuită:

$$q_i = \frac{4,12 \cdot 10^2}{1,4} = 0,03 \frac{\text{kN}}{\text{m}}.$$

Se observă că aportul acțiunii aduse de greutatea elementului la seism, $q_i = 0,03 \text{ kN/m}$, reprezintă 0,14% din valoarea acțiunii hidrostatice $q = 22 \text{ kN/m}$ care, este hotărâtoare pentru calculul de dimensionare.

Presiunea seismică suplimentară a apei pentru suprafețe plane verticale se determină cu relația prezentată în /11/:

$$p_z = \frac{7}{8} a_c \cdot \gamma \sqrt{HZ}, \quad (2 - 31)$$

p_z = presiunea seismică suplimentară a apei (kN/m^2) la cota z ;

a_c = coeficient de intensitate seismică (tab. 2.1.);

γ = greutatea specifică a apei (kN/m^3);

H = acțiunea hidrostatică de calcul în gruparea I_a (m.col. H_2O);

Z = adâncimea apei în punctul considerat (m).

Legea de distribuție poate fi asimilată cu repartiția parabolică, recomandată de Westergaard (fig. 2.7.), utilizată în țările din Europa, rezultanta presiunii seismice suplimentare a apei determinându-se prin integrare, între limita superioară și limita inferioară a extremităților platelajului; în cazul C.M.H. de suprafață, limita superioară se confundă cu oglinda lacului iar limita inferioară este identică cu pragul construcției metalice (fig. 2.7.):

$$P_{II} = \int_0^h p_z \cdot dz. \quad (2 - 32)$$

Coeficienți a_c

Tabelul 2.1.

Raionarea în grade magnitudinea Mercali	Coeficient de intensitate seismică (a_c)
7	0,05
8	0,10
9	0,15
10	0,30

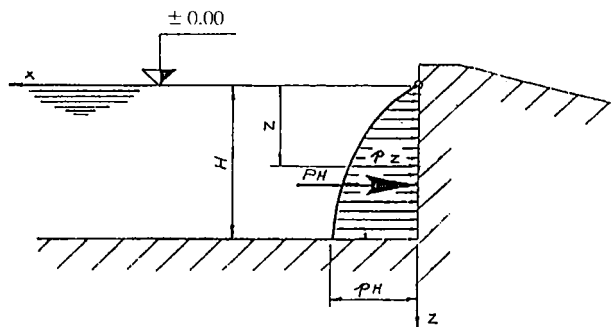


fig. 2.7. Presiunea seismică suplimentară a apei.

După /12/, presiunea seismică suplimentară a apei se determină cu relația:

$$S_a = K_1 \cdot \gamma \cdot z \quad (2 - 33)$$

unde :

K_1 - este coeficientul seismic ale cărui valori se iau funcție de gradul de intensitate seismică , determinat pe baza seismicității locale prescise în harta de zonare seismică a României conform cu /17/;

γ - este greutatea specifică a apei (kN/m^3);

z - este adâncimea apei în punctul considerat (m).

După Nath, citat de /11/, mărimea presiunii hidrodinamice pe paramente verticale, generată de mișcări seismice verticale ale terenului de fundație, se determină cu formula:

$$p_z = C \cdot a_v \cdot \gamma \cdot H \quad (2 - 34)$$

unde :

C - coeficient ce se determină din fig. 2.8. funcție de adâncimea relativă a lacului $\left(\frac{z}{H}\right)$,

lungimea relativă a lacului $\left(\frac{L}{H}\right)$ și parametru $n = \frac{c \cdot T}{H}$ în care :

c - viteza sunetului în apă (m/s);

T - perioada oscilației seismice (s);

a_v - coeficient de intensitate seismică verticală;

γ - greutatea specifică a apei (kN/m^3);

H - adâncimea maximă a apei în lac (m);

L - lungimea lacului (m).

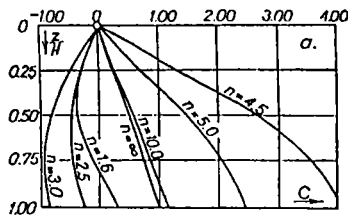


fig. 2.8. Coeficientul c pentru parament vertical și toate valorile L/H .

Pentru suprafețe curbe, rezultanta presiunii seismice suplimentare a apei se obține similar, prin integrarea valori p_z (la adâncimea z) între limita superioară și limita inferioară a extremităților platelajului.

2.1.15. Acțiunea dată de împingerea aluviunilor

În cazul C.M.H. de suprafață care sunt des manevrate, nu apare acest tip de acțiune, urmare a antrenării aluviunilor cu ocazia deschiderii orificiului.

La C.M.H. de adâncime (de exemplu, cele care echipează golirile de fund) datorită manevrelor rare (uncori la intervale de câțiva ani) în fața orificiului obturat se depun aluviuni

formate din particule fine de consistența unui lichid vâscos. Acțiunea dată de împingerea acestui material, după /6/, se calculează cu formula:

$$P_{al} = \frac{\gamma_a h_a^2}{2} t g^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) l_0 \quad (2 - 35)$$

unde :

- P_{al} este rezultanta acțiunii (kN);
- $\gamma_a = (\gamma_0 - 1)(1 - p)$ greutatea specifică a aluviunilor (kN/m³);
- γ_0 este greutatea specifică a terenului în kN/m³;
- p este porozitatea materialului aluvionar;
- h_a este înălțimea stratului de aluviuni în m;
- φ este unghiul taluzului natural în grade (°);
- l_0 este deschiderea orificiului obturant în m.

După criteriul frecvenței de aplicare asupra C.M.H. , acțiunile prezentate anterior se clasifică în:

α) Acțiuni permanente - AP.

Acțiunile permanente se aplică continuu asupra C.M.H., intensitatea acestor acțiuni fiind practic constantă în timp, cu mici excepții ca de exemplu: acțiunea apei , la ridicarea parțială a stavilei.

În cadrul acțiunilor permanente se consideră:

- a. Greutatea proprie a C.M.H. și greutatea suplimentare;
- b. Acțiunea hidrostatică dată de diferența cea mai defavorabilă între nivelul amonte și aval;
- c. Acțiuni hidrodinamice defavorabile;
- d. Acțiuni defavorabile datorită forțelor de frecare;
- e. Forțe de acționare rezultate din acțiuni normale ce sollicită C.M.H.;
- f. Eventuale acțiuni mobile pe C.M.H. când acestea apar frecvent în exploatare;
- g. Împingerea aluviunilor.

β) Acțiuni temporare - AT

Acțiunile temporare, după durata în timp, se împart în :

- acțiuni temporare de lungă durată (ATLD), numite și cvasipermanente (C) care, se aplică cu intensități ridicate pe durate lungi de timp sau în mod frecvent;
- acțiuni temporare de scurtă durată (ATSD), numite și variabile (v), a căror intensitate variază sensibil în timp; aceste acțiuni pot lipsi total pe intervale lungi de timp.

Dintre acțiunile temporare de lungă durată fac parte:

- a. Acțiunea din greutatea utilajului tehnologic amplasat pe structura metalică;
- b. Acțiunea pe pasarele de circulație și platforme din greutatea oamenilor;
- c. Acțiunea vântului;

- d. Acțiuni datorită diferențelor de temperatură;
- e. Schimbarea condițiilor de rezemare.

Acțiunile temporare de scurtă durată cuprind:

- a. Acțiunea hidrostatică și hidrodinamică la nivele excepționale;
- b. Impactul și presiunea datorită gheții;
- c. Impactul plutitorilor;
- d. Acțiunea datorată frecării navelor;
- e. Forța de închidere pe prag;
- f. Variații deosebite de temperatură;
- g. Acțiuni nesimetrice, la structuri dimensionate în mod normal la acțiuni simetrice.

γ) Acțiunile excepționale -AE

Acțiunile excepționale apar foarte rar, eventual niciodată pe perioada de exploatare a construcției. În calculul de dimensionare al structurilor metalice hidrotehnice, posibilitatea de apariție a acțiunilor excepționale trebuie totuși bine analizată, întrucât intensitatea lor este semnificativă!

Din acțiunile excepționale fac parte:

- a. Acțiunile seismice;
- b. Acțiunea apei în cazul viiturilor (nivele catastrofale);
- c. Acțiunea suplimentară generată de împiedicarea mișcării C.M.H. ca urmare a înghețării, pătrunderii corpurilor străine, repartizării neuniforme a forțelor de frecare (ex: între garniturile de etanșare și piesa înglobată);
- d. Acțiunea dată de împingerea navelor urmare a nerespectării semnalelor sau a distrugerii sistemelor de frânare.

2.2. Grupări de acțiuni

Acțiunile care solicită C.M.H. nu se manifestă izolat și nici toate simultan. Pentru dimensionarea structurii de rezistență se consideră combinația cea mai defavorabilă a acțiunilor simultane, practic posibile. Pe baza acestor considerente, după normele române curent se fac următoarele grupări de acțiuni:

2.2.1. Gruparea fundamentală (GF) care cuprinde combinația cea mai defavorabilă a acțiunilor permanente, temporare de lungă durată și o acțiune temporară de scurtă durată:

$$GF = \sum_{i=1}^n AP_i + \sum_{j=1}^m ATLD_j + 1 \cdot ATSD \quad (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}) \quad (2 - 36)$$

2.2.2. Gruparea fundamentală suplimentară (GFS) cuprinde combinația acțiunilor din gruparea fundamentală la care, se adaugă a doua acțiune temporară de scurtă durată:

$$GFS = \sum_{i=1}^n AP_i + \sum_{j=1}^m ATLD_j + 2ATSD \quad (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}) \quad (2 - 37)$$

2.2.3. Gruparea specială (GS) care cuprinde combinația cea mai defavorabilă a acțiunilor permanente, temporare de lungă și scurtă durată și o acțiune excepțională:

$$GS = \sum_{i=1}^n AP_i + \sum_{j=1}^m ATLD_j + \sum_{k=1}^l ATSD_k + 1AE \quad (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}; k = \overline{1, l}) \quad (2 - 38)$$

Grupările de acțiuni se fac pentru diverse poziții ale stăvilii:

- stăvilă pe radier și la deprimarea de pe radier;
- stăvilă scoasă complet din apă;
- stăvilă în poziții intermediare.

În general, starea maximă de eforturi în structura metalică de rezistență, se obține în situația stăvilii la desprinderea de pe radier.

2.3. Metoda de calcul a C.M.H. de retenție.

Dimensionarea eficientă a structurii metalice este condiționată de alcătuirea corectă a secțiunii transversale a elementelor componente. O alcătuire corectă va avea în vedere următoarele principii:

a. Asigurarea unei capacități maxime de rezistență și stabilitate a C.M.H. care, se obține prin :

- alcătuirea secțiunilor transversale ale elementelor de construcție în concordanță cu tipul solicitărilor;

- transmiterea directă a eforturilor;
- îmbinări simple și ușor de întreținut;
- reducerea lungimilor de flambaj prin măsuri constructive.

b. Consumul redus de oțel . O greutate minimă a C.M.H. are influență favorabilă asupra gabaritelor sistemelor de acționare. Consumul de oțel este influențat favorabil de dispunerea rațională a materialului; pentru elementele de construcție solicitate la încovoiere materialul va fi dispus cât mai departe de axa neutră; în cazul lonjeronilor (schemă statică: grindă continuă) consumul de metal este considerabil diminuat dacă secțiunea transversală se dimensionează la momentul încovoietor maxim din câmp ($M_{c\grave{a}mp}$) iar în reazem secțiunea transversală va fi rigidizată suplimentar, spre a prelua momentul încovoietor în reazem (M_{reazem}), dacă $M_{reazem} > M_{c\grave{a}mp}$, conform fig. 2.9. ; volumul mare de calcul este justificat de diminuarea masei construcției.

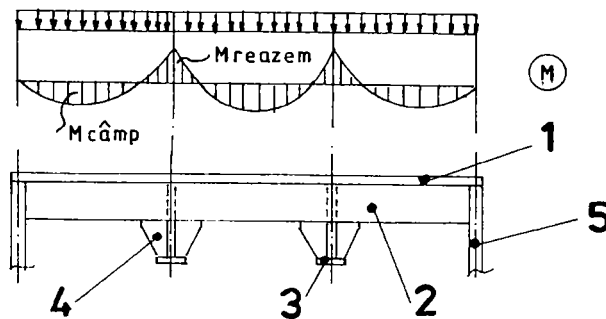


fig. 2.9. Rigidizări locale în reazeme .

- 1 - platalaj. 2 - lonjeron. 3 - antretoază (diafragmă).
- 4 - rigidizare. 5- grindă de capăt.

Realizarea grinzilor de egală rezistență conduce la consum minim de oțel urmare a adaptării secțiunii transversale a grinzii la variația diagramei de moment; este cazul grinzilor principale.

c. Alcătuirea unor secțiuni cu forme simple spre a facilita execuția și a diminua volumul de manoperă. În acest scop se vor folosi pe cât posibil profilele laminate iar îmbinările de uzinare vor fi efectuate prin sudură, preferabil automată. C.M.H. se execută din subansamble, având în vedere gabaritele mari, iar îmbinările la montajul pe șantier se vor realiza cu șuruburi și/sau sudură de montaj.

d. Siguranță și fiabilitate în exploatare. Urmare a exploatării în mediu coroziv, protecția anticorozivă reprezintă un parametru important al siguranței în exploatare; secțiunile transversale ale elementelor vor fi alcătuite astfel ca să permită un acces ușor pentru verificări și întrețineri; prin aceasta se asigură și posibilitatea verificării și refacerii îmbinărilor sudate și eventuale consolidări a structurii metalice urmare a creșterii nivelului lacului de acumulare, spre exemplu: suprainălțarea ulterioară a barajului.

2.3.1. Metoda de calcul a rezistențelor admisibile

Curent, construcțiile metalice hidrotehnice se dimensionează după metoda rezistențelor admisibile, în care efectele acțiunilor (constituite în grupări de acțiuni) - eforturi unitare (σ), deformații (f_{ef}) - sunt comparate cu rezistențele admisibile (σ_a) respectiv cu deformațiile admisibile (f_a)

$$\sigma \leq \sigma_a = \frac{\sigma_c}{c} \quad (2 - 35)$$

$$f_{ef} \leq f_a \quad (2 - 35a)$$

în care:

σ_c este limita minimă de curgere a oțelului;

c este coeficientul de siguranță;

f_{ef} este valoarea efectivă a deformației (săgeții) elementului de construcție.

2.3.2. Metoda de calcul după stările limită

Alinierea la un mod de calcul european unitar, a determinat introducerea de către /1/ a unui nou concept de calcul a C.M.H. de retenție: metoda de calcul după stările limită. Astfel acțiunile de calcul (F_d) se obțin prin multiplicarea acțiunilor normate (F_k) cu coeficienți parțiali de siguranță γ_F și coeficienții de combinație ψ conform relației:

$$F_d = \gamma_F \cdot \psi \cdot F_k \quad (2 - 40)$$

Valorile coeficienților γ_F și ψ sunt trecute în tabelul 2.2. pentru trei cazuri posibile rezultate în urma grupării acțiunilor în grupări de bază și o grupare specială.

Gruparea acțiunilor

Tabelul 2.2

Nr	Tipul acțiuni	Acțiuni	Grupări de bază		Gruparea specială
			GF	GFS	GS
1	Permanentă	Acțiuni permanente.	$\gamma_F = 1,35; \Psi = 1,0$		
2	Variabilă	Acțiuni hidrostatice.	$\gamma_F = 1,35$ $\Psi = 1,0$	$\gamma_F = 1,35$ $\Psi = 0,9$	$\gamma_F = 1,35$ $\Psi = 0,8$
3		Acțiuni hidrodinamice.			
4		Încărcări datorate apei antrenate.			
5		Încărcări datorate gheții antrenate.			
6		Acțiuni datorate circulației.			
7		Forțe inerțiale .			
8		Modificări ale condițiilor de rezemare.			
9		Presiunea gheții, impactul gheții.			
10		Influența temperaturii.			
11	Frecarea navelor .				
12	Excepțională	Pierderea etanșeității compartimentelor etanșe .			
13		Influența situațiilor de transport , montaj și reparații.			
14		Influența acționării în caz de avarie.			$\gamma_F = 1,1 - 1,35$ $\Psi = 1,0$
15		Acțiunea seismică			

Notă:

La alcătuirea grupelor de acțiuni se va lua în considerare o singură acțiune excepțională.

Sub influența acțiunilor (Fd) în construcția metalică apar solicitări complexe a căror valori maxime nu vor depăși domeniul siguranței în exploatare a structurii. După [1], rezistența și stabilitatea construcției metalice este asigurată dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

a) - pentru efortul unitar normal $\alpha(\sigma_x, \sigma_y, \text{și } \sigma_z)$:

$$\frac{\sigma}{\sigma_R} \leq 1 \quad (2 - 41)$$

b) - pentru efortul unitar tangențial $\tau(\tau_{xy}, \tau_{yz}, \text{și } \tau_{zx})$:

$$\frac{\tau}{\tau_R} \leq 1 \quad (2 - 42)$$

c) - pentru efortul unitar echivalent σ_{ech} :

$$\frac{\sigma_{ech}}{\sigma_R} \leq 1 \quad (2 - 43)$$

unde , rezistențele de calcul se determină cu relațiile :

$$\sigma_R = \frac{\sigma_C}{\gamma_M} \quad (2 - 44)$$

$$\tau_R = \frac{\sigma_R}{\sqrt{3}},$$

σ_c fiind limita de curgere a oțelului structurii iar γ_M este coeficientul parțial de siguranță care variază între 1 și 1,1.

Metoda de calcul după stările limită, introdusă de /1/, reprezintă o aliniere în ceea ce privește dimensionarea și proiectarea construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție, la norma europeană /22/ referitoare la dimensionarea și proiectarea construcțiilor din oțel.

2.4. Exemplet de calcul

Definirea corectă a acțiunilor și cuprinderea lor în grupe de acțiune posibile și simultane, constituie etapa anterioară a calculului de dimensionare a C.M.H.; dimensionarea structurii metalice se face pentru gruparea cea mai defavorabilă. Omiterea unor acțiuni, posibile în exploatare și încadrarea încorectă în grupa de acțiune poate avea urmări catastrofale !

O stare complexă de eforturi apare în construcția metalică a stavilei la acționare, ca urmare a blocării acesteia în nișă datorită formării gheții la nivelul suprafeței de contact piesă înglobată - garnitură de etanșare; blocarea mișcării stavilei constituie o acțiune excepțională și se încadrează în gruparea specială.

În continuare se exemplifică, pentru o stavilă segment acționată unilateral cu servomotor, starea de eforturi în două grupări de acțiuni:

a. Gruparea fundamentală (GF). Stavilă la desprinderea de pe radier sub acțiunea hidrostatică și forța de acționare unilaterală a servomotorului.

b. Gruparea specială (GS). Stavilă blocată supusă acțiuni hidrostatice, și forței maxime dezvoltate de servomotor; datorită formării gheții micile deplasări după direcțiile ox și oy ale stavilei în nișă, permise în condiții normale datorită elasticității sistemului de etanșare, sunt împiedicate; materializarea împiedicării deplasărilor după ox și oy pe schema statică (fig.2.11.b și d) s-a făcut prin introducerea reazemului articulat.

Principalele date de calcul ale stavilei sunt:

- deschiderea orificiului	4,4 m;
- înălțimea obturată de stavilă	4,35 m;
- raza de curbură a platelajului	4,5 m;
- înălțimea coloanei hidrostatice	4,25 m (col H ₂ O).

Schema statică a stavilei, cadru dublu articulat, sub acțiunea hidrostatică (q), uniform distribuită în planul cadrului, este prezentă în fig. 2.10.a. Prin concepție, s-a urmărit ca în planul cadrului, acțiunea hidrostatică să dezvolte o componentă maximă $q=99$ kN/m iar proiecția pe planul cadrului a acțiunii hidrostatice să fie zero.

În figura 2.10.b. este prezentată o secțiune verticală prin stavilă.

Prin alcătuirea constructivă s-a urmărit asigurarea rigidității riglei cadrului și a stâlpilor cadrului executați fiecare cu secțiune transversală variabilă, convergentă dinspre cheson spre articulație; ramurile stâlpului sunt rigidizate între ele astfel, asigurându-se o bună stabilitate; în secțiune transversală, stâlpul cadrului reprezintă o secțiune simplu conexă de forma unui "H" dublu cu tălpile paralele cu planul vertical. La alcătuirea secțiunii transversale a stâlpului cadrului s-a ținut cont de variația diagramei de moment încovoietor (v.fig. 2.11.a,b) care are valoarea maximă la nivelul îmbinării riglă - stâlp și tinde spre valoarea zero în articulația stâlpului; articulațiile stavilei au fost astfel dimensionate la efort axial și la forță tăietoare.

Starea complexă de eforturi ce apare pe schema statică definită anterior, a fost determinată utilizându-se programul cu elemente finite RSTAB, pentru grupările de acțiuni GF și GS și prezentată grafic în fig. 2.11.a la fig. 2.11.d.

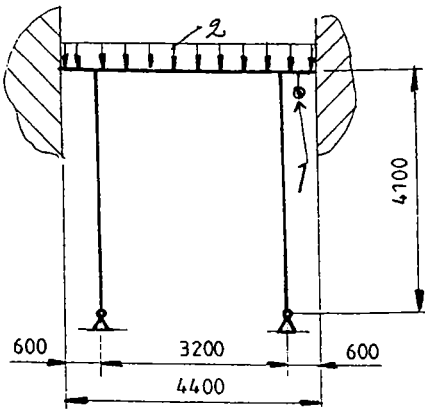


fig. 2.10.a. Schema statică.
 q - acțiunea hidrostatică.
 1 - acționare hidraulică (servomotor).

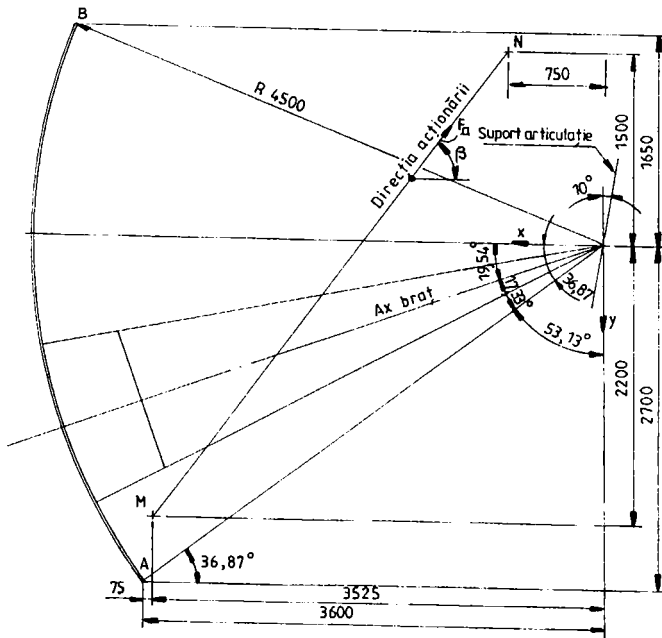


fig. 2.10.b. Secțiune transversală verticală prin stavilă.
 Schema geometrică.

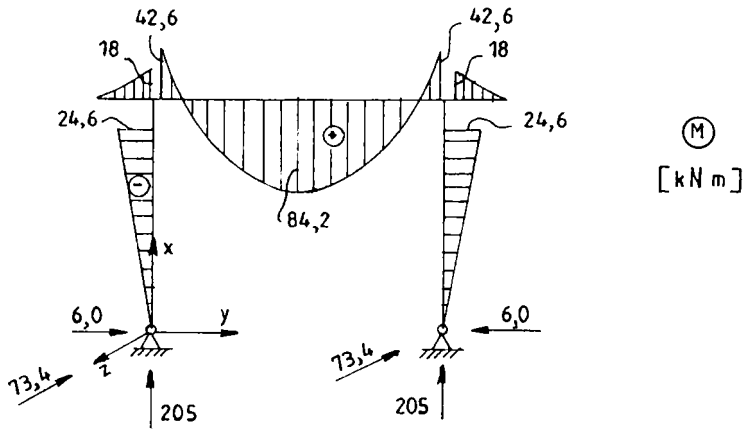


fig. 2.11.a. Diagrama de moment încovoietor . Gruparea fundamentală.

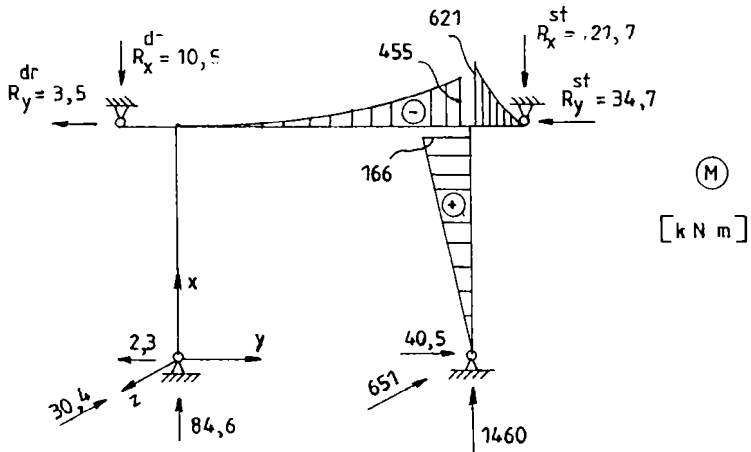


fig. 2.11.b. Diagrama de moment încovoietor. Gruparea specială.
 R_x, R_y - reacțiuni în ghidajele laterale din blocarea (înghețarea) stăvilii.

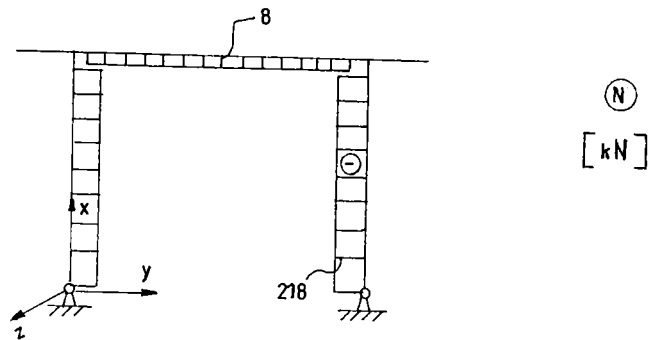


fig.2.11.c. Diagrama de forță axială N. Gruparea fundamentală.

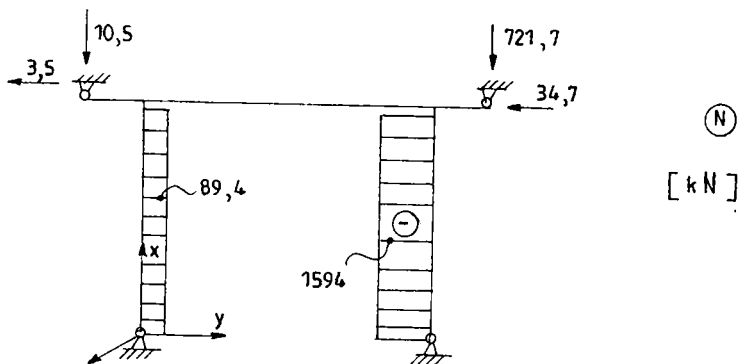


fig. 2.11.d. Diagrama de forță axială N . Gruparea specială.

Diagramele de moment de torsiune și forță tăietoare, au valori nesemnificative pentru exemplul considerat și nu au fost reprezentate grafic.

Analizând diagrama de moment încovoietor (fig.2.11.a. și fig.2.11.b.) se observă că valoarea momentului maxim pe riglă este:

$$M = 84,2 \text{ kNm} \quad \text{în GF și}$$

$$M' = 621 \text{ kNm} \quad \text{în GS ceea ce reprezintă o creștere de 7,38 ori (raportul } \frac{M'}{M} \text{ -}$$

riglă).

După același raționament privind creșterea momentului încovoietor maxim pe stâlp, de la GF la GS se obține o creștere de 6,75 ori (raportul $\frac{M'}{M}$ - stâlp).

Creșterea efortului axial în stâlp (fig.2.11.c,d) este de 7,3 ori (raportul $\frac{N'}{N}$ -stâlp) de la GF la GS.

Întrucât în articulațiile stavilei, acțiunile normale sunt preluate de infrastructura de beton (compresiune), șuruburile de prindere ale articulației sunt sollicitate la tăiere iar valorile rezultantei forței tăietoare, în cele două grupări (fig. 2.11.a,b) se determină cu relațiile:

$$T = \sqrt{7340^2 + 600^2} = 7364 \text{ daN} \quad \text{- în GF;}$$

$$T' = \sqrt{65100^2 + 4050^2} = 65226 \text{ daN} \quad \text{- în GS.}$$

Făcând raportul rezultantei forței tăietoare în articulații în cele două grupări $\left(\frac{T'}{T}\right)$, se observă o creștere de 8,86 ori de la gruparea fundamentală la gruparea specială.

Prin dimensionarea structurii de rezistență în gruparea fundamentală, fără a face verificarea de rezistență în gruparea specială, stavila va ceda la nivelul îmbinării cu șuruburi a articulației unde , apare creșterea maximă (de 8,86 ori) a eforturilor în structură, de la GF la GS.

Eforturile unitare tangențiale (τ) în șuruburile de prindere ale articulației, calculate după /8/, sunt :

$$\tau = \frac{T}{A} \leq \tau_a \quad (2 - 45)$$

unde :

T este rezultanta forței tăietoare în articulație;

A este aria șuruburilor de prindere a articulației;

τ_a este efortul unitar tangențial admisibil la forfecare în tija șurubului cu valorile $\tau_a = 2100 \text{ daN/cm}^2$ (GF) și $\tau'_a = 2600 \text{ daN/cm}^2$ (GS) conform cu /8/, pentru șuruburi pășuite cu grupa caracteristicilor mecanice 5.6

Fiecare articulație este fixată cu 4 șuruburi ($n = 4$) , M 20, cu aria secțiunii transversale $A = 3,46 \text{ cm}^2$

Forța tăietoare în articulație T și T' , în cele două grupări de acțiuni GF și GS se va repartiza la cele 4 șuruburi și astfel eforturile unitare efective au valorile :

$$\tau = \frac{T}{4A} = \frac{7364}{4 \cdot 3,46} = 532 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} < \tau_a = 2100 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau' = \frac{T'}{4A} = \frac{65226}{4 \cdot 3,46} = 4713 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \gg \tau'_a = 2600 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}.$$

Se observă că hotărâtoare pentru dimensionare este gruparea specială care impune diametrul șurubului:

$$d_{\text{req}} = \sqrt{\frac{4T'}{4\pi\tau'_a}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 65226}{4 \cdot \pi \cdot 2600}} = 2,83 \text{ cm}.$$

Astfel se alege un șurub M30 cu aria $A=7,55 \text{ cm}^2$, în aceste condiții, efortul unitar efectiv este :

$$\tau' = \frac{65226}{4 \cdot 7,55} = 2160 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} < \tau'_a = 2600 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}.$$

În exploatarea C.M.H. pot apare situații în care mișcarea stavilei în nișă să fie împiedecată ca urmare a:

- blocării roților de rulare;
- pătrunderii corpurilor străine între ghidaje și stavilă;
- înghețării stavilei cauzate de defectarea sistemului de încălzire;
- tasărilor neuniforme ale infrastructurii de beton; toate acestea justifică necesitatea calculului de mai sus.

Se mai menționează că deși instalația de acționare a stavilei este prevăzută cu limitatori de suprasarcină, pe parcursul exploatării defectarea lor și neobservarea avariei conduce la atingerea valorii maxime disponibile a acționării care în situația blocării translației în nișă generează eforturile menționate în exemplul de mai sus.

Neglijarea verificărilor exemplificate, conduce la scoaterea din funcțiune a stavilei și prin aceasta la golirea lacului de acumulare, întrucât batardoul (stavila de avarie) nu este dimensionat să se închidă în curent; rolul batardoului este de a pune la uscat, doar în ape echilibrate stavila de serviciu.

2.5. Concluzii

Rezultatul activității de concepție este direct proporțional cu evaluarea corectă a acțiunilor. Pentru o eficiență economică maximă și pentru a fi obținută structura de rezistență optimă este necesar ca:

- din punct de vedere al mărimii direcției și sensul acțiunile luate în calcul la dimensionare, să corespundă stării reale de funcționare a C.M.H.
- să fie evidențiată și analizată gruparea de acțiuni cea mai defavorabilă.

Întrucât informațiile în domeniul C.M.H. sunt restrânse iar literatura de specialitate prezintă în mod dispersat tipurile de acțiuni, în prezenta lucrare s-a încercat cuprinderea într-o formă unitară și cât mai aproape de comportarea reală a C.M.H., a acțiunilor și a grupelor de acțiuni posibile și simultane.

Mărimea acțiunilor este analizată dintr-un punct de vedere modern, în conformitate cu ultimele prescripții ale normei germane /1/. Totodată sunt evidențiate posibilitățile de scoatere din funcțiune a stavilelor ca urmare a aprecierii greșite a mărimii acțiunilor sau a neglijării unor acțiuni (grupări de acțiuni).

Analiza corectă a acțiunilor în contextul grupării acestora constituie baza de pornire în activitatea de proiectare a unor C.M.H. cu greutate redusă ușor de executat, montat și exploatat.

Bibliografie

1. x x x - DIN 19704-1 Stahlwasserbauten Berchnungsgrundlagen 05.1996.
2. x x x - STAS 10101/20-90 Acțiunea vântului.
3. Caraba I. - Construcții metalice hidrotehnice. Partea a II-a. Institutul Politehnic "T.Vuia" Timișoara, ed. 1978.
4. Wikert. G., Schmauber, G- Stahlwasserbau, Springer - Verlag Berlin 1971.
5. Zalkindson E.I. - Stavile segment din oțel pentru construcții hidrotehnice. Editura energetică de Stat. Moscova 1958. Traducere din limba rusă.
6. Roșu D. - Construcții metalice hidrotehnice. Partea a II - a. Stavile, Timișoara 1966.

7. Erbiste P.C.F. - Water Power & Dam construction, May 1984 pg. 18 - 23
Estimating gate weights.
8. Mateescu D., Caraba I. - Construcții metalice. Calculul și proiectarea elementelor
din oțel . Ed. Tehnică 1980.
9. x x x - Manual pentru calculul construcțiilor. București, Ed.
Tehnică 1977.
10. x x x - STAS 10101/23 - 75 Acțiuni în construcții. Încărcări date
de temperatura exterioară.
11. Prișcu R. - Construcții hidrotehnice. Vol.I. Ed. Didactică și
pedagogică București, 1974.
12. Indicativ P.D. 171-78 - "Normativ departamental privind proiectarea lucrărilor
hidrotehnice pentru navigație fluvială. "Buletinul
construcțiilor 1978".
13. x x x - STAS 1911-75 Poduri metalice de cale ferată. Prescripții de
proiectare.
14. Cioc D - Hidraulică. Ed. Didactică și pedagogică București. 1975.
15. Grișin M.M. - Construcții hidrotehnice. București Ed. Tehnică 1958.
16. Schoklitsch A. - Der Wasserbau Vol. II Berlin. 1950-1952.
17. x x x - Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor
de locuințe , social culturale , agrozootehnice și
industriale - indicativ P100-92.
18. x x x - STAS 4273 - 83 Construcții hidrotehnice . Încadrarea în
clase de importanță.
19. x x x - STAS 10100/0 - 75 Principii generale de verificare a
siguranței construcțiilor.
20. x x x - STAS 10101/0 - 75 Clasificarea și gruparea acțiunilor.
21. x x x - STAS 6472/2-83 Hidrotehnica. Parametrii climatici
exteriori.
22. x x x - Eurocode 3 . Bemessung und Konstruktion von
Stahlbauten - Teil 1.1. Allgemeine Bemessungsregeln für
den Hochbau - Deutsche Fassung EVN 1995 - 1-1 : 1992.

CAPITOLUL 3

TIPURI DE CONSTRUCȚII METALICE HIDROTEHNICE DE RETENȚIE
CU SUPRAFAȚĂ CURBĂ ȘI ALCĂȚUIREA LOR

3.1. Construcții metalice hidrotehnice de retenție cu suprafață curbă utilizate curent

Deși execuția C.M.H. de retenție cu suprafață curbă este mai dificilă decât uzinarea structurilor metalice de retenție cu suprafață plană, urmare a unor avantaje ca:

- funcționalitate promptă și rapidă;
- întreținerea ușoară în exploatare;
- personal și instalații minime necesare acționării;
- posibilități rapide de evacuare a plutitorilor și a debitelor excedentare, stavilele cu suprafață curbă de retenție echipează în mod curent barajele amenajărilor hidrotehnice.

În continuare sunt prezentate câteva tipuri de C.M.H. cu suprafață curbă, frecvent utilizate: stavilele clapetă, stavilele segment etc., cele mai utilizate după /1/, fiind stavilele segment care echipează în mod curent cursurile râurilor interioare amenajate din punct de vedere hidrotehnic.

3.1.1. Stavilă clapetă 8 x 3,8

Este una din C.M.H. cele mai uzuale, destinată a echipa barajele deversoare; caracterizându-se printr-o manevrabilitate ușoară, este propice:

- reglajelor fine de debite,
- deversării plutitorilor, inclusiv sloiuri de gheață,
- atenuării debitelor anormale, când echipează centrale-baraj, în paralel cu funcționarea turbinelor.

A. Caracteristici tehnice principale:

Deschiderea în lumină	8 m
Înălțimea obturată	3,823 m
Înclinația clapetei față de orizontală	
- poziția închis	+68°
- poziția deschis	-10°
Raza de curbură a platelajului	7,6 m
Numărul articulațiilor	4 buc
Acționare bilaterală	mecanism cu lanț
Tipul etanșării	
- lateral, fig. 3.2b	garnitură L.II60
- prag, fig. 3.2.a	garnitură 1 (covor cauciuc)
- înălțimea coloanei de calcul	3,8 m. col. H ₂ O.

După /2/ acționarea bilaterală a stavilei clapetă conduce la o reducere de până la 8,6% a eforturilor în platelaj, cu rezerva privind sincronizarea acționării. Unii beneficiari preferă acționarea bilaterală cu lanț pe care o consideră mai ușor de întreținut comparativ cu acționarea centrală cu servomotor.

B. Scheme statice și alcătuirea secțiunilor

Elementul principal de rezistență al clapetei este grinda principală (chesonul) fig. 3.1., a cărei schemă statică este o grindă continuă cu 4 articulații, supusă acțiunii hidrostatice aferente. Poziția chesonului a fost determinată astfel ca rezultanta acțiunilor să treacă prin centrul de greutate al secțiunii transversale. Întrucât secțiunea transversală a chesonului nu este simetrică, centrul de greutate este diferit de centrul de răsucire, situație care, conduce la o stare de răsucire împiedicată.

Secțiunile transversale care se comportă cel mai bine la răsucire sunt secțiunile dublu conexe, motiv pentru care secțiunea transversală a grinzii principale este de forma unui trapez, cu baza mare curbilinie (zona platelajului). Dimensiunile secțiunii transversale s-au ales din considerente tehnologice (de execuție în uzină și întreținere ușoară în exploatare).

Tabla platelajului este elementul de retenție al apei, fig. 3.1.; platelajul este un profil curbiliu cu raza de 7,6 m și este rigidizat pe două direcții astfel:

- pe verticală cu antretoaze (diafragme) dispuse în planul articulațiilor, fig.3.1. Ca schemă statică diafragma este o grindă simplu rezemată pe inimile chesonului (porțiunea centrală a diafragmei) și o consolă încastrată în inima superioară a chesonului (porțiunea superioară a diafragmei); secțiunea transversală este de tip T și I asimetric.

Încălcarea diafragmei o constituie acțiunea hidrostatică aferentă de formă triunghiulară. La nivelul lonjeronilor diafragma este prevăzută cu orificii de trecere a acestora.

- pe orizontală cu lonjeronii și cele două inimi ale grinzii cheson. Lonjeronul este o grindă continuă, rezemată pe diafragme; acțiunea pe lonjeron este uniform distribuită (acțiunea hidrostatică aferentă).

Secțiunea transversală a lonjeronului este de tip dublu T asimetric, talpa spre platelaj fiind constituită de zona activă a platelajului.

C. Funcționarea clapetei se realizează prin coborârea ei cu ajutorul mecanismului de acționare; pentru evacuarea debitelor excedentare clapeta se coboară complet menținându-se în această poziție până la realizarea nivelului dorit în lac, moment în care se comandă închiderea, operație ce decurge în sens invers. Pentru deversarea plutitorilor (lemn, gheață etc.) clapeta se deschide parțial, până la evacuarea completă.

În figurile următoare este prezentată alcătuirea stavilei clapetă.

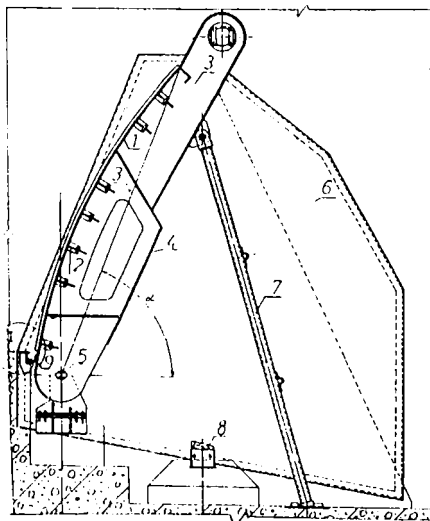


fig. 3.1. Stavilă clapetă. Secțiune verticală

- 1 - platelaj .
- 2 - lonjeron .
- 3 - antretoază (diafragmă).
- 4 - grindă principală tip cheson.
- 5 - bolț articulație.
- 6 - blindaj lateral (scut).
- 7 - suport de montaj.
- 8 - tampon de reazem al clapetei deschise.
- 9 - etanșare la prag (v.fig.3.2.a.).

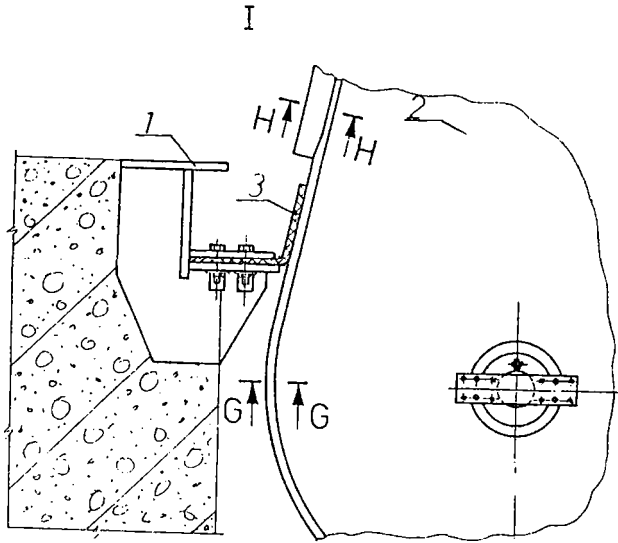


fig. 3.2.a. Etanșare prag.

1 - piesă înglobată. 2 - clapetă. 3 - garnitură de etanșare.

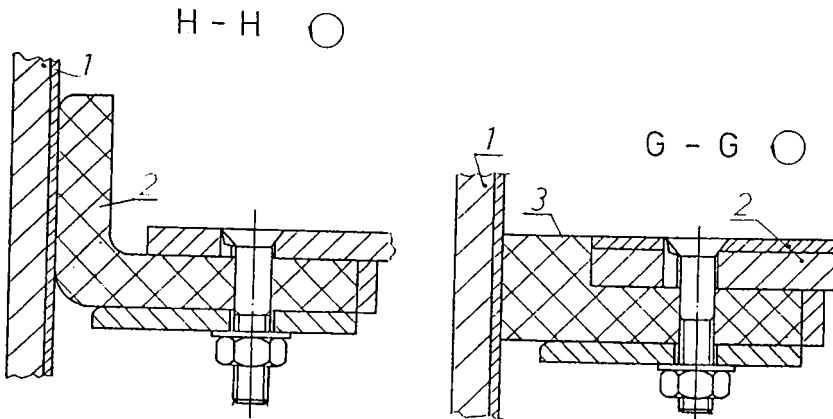


fig. 3.2.b. Etanșare laterală.

1 - blindaj lateral (scurt).
2 - garnitură de etanșare.

fig. 3.2.c. Secțiune prin platelaj în zona placată cu oțel inox.

1 - blindaj lateral (scut). 2 - platelaj placat.
3 - garnitură de etanșare.

3.1.2. Stavilă segment de suprafață 16 x10,43

Stavila segment realizează deversarea debitelor excedentare, în mod singular sau împreună cu turbina, când echipează o centrală baraj. Manevrelor de acționare a stăvilii (ridicare - coborâre) nu prezintă particularități deosebite motiv pentru care, este larg utilizată în cadrul amenajărilor hidrotehnice.

A. Caracteristicile tehnice principale sunt:

Deschidere	16,0 m
Înălțimea de retenție	10,43 m
Raza de curbură a platelajului	10,7 m
Garda	0.24 m
Timp de ridicare	47 min.
Timp de coborâre	47 min.
Înălțimea coloanei de calcul	10,0 m. col. H ₂ O
Acționare bilaterală	mecanism de acționare cu lanț.

B. Schema statică și alcătuirea secțiunilor

Elementul principal de rezistență al stăvilii este cadrul dublu articulat în infrastructură, format din :

- rigla cadrului, structură metalică sudată tip cheson (secțiune dublu conexă), fig. 3.3.;
- stâlpii cadrului fixați rigid de riglă, fig. 3.3.

În poziția stăvilii pe radier (valoarea maximă a acțiunii hidrostatice), s-a stabilit poziția rezultantei acțiunii hidrostatice față de care, simetric, s-a dispus secțiunea transversală a riglei cadrului.

Lonjeronii, (fig. 3.3.), de tip nervură (rezemați pe diafragme) sunt grinzi continue încărcate cu presiunea hidrostatică uniform distribuită.

Zona de platelaj ce conlucrează cu lonjeronul s-a determinat după /3/.

Diafragma fig. 3.3. este o grindă simplă rezemată (pe rigla cadrului) cu două console încărcate cu presiunea hidrostatică distribuită trapezoidal .

C. Funcționarea stăvilii se realizează prin rotație în jurul articulațiilor, sub acțiunea forței de acționare generată de mecanismul de ridicare montat pe pile . Pereții laterali ai pilelor , la nivelul razei de etanșare, sunt prevăzuți cu piese metalice înglobate în beton, realizate din table, profil cornier și oțel rotund, asamblate prin sudură. La nivelul suprafeței de contact dintre piesa înglobată și stăvilă s-a prevăzut o fâșie de tablă din metal inoxidabil .

Articulațiile stăvilii sunt fixate pe grinzi metalice înglobate în beton.

Figurile următoare evidențiază modul de alcătuire al stăvilii segment:

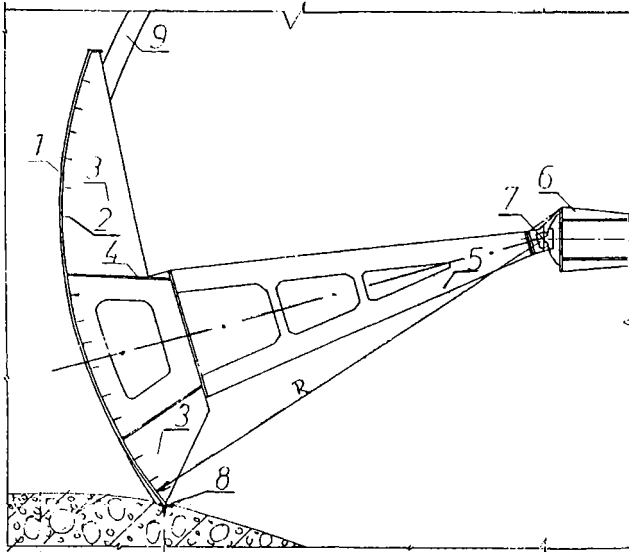


fig. 3.3. Stavilă segment; secțiune verticală.

- 1 - platelaj. 2 - lonjeron. 3 - antretoază (diafragmă). 4 - rigla cadrului. 5 - stâlp cadru. 6 - grindă suport articulație. 7 - centrul de rotație stavilă. 8 - piesă înglobată (prag). 9 - piesă înglobată (ghidaj lateral).

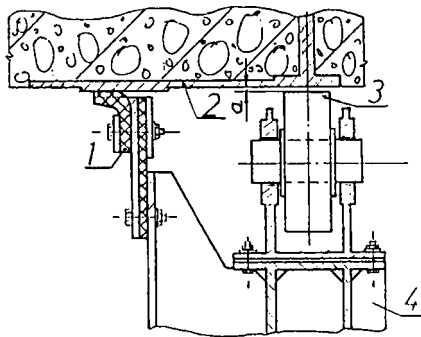


fig. 3.4.a Stavilă segment. Etanșare laterală neîncălzită.
1 - garnitură de etanșare. 2 - piesă înglobată neîncălzită.
3 - roată de ghidare. 4 - corp stavilă. a - joc roată ghidare.

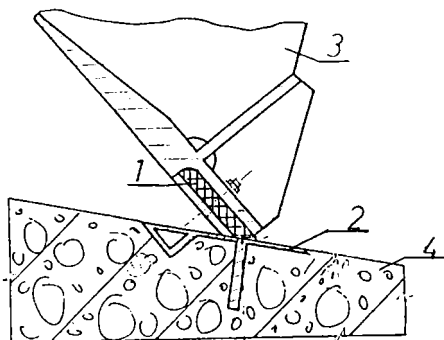


fig. 3.4.b. Stavilă segment. Etanșare tip "cuțit".
 1 - garnitură de etanșare. 2 - piesă metalică înglobată.
 3 - corp stavilă. 4 - infrastructură de beton.

3.1.3. Stavilă segment cu clapetă 16 x (8, 23 + 2,2)

Ca structură metalică stavila segment cu clapetă este o combinație între stavila segment (prezentată la punctul 3.1.2.) și stavila clapetă (prezentată la punctul 3.1.1.).

Prin acționarea clapetei se realizează : reglajul fin al nivelului în locul de acumulare, deversarea plutitorilor ; prin acționarea stavilei (cu clapeta coborâtă) se realizează deversarea debitelor excedentare.

A. Caracteristicile tehnice principale sunt :

Deschiderea	16,0 m
Înălțimea de retenție	16,43 m
Deschiderea clapetei	13,43 m
Înălțimea clapetei	2,2 m
Înălțimea de retenție a stavilei	8,23 m
Țimpul de ridicare stavilă	47 min.
Țimpul de coborâre stavilă	47 min.
Țimpul de ridicare clapetă	28 min.
Țimpul de coborâre clapetă	28 min.
Înălțimea coloanei de calcul	10,0 m.col. H ₂ O.

B. Scheme statice și alcătuirea secțiunilor

Schemele statice și modul de alcătuire al secțiunilor transversale pentru stavila segment cu clapetă sunt identice cu cele prezentate la stavila clapetă (3.1.1.) și stavila segment (3.1.2.).

Stavila segment cu clapetă este acționată funcție de nivelurile existente în lac:

a/ - pentru reglaje fine de debit și descărcarea plutitorilor se coboară clapeta, prin intermediul mecanismului de acționare, până la un unghi de -5° al clapetei (coarda clapetei) cu orizontala. La atingerea nivelului dorit în lac, sau la deversarea plutitorilor , prin operația de închidere , clapeta este ridicată complet.

b/ - pentru descărcarea apelor mari , funcționarea stavilei segment cu clapetă este identică cu cea de la punctul a) și în plus (față de poziția clapetei complet deschisă, cursa acesteia fiind epuizată), prin acțiunea continuă a mecanismului, stavila (cu clapeta coborâtă) este ridicată de pe prag.

Operația de închidere a stavilei segment cu clapetă este executată în ordine inversă.

Alcătuirea constructivă a stavilei segment cu clapetă este prezentată grafic în figurile următoare :

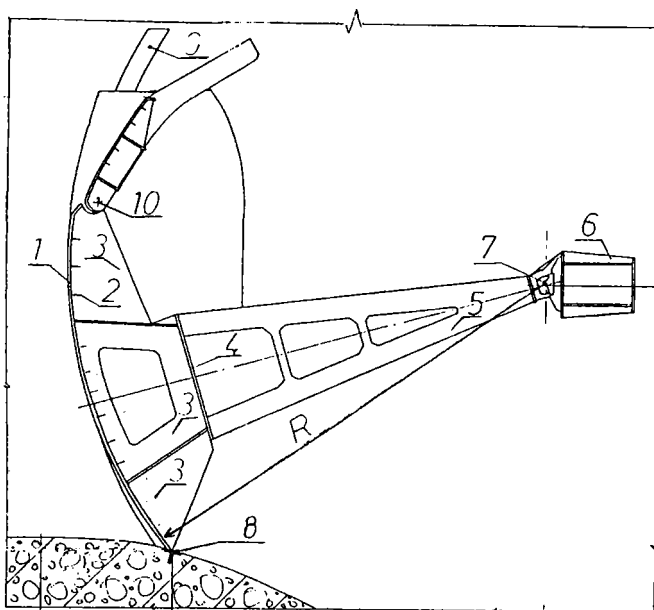


fig. 3.5. Stavilă segment cu clapetă . Secțiune verticală.

1 - platelaj. 2 - lonjeron. 3 - antretoază (diafragmă). 4 - rigla cadrului. 5 - stâlpul cadrului .
6 - grindă suport articulație. 7 - centrul de rotație stavilă. 8 - piesă înglobată(prag).
9 - piesă înglobată (ghidaj lateral). 10 - articulația clapetei.

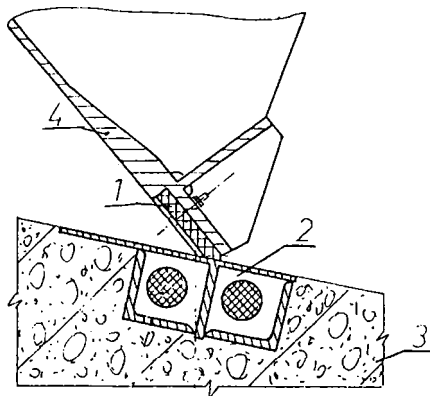


fig. 3.6. Stavilă segment.

Etanșare tip "cuțit".

1 - garnitură de etanșare tip "cuțit".
2 - piesă înglobată încălzită (prag).
3 - infrastructură de beton.
4 - corp stavilă.

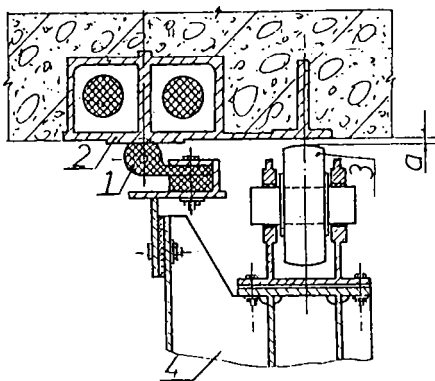


fig. 3.7. Etanșare laterală încălzită .

- 1 - garnitură de etanșare. 2 - ghidaj lateral încălzit.
3 - roată de ghidare. 4 - corp stavilă. a - joc roată ghidare.

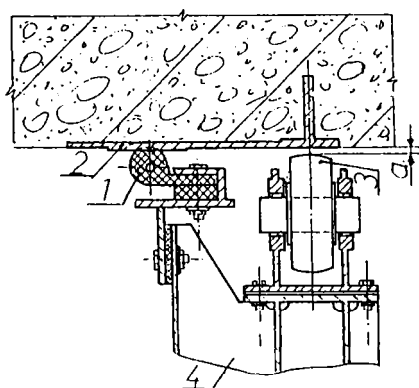


fig. 3.8. Etanșare laterală neîncălzită (variantă).

- 1 - garnitură de etanșare. 2 - ghidaj lateral neîncălzit.
3 - roată de ghidare. 4 - corp stavilă. a - joc roată ghidare.

3.1.4. Stavilă segment de adâncime 4 x 4 /23,85

Stavila segment echișează golirile de fund ale barajului.

Stavila segment este acționată, în general, extrem de rar pentru:

- golirea lacului de acumulare;
- revizii, reparații ale construcției de beton a barajului;
- evacuarea debitelor excepționale în cazul viiturilor când, capacitatea deversorilor de suprafață este depășită.

A. Caracteristici tehnice principale

- Deschiderea în lumină	4,0 m
- Înălțimea orificiului obturat	4,0 m
- Raza de curbură a platelajului	6,005 m
- Înălțimea coloanei de calcul	23,85 m col. H ₂ O
- Tipul acționării	electrohidraulic (servomotor central)
- Timp de ridicare	20 minute
- Timp de coborâre	20 minute
- Forța maximă de ridicare	620 kN
- Forța minimă la coborâre	60 kN.

B. Scheme statice și alcătuirea secțiunilor

Elementul principal de rezistență al stavilei este un cadru dublu articulat (articulații cilindrice) în infrastructura de beton, încărcat cu acțiunea hidrostatică aferentă orificiului obturat 4x4 m². Rigla cadrului este o secțiune dublu conică (de forma unui trapez isoscel cu baza mare curbilinie - tabla platelajului) secțiune aleasă pentru a prelua efectul răsucirii împiedicate. Secțiunea transversală a riglei este alcătuită din tablă, din elemente dreptunghiulare (cu excepția tablei platelajului, curbilinie) îmbinate prin sudură. Brațele cadrului au secțiunea transversală (dublu T - variabil, urmărind diagrama de moment încovoietor) alcătuită din elemente dreptunghiulare îmbinate cu sudură.

Lonjeronii sunt grinzi continue încărcate cu acțiunea hidrostatică uniform distribuită. Secțiunea transversală, tip dublu T cu aripi neegale, este alcătuită din elemente dreptunghiulare îmbinate cu sudură.

Diafragma, grindă simplu rezemată pe inimile riglei cadrului, este alcătuită din tablă profilată după forma secțiunii transversale a riglei cadrului; adiacent axei neutre, diafragma este perforată pentru a permite accesul în interiorul riglei cadrului, în vederea execuției, montajului și a întreținerii în timpul exploatării.

C. Funcționalitatea stavilei.

Pentru acționare stavila este prevăzută cu un servomotor dispus central - acționare simetrică.

În situația "stavilă pe radier", prin acționarea servomotorului stavila este ridicată, permițând evacuarea debitului excedentar. La comanda de închidere, sub greutatea proprie și a leștului, stavila coboară pe radier moment în care orificiul pe care îl echișează este obturat.

Figurile următoare prezintă grafic modul de alcătuire al stavilei.

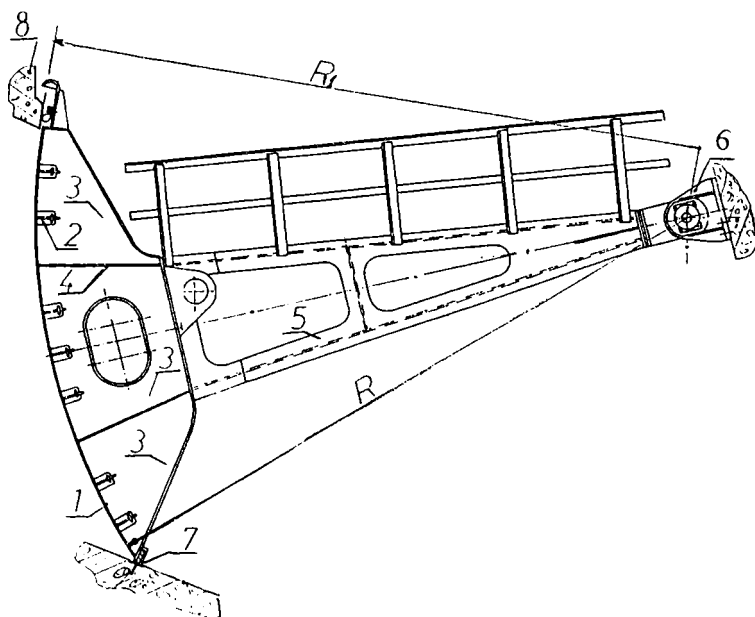


fig. 3.9. Staviă segment de adâncime. Secțiune verticală.

- 1 - platelaj. 2 - lonjeron. 3 - antretoază. 4 - rigla cadrului. 5 - stâlp cadru.
6 - articulație. 7 - prag inferior. 8 - prag superior.

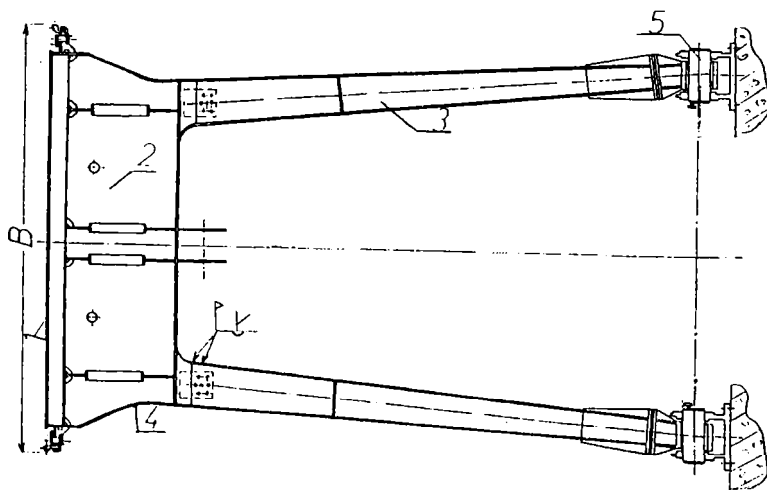


fig. 3.10. Secțiune orizontală.

- 1 - platelaj. 2 - rigla cadrului. 3 - stâlp cadru.
4 - antretoază marginală. 5 - articulație.

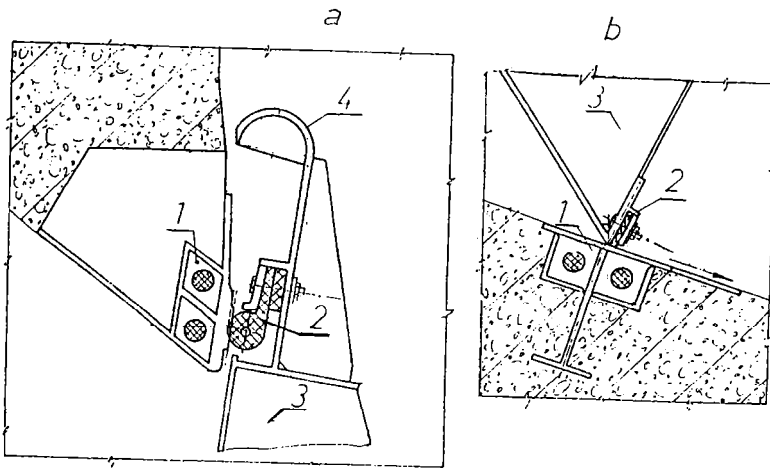


fig. 3.11. Detalii de etanșare.

- a. La pragul superior: 1 - piesă metalică înglobată încălzită. 2 - garnitură de etanșare.
3 - corp stavilă. 4 - apărătoare de jet.
- b. La pragul inferior: 1 - piesă metalică înglobată încălzită. 2 - garnitură de etanșare.
3 - corp stavilă.

3.2. Construcții metalice hidrotehnice de retenție cu suprafața curbă, în soluții moderne

În continuare sunt prezentate câteva C.M.H. în concepție nouă, privind alcătuirea lor, cu particularitățile specifice precizate la fiecare structură în parte.

3.2.1. Poartă buscată segment 10x12,5

Pe plan național, porțile buscate care echipează ecluzele căilor navigabile, au fost concepute ca structuri metalice cu suprafața de retenție plană. Noua structură metalică-poartă buscată segment - comparativ cu vechile soluții permite:

- o manevrabilitate ușoară;
- închiderea - deschiderea porții în curent;
- reducerea consumului de metal, urmare a schimbării modului de alcătuire a structurii de rezistență;
- diminuarea gabaritelor mecanismelor de acționare;
- siguranță în funcționare;
- excluderea dificilei operații de sincronizare a acționării porții.

Prin echiparea ecluzei cu porți buscate segment, sunt eliminate următoarele C.M.H., instalații și structuri din beton care în cazurile normale deservesc ecluza:

- stavile pe galeriile de umplere și golire a sasului ecluzei;
- batardouri pe galeriile de deservire a sasului ecluzei;
- instalațiile de acționare aferente;
- galeriile de deservire a sasului ecluzei.

În ansamblu, poarta buscată segment este compusă din două canate (cu platelaj curbiliniu) care, prin rotire în jurul axelor articulațiilor închid sau deschid ecluza.

A. Caracteristici tehnice principale

- Deschiderea ecluzei 10,0 m
- Înălțimea obturată de poartă 12,5 m
- Raza de curbură a platelajului 5,580 m
- Acționare hidraulică un servomotor/canat
- Echilibrarea hidrostatică (între sas și nivelul amonte/aval) prin rotirea canatelor și crearea fantelor de alimentare - "l" mm
- între canat și bajaiaer (piesa metalică înglobată).

B. Scheme statice și alcătuirea secțiunilor

Structura portantă principală a canatului porții este formată din două cadre triunghiulare fig. 3.14. care, prin intermediul lagărelor, superior (reazem articulat) și inferior (reazem simplu) transmit acțiunile infrastructurii de beton. Cadrele sunt dispuse orizontal pe înălțimea canatului, la distanța "h". Brațele cadrului fig. 3.14., sunt realizate din profile laminate (I) iar secțiunea transversală a riglei cadrului fig. 3.12. este alcătuită din tabla platelajului, o inimă (profilată după raza de curbură a platelajului) și o talpă; elementele componente ale secțiunii transversale a riglei cadrului se asamblează prin cusături de sudură.

Grinzile orizontale secundare de rezistență sunt alcătuite după același principiu ca și rigla cadrului ; pe înălțimea canatului grinzile orizontale secundare de rezistență sunt dispuse astfel :

- două în interspațiul dintre cadre (poz. 5, fig. 3.12.);
- câte una la partea superioară și inferioară a canatului (poz. 4. , fig. 3.12.).

Grinzile orizontale secundare reprezintă grinzi continue (rezemate pe grinzile verticale de rezistență) supuse acțiunii hidrostatice aferente, uniform distribuite.

Grinzile verticale centrale de rezistență (fig. 3.12.) ale canatului sunt alcătuite din trei profile laminate (I) - unul în axa canatului și două adiacente, dispuse la nivelul brațelor cadrelor.

Tot pe verticală, la extremități, platelajul este rigidizat cu câte o grindă dispusă către axa ecluzei și respectiv către bajaiaer (piesa metalică înglobată) fig. 3.12.; secțiunea transversală în formă de dublu T cu aripi neegale , este realizată din elemente dreptunghiulare din tablă, îmbinate cu sudură.

Grinzile verticale de rezistență - centrale și marginale - reprezintă ca schemă statică , grinzi cu o deschidere și cu două console , având ca reazeme cele două cadre triunghiulare. Principala acțiune în schema de încărcare este acțiunea hidrostatică, cu variație liniară, de la valoarea zero (oglindea apei) la valoarea maximă (înălțimea coloanei de calcul).

Grinzile orizontale și verticale rigidizează platelajul pe cele două direcții (fig.3.12.).

Platelajul, profilat după un segment de cerc cu raza "R" este elementul propriu-zis de retenție al apei.

Pentru rigidizarea structurii de rezistență sau prevăzut contravânturi (diagonale și montați - fig. 3.14.), alcătuite ca secțiuni simplu conexe executate din profile laminate (profile I).

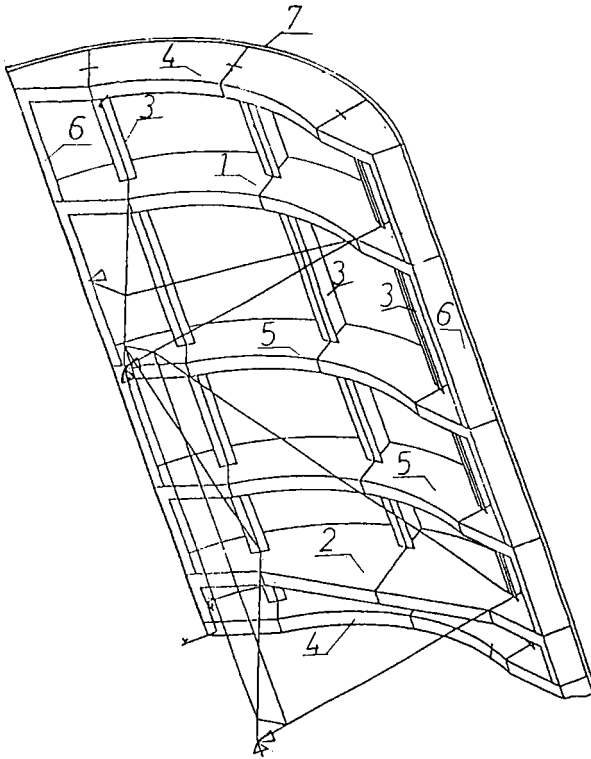


fig. 3.12 Schema structurii de rigidizare a platelajului

- 1 - rigla cadrului la nivelul articulației superioare.
- 2 - rigla cadrului la nivelul articulației inferioare.
- 3 - grinzi verticale centrale.
- 4 - grindă orizontală marginală.
- 5 - grindă orizontală centrală.
- 6 - grindă verticală marginală
- 7 - platelaj.

C. Funcționarea porții

Rolul porții este de a permite trecerea navelor prin ecluză, trecere care se realizează prin echilibrarea nivelului hidrostatic din sas cu nivelul hidrostatic din amonte/aval.

Sub acțiunea servomotorului - poziția poartă închisă - canatul se rotește în jurul articulațiilor creind o fantă de "l" mm lățime (fig. 3.15. b) pe toată înălțimea canatului, între etanșarea laterală și piesa metalică înglobată în beton. Cele două canate se rotesc simultan creindu-se astfel câte o fantă la fiecare mal. Prin cele două fante create se realizează echilibrarea nivelului hidrostatic din amonte (aval) cu nivelul hidrostatic din sas.

În axa ecluzei fig. 3.15.c poarta buscată segment este prevăzută cu sistem vertical de etanșare dublu care, asigură etanșarea permanentă între canate, pe toată durata acționării porții în vederea creerii celor două fante laterale de "l" mm lățime. După echilibrarea nivelelor, sub acțiunea servomotoarelor, cele două canate ale porții sunt în continuare rotite și introduse în nișele practicate în structura de beton, moment în care, poarta este în poziția "deschisă" permițând ecluzarea navelor. Ecluză este prevăzută cu două porți buscate segment, una amplasată în partea amonte a ecluzei și cealaltă în partea aval a ecluzei; cele două porți, prin închiderea și deschiderea lor succesivă, asigură ecluzarea navelor în ambele sensuri ale ecluzei.

Operația de închidere a porții decurge în sens invers celei de deschidere; sub acțiunea servomotoarelor canatele porții pot fi oprite în orice poziție.

Spre deosebire de porțile buscate cu suprafața de retenție plană, poarta buscată segment nu prezintă pericolul distrugerii structurii de rezistență ca urmare a unor erori de manevrare, ca de exemplu: aprecierea greșită a echilibrării nivelelor hidrostatice în amonte și în aval de poartă.

Dimensionarea structurii de rezistență s-a făcut pentru nivel hidrostatic de calcul care poate acționa în ambele sensuri de încărcare ale platelajului, dinspre amonte și dinspre aval, dar nu simultan.

Particularitățile specifice, privind alcătuirea în concepție nouă a porții buscate segment, sunt prezentate grafic în figurile următoare:

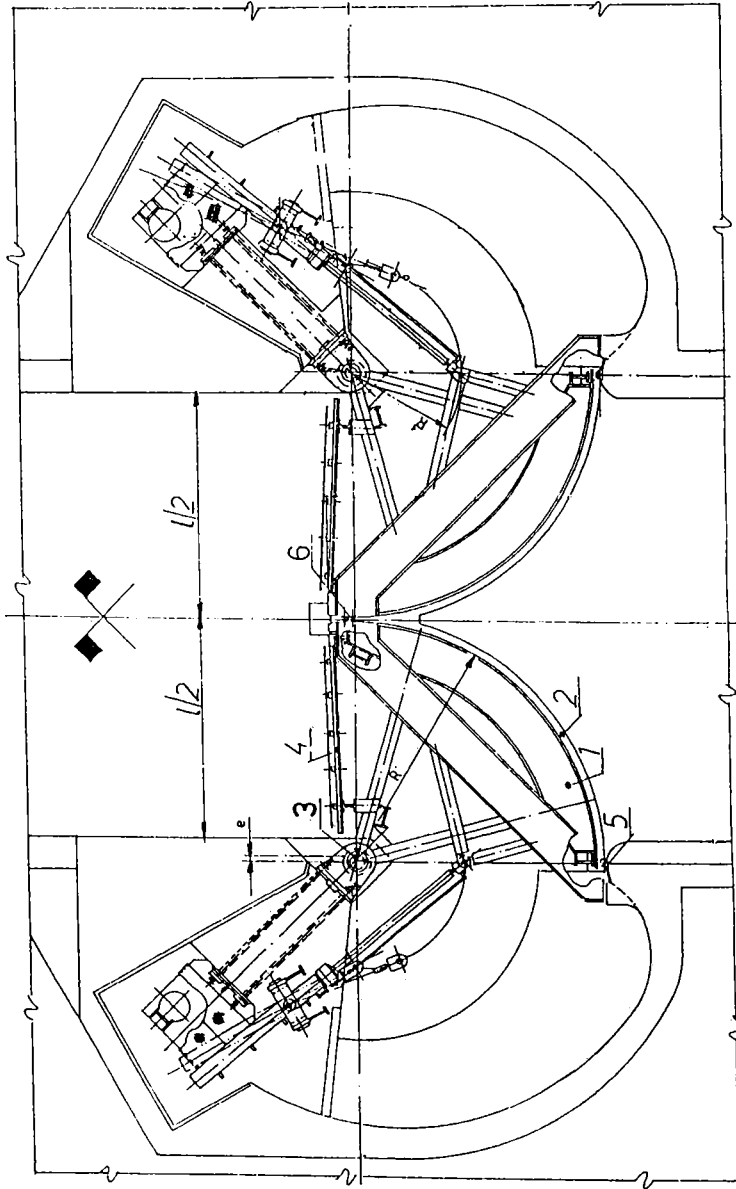


fig. 3.13.a. Vedere în plan.

- 1 - canat stâng. 2 - prag. 3 - articulație canat. 4 - protecția de lemn.
5 - etanșare laterală (v.fig. 3.15.b). 6 - etanșare busc (v.fig.3.15.c).

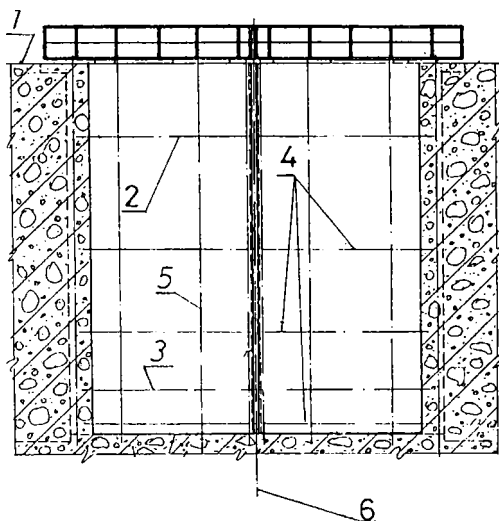


fig. 3.13.b Vedere din amonte a porții.

- 1 - coronamentul ecluzei (bajuaier). 2 - ax cadru superior. 3 - ax cadru inferior.
4 - ax element orizontal de rezistență. 5 - ax element vertical de rezistență.
6 - axa ecluzei.

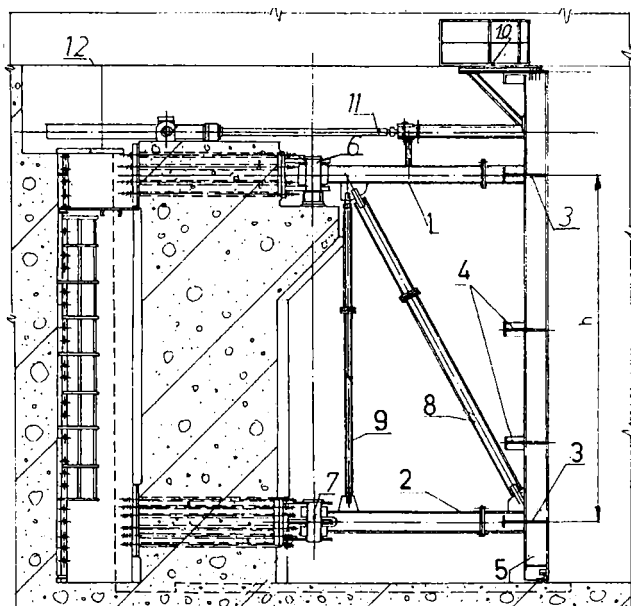


fig. 3.14. Secțiune verticală prin canat.

- 1 - braț cadru superior. 2 - braț cadru inferior. 3 - rigla cadrului .
4 - element orizontal de rezistență. 5 - element vertical de rezistență .
6 - bulon superior de articulație. 7 - bulon inferior de articulație.
8 - diagonală. 9 - montant. 10 - pasarelă. 11 - servomotor.
12 - coronamentul ecluzei.

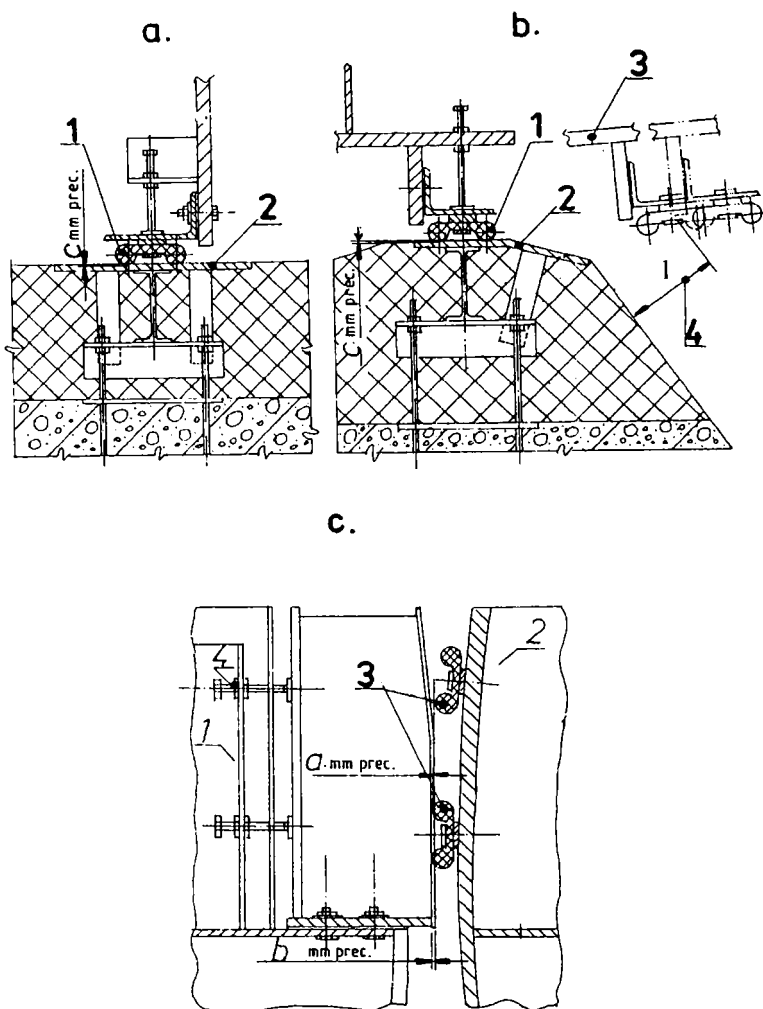


fig. 3.15. Detalii de etanșare.

- a. Etanșare la prag. 1 - garnitură de etanșare. 2 - piesă metalică înglobată.
- b. Etanșare laterală. 1 - garnitură de etanșare. 2 - piesă metalică înglobată.
3 - canat în mișcare. 4 - fantă de echilibrare a nivelului hidrostatic.
- c. Etanșare în axa ecluzei. 1 - canat stâng. 2 - canat drept.
3 - garnitură de etanșare. 4 - șurub de reglaj al etanșării.

În figura 3.13.a este prezentată a vedere de ansamblu a porții buscate segment complet echipată; detaliile de etanșare între canate sunt evidențiate în fig. 3.15.

Figura 3.14 reprezintă o secțiune verticală prin canatul porții și arată alcătuirea structurii de rezistență, realizată spre a oferi posibilității facile de exploatare și întreținere.

Pentru cursurile râurilor cu material aluvionar redus se poate realiza o variantă a porții buscate prezentate mai sus care, ar consta în dispunerea la partea inferioară a canatului a unui sistem de rulare; prin aceasta se creează o rezemare la partea inferioară a canatului obținându-se astfel o descărcare a reazemului superior.

3.2.2. Stavilă segment de adâncime 1 x 2,1/65

Stavila este destinată echipării golirii de fund a barajului.

Condițiile specifice de lucru a stavilei sunt:

- dimensiunile reduse ale orificiului obturat;
- acțiunea hidrostatică mare.

A. Caracteristici tehnice principale

- Deschiderea orificiului obturat		1,0 m
- Înălțimea orificiului obturat	2,1 m	
- Înălțimea coloanei de calcul		65 m.col. H ₂ O
- Raza de curbură a platelajului		3,15 m
- Numărul reazemelor		o articulație cilindrică
- Acționare		cu un servomotor central

B. Scheme statice și alcătuirea secțiunilor

Structura portantă principală a stavilei este un cadru triunghiular fig.3.16, prevăzut cu o articulație cilindrică prin intermediul căreia acțiunile sunt transmise infrastructurii de beton. Brațele cadrului se execută din profile laminare tip I; rigla cadrului cu secțiunea transversală dublu T cu aripi neegale, este realizată din:

- talpa din frontul de retenție (tola platelajului);
- inima riglei cadrului executată din tablă profilată după raza de curbură a platelajului;
- talpa adiacentă brațelor cadrului care îndeplinește și rolul de suport al îmbinării riglă-braț.

Ca poziție în spațiu, cadrul stavilei este amplasat în plan vertical, cu rigla cadrului în amonte, fig. 3.16.

Tola platelajului, elementul de retenție al apei, este rigidizată pe orizontală cu elemente secundare de rezistență, cu secțiunea transversală compusă din tabla platelajului, o inimă și talpa necesară asigurării stabilității în zona comprimată.

Pe verticală, la cele două extremități, platelajul este rigidizat cu două grinzi marginale verticale fig. 3.16. care, în același timp îndeplinesc rol de:

- suport al garniturilor laterale de etanșare;
- suport pentru rolele de ghidare - rulare a stavilei în nișă.

Secțiunea transversală a grinzilor marginale verticale este de tip dublu T cu aripi neegale.

Datorită dimensiunilor reduse ale orificiului obturat 1x2,1m², prin concepție, s-a urmărit alcătuirea unei structuri metalice rigide cu toleranțe de execuție extrem de restrânse.

Pentru a evita efectul răsucirii în brațul stavilei (unic, dispus central) și în articulația cilindrică a stavilei, efect cauzat de posibile forțe de frecare inegale în garniturile laterale de etanșare fig. 3.15.a (forțe generate de erorile de montaj a garniturilor), grinzile marginale verticale ale stavilei au fost alcătuite și dimensionate pentru a prelua forțele concentrate (P) aduse de roțile de ghidare - rulare, fig. 3.22. Prin acest mod de alcătuire efectul răsucirii se transformă în presiune locală (la contactul rolă - piesă metalică înglobată) și astfel încărcarea este transmisă direct la infrastructura de beton, fără a afecta construcția metalică.

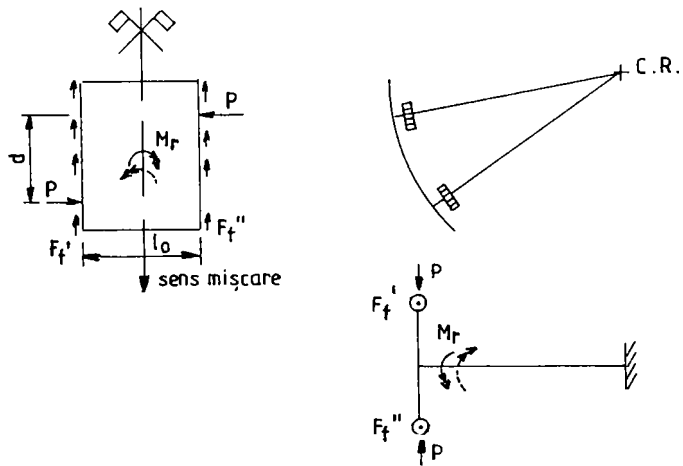


fig. 3.15.a. Schema de principiu a stavilei.

C. Funcționarea stavilei

Poziția de lucru a stavilei este "poziția închis", stavilă pe radier. Din această poziție, sub acțiunea servomotorului, stavila se desprinde de pe prag permițând evacuarea debitelor excedentare.

Coborârea stavilei pe radier se realizează sub acțiunea momentului creat de greutatea proprie și a lestului.

Particularitățile specifice, privind alcătuirea în concepție nouă a stavilei segment, sunt prezentate în figurile următoare:

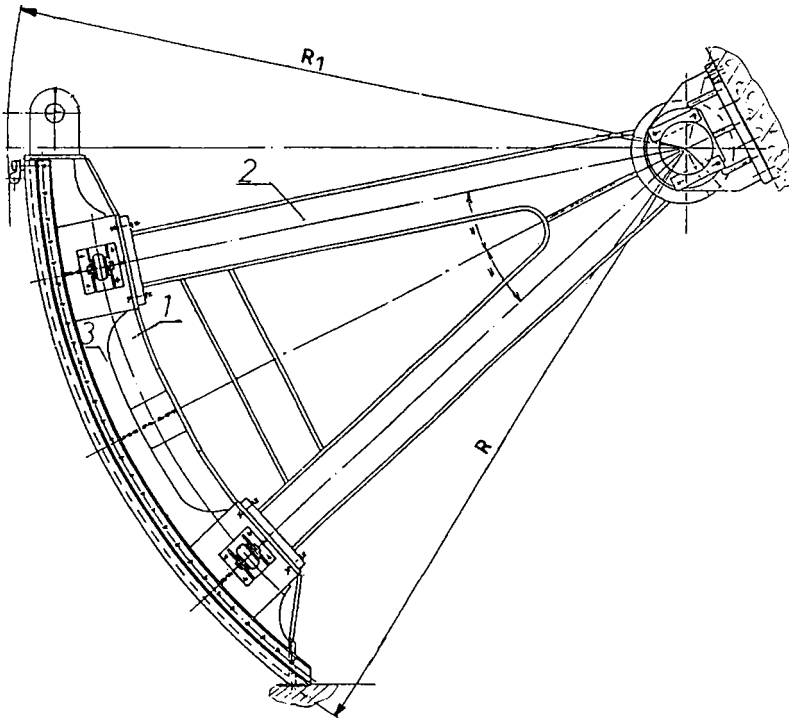
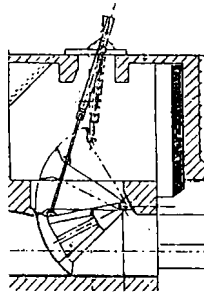


fig. 3.16. Stăvilă segment . Vedere laterală .

1 - rigla cadrului. 2 - stâlp cadru. 3 - grindă marginală verticală. 4 - articulație .

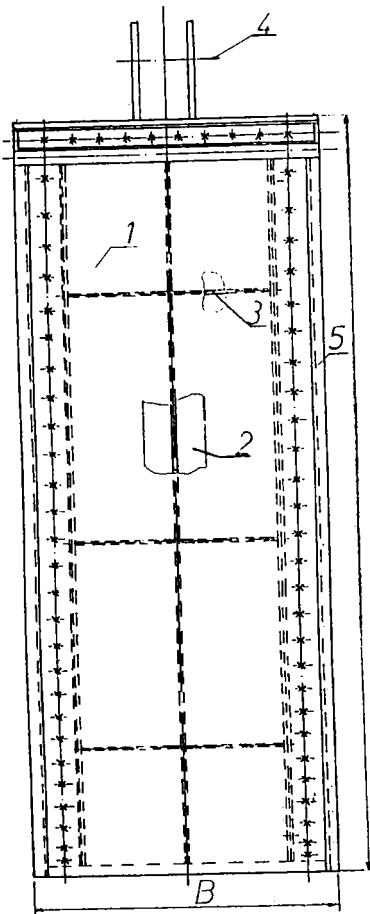


fig. 3.17. Vedere din amonte.
 1 - platelaj. 2 - riglă cadru.
 3 - element orizontal de rezistență.
 4 - ax bolt servomotor .
 5 - etanșare laterală.

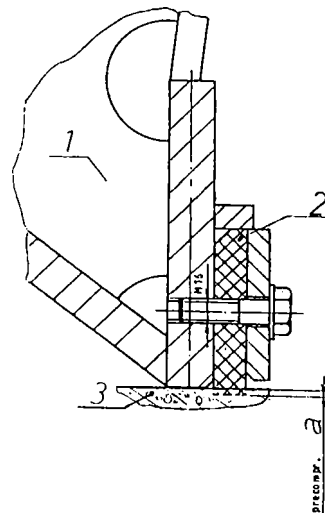


fig. 3.18. Etanșare la pragul inferior.
 1 - corp stavilă. 2 - garnitură de etanșare.
 3 - infrastructură de beton. a - precomprimare.

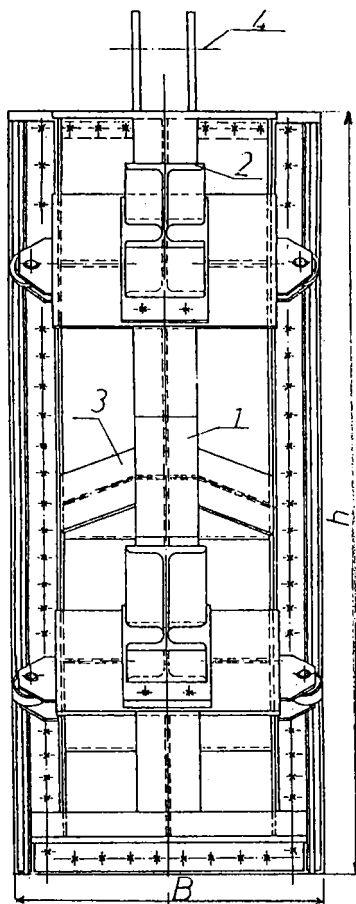


fig. 3.19. Vedere din aval.
 1 - rigla cadrului. 2 - stâlp cadru.
 3 - grindă orizontală. 4- ax bolț de ridicare.

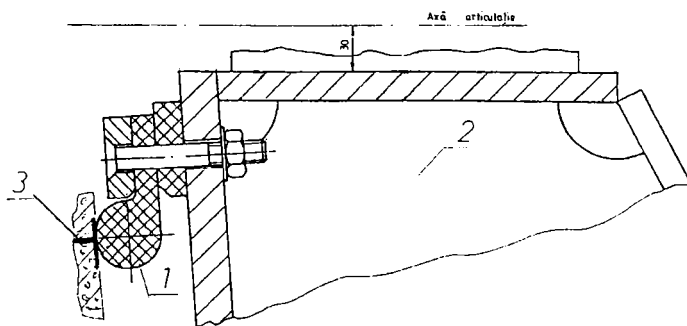


fig. 3.20. Etanșare la pragul superior.
 1 - garnitură de etanșare. 2 - corp stavilă. 3 - prag superior.

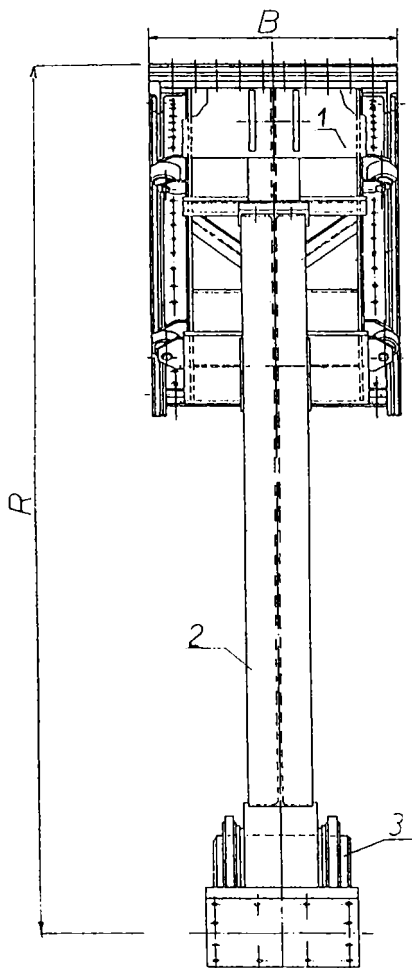


fig. 3.21. Vederea în plan.
 1 - corp stavilă. 2 - braț stavilă.
 3 - articulație.

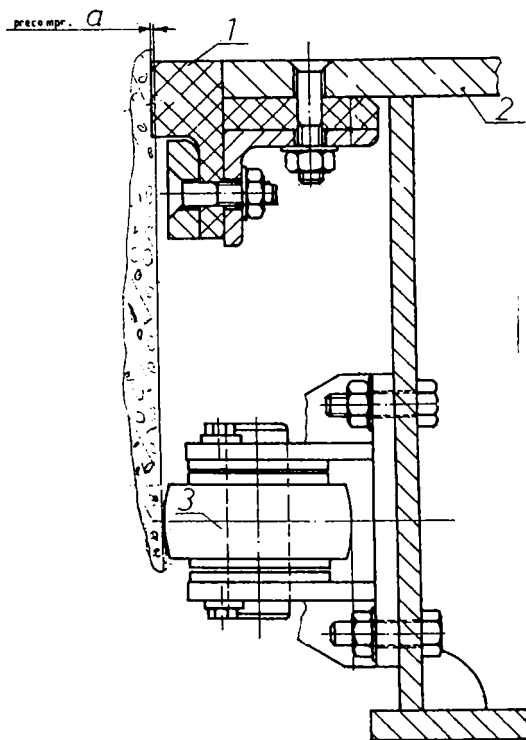


fig. 3.22. Etanșare laterală.
 1 - garnitură de etanșare. 2 - platelaj.
 3 - roată de ghidare.

3.2.3. Stavilă segment de adâncime 10 x 3/13,5

Stavila echipează golirea de fund a barajului; acționarea stăvilei se face pentru:

- deversarea debitelor catastrofale în cazul viiturilor ;
- golirea lacului de acumulare în vederea reactivării acestuia.

A. Caracteristici tehnice

Deschiderea în lumină	10 m
Înălțimea obturantă	3,13 m
Raza de curbură a platelajului	5,0 m
Înclinarea pragului inferior cu orizontala	20°
Tipul articulațiilor	sferice
Tipul acționării	cu două servomotoare laterale.

B. Scheme statice și alcătuirea secțiunilor

Cadrul stăvilei este elementul principal de rezistență al structurii metalice; cadrul stăvilei este alcătuit din :

- a) - rigla cadrului, secțiune dublu conexă, compusă din o talpă curbilinic (la nivelul platelajului) o talpă plană (extremitatea aval a stăvilei) și două inimi care leagă cele două talpi , fig. 3.23.c.

Inimile riglei au fost prevăzute cu rigidizări longitudinale și transversale pentru a fi asigurată stabilitatea, calculul fiind efectuat după /4/.

- b) - stâlpii cadrului fig. 3.23.c. au fost executați din elemente dreptunghiulare, decupate din tablă , asamblate cu sudură; secțiunea transversală, dublu H, este de tip variabil, soluție aleasă spre a urmări variația diagramei de momente încovoietoare;

- c) - două articulații sferice , care transmit acțiunile preluate de construcția metalică la infrastructura de beton, fig. 3.23.c.

Prin modul de alcătuire al cadrului stăvilei s-a urmărit o utilizare judicioasă a materialului (apropierea eforturilor unitare efective de valorile rezistențelor admisibile) cu verificarea la stabilitate și voalare a zonelor comprimate.

Elementul propriu-zis de retenție al apei , platelajul , este rigidizat pe orizontală cu:

- lonjeroni , grinzi continue rezemate pe antretoaze , încărcate cu acțiuni hidrostatice uniform distribuite. Secțiunea transversală este de tip "nervură" ce conlucrează cu zona activă aferentă a platelajului . Ca alcătuire, secțiunea transversală a lonjeronului este constantă în câmp și majorată în reazem prin intermediul unor gusee care, preiau efectul local al vârfurilor momentului încovoietor de pe reazeme.

Prin dimensionarea secțiunii transversale la valoarea momentului încovoietor în câmp ($M^{c\grave{a}mp} < M^{reazem}$) se micșorează greutatea lonjeronului care , este rigidizat suplimentar doar în reazem, fig. 3.23.a., la valoarea corespunzătoare a momentului încovoietor în secțiunea de reazem .

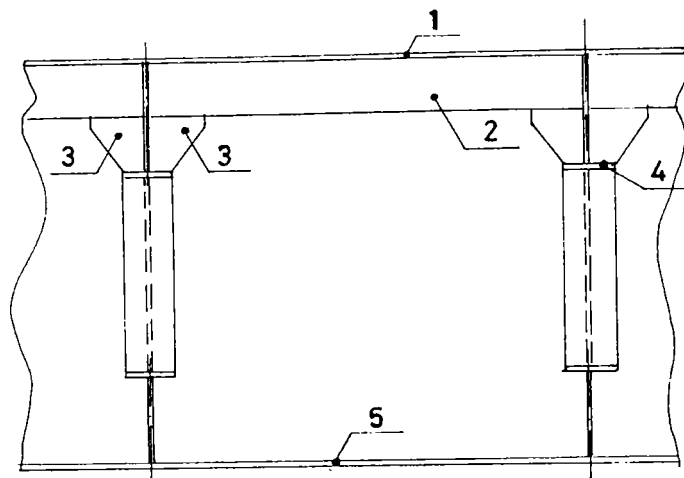


fig. 3.23. a Alcătuirea lonjeronului.

1 - platelaj. 2 - lonjeron. 3 - rigidizare locală în reazem.
4 - antretoază. 5 - talpa chesonului stavilei.

- diafragme (grinzi simplu rezemate pe inimile riglei cadrului), încărcate cu acțiunea hidrostatică distribuită trapezoidal, au secțiunea transversală dublu T cu aripi neegale; înălțimea inimii a fost stabilită din considerente de rezistență ($h_i = 400$ mm) iar pentru nu a periclita stabilitatea tălpii comprimate a riglei cadrului, în planul diafragmei s-au prevăzut rigidizări longitudinale și transversale ale riglei, fig. 3.23. b.

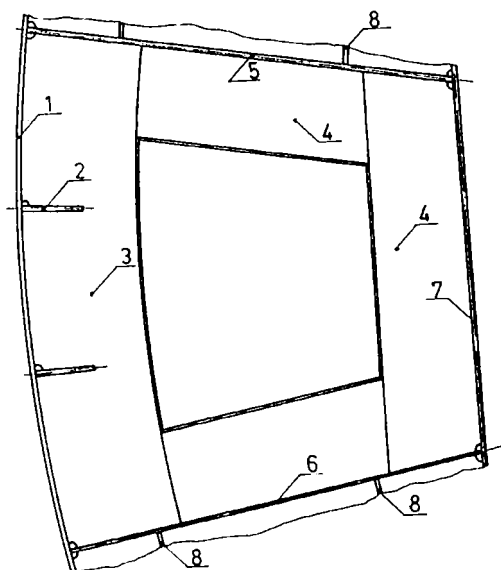


fig. 3.23. b. Alcătuirea antretoazei.

1 - platelaj .
2 - lonjeron.
3 - antretoază .
4 - rigidizare transversală .
5 - inima superioară a chesonului.
6 - inima inferioară a chesonului .
7 - talpa chesonului .
8 - rigidizări longitudinale .

Prin noua soluție (comparativ cu stavila segment de la punctul 3.1.4.) apar avantajele următoare :

- se diminuează masa construcției metalice cu 10% și în consecință gabaritele servomotoarelor ;
- se creează accesul corespunzător în chesonul stavilei pentru uzinare, exploatare și reparații ;
- se limitează semnificativ volumul de manoperă la uzinare urmare a structurii plane a diafragmei comparativ cu structura spațială, deosebit de dificilă a diafragmei (4), a stavilei segment $4 \times 4/23,85$ de la punctul 3.1.4. fig. 3.10.

C. Funcționarea stavilei

Urmare a utilităților pentru care a fost proiectată stavila este acționată la intervale mari de timp. Poziția de lucru a stavilei este "poziția închis" (stavilă pe radier). Ridicarea stavilei, pentru evacuarea debitelor, se face sub acțiunea servomotoarelor dispuse simetric în peretii orificiului obturat. Timpul de ridicare a stavilei în "poziția complet deschisă" este de 7 minute.

Coborârea stavilei (închiderea orificiului) se face sub influența momentului creat de greutatea proprie a stavilei și a lestului.

În figurile 3.24., 3.25. și 3.26. sunt prezentate soluțiile de alcătuire a sistemului de etanșare conceput spre a asigura buna funcționare a stavilei.

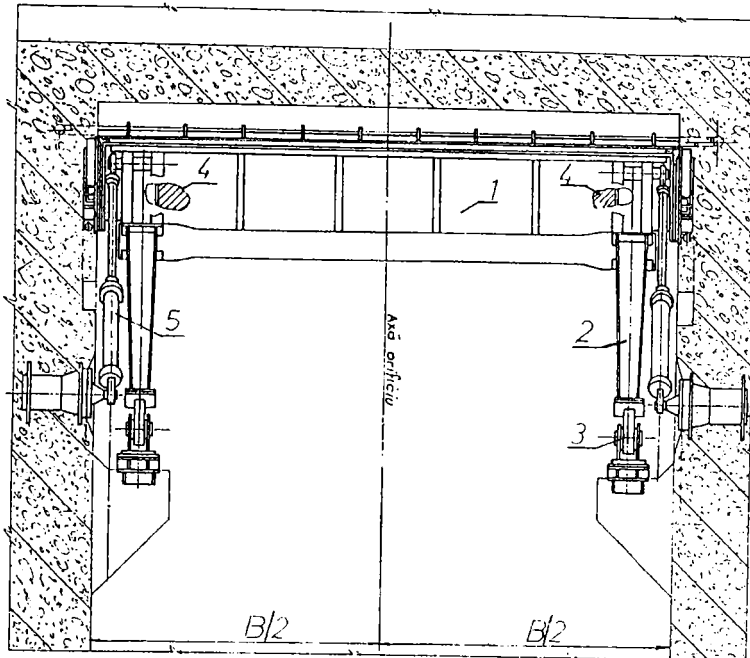


fig. 3.23.c Vedere în plan.

1 - riglă. 2 - stâlp cadru. 3 - articulație. 4 - lest. 5 - servomotor.

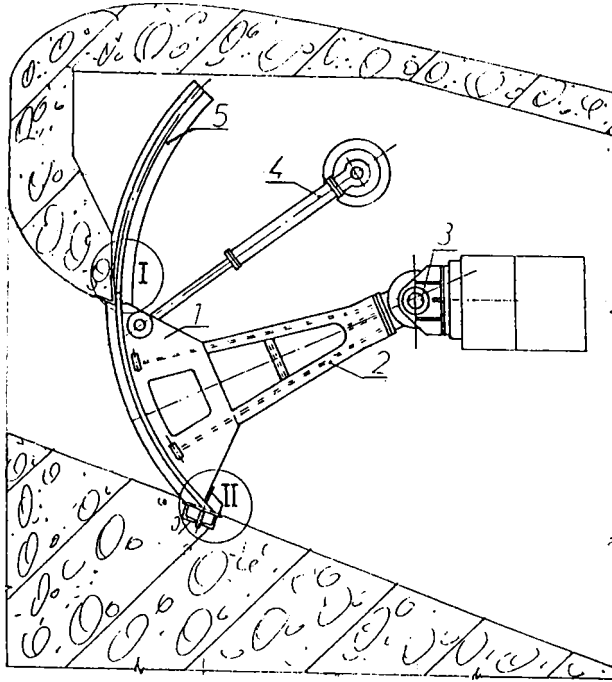


fig. 3.24. Sectiune transversală.

1 - riglă. 2 - stâlp cadru. 3 - articulație. 4 - servomotor. 5 - ghidaj lateral.

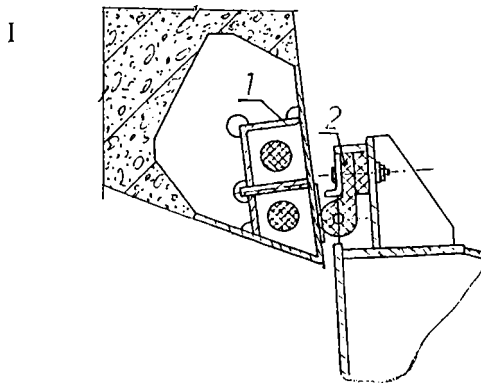


fig. 3.25.a . Etanșare la pragul superior.

1 - piesă înglobată încălzită. 2 - garnitură de etanșare. 3 - corp stavilă.

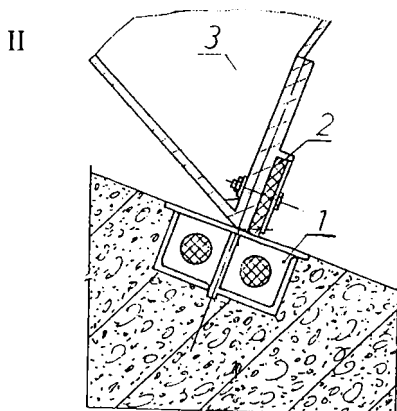


fig. 325.b Etanșare la pragul inferior.

1 - piesă înglobată încălzită. 2 - garnitură de etanșare. 3 - corp stavilă.

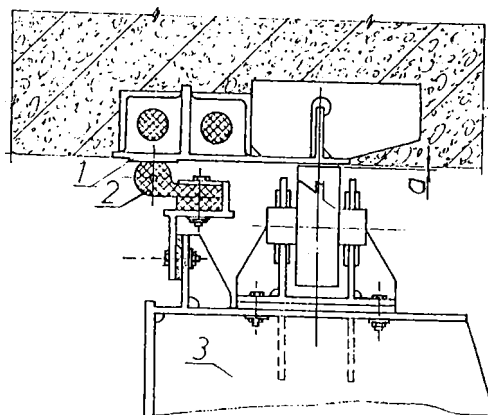


fig. 3.26 Etanșare laterală.

1 - piesă metalică înglobată. 2 - garnitură de etanșare. 3 - corp stavilă.
4 - roată de ghidare. a - joc roată ghidare.

3.2.4. Stavilă segment de adâncime cu cadre multiple 10 x 10, 312/63

În seria C.M.H. proiectate în soluții moderne se încadrează și stavila segment 10x10,312/63 destinată echipării unei goliri de fund cu suprafață de 100 m².

A. Caracteristicile tehnice principale

Deschiderea orificiului obturat	10,0 m
Înălțimea orificiului obturat	10,159 m
Înălțimea coloanei de calcul	63 m.col.H ₂ O

- Raza de curbură a platelajului	15,0 m
- Numărul lagărelor	4 articulații cilindrice
- Acționare	un servomotor central
- Unghiul pragului inferior cu orizontala	5°.

B. Scheme statice și alcătuirea secțiunilor

Structura portantă principală a stavilei este alcătuită din patru cadre plane dispuse echidistant în planul vertical al orificiului obturat, echipate cu articulații cilindrice; prin intermediul unei grinzi cheson (confecție metalică sudată) cele patru articulații transmit acțiunile infrastructurii de beton, fig. 3.27.

Stâlpii cadrului se execută din profilele I laminate, 3 elemente, dispuse radial, având punctul de convergență în centrul de rotație al stavilei. Având în vedere valoarea mare a razei de curbură a stavilei (15000mm), spre a conferi stabilitate stâlpilor cadrului, aceștia au fost solidarizați cu zăbrele (profile laminate tip I) centrate după sistemul geometric al structurii de rezistență al cadrului.

Rigla cadrului este constituită din zona activă a platelajului care conlucrează cu inima riglei; inima riglei este realizată din două elemente decupate din tablă, dispuse în planul tălpilor profilelor laminate (din care sunt alcătuiți stâlpii cadrului) realizându-se astfel o continuitate a transmiterii acțiunilor de la riglă la stâlpi și în același timp o rigidizare, pe verticală, a platelajului stavilei, fig. 3.27.

În zonele de rezemare pe stâlpii cadrului, rigla este prevăzută cu tălpi la nivelul cărora se realizează îmbinarea bulonată riglă - stâlpi cadru.

Pe orizontală platelajul stavilei este rigidizat cu lonjeroni, executați din profile laminate (1/2 IPB 800) fig. 3.27, îmbinați cu platelajul prin cusături longitudinale de sudură. Secțiunea transversală a lonjeronului a fost aleasă ținând cont de conlucrarea lonjeron-platelaj.

O dimensionare judicioasă a secțiunii transversale a lonjeronului și o rigidizare eficientă a panourilor de platelaj se obține prin amplasarea lonjeronilor în centrele de presiune ale unor suprafețe de presiune egală, suprafețe care, rezultă prin împărțirea diagramei presiunii hidrostatice într-un număr de părți egale între ele și egale cu numărul lonjeronilor.

Modul de alcătuire al structurii de rezistență al stavilei este prezentat în figurile 3.27. și 3.28.

În figurile 3.29. este prezentat modul nou de alcătuire al sistemului de etanșare, comparativ cu sistemul clasic de etanșare (v. punctul 3.1.4. stavila segment 4 x 4 /23, 85); etanșarea la pragul superior se realizează pe două nivele:

- un nivel de etanșare fix, pe piesa metalică înglobată;
- un nivel de etanșare mobil, fixat pe corpul stavilei, prin aceasta, existând un contact permanent între corpul stavilei și piesa metalică, evitându-se astfel crearea jetului de apă la deschiderea orificiului.

C. Funcționarea stavilei

Funcționarea stavilei este asemănătoare cu cea a stăvililor prezentate la punctul 3.2.2. și 3.2.3.

Sub acțiunea servomotorului, dispus central, stavila este desprinsă de pe radier, permițând deversarea debitelor excedentare; în momentul realizării nivelului dorit în lacul de acumulare se comandă închiderea orificiului; aceasta se realizează sub acțiunea greutatei proprii a stavilei și al lestului.

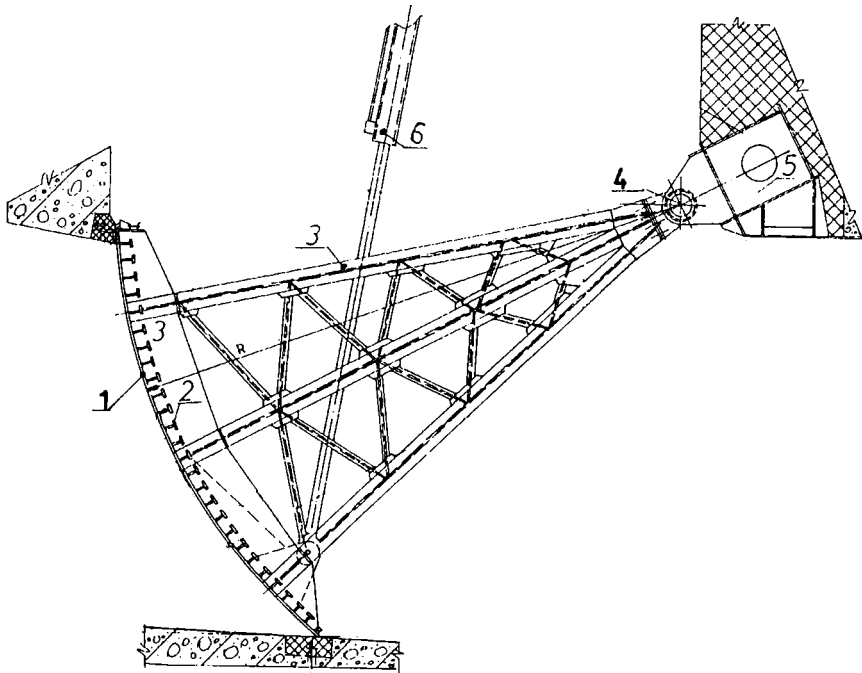


fig. 3.27. Secțiune transversală .

- 1 - platelaj. 2 - lonjeron. 3 - cadrul stavilei .
 4 - articulație. 5 - grindă cheson suport articulație .
 6 - servomotor .

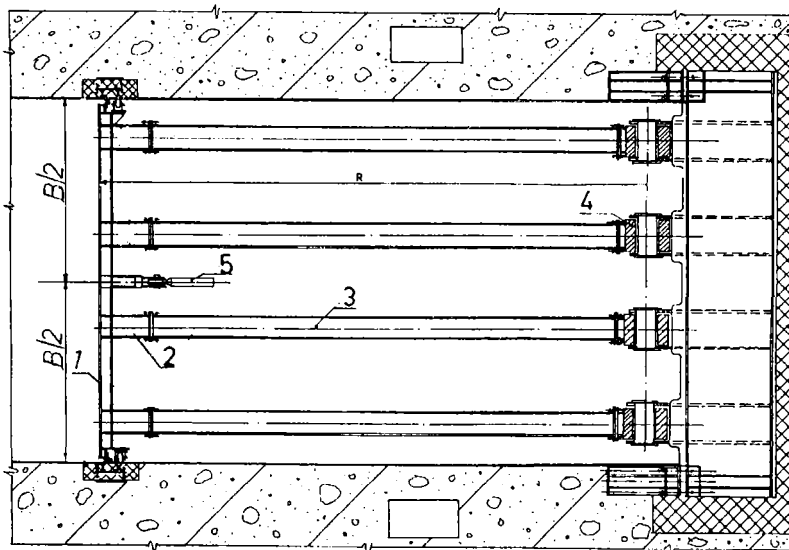


fig. 3.28. Vedere în plan.

- 1 - platelaj. 2 - riglă cadru. 3 - stâlp cadru. 4 - articulație. 5 - servomotor.

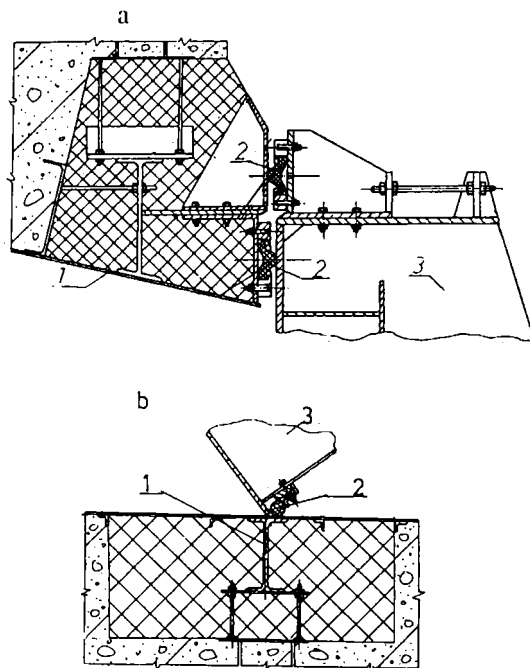


fig. 3.29 Detalii de etanșare .

- a. La pragul superior. 1 - piesă metalică înglobată. 2 - garnituri de etanșare. 3 - corp stavilă .
 b. La pragul inferior. 1- piesa metalică înglobată. 2 - garnitură de etanșare. 3 - corp stavilă.

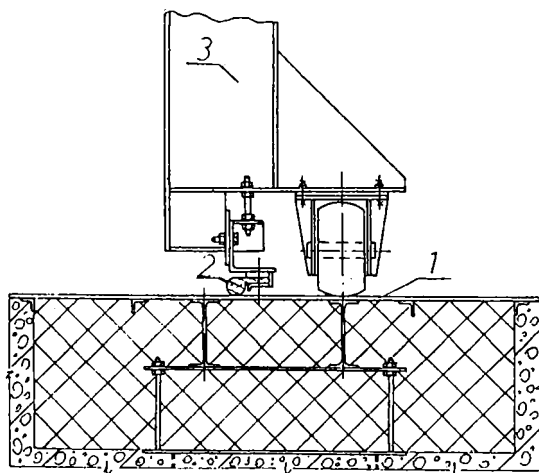


fig. 3.29.c. Detalii etanșare laterală.

- 1 - piesă metalică înglobată. 2 - garnitură de etanșare. 3 - corp stavilă .

Stavila prezentată pune în evidență următoarele caracteristici:

1. Prin concepție , s-a urmărit asigurarea unor spații aerisite facilitând execuția, montajul și întreținerea în exploatare .
2. Structura de rezistență este reprezentată de patru cadre triunghiulare cu câte o articulație fiecare; prin majorarea numărului de cadre pot fi acoperite orificii cu deschideri mari.
3. Rigidizările verticale secundare (diafragme) sunt eliminate, rolul lor fiind preluat de inimile riglei cadrului.
4. Prevederea sistemului dublu de etanșare (la pragul superior) care, asigură etanșarea permanentă pentru orice poziție a stavilei.

3.2.5 Stavila plană cu clapetă 16 x (4 +1,5)

Realizarea structurii metalice de retenție din două panouri (secții), acestea la rândul lor executate în variante diferite, așa cum se arată în /1/, conduc la eliminarea unora dintre dezavantajele C.M.H. de retenție simple (executate dintr-un singur panou). Prin realizarea structurii de rezistență din două panouri, se obține o independență de manevrare , cu diminuarea forței de acționare necesare pe operațiuni:

- evacuarea plutitorilor și reglaje fine de debit;
- evacuarea aluviunilor sau o debitelor excedentare.

Un asemenea tip de construcție metalică este prezentat în continuare, alcătuit din două panouri (secții):

- o stavilă plană;
- o stavilă clapetă.

Stavila a fost concepută spre a echipa un baraj deversor prevăzut cu cinci deschideri. Pentru evacuarea plutitorilor și pentru reglaje fine de debit se coboară clapeta prin intermediul mecanismelor de acționare cu lanț , amplasate simetric în pile (culee). La atingerea efectului dorit se comandă închiderea clapetei , operație ce decurge în sens invers deschiderii clapetei .

Pentru evacuarea debitelor catastrofale, prin intermediul mecanismului de acționare, clapeta este deschisă complet și în continuare , prin deplasarea lanțului de acționare, stavila cu clapeta coborâtă este desprinsă de pe radier și ridicată cu 140 mm deasupra nivelului maxim amonte. La deversarea debitelor excedentare, operația de închidere a stavilei decurge în sens invers.

B. Scheme statice și alcătuirea secțiunilor

a. Clapeta stavilei este o construcție metalică sudată , fig. 3.31. având ca element principal de rezistență o grindă cheson cu secțiunea transversală de forma unui trapez cu baza mare curbilinic (zona platelajului); conturul poligonal al secțiunii transversale s-a ales spre a facilita uzinarea și a permite un acces lejer în cheson în timpul exploatări și al reviziilor periodice; grinda cheson este încărcată cu acțiunea hidrostatică aferentă clapetei, schema statică fiind o grindă continuă cu deschideri egale având ca reazeme diafragmele stavilei plane. Secțiunea transversală a grinzii cheson este alcătuită din trei elemente dreptunghiulare plane (două inimi și o talpă) și dintr-un element curbiliniu (talpa din zona platelajului), îmbinate prin sudură.

Stabilitatea inimilor și a tălpii comprimate a grinzii cheson a fost asigurată prin dispunerea unor rigidizări locale în zonele comprimate.

Pe verticală platelajul este rigidizat cu antretoaze care:

- în interiorul chesonului au ca schemă statică o grindă simplu rezemată pe inimile grinzii cheson;
- în exteriorul chesonului, sunt console încastrate în chesonul clapetei.

Pe orizontală platelajul este rigidizat cu lonjeroni , grinzi continue cu deschideri egale rezemate pe antretoaze , cu secțiunea transversală tip nervură.

În zona de prindere articulată a clapetei de stavilă , alcătuirea secțiunii transversale a clapetei a urmărit realizarea unei incinte închise (din tablă și profile laminate - cornier), în vederea introducerii sistemului de încălzire necesar pe parcursul perioadei de iarnă.

b. Stavila este o construcție metalică chesonată sudată, cu secțiunea transversală de forma unui trapez isoscel fig. 3.31. ; prin intermediul grinzilor de capăt (secțiune dublu conexă) acțiunile sunt transmise roților de rulare și apoi infrastructurii de beton prevăzute cu piese metalice înglobate . Fiind puternic solicitat (efectul rășucirii produs de clapetă) chesonul stavilei este asigurat la voalare cu rigidizări transversale și longitudinale .

Hotărâtor pentru dimensionarea structurii metalice este nivelul hidrostatic maxim, menționat în tema de proiectare ca acțiune posibilă în exploatare .

În figura 3.30. este reprezentată grafic , o vedere (amonte - aval) a stavilei iar în figurile 3.31. și 3.32. sunt evidențiate secțiuni verticale prin structura metalică în câmp și respectiv în zona de rezemare pe infrastructura de beton.

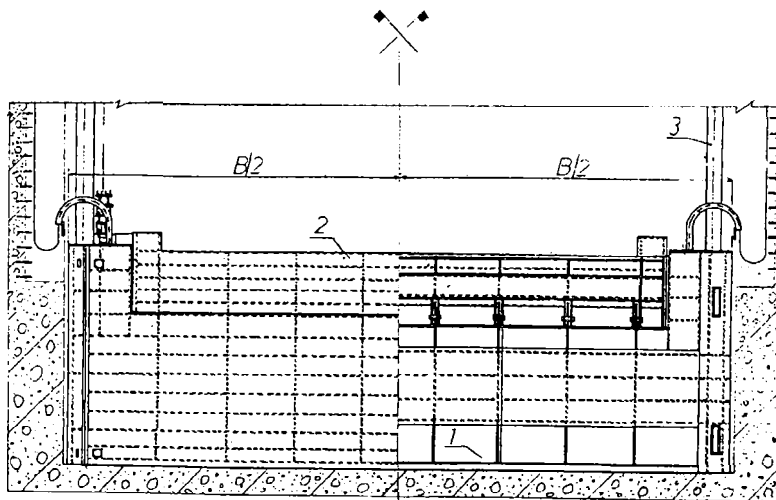


fig. 3.30. Vedere amonte-aval .
1 - stavila plană. 2 - clapetă. 3 - piesă metalică înglobată.

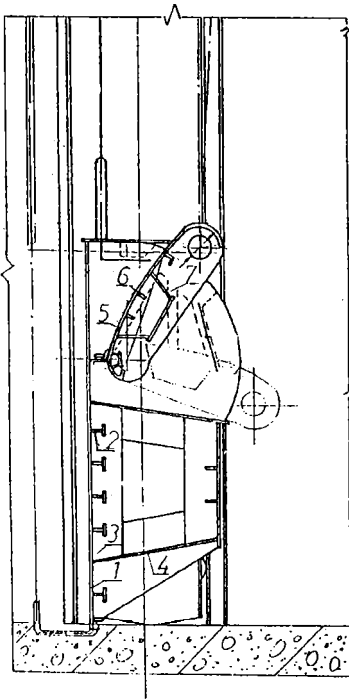


fig. 3.31. Secțiune verticală , în câmp.

- 1 - platelaj stavilă plană (S.P.).
- 2 - lonjeron S.P.
- 3 - antretoază S.P.
- 4 - cheson S.P.
- 5 - platelaj clapetă.
- 6 - lonjeron clapetă.
- 7 - chesonul clapetei.

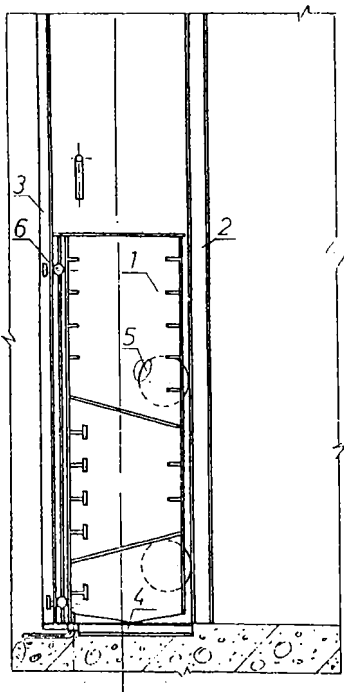


fig. 3.32. Secțiune verticală în zona de rezemare .

- 1 - stavilă plană.
- 2 - ghidaj.
- 3 - contraghidaj.
- 4 - prag.
- 5 - roată de rulare.
- 6 - rolă de ghidare.

3.2.6. C.M.H. de retenție cu suprafață curbă, pe plan mondial .

În figurile următoare sunt prezentate după /5/ și /6/ schematic, câteva tipuri moderne de stăvile cu suprafața de retenție curbă , proiectate spre a echipa amenajări hidrotehnice în SUA, Venezuela și India.

În fig., 3.33. este reprezentată o stăvilă segment care echipează un baraj deversor (Georgia - USA) ; deschiderea stăvilei este de 6,75m iar înălțimea structurii metalice este de 7 m; acționarea este de tip hidraulic.

O stăvilă segment, cea mai mare din lume - proiect SUA - fig. 3.34., are deschiderea de 33, 3 m , înălțimea de 8,4 m și raza de curbură a platelajului de 14,4 m . Stâlpul cadrului este realizat din trei ramuri , rigidizate între ele , conferind structurii de rezistență o mare suplețe .

În figura 3.35 este prezentată o stăvilă segment care echipează un baraj deversor cu 12 deschideri, în Venezuela (proiect SUA).

Deschiderea orificiului este de 22 m , înălțimea stăvilei este de 15 m și este acționată cu două servomotoare.

O stăvilă segment de adâncime (35,26 mH₂O) este prezentată în fig. 3.36. Stăvila are înălțimea de 12,8 m și o lățime de 10m . Brațul stăvilei este executat în sistem grindă cu zăbrele . Stăvila , în număr de 8 bucăți, a fost proiectată spre a echipa un baraj deversor din India.

Cu brațul executat din profile laminare ajurate, în figura 3.37, este prezentată o stăvilă segment de adâncime , proiectată pentru a echipa un baraj deversor cu patru deschideri , în India. Înălțimea coloanei de apă este de 41m, stăvila are o înălțime de 10,5 m și o deschidere de 11,5 m .

Proiectată spre a funcționa în cadrul unei ecluze navigabile în SUA, stăvila segment de adâncime prezentată în fig. 3.38, este destinată obțurării unui orificiu cu suprafața de 17,55m².

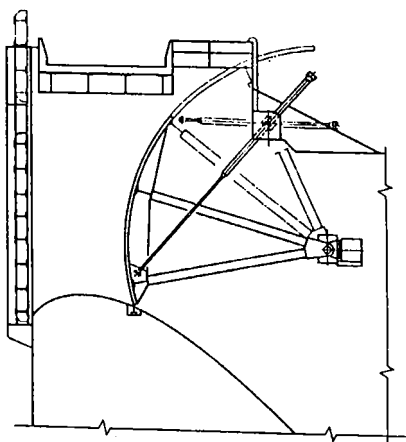


fig. 3.33. Stăvilă segment de suprafață cu $B \times h = 6,75 \times 7 \text{ m}^2$.

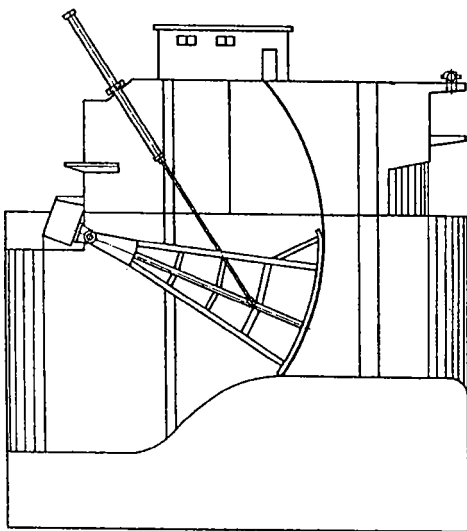


fig.3.34. Stavilă segment 33, 3x8,4.

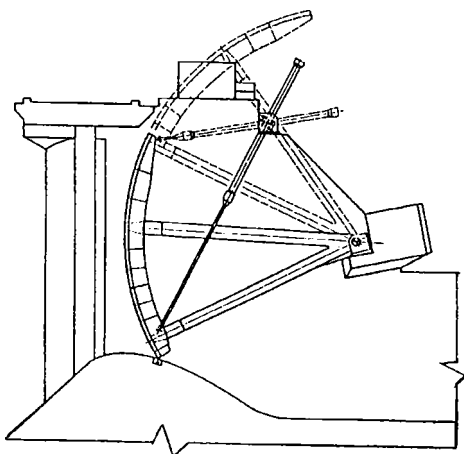


fig. 3.35. Stavilă segment de suprafață 22 x 15.

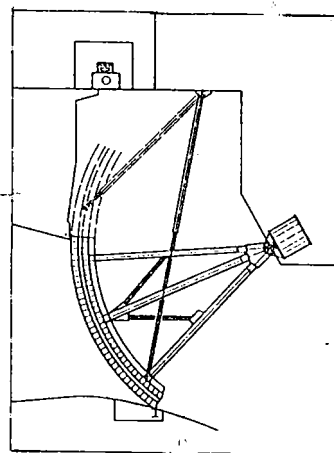


fig.3.36. Stavilă segment de adâncime 10 x 12,8/35,26.

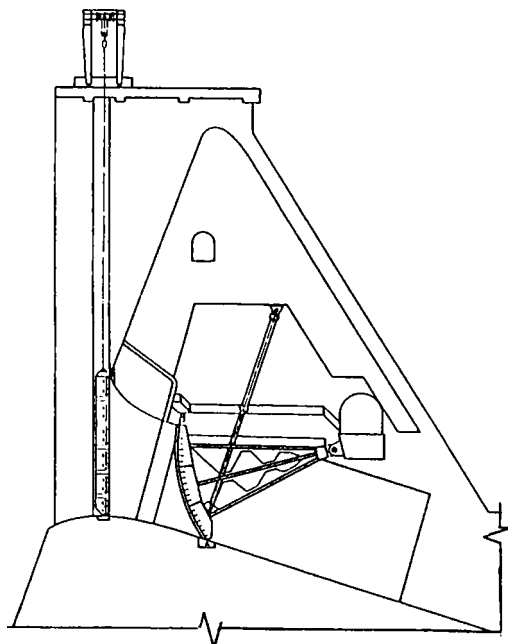


fig. 3.37. Staviță segment de adâncime 11,5 x 10,5/41.

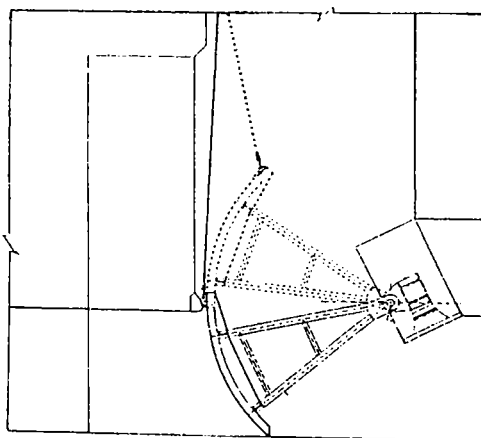


fig. 3.38. Staviță segment de adâncime 3,9 x 4,5/18.

3.2.7. Concluzii

Alcătuirea stavelilor cu suprafață de retenție curbă este o problemă la fel de importantă ca și modul de alegere al acțiunilor și stabilirea corectă a grupelor de acțiuni.

Alcătuirea structurii de rezistență influențează în mod direct: greutatea construcției metalice, gabaritul instalației de acționare precum și activitățile de uzinare, montaj, exploatare, revizii periodice și reparații.

În prezentul capitol sunt expuse câteva soluții originale privind alcătuirea structurii de rezistență a unor C.M.H.; rezultatele cercetării au fost finalizate prin implementarea lor în proiectele de execuție dintre care se menționează:

1. Pentru prima dată se prezintă la nivel de detaliu modul de alcătuire a unei porți buscate segment, soluție care înlocuiește structura clasică : poartă buscată plană ; noua variantă reprezintă o contribuție la simplificarea echipării ecluzei prin eliminarea unor C.M.H. auxiliare, instalații și structuri din beton ; în același timp funcționarea porții în curent este posibilă, iar operația de sincronizare a mișcării canatelor nu mai constituie o problemă.
2. O soluție modernă de echipare a orificiilor de adâncime o reprezintă stavila segment de adâncime, punct 3.2.2.; spre deosebire de structurile clasice similare, stavila este prevăzută cu o singură articulație, transmiterea acțiunilor la infrastructura de beton realizându-se prin intermediul rolor de rulare și al articulației unice. Dintre variantele care pledau pentru o structură metalică robustă și soluția de alcătuire a unei structuri ușoare s-a ales ultima, dezvoltată la nivel de proiect de execuție . Rezultatele cercetării, implementate în proiectul de execuție a stavilei segment de adâncime constituie o contribuție la reducerea greutății structurii metalice cu 40 % comparativ cu celelalte variante analizate.
3. Pentru echiparea golirilor de fund cu suprafață mare (100m^2) situate la adâncimi de 63m a fost prezentată o structură de rezistență nouă alcătuită din cadre multiple, dispuse echidistant în deschiderea orificiului; prin poziționarea elementelor riglei cadrului în continuitatea tălpilor stâlpilor cadrului sunt eliminate antretoazele. Prin variația distanței dintre cadre și a numărului lor pot fi acoperite orificii cu mare deschidere.
4. Pentru obturarea unor orificii de suprafață cu deschiderea de 16 m a fost studiată posibilitatea utilizării unei structuri metalice executată din două panouri ce pot fi acționate independent sau simultan; rezultatele cercetării au fost aplicate la proiectarea stavilei plane cu clapetă , prezentată la punctul 3.2.5., destinată echipării unui baraj prevăzut cu cinci deschideri de suprafață .

Utilizarea profilelor laminate la execuția structurilor metalice prezentate permite o execuție rapidă contribuție prin care, se reduce volumul de manoperă și valoarea investiției.

Siguranța în funcționarea stavilei este influențată în mod direct de alcătuirea sistemului de etanșare. În lucrare sunt prezentate câteva tipuri noi de sisteme duble de etanșare de la pragul superior al unor stavile de adâncime concepute să realizeze etanșarea în orice poziție de lucru .

Rezultatele cercetării au fost aplicate la stavilele prezentate la punctele, 3.2.2. și 3.2.4. Contribuția adusă de noile soluții conduce la eliminarea totală a pierderilor de apă de la pragul superior al stavilei .

În lucrare sunt prezentate câteva soluții originale de alcătuire judicioasă a secțiunii transversale a unor elemente structurale prin care, se aduc contribuții la micșorarea greutății acestora. Astfel se menționează :

- a. Secțiunea transversală a lonjeronului va fi astfel alcătuită și dimensionată încât să preia momentul încovoietor din câmp, de valoare inferioară celui din reazem . Secțiunea de reazem a lonjeronului va fi rigidizată local cu gusee spre a prelua momentul încovoietor din reazem . Soluția propusă este valabilă pentru majoritatea stavelilor la care lonjeronii

sunt executați ca grinzi continue și unde , în general valoarea momentului încovoietor în reazem este mai mare decât în câmp.

- b. Alcătuirea și dimensionarea antretoazei se va face la valoarea efortului efectiv maxim, cu introducerea rigidizărilor transversale și longitudinale în zonele comprimate, comparativ cu soluția clasică de realizare a antretoazei dintr-un panou întreg, perforat apoi spre a crea orificiile necesare proceselor de uzinare, întreținere și reparații.
- c. Dispunerea lonjeronilor în centrele de presiune ale unor suprafețe de presiune rezultate din împărțirea în părți egale a diagramei acțiunii hidrostatice conferă o bună rigiditate platelajului și constituie contribuții la reducerea semnificativă a greutateii structurii.

Greutatea C.M.H. reprezintă un parametru important în activitatea de cercetare - proiectare întrucât dimensiunile și prețul de cost al instalației de acționare a stavilei este proporțional cu greutatea acesteia . La alcătuirea tipurilor moderne de stavile prezentate în lucrare s-a urmărit realizarea unor structuri ușoare , soluțiile analizate și aplicate în proiectele de execuție constituind contribuții la reducerea greutateii structuri metalice.

Bibliografie

1. Caraba I. - Construcții metalice hidrotehnice. Partea a II -a. Construcții metalice speciale. Institutul Politehnice "T. Vuia" Timișoara 1978.
2. Răduică N. - Calculul stavilelor cu suprafața curbă, ținând seama de conlucrarea elementelor componente . Teză de doctorat Institutul de Construcții București 1982
3. x x x - DIN 19704 - 09.1976 Stahlwasserbauten
4. x x x - Berechnungsgrundlagen
5. STAS 1911 - 75 . Poduri metalice de cale ferată Prescripții de proiectare
5. Mannesmann Rexroth - Hydraulik im Stahlwasserbau RD00265/09.1990
6. Mannesmann Rexroth - Hydraulik im Stahlwasserbau Symposium 09.1997
7. Vlaia M. - Stavilă segment de suprafața 16x10,43. Proiect de execuție, (PE). S.C. HIDROTIM S.A 03.1991.
8. Vlaia M. - Stavilă segment cu clapetă 16 x (8,23 +2,2),(PE). S.C. HIDROTIM S.A.03.1991.
9. Vlaia M. - Stavilă segment de adâncime 4 x 4/23.85 (PE). S.C. HIDROTIM S.A 04.1984
10. Vlaia M. - Poartă buscată 10x5,7.(PE). S.C. HIDROTIM S.A 02.1990.
11. Vlaia M. - Metodologie de calcul a porților buscate segment. Lucrare de cercetare. S.C. HIDROTIM S.A 11.1996.
12. Vlaia M. - Stavilă segment de adâncime 1 x 2,1/65.(PE). S.C. HIDROTIM S.A 02.97.
13. Vlaia M. - Stavilă segment de adâncime 10 x 3 /13,5.(PE). S.C. HIDROTIM S.A 10.1987.
14. Vlaia M. - Stavilă segment de adâncime cu cadre multiple 10 x 10.312/ 63. Studiu de echipare. S.C. HIDROTIM S.A 04.1993.
15. Vlaia M. - Stavilă plană cu clapetă 16x(4+1,5). Studiu de echipare. S.C. HIDROTIM S.A 01.1989.
16. Vlaia M. - Poartă buscată segment 10x12,5. (PE). S.C. HIDROTIM S.A. 10.1995

CAPITOLUL 4

PROGRAME DE CALCUL CU ELEMENTE FINITE. PROIECTAREA CONSTRUCȚIILOR METALICE HIDROTEHNICE UTILIZÂND PROGRAME DE CALCUL AUTOMAT

4.1. Programe de calcul cu elemente finite

4.1.1. Generalități

Calculul în spațiul cu trei dimensiuni (3D) este problemă importantă a stăcii construcțiilor ; o analiză exactă, prin calcul manual, se poate face numai pentru structuri simple supuse unor acțiuni simple; pentru structurile metalice hidrotehnice de retenție, supuse unor stări complexe de acțiuni, calculul exact devine imposibil de rezolvat manual și în timp util !

Curent, în practica proiectării, starea de eforturi unitare și deformații, se determină prin suprapunerea efectelor rezultate din analiza eforturilor unitare obținute separat, pe elementele componente ale structurii. Ca urmare a neglijării conlucrării spațiale a elementelor structurale, în final rezultă o supradimensionare a structurii de rezistență care , în cazul C.M.H. duce la gabarite apreciabile a instalației de acționare a stavilei. Aceste limite pot fi depășite utilizând programele de calcul cu elemente finite (FE) care, conduc la apropierea stării de eforturi determinate prin calcul , de starea de comportare reală a stavilei pe parcursul exploatării.

Utilizând tehnica modernă de calcul pot fi generate și analizate mai multe variante ale aceluiași structuri, în final , alegându-se varianta optimă.

Modelarea pe monitor exclude fazele de execuție și testare a prototipului, de refacere a prototipului, ca urmare a supradimensionării sau a subdimensionării.

În prezent, utilizarea programelor de calcul cu elemente finite a cuprins toate domeniile economice.

Există numeroase firme consacrate în producția tehnicii de calcul hardware și software care, pun la dispoziția echipelor de cercetare - proiectare posibilități multiple dintre acestea, hotărâtor fiind modul în care programul ales răspunde cerințelor tehnice din domeniul studiat.

Din diversitatea, în continuă expansiune, a programelor de calcul cu elemente finite, sunt prezentate tabelar (tab. 4.1.) câteva care , se utilizează în proiectarea C.M.H. de retenție. Cu asterisc sunt punctați parametrii pe care fiecare program în parte îi acoperă .

În tabelul 4.2., pentru aceleași programe de calcul , sunt evidențiate prin asterisc, elementele cu care se operează.

De menționat că, există o permanentă preocupare a firmelor producătoare de a spori caracteristicile și performanțele produselor lor și în acest sens, cele prezentate în tabelele 4.1 și 4.2 nu sunt limitative !

În paginile următoare, sunt prezentate pe scurt câteva programe de calcul cu elemente finite care pot fi utilizate în proiectarea C.M. H. de retenție .

4.1.2. Programul de calcul cu elemente finite Ansys

În 1970 Dr.I.Swanson a fondat Swanson Analysis Systems, Inc. (SASI), cu scopul de a dezvolta un mijloc de sprijin computerizat pentru calculele din birourile ingineresti.

Astăzi, Ansys este un program general utilizabil, menționându-se folosirea în scopuri didactice în peste 10000 de universități, ca aplicații practice deservind peste 7000 de unități

Tab.4.1.

	LINEAR STATICS	LINEAR DYNAMICS	NON-LINEAR STATICS	NON-LINEAR DYNAMICS	HEAT TRANSFER	FLUID FLOW	FIELD PROBLEMS	DESIGN OPTIMISATION	MODAL ANALYSIS	DYNAMIC RESPONSE	REPOSE SPECTRUM	STABILITY ANALYSIS
ANSYS-PC	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
COSMOS-M	*	*	*	*	*				*	*	*	*
RSTAB	*	*										
ADINA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ESDUFINE	*				*		*					
FESDEC	*	*	*		*		*			*	*	
FLASH	*	*	*						*	*		*
GIFTS	*	*			*				*	*	*	
IMAGES-3D	*	*							*	*	*	
LUSAS	*								*	*	*	*
MICROFIELD	*		*		*	*	*					
MSC PAL2	*	*		*			*		*	*	*	
NISA-11	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*
SAP80	*	*	*						*	*	*	
SAP86/mTAB	*	*			*				*	*	*	
SUPERSAP	*	*	*	*	*			*	*	*	*	

Tab.4.2.

	BEAMS	MEMBRANES	PLATES	SHELLS	AXISYMMETRICS	SOLIDS	SPRINGS	PIPES	FLUID ELEMENTS	HEAT TRANSFER ELEMENTS	SHEAR PANELS	STIFENERS	USER DEFINED ELEMENTS
ANSYS-PC	*	*	*	*	*	*	*	*		*			
COSMOS-M	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*		*
RSTAB	*				*								
ADINA	*	*	*	*	*	*	*		*	*		*	
ESDUFINE		*	*		*	*	*						
FESDEC	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	
FLASH	*	*	*	*	*								
GIFTS	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	
IMAGES-3D	*	*	*		*	*	*						
LUSAS	*	*	*		*	*	*				*		
MICROFIELD	*	*	*	*	*	*	*						
MSC PAL2	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
NISA-11	*	*	*	*	*	*	*		*	*		*	
SAP80	*	*	*	*	*	*	*						
SAP86/mTAB	*	*	*	*	*	*	*	*		*			
SUPERSAP	*	*	*	*	*	*		*		*		*	

economice, ramura construcțiilor beneficiind de facilități extraordinare privind activitatea de cercetare - proiectare , modelare și execuție .

Modul de lucru interactiv (om - mașină), a reprezentat o dezvoltare importantă, simplificând introducerea datelor și extragerea rezultatelor. Prin grafica interactivă pot fi examinate înainte de calcul, geometria structurii , proprietățile materialelor și condițiile de margine. Rezultatele calculului pot fi examinate interactiv înainte de tipărire.

Ansys poate rula pe supercomputere, minicomputere, și PC.

Programul Ansys are o bază de date centrală pentru administrarea datelor de intrare ale modelului (caracteristici geometrice, materiale, date despre elementele finite) și a datelor rezultate.

4.1.2.1. Calculul static al structurilor

Programul Ansys determină eforturile unitare, deplasările și reacțiunile în reazemele unei structuri sub influența acțiunilor , în diferite grupări de acțiuni.

Ecuția de bază a calculului static este:

$$[k]\{u\} = \{\bar{F}\} \quad (4 - 1)$$

unde :

$[k]$ este matricea de rigiditate

$\{u\}$ este vectorul deplasărilor

$\{\bar{F}\}$ este vectorul forțelor

4.1.2.2. Calculul dinamic al structurilor

Calculul dinamic constă în analiza influenței forțelor dependente de timp (variabile în timp) asupra structurii, spre exemplu:

- încărcări brusce;
- lovituri sau explozii;
- acțiuni seismice ;
- acțiuni mobile .

Calculul dinamic se bazează pe următoarea ecuație generală de mișcare:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{\bar{F}(t)\} \quad (4 - 2)$$

unde :

$[M]$ este matricea maselor;

$[C]$ este matricea amortizărilor structurii ;

$[K]$ este matricea de rigiditate;

$\{\ddot{u}\}$ este vectorul accelerațiilor nodale ;

$\{\dot{u}\}$ este vectorul vitezelor nodale ;

$\{u\}$ este vectorul deplasărilor nodale;

$\{\bar{F}\}$ este vectorul forțelor ;

(t) reprezintă timpul .

Programul Ansys rezolvă următoarele calcule dinamice:

- dinamică de tranziență (în mișcare);
- analiza frecvențelor proprii;
- vibrații proprii ;
- metoda spectrului de răspuns ;
- vibrații aleatorii.

4.1.2.3. Calcule de voalare și stabilitate

Stabilitatea structurilor metalice hidrotehnice de retenție este un parametru important al siguranței și funcționalității în exploatare. Programul Ansys permite:

- determinarea nivelului maxim pe care îl poate atinge o acțiune (ex. acțiunea hidrostatică), nivel la care structura de rezistență devine instabilă.
- determinarea stabilității unei structuri de rezistență supusă unei acțiuni hidrostatice suplimentare, spre exemplu dacă supraînălțarea cotei de retenție a lacului de acumulare afectează structura existentă.

4.1.2.4. Structura programului Ansys

Funcțiile programului sunt cuprinse în grupe de procesare. Datele modelului, descrierea geometrică, datele referitoare la materiale, modelul de elemente finite etc., obținute la preprocesare sunt stocate în baza de date a programului.

În procesorul de soluționare sunt precizate datele referitoare la acțiuni și se creează datele rezultate.

În postprocesor rezultatele : eforturi unitare, deplasări, temperaturi etc., pot fi prelucrate ca reprezentări grafice pe ecran, la imprimantă sau sub forma unor tabele tipărite.

Rezultatele sunt stocate într-un fișier de date, dar sunt reținute numai ultimele iterații (rezultatele unui ultim calcul , cel optim).

4.1.2.5. Optimizarea proiectării

Programul Ansys are capacitatea ca dintr-o serie de proiecte generate să îl aleagă pe cel optim, funcție de modelul parametric fixat de inginerul proiectant . Ciclul de proiectare este condus de rutina de optimizare care livrează parametrii proprii fiecarei noi încercări. Astfel fiecare mărime a proiectului (efort unitar, deplasare etc.) poate fi îmbunătățită și adusă la nivelul valoric dorit.

4.1.2.6. Biblioteca programului

Biblioteca programului cuprinde peste 90 de tipuri de elemente, la multe elemente existând posibilitatea de a alege variante. Ca formă elementele finite pot fi : punct, linie, suprafață sau volum și sunt cuprinse în spațiul cu două dimensiuni (2D) sau în spațiul cu trei dimensiuni (3D).

Există șase grupe de elemente finite grupate astfel:

1. Elemente de rigiditate pentru calcule statice și dinamice.

2. Elemente de temperatură pentru calcule de transmitere de temperaturi staționare și nestaționare.
3. Elemente de fluid pentru calculul de curenți.
4. Elemente de câmpuri magnetice pentru calcule de magnetism .
5. Elemente pentru mai multe câmpuri, pentru calculul câmpurilor cuplate .
6. Elemente speciale pentru cazuri deosebite.

În paragraful 4.2.1. este exemplificat modul de utilizare al programului Ansys, la proiectarea unei porți buscate segment.

4.1.3. Programul de calcul cu elemente finite RSTAB

Inițialele programului derivă din limba germană, în traducere înseamnă: structuri spațiale din bare.

Programul , conceput în totalitate pentru P.C., utilizează cunoștințele de vârf ale anilor '90.

Deși programul a fost conceput pentru structuri spațiale din bare, el poate fi folosit și la calculul plăcilor , șabnelor , pânzelor subțiri care pot fi înlocuite, cu bună aproximație , cu bare . Astfel , programul a fost folosit la proiectarea stavilei segment de adâncime prezentată în capitolul 3. punctul 3.2.2.

Datele de intrare pot fi permanent îmbunătățite prin corectare, modificare, adăugire etc.

Modul de lucru interactiv permite o permanentă verificare, înainte de calcul , a geometriei structurii, a acțiunilor (mărime, direcție , sens). Pe un element de bară, valorile datelor de ieșire (eforturi unitare , deformații) pot fi precizate în 91 de puncte ceea ce oferă o foarte bună apreciere a comportării reale a structurii.

4.1.3.1. Scopul programului

Programul RSTAB facilitează calculul static al structurilor spațiale din bare, determinând prin metoda elementului finit:

- forțele nodale și forțele pe bară;
- deplasările unor puncte predefinite;
- reacțiuni și deformații nodale ale structurilor din bare de diferite forme: grinzi cu unul sau mai multe câmpuri, structuri cu zăbrele , rețele de grinzi, cadre cu 2-3 deschideri, structuri în arce , structuri pe cabluri; structura poate fi alcătuită din 6000 de bare.

4.1.3.2. Acțiuni posibil de luat în calcul

Acțiunile care solicită structura , în număr de max. 200 , pot fi:

- forțe nodale, momente nodale;
- acțiuni distribuite liniar, acțiuni concentrate, acțiuni distribuite trapezoidal ;
- momente concentrate pe bară ;
- acțiuni date de temperaturi uniforme și neuniforme;
- imperfecțiuni ale barei (ex: curbura inițială).

Funcție de opțiune , programul ia în considerare și greutatea proprie a barei . Pe parcursul introducerii datelor, se poate verifica grafic, pe tranșele introduse, forma schemei statice și schema de încărcare a structurii.

4.1.3.3. DUENQ, modul de rezistență al RSTAB - ului

Pentru calcule de rezistență , programul RSTAB dispune de modulul DUENQ care permite:

- calculul caracteristicilor geometrice și sectoriale pe secțiunea transversală a barelor structurii;
- calculul eforturilor unitare pentru secțiuni de diferite forme: simplu conexe , dublu conexe (cu max. 50 celule) , combinate.

Pe secțiunea transversală a barei structurii sunt determinate următoarele mărimi caracteristice:

- aria secțiunii transversale, greutatea profilului secțiunii pe metru liniar, suprafața exterioară a profilului (suprafața de vopsire);
- aria de forfecare ;
- poziția centrului de greutate și momentul de inerție ;
- rotația axelor principale la secțiuni fără axe de simetrie;
- coordonatele punctelor caracteristice ale secțiunii transversale a barei în sistemul principal central de axe;
- momente de inerție principale, pentru secțiuni fără axele de simetrie ;
- raza de girație și factorul λ ;
- momentul de torsiune ;
- poziția centrului de forfecare;
- module de rezistență (la încovoiere, la torsiune);
- momente statice și poziția valorilor maxime pe secțiune ;
- fluxuri de forfecare și coordonate sectoriale .

După preferință pot fi calculate și reprezentate grafic următoarele eforturi unitare:

- eforturi unitare normale (σ) din forțe axiale, din momente încovoietoare și din momente de răsucire precum și eforturi unitare normale rezultante;
- eforturi unitare tangențiale din forțe tăietoare și din momente de răsucire precum și compunerea eforturilor unitare tangențiale ;
- eforturi unitare echivalente.

4.1.3.4. Principii de calcul

Programul cu elemente finite RSTAB, efectuează calculul static după teoria de ordinul I și II cu considerarea deformațiilor din forța axială (N), din momentul încovoietor (M) din momentul de răsucire (M_t).

Matricea de rigiditate a sistemului de ecuații liniare se formează cu rigiditățile individuale ale elementelor componente ale structurii de rezistență. Partea dreaptă a sistemului este constituită din acțiunile care solicită structura de rezistență. Soluția sistemului o constituie deformațiile din care se determină solicitările.

4.1.3.5. Limitele programului

Structurile spațiale care pot fi calculate cu programul nu vor depăși următoarele valori:

- numărul maxim de noduri:	4000
- numărul maxim de bare:	6000
- număr maxim de materiale diferite:	200
- număr maxim de secțiuni transversale ale barelor:	500
- număr maxim de reazeme ale structurii:	500
- număr maxim de grupări de acțiuni :	100.

Notă:

Calculul diagramelor de eforturi pe structura de rezistență a stavilei prezentate în capitolul 2 (pct. 2.4.), s-a făcut utilizând programul cu elemente finite RSTAB.

4.1.4. Programul de calcul cu elemente finite ADINA

Programul cu elemente finite Adina , destinat analizei problemelor liniare și neliniare, se caracterizează printr-o mare fiabilitate , siguranță în exploatare, acuratețe și rapiditate de calcul.

Cu o periodicitate de doi ani , la Institutul de tehnologie din Massachusetts (SUA), conferința Adina ("Analiza neliniară cu elemente finite și ADINA") prezintă , pe lângă direcțiile de cercetare, o suită de lucrări cu caracter aplicativ ale programului și totodată , sunt reținute sugestiile utilizatorilor în vederea îmbunătățirilor.

4.1.4.1. Structura programului

Sistemul Adina este structurat în :

- procesorul ADINA-IN , cu ajutorul căruia se pregătește geometria modelului, se definesc condițiile de margine, se stabilesc acțiunile care solicită structura de rezistență și se verifică grafic modelul ;
- programul de calcul compus din : ADINA - pentru calcule structurale, ADINA-T - pentru calcule termice și de teoria câmpului, ADINA - F pentru curgerea fluidelor;
- postprocesorul ADINA - PLOT , cu ajutorul căruia se face evaluarea rezultatelor calculelor și prezentarea grafică a rezultatelor.

4.1.4.2. Programul ADINA

Destinat calculului structural, programul efectuează o analiză bi și tridimensională a problemelor statice și dinamice , de tip liniar și neliniar.

Programul permite cercetarea stabilității elastice și plastice a structurii, existând posibilitatea de urmărire a structurii și după pierderea stabilității. Pot fi analizate de asemenea , problemele de contact , static și dinamic spre exemplu, la nivelul contactului stavilei cu piesa metalică înglobată în beton . Sub influența acțiunilor , structura de rezistență poate fi urmărită sub aspectul propagării fisurilor , până în momentul rușii.

Elementele finite utilizate : bare, membrane, plăci, țevi, masive, pot fi suplimentate și/sau eliminate pe parcursul analizei. Programul dispune de modele pentru diverse materiale : metal, lemn, beton, cauciuc, plastic, roci, materiale ceramice și texturi.

4.1.4.3. Programul ADINA-T

Cu acest program se poate analiza schimbul termic între structura de rezistență (bi și tridimensională) și mediul înconjurător.

4.2. Proiectarea construcțiilor metalice hidrotehnice utilizând programe de calcul automat

4.2.1. Calculul porții busecate segment cu metoda elementelor finite

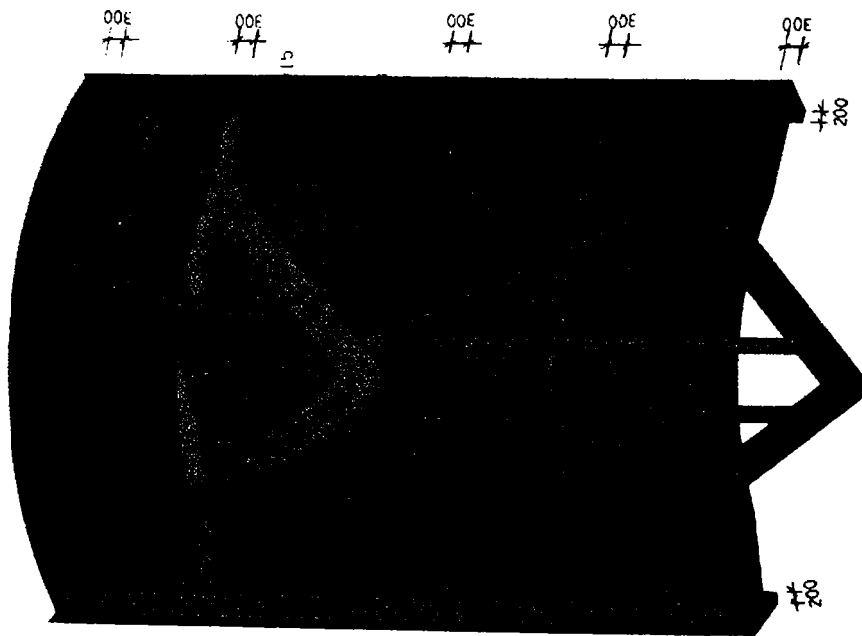
În capitolul trei al lucrării a fost prezentat modul de alcătuire a secțiunii transversale a elementelor structurale și alcătuirea ansamblului structurii metalice de rezistență a porții busecate segment. Utilizând programul cu elemente finite Ansys, în prezentul capitol, sunt determinate eforturile unitare în construcția metalică a corpului porții busecate segment destinată a echipa o ecluză navigabilă cu deschiderea de 10 m.

Dimensiunile secțiunilor transversale ale elementelor componente ale structurii metalice, rezultate la predimensionare, sunt prezentate în figura 4.1. și constituie valorile utilizate pentru calcularea caracteristicilor geometrice secționale.

În figura 4.2. este prezentată schematic, o secțiune orizontală prin cant, deasupra articulației superioare a porții, cu vedere la nivelul articulației inferioare; sunt prezentate elementele de rezistență ale cantului:

- cadrul superior și inferior format din braț cadru (poz. 5) și rigla cadrului (poz. 1 și 2);
- grinzi verticale (poz. 3 și 4);
- platelaj (poz. 6).

Fig.4.1.
STRUCTURA DE
REZISTENȚĂ



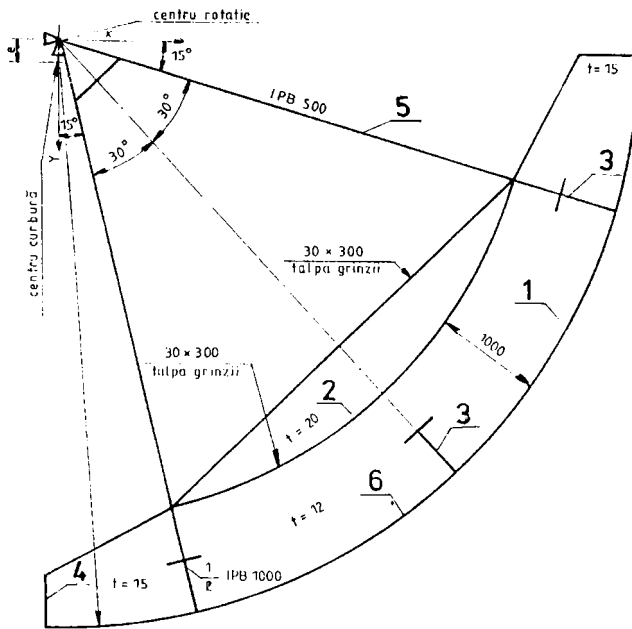


fig. 4.2. Secțiune orizontală prin canal; schematic .

1 - rigla cadrului la nivelul articulației superioare. 2 - rigla cadrului la nivelul articulației inferioare. 3 - grindă verticală centrală. 4 - grindă verticală marginală. 5 - braț cadru. 6 - platelaj.

4.2.1.1. Definierea acțiunilor și gruparea acțiunilor

Acțiunile luate în calculul de dimensionare au fost cele specificate în tema de proiectare, acțiuni care se consideră că pot apare în exploatarea construcției metalice ; astfel, au fost analizate următoarele acțiuni:

a. Acțiunea hidrostatică, dirijată din exteriorul ecluzei spre sas, nivelul hidrostatic în sas fiind zero. Platelajul este elementul de rezistență cu rol de retenție și preluare a acțiunii hidrostatice. Sensul acțiunii hidrostatice poate fi și inversat (din sas spre exteriorul ecluzei) în acest caz, paramentul amonte al platelajului (exteriorul ecluzei) nefiind sub presiune . Nivelele hidrostatice posibile (normal, anormal și excepțional) luate în calcul inclusiv 0,6 m val, sunt prezentate în fig.4.3.

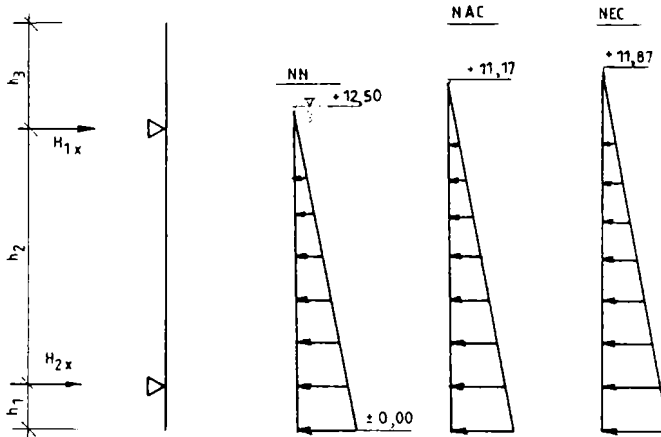


fig. 4.3. Acțiunea hidrostatică. Schema de încărcare.

NNC - nivelul normal de calcul. NAC - nivelul anormal de calcul .

NEC - nivelul excepțional de calcul .

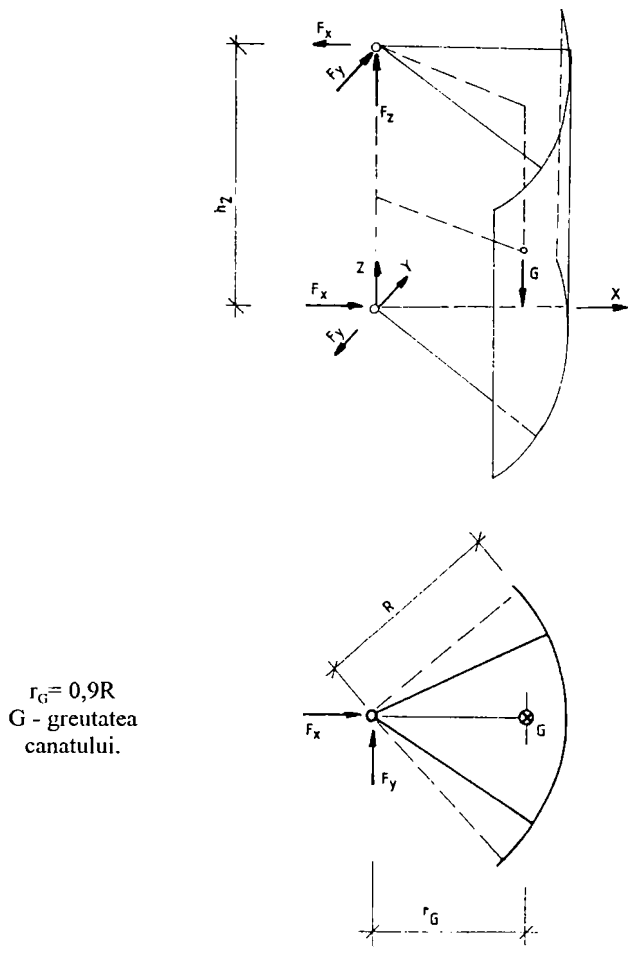
b. Greutatea proprie a construcției metalice. Prin alcătuirea sa, construcția metalică transmite greutatea proprie la infrastructura de beton prin intermediul articulațiilor. În aceste condiții greutatea structurii de rezistență reprezintă o acțiune importantă. Pentru valorile dimensionale ale elementelor structurale definite în figura 4.1., programul Ansys determină automat greutatea proprie a construcției metalice pentru $\gamma = 78,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$, greutatea specifică a oțelului. Greutatea proprie a cantului generează reacțiuni în reazeme (superior - reazem articulat, inferior reazem simplu), fig. 4.4., greutatea canatului (G) fiind preluată de reazemul superior.

c. Forțe de frecare care apar la manevrarea porții, la nivelul suprafețelor de contact dintre garniturile de etanșare și piesele metalice din oțel inoxidabil . Au fost considerate următoarele :

c.1. - forțele de frecare dintre garniturile de etanșare la prag și piesa metalică înglobată, fig. 4.5a, notate cu F_p care cuprind: forțele de frecare cauzate de precomprimare (5mm), a garniturii pe prag (F_{prc}) și forțele de frecare produse de acțiunea hidrostatică asupra garniturii de etanșare la prag, notate cu F_w . Astfel forțele de frecare la prag sunt:

$$F_p = F_{prc} + F_w \quad (4 - 3)$$

Sistemul de etanșare al porții buscate segment a fost realizat din garnituri profilate având geometria conform figurii 4.5b



$r_G = 0,9R$
 G - greutatea
 canatului.

fig. 4.4. Reacțiuni din greutatea proprie

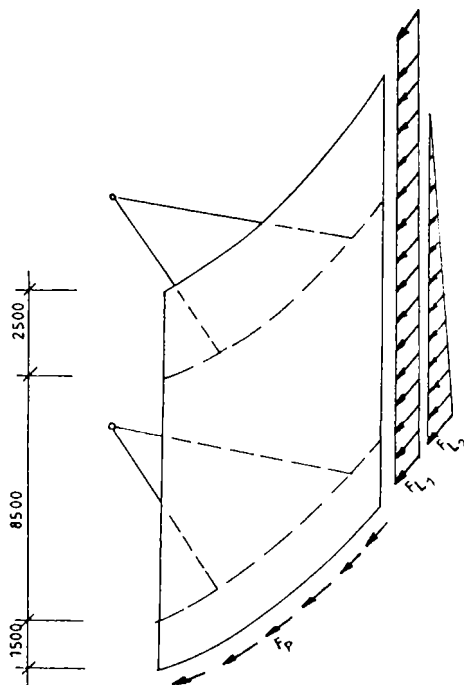


fig. 4.5a. Forțe de frecare în garnituri.

FP - forța de frecare în garnituri, la pragul porții.

FL1 - forța de frecare în garniturile laterale, din precomprimare.

FL2 - forța de frecare în garniturile laterale, din acțiunea hidrostatică.

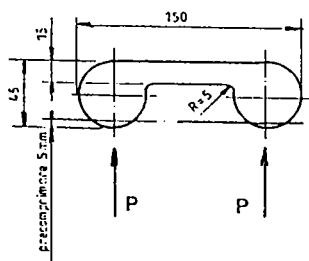


fig. 4.5b. Geometria garniturii. P - forța de contact din precomprimarea garniturii.

Forța de frecare din precomprimarea garniturii de etanșare pe prag se calculează cu formula:

$$F_{pic} = n \cdot \mu \cdot P \quad (4 - 4)$$

în care , $n = 2$, este numărul liniilor de contact ale garniturii cu piesa înglobată , $\mu=0,85$ coeficientul de frecare iar $P = 1,8 \text{ kN/m}$ este forța de contact din precomprimare după /4/. Forța de frecare din efectul acțiunii hidrostatice asupra etanșării la prag se determină cu relația :

$$F_w = \mu \cdot l \cdot p_{\max} \quad (4 - 5)$$

unde:

- $l = 0,038 \text{ (m)}$ este lungimea pe care acțiunea hidrostatică se repartizează pe garnitura de etanșare.

- p_{\max} este presiunea maximă (105 kN/m^2) pe pragul porții din acțiunea hidrostatică la nivelul hidrostatic normal.

Astfel, cu relațiile 4 - 4 și 4 - 5:

$$F_p = \mu(nP + lp_{\max}) \quad (4 - 6)$$

$$F_p = 0,85(2 \cdot 1,8 + 0,038 \cdot 105) = 6,45 \text{ kN / m}$$

c.2. - forțe de frecare dintre garniturile laterale de etanșare și piesa metalică înglobată în pereții sasului ecluzei și se compun din :

$F_{1,1}$, forțe de frecare din precomprimarea de 5 mm a garniturii laterale ,

$F_{1,2}$, forțe de frecare cauzate de acțiunea hidrostatică asupra garniturii.

Relațiile de calcul pentru determinarea acestor forțe de frecare sunt :

$$F_{1,1} = n \cdot \mu \cdot P = 2 \cdot 0,85 \cdot 1,8 = 3,06 \text{ kN / m} \quad (4 - 7)$$

și reprezintă o forță uniform distribuită (fig.4.5a.); notațiile sunt identice cu cele din relația 4 - 4 ; pentru etanșarea laterală a porții se utilizează același tip de garnitură ca și la prag.

$$F_{1,2} = \mu \cdot l \cdot p_{\max} = 0,85 \cdot 0,038 \cdot 105 = 3,4 \text{ kN} \quad (4 - 8)$$

și reprezintă o forță ce variază liniar (fig. 4.5a.) cu valoarea maximă la pragul porții; notațiile sunt cele utilizate în relația 4 - 5 .

Datorită sincronizării mișcării canatelor, nu apar forțe de frecare în planul sistemului de etanșare din axa ecluzei .

d. Forța de acționare (F_a) a servomotorului. Fiecare canat al porții buscate este acționat de un servomotor, valorile forței de acționare, în cele trei grupări de acțiuni, fiind cele din tabelul 4.3. Valorile menționate sunt valabile atât la închiderea cât și la deschiderea porții.

Forța de acționare a servomotorului (F_a)

Tab. 4.3.

Gruparea de acțiuni	GF	GFS	GE
F_a [kN]	540	570	600

După posibilitatea de apariție simultană acțiunile au fost constituite în cele trei grupări de acțiuni, uzuale în proiectarea C.M.H. În tabelul 4.4. sunt prezentate grupările de acțiuni în șapte cazuri, posibile în exploatarea porții.

Grupări de acțiuni

Tab. 4.4.

Nr. caz	Grupă de acțiuni	Specificație
1	GF	greutatea proprie + nivelul hidrostatic normal
2	GFS	greutatea proprie + nivelul hidrostatic anormal
3	GE	greutatea proprie + nivelul hidrostatic excepțional
4	GF	caz 1 + forțe de frecare la nivelul hidrostatic normal
5	GFS	caz 2 + forțe de frecare la nivelul hidrostatic anormal
6	GE	caz 3 + forțe de frecare la nivelul hidrostatic excepțional
7	GE'	caz 6 + forța maximă a sevmotorului

Dimensionarea structurii de rezistență s-a efectuat pentru cazul 4 (greutatea proprie + nivel hidrostatic normal + forțe de frecare), cu verificarea de rezistență în cazurile 5 și 7.

Construcția metalică a porții s-a executat din oțel carbon cu limita de curgere (σ_c) egală cu :

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 225 \text{ N/mm}^2 && \text{pentru } 16 < t \leq 40 \text{ mm} ; \\ \sigma_c &= 215 \text{ N/mm}^2 && \text{pentru } 40 < t \leq 100 \text{ mm} . \end{aligned}$$

după /5/, echivalent cu DIN 17100.

Funcție de limita de curgere, rezistențele admisibile sunt prezentate în tabelul 4.5., determinate după "British Standards" 153 partea a 3-a tabelul 3.

Rezistențe admisibile

[N/mm²]

Tab. 4.5.

Grupa de acțiuni	GF	GF	GFS	GFS	GE	GE
Grosimi mm	t < 40	40 < t < 100	t < 40	40 < t < 100	t < 40	40 < t < 100
Elemente întinse	122	116	137	131	165	157
Elemente comprimate	122	116	137	131	165	157
Plăci încovoiate	132	125	149	143	180	171
Bare încovoiate	125	119	141	135	169	162
Elemente forfecate	75	72	85	81	102	97
Articulații	160	152	180	172	216	207
Eforturi unitare echivalente	184	176	184	176	205	196

4.2.1.2. Definirea geometriei structurii de rezistență a canatului

Geometria structurii de rezistență a canatului a fost concepută spre a conferi o bună funcționalitate porții. S-au avut în vedere următoarele :

- posibilitatea unei închideri și deschideri fără blocarea canatului în piesa metalică înglobată în beton sau a celor două canaturi între ele, în axa ecluzei;
- transmiterea greutății construcției metalice la infrastructura de beton prin intermediul articulației superioare a canatului. Pentru ecluze care echipează cursuri de apă cu depuneri aluvionare limitate, la partea inferioară a porții poate fi amplasată o roată de rulare care reazemă pe prag!

- prevederea unei excentricități de 115 mm, a centrului de curbură al platelajului (CC) față de centrul de rotație (CR) al canatului (fig.4.6.), în vederea realizării etanșării centrale, în axa ecluzei.

În sistemul de axe \bar{x} o \bar{y} , cu originea "O" în centrul de rotație (C.R. - fig. 4.6.), linia mediană a platelajului este dispusă după un cerc cu centrul în C.C., de rază egală cu 5565 mm. Ca figură geometrică, linia mediană a platelajului reprezintă un sfert de cerc, platelajul fiind rigidizat pe verticală cu trei grinzi principale amplasate radial la 30° între ele; poziția acestor grinzi coincide cu dreptele 02 și 03 și respectiv 04 din figura 4.6. Direcțiile 02 și 04 constituie axele după care se dispun brațele canatului, convergente în CR. La 15° față de brațele canatului, spre extremități, se dispun grinzi verticale marginale a căror direcții corespund cu dreptele 01 și 05, fig. 4.6.

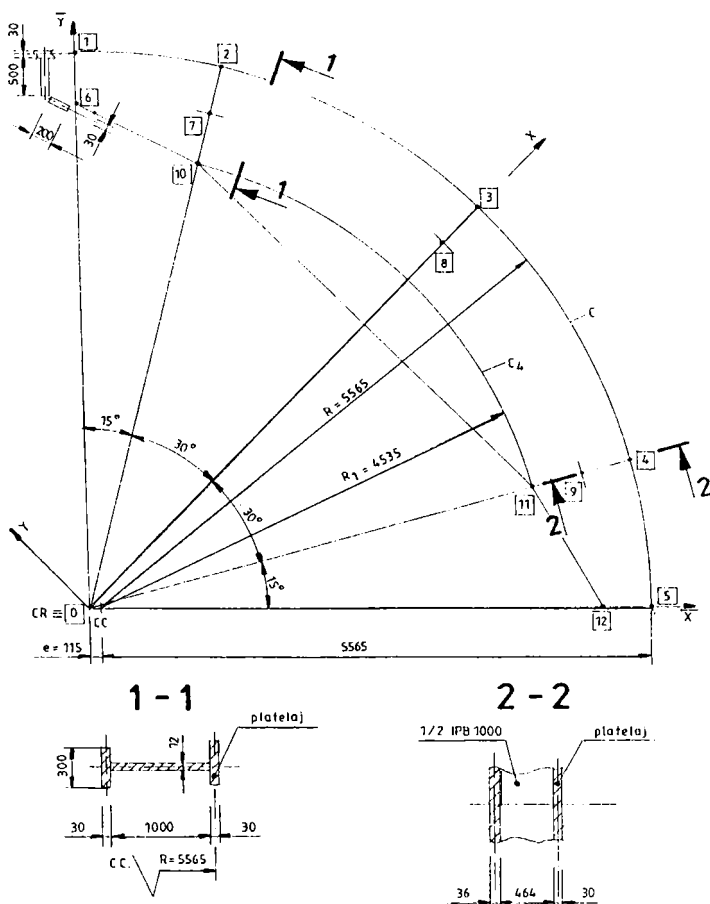


fig. 4.6. Secțiune orizontală prin canat.

Coordonatele punctelor caracteristice ale secțiunii transversale, reprezentate în figura 4.6. și notate de la "0" la "12", au fost calculate, în plan, în sistemul xoy astfel:

- pentru punctele I = 1 ÷ 5 cu relația:

$$I = (D) \cap (C) \quad (4-9)$$

în care:

D reprezintă fasciculul de drepte convergente în CR și care trec prin punctele I=1,5 (fig. 4.6.),

C este cercul cu centrul în C.C. și R = 5565 mm,
de exemplu:

(D2): $y=3,732x$ reprezintă ecuația dreptei $\overline{02}$ (fig. 4.6.);

(C): $(x-c)^2+y^2=R^2$ reprezintă ecuația cercului C (fig. 4.6.).

- pentru punctul "6" (fig. 4.6) coordonatele au fost determinate scăzând din ordonata punctului "1" dimensiunile secționale ale elementelor componente; idem pentru punctul 12. (v. fig.4.6.).

- pentru punctele 7,8 și 9 cu relațiile:

$$\begin{aligned} 7 &= D_{02} \cap (C_1) \\ 8 &= D_{03} \cap (C_2) \\ 9 &= D_{04} \cap (C_3) \end{aligned} \quad (4-10)$$

unde: - D_{02} , D_{03} și D_{04} sunt drepte ce trec prin CR și punctele 2,3 și 4 (fig. 4.6.)

- (C_1) , (C_2) și (C_3) sunt cercuri cu centrul în CR și razele egale cu:

$$\begin{aligned} R_1 &= \overline{02} - 15 - 464 - 18 = \overline{02} - 497 \\ R_2 &= \overline{03} - 15 - 464 - 18 = \overline{03} - 497 \quad (\text{mm}) \\ R_3 &= \overline{04} - 15 - 464 - 18 = \overline{04} - 497, \end{aligned}$$

(v.sect.2 - 2), coordonatele punctelor 2, 3 și 4 fiind determinate anterior cu relația (4-9).

- pentru punctele 10 și 11 cu relațiile:

$$\begin{aligned} 10 &= D_{02} \cap (C_4) \\ 11 &= D_{04} \cap (C_4) \end{aligned} \quad (4-11)$$

unde C_4 este un cerc cu centrul în CC și $R_1 = 4535$ mm (fig. 4.6.).

Pentru calculul cu elemente finite, din sistemul xoy, prin rotire cu 45° , se trece în sistemul xoy cu axa ox suprapusă peste direcția $\overline{03}$, figura 4.6.

Coordonatele punctelor 1,12 în sistemul xoy se determină cu formulele:

$$\begin{aligned} x &= \bar{x} \cos \alpha + \bar{y} \sin \alpha \\ y &= \bar{y} \cos \alpha - \bar{x} \sin \alpha \end{aligned} \quad (4-12)$$

Fixând originea sistemului spațial xyz pe radierul ecluzei, cu axa oz verticală, poziția altimetrică a elementelor orizontale (poz 3 - fig. 4.7) de rigidizare a platelajului sunt definite prin valorile $z = h_i$ ($i=1,6$) fig.4.7.

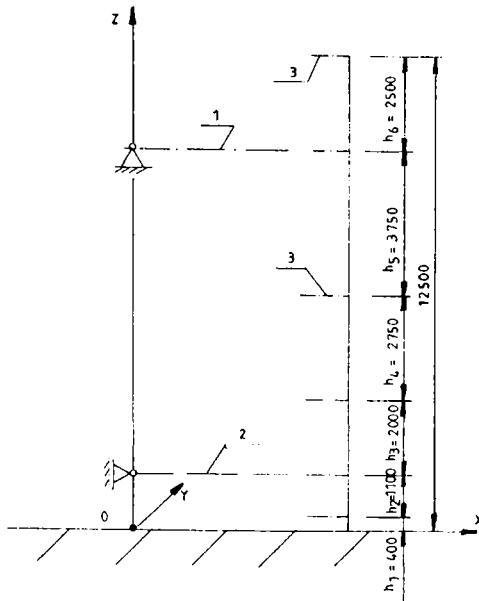


fig. 4.7. Schema secțiunii verticale prin canat în xyz.

- 1 - axul brațului superior.
- 2 - axul brațului inferior .
- 3 - ax grindă orizontală.

Astfel platelajul este rigidizat pe orizontală la cele 6 nivele , cu grinzi orizontale a căror alcătuire a fost prezentată la capitolul 3.2.1. și în secțiunea 2 - 2 (fig.4.6.).

Schematic, secțiunile orizontale prin canat la un nivel oarecare h_i sunt de forma geometrică prezentată în figura 4.6. cu mențiunea următoare:

- între ramurile brațului inferior talpa grinzii orizontale se suprapune peste dreapta $\overline{10,11}$ (fig.4.6.);

- celelalte grinzi orizontale au talpa profilată după cercul C_4 (fig. 4.6.) .

Coordonatele punctelor caracteristice ale geometriei canalului, în sistemul xyz sunt date în tabelul 4.6., pentru un nivel h_i

Coordonatele punctelor caracteristice

Tab 4.6.

Punct	x (mm)	y (mm)	z(mm)
1	3934,21	3934,21	h_i $i=(1,6)$
2	4844,27	2796,84	
3	5645,72	0	
4	4915,56	-2838,0	
5	4016,37	-4016,37	
6	3570,05	3570,05	
7	4113,02	2547,85	
8	5148,71	0	
9	4144,04	-2392,54	
10	3952,04	2281,71	
11	2875,87	-1660,38	
12	3652,21	3652,21	

4.2.1.3. Eforturi unitare în structura de rezistență a canatului porții

La discretizarea structurii de rezistență prezentată în fig. 4.9. au fost utilizate 5203 elemente finite tip shell pentru discretizarea platelajului, a grinzilor orizontale și verticale care rigidizează platelajul și 86 elemente finite de bară, în 3D, pentru brațele și sistemul diagonal (montanți și diagonale) al canatului.

La trasarea eforturilor unitare în structura de rezistență programul Ansys utilizează următoarele abrevieri:

SEQV	efortul unitar echivalent (N/mm^2)
SX	efort unitar după axa X (N/mm^2)
SY	efortul unitar după axa Y (N/mm^2)
SZ	efortul unitar după axa Z (N/mm^2)
SXY, SYZ, SZX	eforturi unitare tangențiale, (N/mm^2)

Planurile semnificative pentru calculul eforturilor unitare în platelaj sunt prezentate în fig. 4.8.

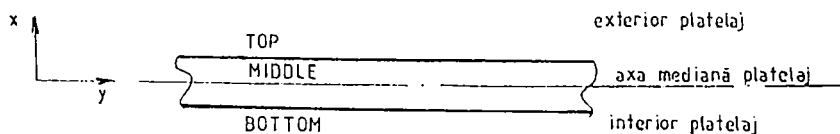
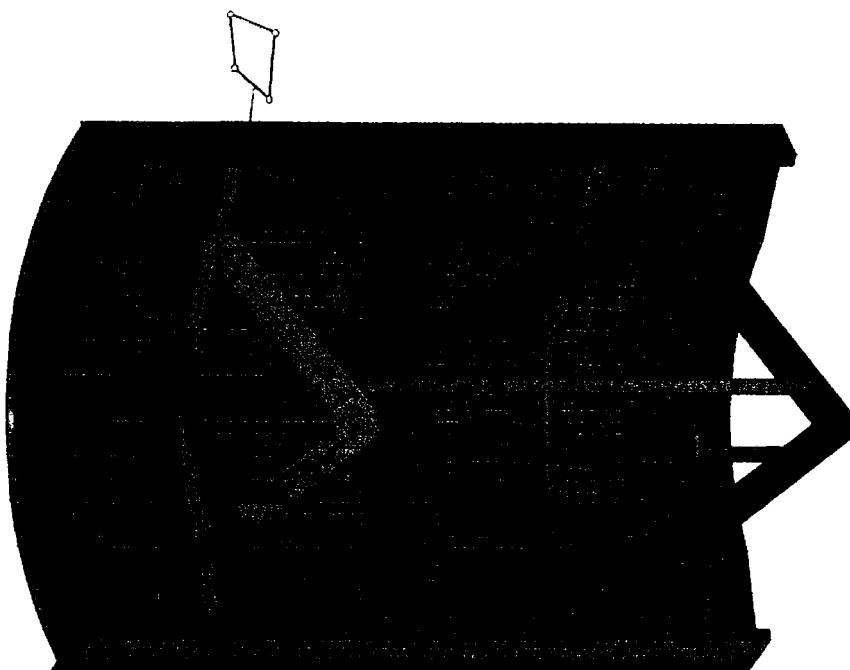


fig. 4.8. Platelaj, planuri definiții.

Fig.4.9.
DISCRETIZAREA STRUCTURII

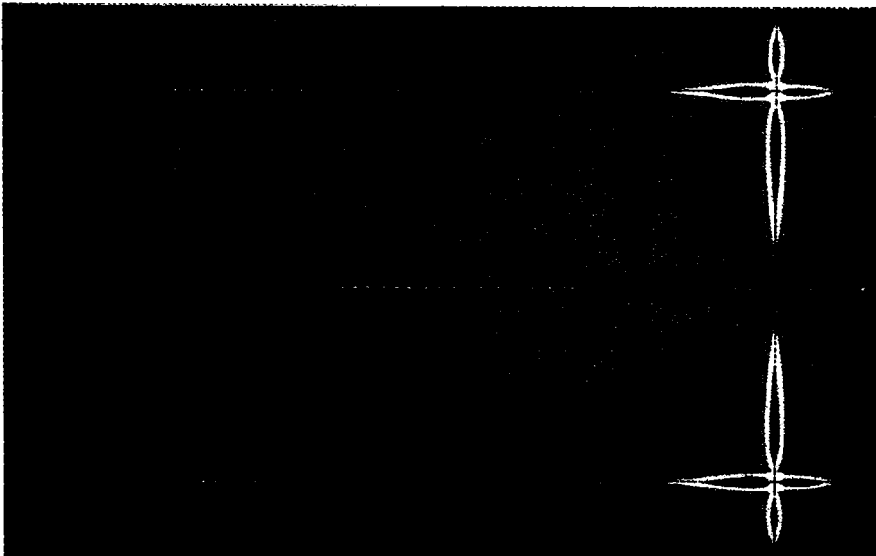


Calculule au fost efectuate pentru întreaga structură de rezistență a canatului; pentru prezenta exemplificare au fost reținute doar eforturile unitare în platelaj, astfel :

- eforturile unitare σ_y , σ_z și τ_{yz} sunt reprezentate în figurile 4.10. ;
- efortul echivalent este exemplificat în fig. 4.11.

SY
TOP
RSYS=1
DMX =8.263
SMN =-46.419
SMX =78.136
-46.419
-32.591
18.742
-4.904
8.934
22.773
36.611
50.45
64.288
78.128

Fig.4.10.a.
EFORTURI UNITARE
 σ_y - PLATELAJ

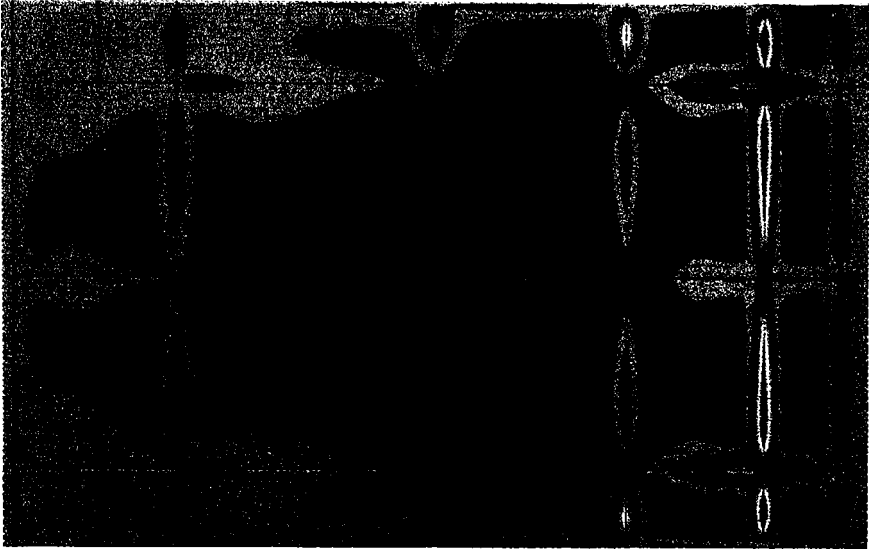


Universitatea
Tehnică
București

57.
COP
RSYS#1
DMX #9.263
SMN #31.395
SMX #104.973
-31.395
-16.243
-1.091
14.061
29.213
44.365
59.517
74.669
89.821
104.973



Fig.4.10.b.
EFORTURI UNITARE
 σ_z - PLATELAJ



SYZ
 TOP
 RSYS=1
 EMX =8.263
 SMY =-21.838
 SMX =33.271
 -21.838
 16.936
 -22.034
 -7.132
 2.231
 2.571
 7.573
 12.475
 17.376
 22.278

Fig.4.10c.

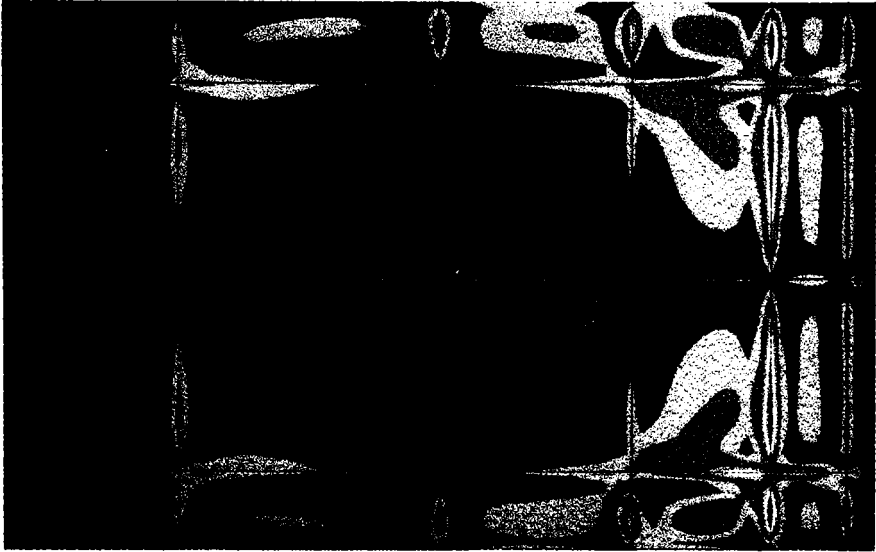
EFORTURI UNITARE
 Gyz - PLATELAJ



8200V
 105°
 SMA 46.261
 SMA 49.4308
 SMA 52.1274
 SMA 54.2308
 SMA 56.638
 SMA 59.942
 SMA 61.047
 SMA 62.251
 SMA 64.456
 SMA 66.56
 SMA 68.865
 SMA 72.069
 SMA 73.274

Fig.4.11.

EFORTURI UNITARE
 (EQV - PLATELAJ)



Analizând starea de eforturi unitare în platelajul porții buscate se observă că :

- efortul unitar normal după axa OY are valoarea maximă:

$$\sigma_y = 781 \text{ daN} / \text{cm}^2 = 60\% \sigma_s;$$

- după axa OZ efortul unitar normal maxim este

$$\sigma_z = 1050 \text{ daN} / \text{cm}^2 \cong 80\% \sigma_s;$$

- efortul tangențial are valoarea maximă

$$\tau_{yz} = 220 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \cong 30\% \tau_s;$$

- efortul unitar echivalent maxim atinge valoarea:

$$\sigma_{\text{eqv}} = 923 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \cong 50\% \sigma_{\text{comp}}.$$

Notă:

Prin tema de proiectare grosimea platelajului a fost impusă la $t = 30 \text{ mm}$ datorită nivelului ridicat de coroziune al mediului marin; pentru ecluze ce deserveșc cursuri interioare grosimea platelajului poate fi redusă la 16 mm .

4.2.2. Poziționarea rațională a elementelor orizontale de rigidizare a platelajului

Un mod judicios de rigidizare a platelajului cu elemente orizontale de rezistență (lonjeroni, grinzi) ar consta în amplasarea acestor elemente în centrele de presiune ale unor suprafețe de presiune egale (S_i , $i = 1, n$), după [6], rezultate prin divizarea diagramei totale a acțiunii hidrostactice în "n" părți egale; în acest mod fiecare element de rezistență este egal încărcat, astfel secțiunea transversală este identică pentru fiecare element orizontal de rezistență iar oțelul structurii este eficient utilizat.

Printr-un calcul manual volumul de muncă este extrem de laborios, în practica proiectării mergându-se pe ideea amplasării elementelor orizontale de rezistență la distanțe cuprinse 200 și 1000 mm, invers proporțional cu mărimea coloanei de calcul.

Valoarea acțiunii hidrostactice, uniform distribuite, se determină pentru un element orizontal de rezistență "i", situat la adâncimea " h_i " de oglinda apei (fig. 4.12.) cu relația :

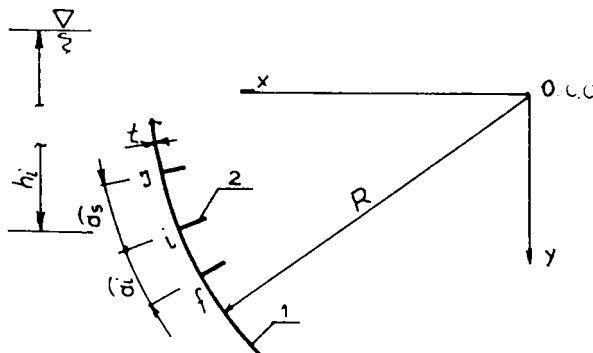


FIG. 4.12. Stavilă segment.
1- platelaj. 2 - lonjeron.

$$q_i = p_i \frac{a^s + a^i}{2} \left\langle \frac{\text{daN}}{\text{cm}} \right\rangle \quad (4 - 13)$$

unde :

- $p_i = \gamma \cdot h_i \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$ este presiunea hidrostatică aferentă înălțimii h_i (m);

- a^s și a^i (m) sunt distanțate măsurate pe linia mediată a suprafeței de retenție de la elementul "i" la elementul "j" și respectiv "f". S-a notat cu "R" raza de curbură a platelajului de grosime "t", cu centrul în punctul "CC".

În acest fel se calculează valorile " q_i " pentru toate elementele de rezistență, pentru dimensionarea secțiunii transversale reținându-se max. q_i situație în care, toate elementele orizontale de rigidizare a platelajului va fi identice ca secțiune, fără a fi uniform încărcate.

Spre a evidenția diferențele între cele două variante de alcătuire se analizează o suprafață de retenție curbă în :

α) Varianta I-a (existentă) cu grosimea platelajului $t_1 = 15$ mm

$$\begin{aligned} R &= 10,700 \text{ m} \\ y_A &= -3,5 \text{ m} \\ \alpha_1 &= -20,23^\circ \\ \alpha_{-1} &= 38,98^\circ \\ n_1 &= 19 \end{aligned}$$

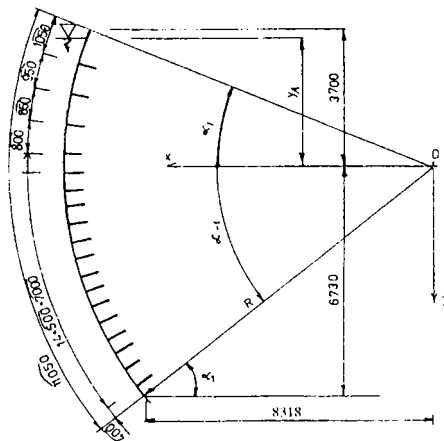


fig. 4.13. Rigidizarea platelajului cu elemente de rezistență orizontale; varianta I - a.

Mărimea y_A reprezintă cota oglinzii apei în raport cu axa OX iar cu n s-a notat numărul suprafețelor de presiune rezultate prin rigidizarea pe orizontală a platelajului .

- în varianta I-a lungimile pe arc sunt prezentate în fig. 4.13.

β) În varianta a II - a (propusă), se notează cu "S_i" ($i = \overline{1, n}$), fig. 4.14. , cele $n = 26$ suprafețe de presiune egale rezultate din împărțirea în 26 de părți egale a diagramei acțiunii hidrostactice; grosimea platelajului se reduce la $t = 12$ mm.

- în varianta a II-a lungimile pe arc sunt diferite rezultând din condiția ca suprafețele de presiune să fie de mărime egală; în varianta a II-a "n" s-a mărit la 26 estimându-se prin acesta și o îmbunătățire a stării de eforturi unitare în platelaj.

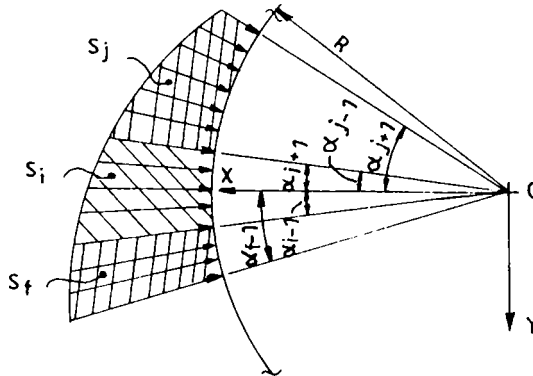


fig. 4.14. Definierea suprafețelor de presiune.

Suprafețele S_i sunt delimitate de unghiurile notate cu :

- α_{i-1} care reprezintă unghiul cu axa ox al limitei superioare a suprafeței S_i;
- α_{i+1} care reprezintă unghiul cu axa ox al limitei inferioare (spre radier) a suprafeței S_i.

Datele de intrare ale programului de calcul automat pentru varianta a II-a sunt:

$$R = 10,700 \text{ m};$$

$$y_A = - 3,5 \text{ m (identic ca în varianta I-a)};$$

$$\alpha_{i-1} = -20,23^\circ \text{ (limita superioară a platelajului, în grade, în xoy)};$$

$$\alpha_{i+1} = 38,98^\circ \text{ (limita inferioară a platelajului în grade în xoy)}.$$

Prin iterație, cu datele de intrare programul determină acțiunile rezultante "P_i"(kN/m) de mărime egală, corespunzătoare suprafețelor "S_i"; acțiunile "P_i" sunt poziționate în centrele de presiune (ale suprafețelor S_i) definite de unghiurile α_i (fig. 4.15.) care , definesc și poziția elementelor horizontale de rezistență ale platelajului.

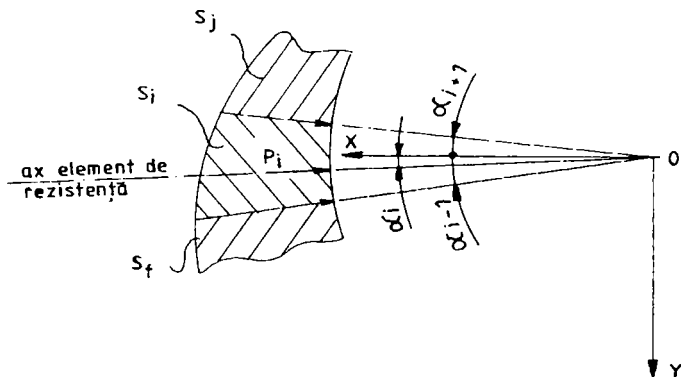


fig. 4.15. Poziționarea elementelor de rezistență orizontale.

Datele de ieșire sunt:

P_i ($i = 1, n$), acțiunile hidrostatice de mărime egală ;

α_i ($i = 1, n$), unghiul acțiunii P_i în raport cu axa OX;

α_{i+1} , unghiul limitei superioare a suprafeței S_i în raport cu axa OX;

α_{i-1} , unghiul limitei inferioare (spre radier) a suprafeței S_i în raport cu OX și sunt trecute în tabelul 4.7.

Date de ieșire

Tabelul 4.7.

Nr. crt.	P_i (kN/m)	α_i (grade)	α_{i+1} (grade)	α_{i-1} (grade)	Nr. crt.	P_i (kN/m)	α_i (grade)	α_{i+1} (grade)	α_{i-1} (grade)
1	22,017	11,49	-20,23	-7,69	14	20,04	22,86	22,07	23,64
2	22,034	-5,19	-7,69	-2,95	15	22,04	24,4	23,64	25,15
3	22,037	-1,08	-2,95	0,67	16	20,04	25,89	25,15	26,62
4	22,038	2,23	0,67	3,73	17	22,04	27,34	26,62	28,05
5	22,038	5,1	3,73	6,42	18	20,04	28,75	28,05	29,44
6	22,039	7,65	6,42	8,85	19	22,04	30,12	29,44	30,79
7	22,039	9,98	8,85	11,08	20	20,04	31,45	30,79	32,11
8	22,039	12,14	11,08	13,17	21	22,04	32,76	32,11	33,41
9	22,039	14,16	13,7	15,13	22	20,04	34,04	33,41	34,67
10	22,039	16,06	15,13	16,98	23	22,04	35,29	34,67	35,91
11	22,039	17,88	16,98	18,75	24	20,04	36,52	35,91	37,13
12	22,04	19,6	18,75	20,44	25	22,04	37,73	37,13	38,32
13	22,04	21,26	20,44	22,07	26	22,04	38,91	38,32	38,98

Acțiunea "Pi" constituie o încărcare uniform distribuită pe elementul orizontal de rezistență care, static reprezintă o grindă continuă (cu zece deschideri egale) rezemată pe elementele verticale (antretoaze) de rezistență.

În tabelul 4.8. sunt prezentate valorile maxime (în câmp și pe reazem) ale momentelor încovoietoare, din acțiunile "Pi", în varianta existentă și în varianta propusă, precum și eforturile unitare corespunzătoare.

Eforturi unitare în elementele horizontale de rezistență

Tabelul 4.8.

Varianta	$M_{c\grave{a}mp}$ kNm	M_{reaz} kNm	$C_{\grave{a}mp}$		R_{reazem}		$C_{\grave{a}mp}$		R_{reazem}	
			W_1 (cm ³)	W_2 (cm ³)	W_1 (cm ³)	W_2 (cm ³)	σ_1 (daN/cm ²)	σ_2 (daN/cm ²)	σ_1 (daN/cm ²)	σ_2 (daN/cm ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I - a	7,35	-10,2	-515	140	-370	135	-143	525	276	-756
a II - a	3,11	-4,55	-184	48	-137	46	-169	648	332	-989
a II*-a	3,11	-4,55	-184	48	-348	110	-169	648	130	-414

Varianta a II*-a se deosebește de varianta a II - a prin introducerea unor rigidizări locale (gusee) în dreptul reazemelor conform fig. 4.16.

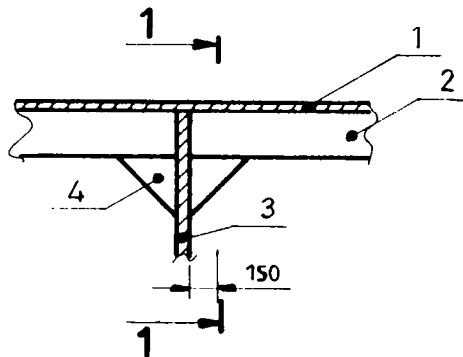


fig. 4.16. Rigidizare în reazem .

1 - platelaj, 2 - element orizontal de rezistență, 3 - antretoază, 4 - guseu.

În varianta existentă dimensiunile secțiunii transversale luate în calcul pentru determinarea modulelor de rezistență sunt conform fig. 4.17.

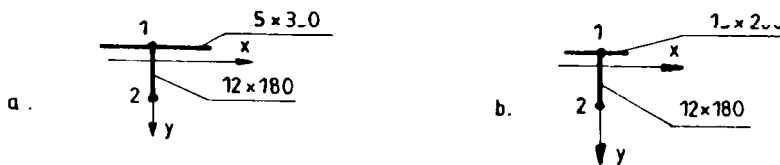


fig. 4.17. Secțiuni transversale .

a - câmp. b - reazem .

În varianta a II - a (propusă) secțiunile transversale au dimensiunile definite în fig. 4.18.

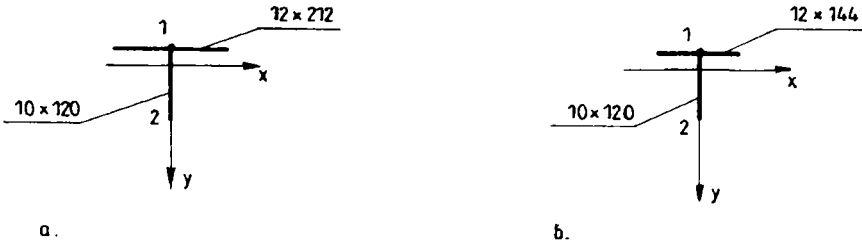


fig. 4.18. Secțiuni transversale .
a - câmp. b - reazem .

Secțiunea transversală în varianta a II*-a (fig. 4.19), pentru zona de reazem (v.1-1 fig. 4.16) este dimensionată pentru a prelua momentul încovoietor în reazem .

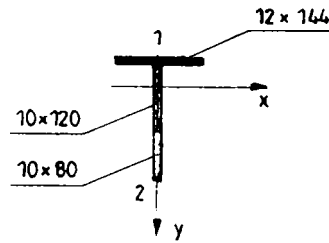


fig. 4.19. Secțiune transversală în reazem.

Eforturile unitare normale în panoul de platelaj situat la nivelul riglei cadrului (fig. 4.20.) , în varianta existentă și în varianta propusă sunt determinate cu formula :

$$\sigma = kp \frac{a^2}{100t^2} \quad (4-14)$$

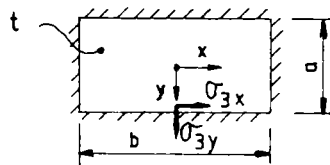


fig. 4.20. Panou de platelaj.

unde :

a este lățimea panoului (cm);

p este presiunea hidrostatică în centrul panoului (daN/cm²) ;

t este grosimea tablei panoului (cm);

k este un coeficient funcție de raportul $\frac{a}{b}$, b fiind lungimea panoului conform fig. 4.20. și sunt prezentate în tabelul 4.9.

Eforturi unitare în platelaj

Tab. 4.9.

Varianta	a (cm)	b (cm)	a/b	t (cm)	k	p (daN/cm ²)	σ_{3y} (daN/cm ²)	$\sigma_{3x} = 0,3\sigma_{3y}$ (daN/cm ²)	Săgeata f (mm)
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I - a	50	140	2,8	1,5	50	0,682	382	± 115	$6,5 \cdot 10^{-4}$
a II-a	31,8	140	4,5	1,2	50	0,682	241	± 72	0,01

Săgeata platelajului a fost calculată cu relația (4-14') notațiile fiind cunoscute :

$$f_{st} = \frac{p}{3,54} \frac{b^3}{a^3 + b^3} \frac{a^4}{t^3} \cdot 10^{-8} \leq f_a = \frac{a}{200} \quad (4 - 14')$$

Eforturile unitare în rigla cadrului, la nivelul platelajului, calculate în secțiunile 1 - 1 și 2 - 2, figura 4.21. , sunt prezentate centralizat în tabelul 4.10. în cele două variante.

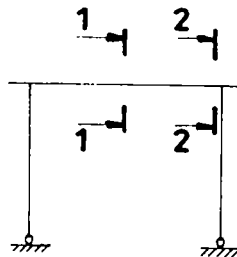


fig. 4.21. Schema statică a cadrului stavilei; secțiuni de calcul

Eforturi σ_x în rigla cadrului

Tab. 4.10.

Varianta	Mx daNcm	N daN	Wx (cm ³)	A (cm ²)	σ_x^M (daN/cm ²)	σ_x^N (daN/cm ²)	$\sigma_x = \sigma_x^M + \sigma_x^N$ (daN/cm ²)
I-a (1-1)	$1195 \cdot 10^5$	$15 \cdot 10^3$	- 164679	2034	- 726	-7	- 733
a II-a (1-1)	$1195 \cdot 10^5$	$15 \cdot 10^3$	- 172729	1894	- 692	-8	- 700
I-a (2-2)	$-175 \cdot 10^5$	$15 \cdot 10^3$	-164679	2034	+ 106	-7	99
a II-a (2-2)	$-175 \cdot 10^5$	$15 \cdot 10^3$	- 172729	1894	+ 101	-8	93

Dimensiunile secțiunii transversale ale riglei cadrului și ale lonjeronilor, utilizate în calculul caracteristicilor geometrice sunt cele din fig. 4.22. și tab. 4.11. Se observă că majorarea razei de curbură a platelajului aval, conform recomandărilor [7] are efecte favorabile asupra modulului de rezistență (în varianta existentă raza de curbură a platelajului aval este de 3,2 m).

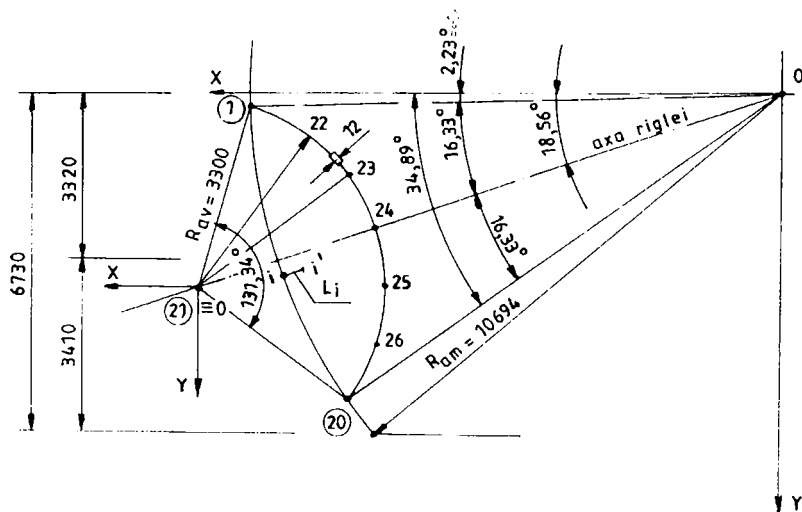


fig. 4.22. Secțiunea transversală a riglei cadrului.

Coordonatele punctelor

Tab. 4.11.

Nr. pct	R_i (mm)	α_i (grade)	Nr. lonj.	R_i' (mm)
1		2,23	-	-
2		5,1	2'	
3	10694	7,65	3'	10568
4		9,98	4'	
5		12,14	5'	
6		14,16	6'	
7		16,06	7'	
8	10694	17,88	8'	10568
9		19,6	9'	
10		21,26	10'	
11		22,86	11'	
12	10694	24,4	12'	
13		25,9	13'	10568
14		27,34	14'	
15		28,75	15'	
16		30,12	16	
17		31,45	17	
18	10694	32,76	18	10568
19		34,04	19	
20		34,89	-	-
21	11621	18,56	-	-
22	3300	245,67	-	-
23	3300	223,78	-	-
24	3300	201,89	-	-
25	3300	180,0	-	-
26	3300	158,11	-	-

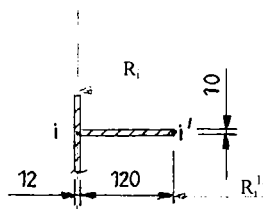


fig. 4.22a. Lonjeron " L_i "; secțiune transversală.

$$i = \overline{2,19}$$

$$i' = \overline{2,19}$$

Starea de eforturi unitare la nivelul frontului de retenție exprimat comparativ, în cele două variante, este prezentată în tabelul 4.12. pentru secțiunea de mijloc a riglei cadrului (fig. 4.23).

Eforturi unitare σ_x (daN/cm²)

Tab 4.12

Varianta	σ_x^{rigla}	$\sigma_x^{\text{lonjeron}}$	σ_x^{placaj}	σ_x^{total}	σ_a
I - a	- 733	- 143	- 115	- 991	1400
a II - a	- 700	- 169	- 72	- 941	

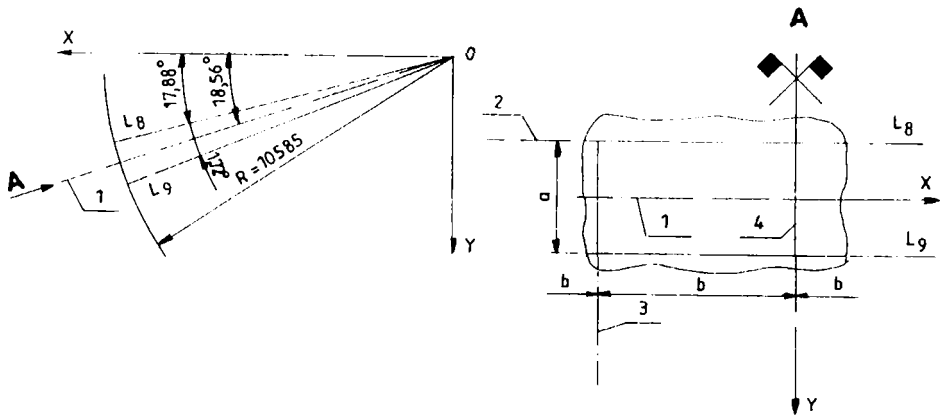


fig. 4.23. Panou central de platelaj

1 - axa riglei. 2 - axa lonjeronului. 3 - axa antretoazei. 4 - axa stavelei.

Prin amplasarea elementelor orizontale de rigidizare ale platelajului în centre de egală presiune se observă că:

1. Secțiunea transversală a lonjeronului poate fi micșorată, acțiunile fiind identice (pentru toți lonjeronii) dar de valoare mai mică ca în varianta existentă.
2. Prin creșterea numărului lonjeronilor grosimea tablei platelajului poate fi micșorată (de la 15 mm la 12 mm) fără ca efortul unitar în placă să crească semnificativ.
3. Prin majorarea razei platelajului aval caracteristicile geometrice ale secțiunii riglei cadrului pot fi îmbunătățite.

Sub aspectul greutateii, diferențele între cele două variante sunt redată în tab. 4.13., pentru o deschidere a orificiului obturat de 16 m.

Greutatea elementelor structurale

Tab. 4.13.

Varianta	Platelaj (daN)	Lonjeroni (daN)	Tablă aval (daN)	Total (daN)	$\Delta(I-II)$ %
I - a	20818	4273	12957	38048	20,3%
a II - a	16655	3297	10375	30327	

Principal , se observă că o alcătuire rațională a elementelor de rezistență și o poziționare corectă a acestora în structură are efecte semnificative asupra greutateii evidențiindu-se o scădere de 20,3% comparativ cu soluția existentă.

Este recomandabil ca grosimea elementelor de rezistență să nu scadă sub 10 mm (precizare și a /8/), avându-se în vedere efectul coroziunii și agresivitatea apei , variabilă în timp, asupra structurii metalice a stăvilei .

4.2.3. Determinarea prin calcul automat, a acțiunilor stăvilei asupra infrastructurii de beton

Un aspect important al proiectării C.M.H. de retenție îl constituie modul de stabilire corectă al valorilor acțiunilor pe care , structura metalică de rezistență le transmite infrastructurii de beton.

Spre deosebire de alte tipuri de construcții, în general cu caracter fix, C.M.H. de retenție trebuie să răspundă cerințelor pentru care au fost proiectate , în diferite poziții ale unei cinemateci prestabilite prin tema de proiectare; în aceste condiții, urmare a mișcării în jurul articulațiilor , acțiunile care solicită C.M.H. de retenție își modifică în timp mărimea, direcția și sensul (ex. C.M.H. supuse acțiunii hidrostatice cu sens alternat, amonte-aval) și astfel acțiunile transmise infrastructurii de beton variază în timp. Determinarea valorii acestor acțiuni, printr-un calcul manual este foarte laborioasă chiar și pentru câteva poziții ale stăvilei în mișcare. În continuare se prezintă valorile acțiunilor (reacțiunilor) transmise structurii de beton de stăvila segment 1x2,1/65 descrisă anterior în capitalul 3. (punct 3.2.2.), determinate cu un program de calcul automat.

Stăvila, acționată central de un servomotor, obturează un orificiu situat la 65 m sub oglinda lacului. Pentru închiderea în curent stăvila a fost lestată (48kN greutatea lestului), greutatea structurii metalice fiind de 20kN.

Geometria structurii și acțiunile luate în calcul sunt prezentate în figura 4.24.

Notațiile folosite au următoarele semnificații:

W este rezultata acțiunii hidrostatice pentru 65 m.col. H_2O (kN);

G_s este greutatea părții mobile a stăvilei - kN;

G_l este greutatea lestului (kN);

F_a este forța de acționare a servomotorului (kN);

b_{GS} este brațul greutateii stăvilei , în m, în raport cu centrul de rotație C.R. ;

b_{GL} este brațul greutateii lestului, m , în raport cu C.R. ;

b_{Fa} este brațul forței de acționare, în m, în raport cu C.R.;

β_i este unghiul (grade) al axei brațului stăvilei cu direcția orizontală ($i = \overline{1,8}$);

ψ_i este unghiul (grade) al forței de acționare cu direcția orizontală($i = \overline{1,8}$);

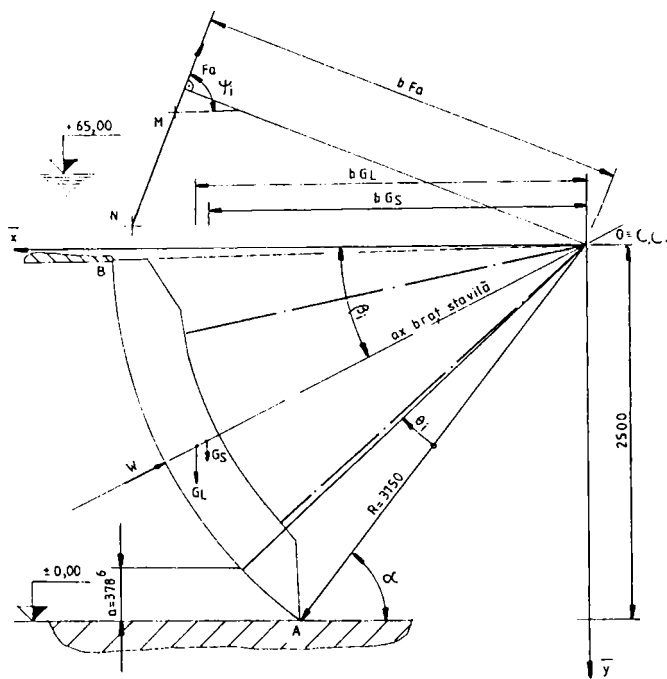


fig. 4.24. Schema geometrică a staviței.

M reprezintă punctul fix al acțiunii;

N reprezintă punctul mobil al acțiunii;

A reprezintă punctul teoretic al rezemării staviței pe pragul inferior;

B reprezintă punctul teoretic al etanșării la pragul superior al staviței ;

α reprezintă unghiul teoretic între segmentul OA și direcția orizontală;

Calculul acțiunilor (reacțiilor) în articulația staviței se face pentru 8 poziții ale staviței, pornind de la situația staviței pe radier $\alpha = 52,528^\circ$. Fiecare poziție a staviței este definită prin unghiul θ_i (fig. 4.24. , $i = 1,8$) care se măsoară în sens orar, în sensul descreșterii unghiului α . Prima poziție , stavița pe radier, este definită de unghiul $\theta = 0^\circ$.

Pentru celelalte poziții ale staviței , aceasta deschide orificiul în trepte de mărime egală, a căror valoare, proiectată pe verticală este de 378.6 mm; până la deschiderea completă stavița parcurge astfel șapte "pași " de valoare egală "a " fig. 4.24.

Valorile acțiunilor în articulația staviței se determină din ecuațiile de echilibru ale structurii în care intră toate mărimile (acțiunii și reacțiuni) ce apar pe construcția metalică. Prin alcătuirea staviței , acțiunea hidrostatică (W) este convergentă în centrul de rotație (C.R.) identic cu centrul de curbură (CC) al platelajului.

Componentele acțiunilor P_x, P_y și P_z în articulație sunt raportate la un sistem de axe xyz , cu originea în centrul de rotație (C.R.) , definit de unghiul β_i (fig. 4.25), $i = 1,8$, pentru pozițiile menționate .

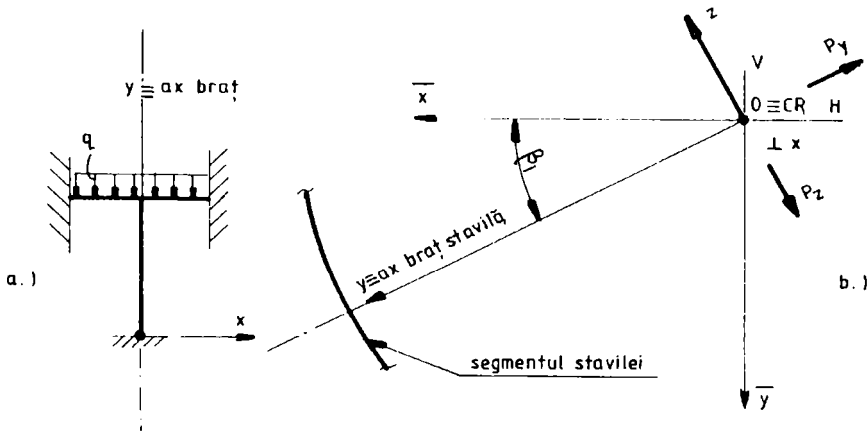


fig. 4.25

- a. Schema statică și schema de încărcare a stavilei; q este acțiunea hidrostatică distribuită uniform.
 b. xyz - sistemul de axe pentru reprezentarea acțiunilor în articulație.

În poziția stavilă pe radier valoarea unghiului β_i definit de axa brațului stavilei cu direcția orizontală este $\beta_i = 26,6^\circ$.

Datorită simetriei schemei statice și a schemei de încărcare împingerea laterală în articulate (P_x) și momentul încovoietor M_y sunt nule.

În tabelul 4.14 sunt prezentate valorile acțiunilor P_y și P_z pentru cele 8 poziții ale stavilei, precum și acțiunea rezultantă P .

Componentele acțiunilor în articulația stavilei

Tab. 4.14.

i	1	2	3	4	5	6	7	8
θ_i (grade)	0	10,194	18,938	26,867	34,296	41,42	48,372	55,263
P_{y_i} (kN)	1764	1428	1128	850	592	348	118	102
P_{z_i} kN	8	118	178	194	174	126	54	44
P_i kN	1764	1433	1142	872	617	370	130	111
β_i (grade)	26,6	16,406	7,662	-0,267	-7,696	-14,82	-21,772	-28,663
γ_i (grade)	0,26	4,72	8,97	12,86	16,38	19,9	24,59	23,33

Programul determină și acțiunea pe radier (pragul inferior) a stavilei pentru situația stavilă neacționată de servomotor; în acest caz acțiunea pe radier (dirijată gravimetric), are valoarea de 95,55 kN, cele două componente ale acțiunii în articulație fiind $P_y = 1758\text{kN}$ și

$P_z = 34$ kN, care dau o acțiune rezultantă $P = 1758$ kN; se observă că acțiunea rezultantă în poziția stavilă pe radier este mai mică decât acțiunea rezultantă (1764 kN - tab. 4.14.) care apare în articulație în momentul desprinderii stavilei de pe radier.

Pentru cele 8 poziții ale stavilei în mișcare definite de unghiurile θ_i (fig. 4.26b), în fig. 4.26.a este prezentată mărimea rezultantei acțiunilor (P) în articulația stavilei; cu linie întreruptă este prezentată o mediatizare a valorilor P care au o variație liniară descrescătoare pe măsura ridicării stavilei.

O analiză a valorilor acțiunilor P_y și P_z (tab. 4.14.) arată că momentul desprinderii stavilei de pe radier și pozițiile adiacente (primele trepte de deschidere) conduc la cele mai mari valori ale acțiunii structurii asupra infrastructurii de beton.

Cunoscând valoarea acțiunii totale (P) a stavilei asupra infrastructurii de beton și cunoscând unghiurile β_i (pe care brațul stavilei îl face cu orizontala în cele 8 poziții de ridicare) poate fi stabilit riguros modul de poziționare și dimensionare al armăturilor din beton în vederea bunei funcționări a construcției metalice hidrotehnice.

Pentru o anumită poziție (i) a stavilei, definită prin unghiul brațului β_i cu orizontala (fig. 4.27.) cu relația (4.15), se determină unghiul γ_i (tab 4.14.) al rezultantei acțiunilor (P), cu axa O_y .

$$\gamma_i = \arctg \frac{P_z}{P_y} \quad (4 - 15)$$

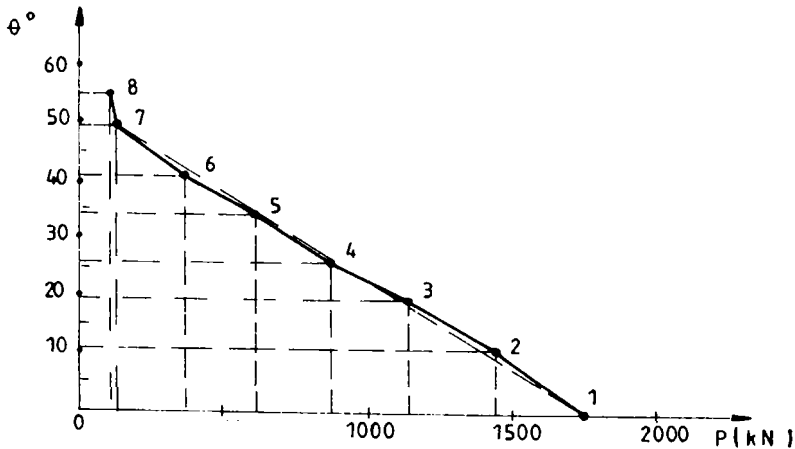


fig. 4.26a. Mărimea rezultantei acțiunilor (P) în articulație pentru deschideri succesive.

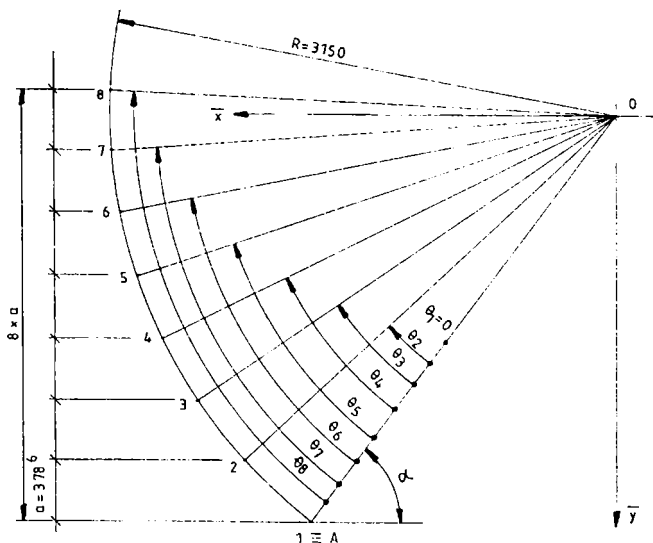


fig. 4.26b Unghiurile θ , pentru treptele "a", ale deschiderii pe verticală a stavilei.

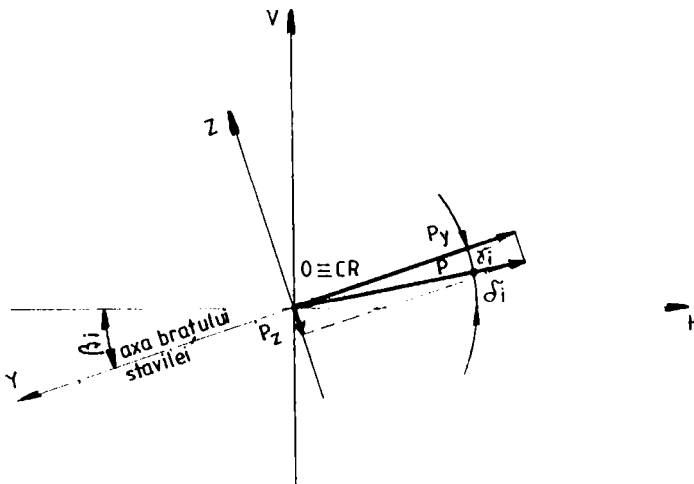


fig. 4.27. Unghiul brațului stavilei (β) cu axa "OH".

Pentru montajul armăturilor în beton este utilă raportarea direcției acțiunii rezultante (P) la un sistem de axe orizontal-vertical (H.O.V), ușor de materializat pe șantier.

În fig. 4.28 sunt reprezentate direcțiile și mărimea acțiunii P_i în cele 8 poziții ale stavilei, în sistemul H.O.V.

Matematic vârfurile vectorilor P_i ($i=\overline{1,8}$) se înscriu cu bună aproximație pe o curbă de forma:

$$y = 0,502x^3 - 0,219x^2 - 0,378x - 0,058. \quad (4 - 15a)$$

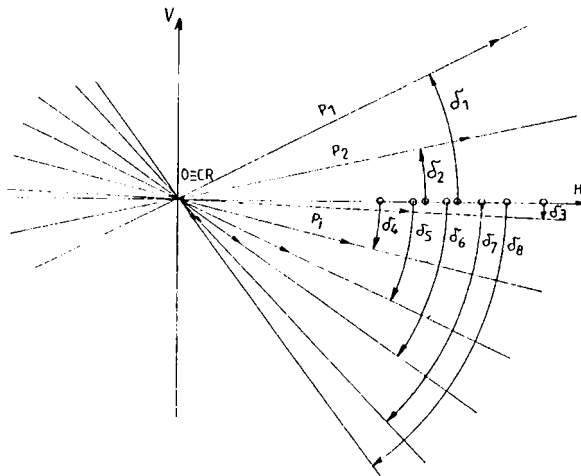


fig. 4.28. Mărimea acțiunilor "P" pentru pozițiile stăvilii în mișcare.

Dirjecțiile acțiunii rezultante (P) au fost exprimate funcție de unghiul δ_i (fig. 4.27) și trecute în tabelul 4.15.

Unghiul acțiunii P cu orizontala

Tab 4.15

i	1	2	3	4	5	6	7	8
δ_i	26,34	11,686	-1,308	-13,127	-24,076	-34,02	-46,362	-51,993

Astfel pentru pozițiile extreme (stăvilă în momentul desprinderii de pe radier și stăvilă complet deschisă) și pentru pozițiile intermediare se cunosc valorile acțiunii (mărimă, direcție și sens) și evident, valorile reacțiunilor egale și de sens contrar, prin aceasta fiind posibilă o dimensionare și o armare corespunzătoare a infrastructurii de beton care, în mod curent se calculează acoperitor la valoarea maximă a acțiunii stăvilii.

4.2.4. Dimensionarea tijei servomotoarelor orizontale printr-un calcul de rezistență de ordinul II

Construcțiile metalice hidrotehnice de retenție moderne au în componența lor instalații de acționare de tip servomotor hidraulic care, necesită un grad mare de precizie la uzinare și care presupune folosirea unor materiale superioare calitativ, acestea conducând la prețuri de cost ridicate.

Pentru structuri metalice de retenție cu deschidere mare (ex. porțile buscate ale ecluzelor navigabile), lungimea tijei servomotorului este semnificativă iar la dimensionarea ei trebuie avută în vedere pierderea stabilității prin flambaj.

Dimensionarea tijei servomotorului orizontal se face curent într-un mod simplificat (după Tatmayer), în cele ce urmează, printr-un calcul de ordinul II, se va prezenta modul de dimensionare al tijei servomotorului ținând seama de deformația barei (din greutatea proprie, din imperfecțiuni geometrice) cât și de flambajul spațial care, este semnificativ pentru lungimi mari ale tijei și forțe axiale importante.

Principial, servomotorul alcătuit dintr-o tijă articulată la o extremitate pe canatul porții buscate iar la cealaltă parte prevăzută cu un piston care execută o mișcare de translație în cilindrul servomotorului sub acțiunea presiunii uleiului, este prezentat schematic în fig. 4.29; cilindrul servomotorului este susținut de un ax cardanic și de un reazem elastic (roată) deplasabil pe suprafața unei piese metalice înglobate în infrastructura de beton.

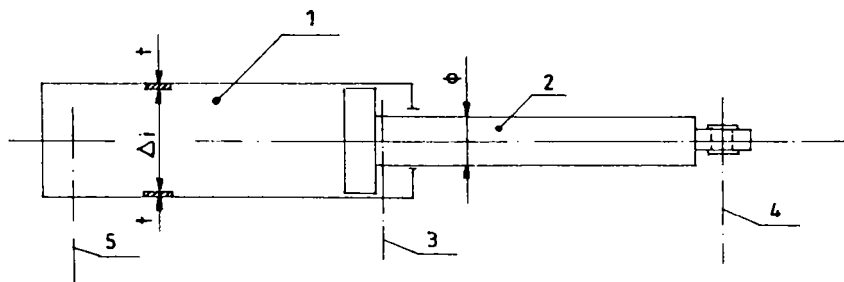


fig. 4.29. Alcătuirea servomotorului.

1 - cilindru. 2 - tijă. 3 - axa cardanic. 4 - axa bolț articulație canat. 5 - ax reazem mobil.

Ca schemă statică servomotorul este o grindă cu două deschideri (fig. 4.30.) supusă unor acțiuni uniforme distribuite q_1 și q_2 , a căror componență este următoarea :

- q_1 cuprinde greutatea cilindrului complet echipat, greutatea uleiului hidraulic, greutatea mecanismului de comandă și greutatea pistonului;
- q_2 reprezintă greutatea tijei servomotorului.

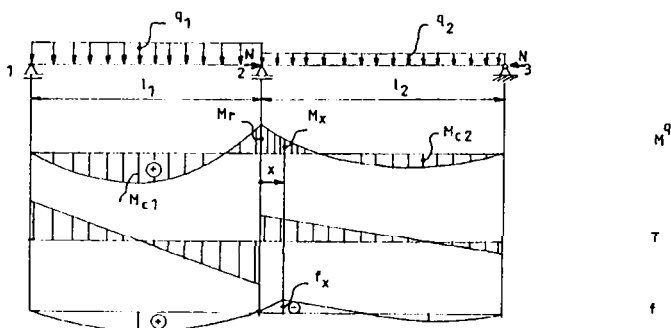


fig 4.30. Schema statică și de încărcare a servomotorului .
 M^q, T diagrama de moment încovoietor și forță tăietoare;
 f , deformata liniei mediane a servomotorului.

Urmare a presiunii generate de ulei tija servomotorului este supusă, suplimentar efortului axial N , fig. 4.30.

Datorită greutateii proprii (q_2) tija servomotorului se deformează; notând cu f valoarea deformatei, sub acțiunea forței axiale N , tija servomotorului este supusă unui moment încovoietor (M^N) de valoare:

$$M^N = f N \quad (4 - 16)$$

care, se suprapune peste momentul încovoietor (M^q) produs de acțiunile q_i ($i=1,2$) și astfel momentul total este:

$$M = M^N + M^q = fN + M^q. \quad (4 - 17)$$

Verificarea stabilității tije servomotorului sub acțiunea eforturilor (M și N) se face cu relația :

$$\sigma_{cf} = \frac{N}{\varphi A} + \frac{CM}{\varphi_g \left(1 - \frac{N}{A\sigma_E} \right) W} \leq \sigma_s \quad (4 - 18)$$

unde :

φ este coeficientul de flambaj al tije corespunzător zvelteței $\lambda = \frac{l_f}{i}$;

c este un coeficient funcție de variația momentului încovoietor pe bară; pentru schema statică adaptată, după /6/, are valoarea 1;

φ_g este un coeficient de flambaj funcție de λ transformat (λ_u); pentru secțiuni dublu simetrice $\varphi_g = 1$;

A este aria secțiunii transversale a tije cu diametrul \varnothing ;

σ_E este efortul unitar Euler al barei ideale ($\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$);

W este modulul de rezistență al tije servomotorului cu diametrul \varnothing .

Metoda de calcul prezentată permite o apropiere a efortului unitar efectiv de valoarea rezistenței admisibile a materialului, exemplificarea făcându-se pentru un servomotor care echepează o poartă buscată cu deschiderea de 34 m.

În continuare printr-o aplicație numerică, se particularizează următoarele valori pentru:

$$\begin{aligned} N &= 2000 \text{ kN} & f_x &= 3 \cdot 10^{-3} \text{ cm (la } x = 1140 \text{ mm fig 4.30)} \\ \varnothing &= 260 \text{ mm} & M^N &= 3 \cdot 10^{-3} \cdot 200000 = 600 \text{ daN cm} \\ l_1 = l_2 &= 6000 \text{ mm} & M^q &= 17,7 \cdot 10^4 \text{ daN cm la } x=1140 \text{ mm (fig 4.30.)} \\ q_1 &= 15,4 \text{ daN/cm} & M^N + M^q &= 17,76 \cdot 10^4 \text{ daNcm} \\ q_2 &= 5,3 \text{ daN/cm} & M_r &= 42,3 \cdot 10^4 \text{ daNcm (fig. 4.30)} \end{aligned}$$

Efortul unitar în tija servomotorului se determină în secțiunea transversală a tijeii situată în dreapta reazemului, $x = 1140$ mm. Corespunzător lungimii de flambaj a tijeii ($l_f = 600$ cm), coeficientul de flambaj are valoarea $\varphi = 0,416$, aria tijeii fiind $A = 531 \text{ cm}^2$ și $W = 1726 \text{ cm}^3$ pentru diametrul tijeii $\varnothing = 26$ cm.

$$\text{Pentru zvelteața barei } \lambda = 93 \text{ efortul unitar Euler este: } \sigma_E = 2396 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}.$$

Cu aceste valori, relația 4 - 18 devine:

$$\sigma_{ef} = \frac{2 \cdot 10^5}{0,416 \cdot 531} + \frac{1 \cdot 17,76 \cdot 10^4}{\left(1 - \frac{2 \cdot 10^5}{531 \cdot 2396}\right) 1726} = 905 + 122 = 1027 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

La nivelul reazemului cardanic efortul unitar în tija servomotorului este:

$$\sigma = \frac{2 \cdot 10^5}{531} + \frac{42,3 \cdot 10^4}{1726} = 377 + 245 = 622 \text{ daN / cm}^2$$

Tija servomotorului fiind executată din oțel marca 34 MoC Ni 16, cu limita de curgere $\sigma_c = 5900 \text{ daN/cm}^2$ și utilizând un coeficient de siguranță $c = 2,5$, rezistența admisibilă a materialului este:

$$\sigma_s = \frac{\sigma_c}{c} = \frac{5900}{2,5} = 2360 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \quad (4 - 19)$$

Comparând efortul unitar $\sigma_{ef} = 1027 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \cong 0,44\% \sigma_s$.

Recentele reglementări ale /8/ admit ca imperfecțiuni geometrice ale tijeii servomotorului valoarea:

$$f_s = \frac{L}{300} \quad (4 - 20)$$

unde: $L = l_2 = 600$ cm și astfel,

$$f_s = \frac{600}{300} = 2 \text{ cm}$$

Admițând că deformația din greutatea proprie a tijei este egală cu valoarea admisă de $/8/$, $f_s = 2$ cm, cu relația 4 - 16 se scrie:

$$M^N = 2 \cdot 2 \cdot 10^5 = 4 \cdot 10^5 \text{ daN cm}$$

care, adăugându-se la $M^G = 17,7 \cdot 10^4$ daNcm dau momentul încovoietor total $M = 577000$ daNcm

Revenind în relația 4 - 18 efortul unitar efectiv este:

$$\sigma = \frac{2 \cdot 10^5}{0,416 \cdot 531} + \frac{57,7 \cdot 10^4}{\left(1 - \frac{2 \cdot 10^5}{531 \cdot 2396}\right) 1726} = 905 + 397 = 1302 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Se observă că în această situație efortul unitar :

$$\sigma_{\text{ef}} = 1302 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} = 55\% \sigma_s .$$

Utilizarea judicioasă a materialului, prin apropierea efortului σ_{ef} de rezistența admisibilă a oțelului se poate realiza prin:

- micșorarea diametrului tijei ;
- executarea tijei cu o secțiune tubulară când, se va verifica și stabilitatea locală a pereților cu relația:

$$\frac{\varnothing}{t} \leq 70 \frac{2400}{\sigma_c} \quad (4 - 21)$$

unde, cu t s-a notat grosimea peretelui tijei .

Prin efectuarea calculului de ordinul II, se mărește zveltețea elementului în condiții de stabilitate, cu utilizarea întregii capacități portante a barei.

4.2.5. Determinarea prin calcul automat a vitezei de curgere a apei de-a lungul feței amonte a platelajului

În capitolul doi al lucrării s-a prezentat, formula de calcul a acțiunii hidrodinamice, formulă în a cărei componentă intră viteza v , de curgere a apei de-a lungul feței amonte a platelajului, în momentul desprinderii stavilei de pe radier.

Utilizând un program de calcul cu elemente finite se determină vitezele apei în nodurile rezultate prin discretizarea domeniului folosind elemente plane cuadrice conform fig. 4.31.; la partea inferioară și superioară domeniul este mărginit de infrastructura de beton (orificiul obturat de stavilă); partea dreaptă a domeniului îl reprezintă platelajul stavilei. Orificiul obturat, de

înălțime h , este echipat cu o stavilă segment de adâncime situată la cota "H" (mH₂O) sub oglinda lacului de acumulare.

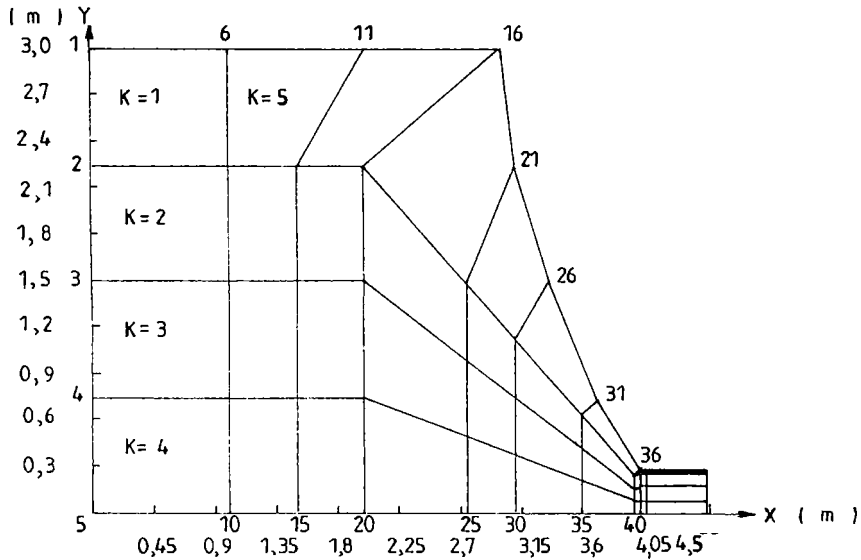


fig. 4.31. Noduri și elementele domeniului.

Ca funcționalitate, stavila servește la deversarea debitelor catastrofale (în cazuri rare, uzual, prin funcționarea turbinelor se menține un nivel mediu al apei în lac) și la evacuarea aluviunilor, operație care, are o frecvență mai mare.

Datele de intrare sunt înălțimea "H" (m.H₂O) a apei în lacul de acumulare și coordonatele în plan (x,y) ale nodurilor "n" rezultate prin împărțirea domeniului în "k" elementare; datele de ieșire sunt vitezele apei determinate în nodurile n_i , viteze ce pot fi calculate pentru diferite deschideri ale orificiului obturat.

Programul determină componentele vitezei (V_{xi} și V_{yi}) în fiecare nod n_i , precum și viteza rezultată (V_i) în nodul "i" Unghiul pe care viteza rezultantă (V_i) o face cu oxa ox se determină cu relația:

$$\alpha_i = \arctg \frac{V_{yi}}{V_{xi}} \quad (4 - 22)$$

Astfel în fiecare nod al domeniului, viteza apei este cunoscută cu mărime direcție și sens.

Modul de determinare al vitezelor apei se exemplifică pentru o stavilă segment de adâncime care obturează un orificiu cu înălțimea $h = 3,0$ m, coloana de apă în lac fiind $H = 13,5$ m.c.a.; în vederea spălării aluviunilor stavila se ridică de pe radier cu 0,3 m.

Nodurile, $n = 55$, rezultate prin împărțirea domeniului în $K = 40$ elemente, sunt prezentate în fig. 4.31.

Coordonatele nodurilor "i" sunt prezentate în tabelul 4.16.

Coordonatele nodurilor

Nr. nod n_i	x_i (mm)	y_i (mm)
1	0	3000
2	0	2250
3	0	1500
4	0	750
5	0	0
6	1000	3000
7	1000	2250
8	1000	1500
9	1000	750
10	1000	0
11	2000	3000
12	1500	2250
13	1500	1500
14	1500	750
15	1500	0
16	3000	3000
17	2000	2250
18	2000	1500

Nr. nod n_i	x_i (mm)	y_i (mm)
19	2000	750
20	2000	0
21	3100	2250
22	2750	1500
23	2750	1000
24	2750	500
25	2750	0
26	3350	1500
27	3100	1150
28	3100	750
29	3100	400
30	3100	0
31	3700	750
32	3600	650
33	3600	410
34	3600	200
35	3600	0
36	4030	290

Tab.4.16.

Nr. nod n_i	x_i (mm)	y_i (mm)
37	3980	250
38	3980	160
39	3980	80
40	3980	0
41	4070	290
42	4030	260
43	4030	140
44	4030	70
45	4030	0
46	4130	290
47	4070	260
48	4070	140
49	4070	70
50	4070	0
51	4510	290
52	4510	260
53	4510	140
54	4510	70
55	4510	0

Dintre datele de ieșire (viteze în noduri) se rețin valorile corespunzătoare nodurilor situate pe platelaj și în planul fantei create prin ridicarea stavilei, valori care sunt trecute în tabelul 4.17.

Viteze în noduri

Tab.4.17.

Nr nod	Viteza V_x (m/s)	Viteza V_y (m/s)	Viteza V (m/s)	α grade
16	0.344	-0.215	0.406	32
21	0.287	-1.309	1.34	77.65
26	0.675	-1.705	1.834	68.4
31	1.788	-3.071	3.554	59.8
36	12.231	-4.556	13.051	20.43
37	9.689	-6.179	11.491	32.53
38	9.003	-3.289	9.585	20.07
39	9.356	-1.584	9.489	9.61
40	9.39	0	9.39	0

Vitezele apei în noduri (tab. 4.17) sunt reprezentate grafic în fig. 4.32.

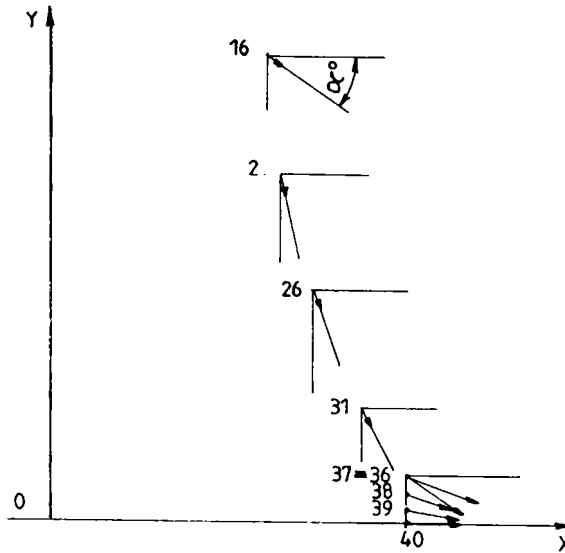


fig. 4.32. Viteze în noduri.

Cu valorile vitezelor astfel determinate și utilizând relația 2 - 14 se calculează acțiunea hidrodinamică asupra stavilei. Cunoșcând viteza apei în secțiunea transversală a deschiderii orificiului poate fi determinat debitul deversat pe sub stavilă.

4.2.6. Concluzii

Proiectarea construcțiilor metalice hidrotehnice asistată de calculator pune în evidență numeroase facilități printre care se enumeră:

- posibilitatea de rezolvare rapidă a schemelor statice aparținând unor structuri metalice complexe , supuse unor acțiuni multiple grupate în diverse variante .
- prin modul de lucru interactiv, structura metalică modelată în plan și în spațiu, este verificată și corectată înainte de calculul de dimensionare, cu posibilități rapide de optimizare înaintea calculului definitiv.
- reprezentarea grafică pe structura de rezistență a eforturilor unitare evidențiază zonele în care oțelul nu este utilizat judicios datorită supradimensionării sau subdimensionării unor elemente structurale.
- evitarea costisitoarelor încercări de laborator efectuate pe modele executate la scară și eliminarea incertitudinilor generate de interpretarea rezultatelor .

Prin utilizarea programului cu elemente finite Ansys a fost posibil studiul de echipare a unei ecluze cu porți buscate segment; din variantele analizate privind eforturile unitare în structură , a fost aleasă soluția prezentată în acest capitol, soluție transpusă în practică , prin realizarea pentru prima dată , a unui proiect de execuție al unei porți buscate segment, destinată echipării ecluzelor navigabile.

Calculul automat permite eliminarea volumului de muncă impus de calculele de rutină. Astfel a fost posibil studiul privind poziționarea rațională a elementelor orizontale de rigidizare a

platelajului în centrele de presiune ale unor suprafețe de egală presiune. Rezultatele cercetării oferă soluții care reprezintă contribuții la micșorarea greutateii structurii metalice cu 20,3% față de structura existentă luată ca martor; reducerea greutateii construcției metalice are implicații asupra gabaritului și prețului de cost al instalației de acționare.

Analiza modului de transmitere a acțiunilor stavilei la infrastructura de beton a permis determinarea reacțiunilor pentru orice poziție a C.M.H. în mișcare . Contribuția adusă de cercetare permite o dimensionare corectă a secțiunilor transversale ale armăturilor și o poziționare economică a acestora în infrastructură.

Pentru prima dată , printr-un calcul automat se determină mărimea vitezelor de curgere a apei pe fața amonte a platelajului unei stavile segment de adâncime acționată în vederea evacuării aluviunilor. Calculul poate fi efectuat pentru orice poziție a stavilei și permite determinarea mărimii acțiunii hidrodinamice asupra structurii metalice.

Dimensionarea pentru prima dată a tijei servomotoarelor orizontale, printr-un calcul de rezistență de ordinul II, pune în evidență mărimea rezervelor capacității portante a materialului dimensionat în soluție clasică. Rezultatele cercetării efectuate, comparativ cu o structură existentă luată ca martor arată o utilizare a capacității portante în proporție de 44% , după normele române și de cca. 55% după recentele reglementări introduse de /8/. Studiul reprezintă o contribuție la realizarea unui element structural zvelt comparativ cu soluțiile existente.

Bibliografie

1. x x x - ANSYS PROGRAM. Technical description of capabilities 1990 . Swanson Analysis System Inc.
2. x x x - RSTAB Finite - Element - Programme system Benutzer-HandBuch 1991.
3. x x x - ADINA R & D Inc. Watertown USA 02.1995.
4. x x x - Semperit Technische Produkte G.m.b.H. Werbauten - Dichtungen. 3 Auflage.
5. x x x - Structural steel BS4360. 1990.
6. Caraba, I - Construcții metalice hidrotehnice . Partea a II a. Construcții metalice speciale. Institutul Politehnic "T.Vuia" Timișoara 1978.
7. Răduică, N- Calculul stavilelor cu suprafața curbă ținând seama de conlucrarea elementelor componente. Teză de doctorat. Institutul de Construcții București 1982.
8. x x x DIN 19704-1 Stahlwasserbauten Berechnungsgrundlagen 05.1996.

CAPITOLUL 5

SISTEME DE ETANȘARE ALE CONSTRUCȚIILOR METALICE HIDROTEHNICE DE RETENȚIE

5.1. Noțiuni generale . Definirea sistemelor de etanșare.

Construcțiile metalice hidrotehnice reprezintă structuri spațiale cu mare rigiditate care, prin mișcări de translație și/sau rotație închid și deschid orificiile pe care le echipează . Legătura între structura de rezistență și piesa metalică înglobată în infrastructura de beton se face prin intermediul sistemului de etanșare, realizat în soluții moderne din elastomeri care, acoperă cel mai bine imperfecțiunile de execuție ale pieselor înglobate.

Prin sistem de etanșare se înțelege ansamblul format din :

- garnitura propriu-zisă;
- suportul garniturii;
- presgarnitura (contrapiesa);
- elementele de asamblare: șuruburi, șaibe, piulițe, piese speciale.

Elementele de etanșare au rolul de a crea legătura elastică între organul de închidere și piesa metalică și a împiedeca pierderile de apă din lacul de acumulare; pierderile de apă prin neetanșatăți sunt limitate la :

- 0,3 l/ms pentru sistemele de etanșare fără posibilități de reglaj;
- 0,2 l/ms pentru sistemele de etanșare cu posibilități de reglaj ,

valori ce par nesemnificative dar care, cumulate în timp, reprezintă potențialul hidraulic nevalorificat .

Practic, determinarea pierderilor de apă prin neetanșatăți se poate face împărțind volumul de apă colectat (litri) pe unitatea de lungime (metru), la durata operațiunii exprimată în secunde.

Analitic, pierderile de apă prin sistemele de etanșare pot fi determinate cu relațiile utilizate pentru calculul debitului prin orificii mici , prin orificii mici înțelegându-se cele al căror diametru este mai mic decât 0,1H, unde H este înălțimea coloanei hidrostatice.

În ipoteza unei execuții corecte a sistemului de etanșare și a piesei metalice înglobate pierderile de apă sunt evitate; anumite imperfecțiuni de execuție și montaj (privind realizarea găurilor de trecere în garnituri, presgarnituri, strângerea parțială a șuruburilor) pot favoriza apariția unor orificii de trecere a apei . Debitul scurs prin orificiu se determină cu relația :

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2gH} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (5 - 1)$$

unde :

μ este coeficientul de debit; pentru orificii circulare $\mu = 0.62$; pentru alte forme de orificii coeficienții μ se pot lua din lucrările /5/, /6/, /7/.

A este aria orificiului (m^2).

H reprezintă înălțimea coloanei de apă (mH_2O).

Dacă se consideră un orificiu cu diametrul $d = 3 \text{ mm}$ (care se încadrează în domeniul orificiilor mici) la pragul unei stavile segment care realizează retenția unei coloane de apă $H = 10 \text{ m}$, atunci cu relația (5 - 1) se obține:

$$Q = 0,62 \frac{\pi \cdot 0,003^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 10} = 6,1 \cdot 10^{-5} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

care , reprezintă o pierdere de apă de 0,061 l/s.

Pentru a se încadra în domeniul pierderilor admisibile (0,2-0,3)l/ms, numărul unor astfel de orificii (rezultate ca erori de uzinare , montaj), poate varia între 3 și 5 bucăți pe metru liniar de etanșare.

5.1.1. Clasificarea sistemelor de etanșare

Există posibilități diverse de clasificare a sistemelor de etanșare, dintre acestea după [1], se menționează două și anume:

a. Clasificarea sistemelor de etanșare după materialul de bază al etanșării.

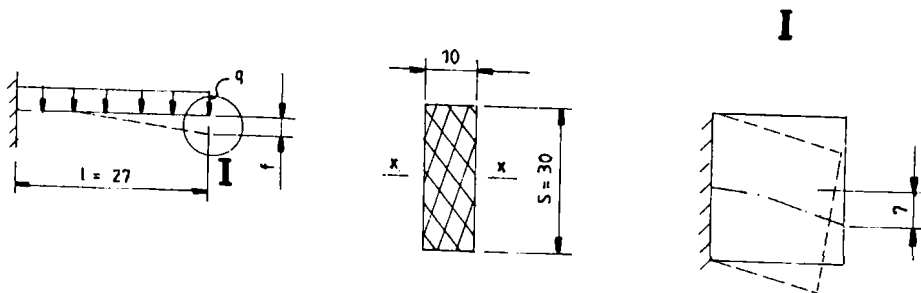
Se disting astfel trei tipuri de sisteme de etanșare:

- sisteme de etanșare din lemn, lemnul fiind primul material utilizat ca element de etanșare. Din diverse motive: rezistență redusă în ape agresive, posibilități limitate de ajustare, stabilitate redusă a materialului la oscilațiile de nivel hidrostatic (apă - aer) etc. fac ca lemnul să nu mai fie utilizat ca material de etanșare.

- sisteme de etanșare din elastomeri; sunt cele mai uzuale datorită posibilităților ample de ajustare după conturul piesei înglobate. Pentru mărirea rezistenței la tracțiune și îndoire garniturile din elastomeri se execută cu inserție textilă, înglobată la turnarea în matriță. Frecarea dintre garnitura de etanșare și piesa înglobată se micșorează considerabil prin acoperirea cu o peliculă de teflon a garniturii.

- sistemele de etanșare din metal, utilizate la stavile de adâncimi mari când, stabilitatea garniturilor din elastomeri nu poate fi asigurată.

Pentru exemplificare se consideră etanșarea pe pragul inferior al unei stavile de adâncime; garnitura de etanșare tip I, are grosimea (S) de 30 mm, ca schemă statică fiind o consolă scurtă încastrată în structura metalică; lungimea consolei (l) este egală cu $(0,9S)$ 27 mm (fig.5.1.), valoare care se înscrie în limitele menționate în relația 5 - 6.



5.1. Deformația garniturii.

Pentru înălțimea coloanei de apă pe pragul inferior de 120 m.c.a. , valoarea acțiunii hidrostatice (q), pe unitatea de lungime are valoarea de 12 daN/cm.

Cu notațiile din fig. 5.1. deformația garniturii are valoarea:

$$f = \frac{ql^4}{8EI} = \frac{12 \cdot 2,7^4 \cdot 12}{8 \cdot 50 \cdot 3^3} = 0,7\text{cm} = 7\text{mm} \quad (5 - 2)$$

unde $E = 50\text{daN/cm}^2$ este modulul de elasticitate longitudinal al cauciucului.

Se observă că săgeata efectivă ($f = 7\text{ mm}$) este foarte mare existând posibilitatea ca garnitură să-și piardă stabilitatea fenomen care, poate fi evitat utilizând o etanșare cu metal.

Sistemele de etanșare din metal presupun o execuție îngrijită privind planeitatea elementelor de etanșare și a pieselor metalice înglobate, în caz contrar, funcționarea stavilei fiind înrăutățită !

b. Clasificarea sistemelor de etanșare după poziția pe conturul structurii metalice.

Pe conturul structurii de rezistență fig. 5.2. sistemele de etanșare pot fi:

- etanșări orizontale când se dispun la nivelul pragului inferior și superior (pentru stavilele de adâncime) și între secții (elemente) când stavila se compune din mai multe panouri.
- etanșări verticale, când sunt poziționate pe extremitățile laterale ale C.M.H. , asigurând astfel o legătură elastică între ghidajele laterale și structura metalică în diversele ei poziții.

Buna funcționare a sistemelor de etanșare este condiționată de posibilitățile de reglare la montaj și de modul de execuție al pieselor înglobate.

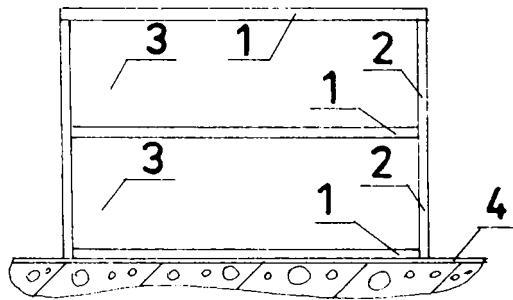


fig. 5.2. Poziția sistemelor de etanșare pe conturul C.M.H.

- 1 - etanșări orizontale. 2 - etanșări verticale .
- 3 - structură metalică de rezistență .
- 4 - piesă metalică înglobată.

5.1.2. Alcătuirea sistemelor de etanșare.

a. Garnitura popriu-zisă este elementul principal care intră în alcătuirea sistemelor de etanșare ; în acest capitol vor fi tratate garniturile de etanșare executate din elastomeri datorită mari lor utilizări pe plan mondial , comparativ cu alte materiale .

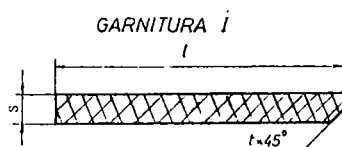
Posibilitățile lejere de execuție a garniturilor de etanșare din elastomeri , permite o gamă largă de forme ale secțiunii transversale , din care se prezintă câteva:

1. Garnituri de etanșare obținute prin tăiere din covor de cauciuc. Aceste garnituri se execută prin croire, conform desen, din covor de cauciuc cu grosimile de 4, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25 și 30 cm , conform /2/. Croirea se face mecanic sau electric, după șablon , spre a asigura perfectă planeitate a suprafeței de etanșare. Garniturile din această categorie pot fi executate cu sau fără inserție textilă.

2. Garniturile de etanșare plate, obținute în matrite, cu lungimea maximă de 10 m și care se execută fără inserție textilă. Pentru lungimi mai mari de 10 m, îmbinarea între elemente se execută prin vulcanizare în matrită închisă. Datorită formei secțiunii transversale, garniturile de etanșare prezentate la punctul 1 și 2 se mai numesc și garnituri I . În tabelul 5.1. și figura 5.3. sunt prezentate caracteristicile dimensionale și masa/ml a celor mai uzuale garnituri I.

Criteriul de alegere al garniturii I constă în determinarea grosimi "S" (v.tab. 5.1.) astfel ca greutatea stavilei (inclusiv greutatea adăugate), distribuită pe suprafața de contact dintre garnitură și piesa înglobată să se înscrie în intervalul (5 - 10) daN/cm² pentru stavile cu suprafața de retenție mai mare de 100 m² și în intervalul

(10 - 15) daN/cm² pentru stavile cu suprafața de retenție mai mică de 100 m². Cunoscând lungimea suprafeței de contact se determină grosimea "s" a garniturii din sortimentul dimensiunilor tipizate.



Garnitura I			Tabel 5.1	
Nr. crt.	l	S	t	Masa netă (kg/ml)
1	70	8	—	0,785
2	70	10	—	0,980
3	70	20	—	1,960
4	80	8	—	0,900
5	80	10	—	1,120
6	80	12	3	1,350
7	100	10	—	1,400
8	100	10	5	1,400
9	100	12	3	1,680
10	100	15	5	2,100
11	100	20	10	2,800
12	135	20	10	3,780
13	140	20	10	3,920
14	145	20	10	4,060
15	190	20	10	5,320

Exemplu de notare: Garnitură I 170.8

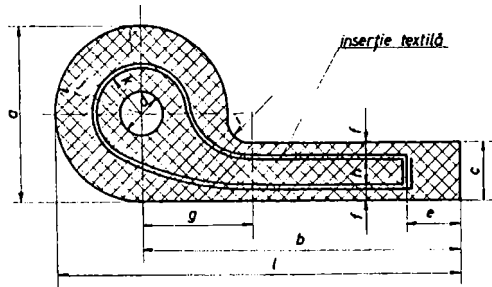
fig. 5.3. Garnitură "I"

3. Garnituri de etanșare profilate. Lungimea de fabricație este de 10 m , pentru repere mai lungi de 10 m execuția se face din tronsoane (min. 3 m lungime), prin vulcanizare. Din categoria garniturilor de etanșare profilate se menționează:

- garnituri tip P; PS; LI; O executate cu inserție textilă;
- garnituri tip D, LII și garnituri cot exterior și interior tip P, cot dublu P, intersecție P, cot D, U și US executate fără inserție .

Se menționează că denumirea tipului garniturii vine de la asemănarea cu literele alfabetului a secțiunii transversale a garniturii.

În figurile 5.4. - 5.8. sunt prezentate câteva garnituri de etanșare profilate cu dimensiunile secționale indicate tabelar.

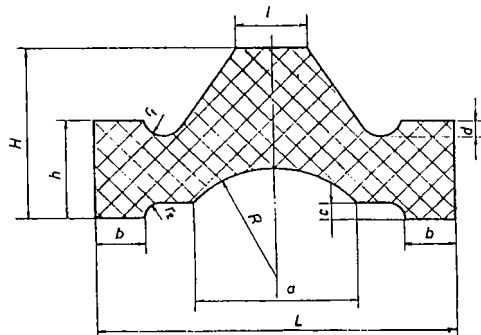


Garnitura P Tabel 5.2

Nr. crt.	Denum.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Masa netă (kg)
1	P 60	60	110	20	16	20	6	38	8	8	30	16	140	5,900
2	P 45	45	102,5	15	-	-	-	30,5	-	8	22,5	-	125	3,830
3	P 30	30	75	10	-	-	-	20	-	5	15	-	90	1,790

Exemplu de notare: Garnitură P60

fig. 5.4. Garnitură "P"

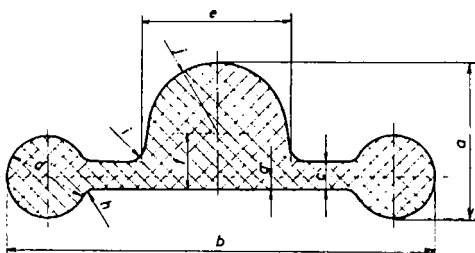


Garnitura A Tabel 5.3

Nr. crt.	Denum.	a	b	c	d	H	h	L	l	R	r	r	Masa netă (kg/m ²)
1	A 60	56	17,5	6	6	60	35	125	25	40	8	6	4,900

Exemplu de notare: Garnitură A 60

fig. 5.5. Garnitură "A"

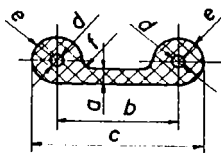


Garnitura D Tabel 5.4

Nr crt.	Denum.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	Masa netă (kg/m ²)
1	D 54	54	150	12	30	54	21	6	3	7	24	5,020

Exemplu de notare: Garnitură D 54

fig. 5.6. Garnitură "D"

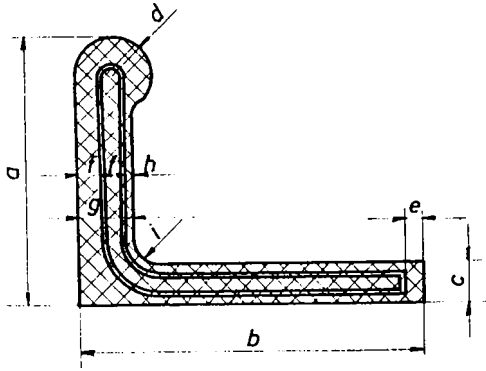


Garnitura UE: Tabelul 5.5.

Nr crt.	Denum.	a	b	c	d	e	f	Masa netă (kg/m ²)
1.	UE 60	20	150	210	16	30	8	8,000
2.	UE 45	15	135	180	-	22,5	8	5,700
3.	UE 30	10	100	130	-	15	5	3,000

Exemplu de notare: Garnitură UE 60

fig. 5.7. Garnitură "UE"

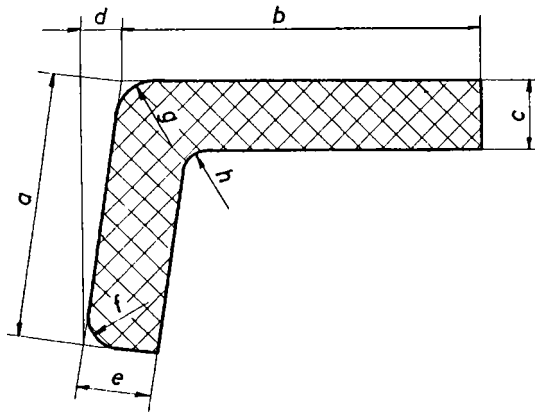


Garnitura L I

Tabelul 5.6

Nr. crt.	Denum.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	Masa netă (kg/m)
1	L I 60	60	80	8	8	6	5	12	2	5	1,670

Exemplu de notare: Garnitură L I 60



Garnitura L II

Tabelul 5.56 a

Nr. crt.	Denum.	a	b	c	d	e	f	g	h	Masa netă (kg/m)
1	L II 60	60	85	15	10	15	6	10	5	2,580

Exemplu de notare: Garnitură L II 60

fig. 5.8. Garnitură "L"

În general, garniturile de etanșare din cele trei grupe menționate mai sus de utilizează astfel:

- garniturile din grupa 1 se utilizează pentru etanșări ale căror dimensiuni secționale nu se încadrează în sortimentul existent.
- garniturile din grupa 2 se folosesc la sistemele de etanșare tip "cuțit" (ex: la pragul inferior, între secții) sau în combinație cu alte garnituri (ex. garnituri tip "P").
- garniturile din grupa 3 (profilate) intră în alcătuirea sistemelor de etanșare laterale, la pragul superior uneori la sistemul de etanșare de la pragul inferior. Alegerea tipului de garnitură din grupa 3 este dependentă de coloana de apă la care funcționează stavila; în tabelul 5.7. este dat orientativ, tipul garniturii, funcție de coloana de apă și tipul stăvililor pe care le echipează.

Alegerea garniturii

Tabelul 5.7.

A acțiunea hidrostatică (m.c.a.)	Tipul stăvilii	Tipul garniturii
≤ 5	Stăvile plane	P30
≤ 10	Batardouri	P30
	Stăvile segment și stăvile dublu cârlig	LI
≤ 15	Stăvile plane și stăvile segment	P45
≤ 30	Batardouri	P45
	Stăvile plane și stăvile segment	P60
≤ 40	Stăvile segment și stăvile dublu cârlig	LII
	Stăvile plane și porți de ecluză	D54
≤ 60	Batardouri	P60
$20 \div 120$	Stăvile plane și stăvile segment	A60

Garniturile de etanșare se vor monta cu o precomprimare de 2 -5 mm când lucrează la o coloană de apă mai mică de 10 m.

b. Elemente auxiliare ale sistemelor de etanșare

Pentru fixarea garniturilor de etanșare pe structura de rezistență a stăvilii se utilizează diferite elemente auxiliare, astfel concepute încât să permită:

- o poziționare corectă a garniturii la montajul pe șantier;
- reglarea și ajustarea garniturii după profilul piesei metalice înglobate;
- fixarea și stabilitatea garniturii în timpul exploatării stăvilii.

Dintre elementele auxiliare ale sistemelor de etanșare se menționează :

1. Suportul garniturii care se execută din covor de cauciuc sau tablă de oțel marca OL 37. Cu secțiunea transversală un dreptunghi, suportul garniturii realizează planul de rezemare al garniturii pe structura metalică a stăvilii.
2. Presgarniturile, asigură poziționarea, fixarea, stabilitatea și indeformabilitatea garniturii de etanșare în diferitele poziții ale stăvilii în exploatare. Presgarnitura se execută din oțel marca OL.37.2., ca formă fiind adaptată la profilul garniturii; în figura 5.9. se prezintă câteva secțiuni transversale ale presgarniturii cu specificarea tipului garniturii pe care o deservește.

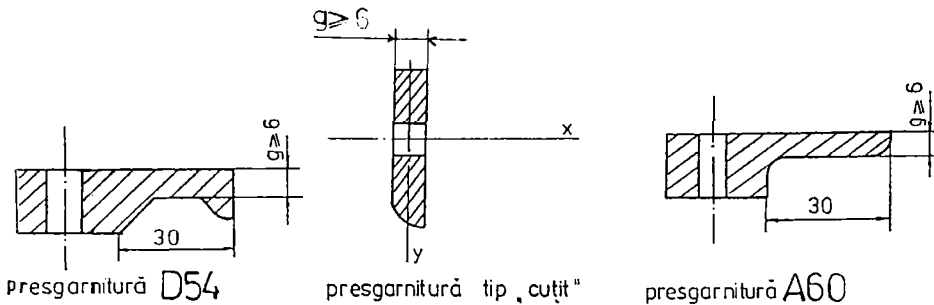


fig. 5.9. Tipuri de presgarnituri.

3. Elementele de asamblare: șuruburi, piulițe, șaibe cu rol de fixare și strângere a sistemului de etanșare.

Se pot utiliza șuruburi hexagonale sau șuruburi cu nas cu cap înecat și piulițe hexagonale standardizate sau speciale, executate după desen. Pentru fixarea piuliței se folosesc șaibe de siguranță, tip grower sau șaibe speciale confecționate pentru perechi de șuruburi.

5.1.3. Calculul sistemelor de etanșare.

Calculul sistemelor de etanșare executate din elastomeri are drept scop asigurarea stabilității și funcționalității stavilei în exploatare. În acest scop se va urmări:

a. Verificarea stabilității sub acțiunea hidrostatică ; în acest scop presiunea de contact pe prag (p_c) - între stavilă și piesa înglobată - trebuie să depășească valoarea acțiunii hidrostatice maxime (p_s) la nivelul considerat, măsurat de la oglinda apei:

$$\frac{p_c}{p_s} > 1,1 \quad (5 - 3)$$

dacă, se consideră o acoperire de 10% pentru imperfecțiunile de execuție și montaj ale sistemului de etanșare.

b. Verificarea stării de eforturi unitare în garnitura de etanșare; pentru aceasta presiunea de contact (p_c) trebuie să se înscrie în limitele:

$$5 \leq p_c \leq 15 \text{ (daN/cm}^2\text{)} \quad (5 - 4)$$

c. Verificarea de rezistență a șuruburilor de prindere a sistemului de etanșare, verificarea îmbinărilor sudate ale sistemului de etanșare cu structura metalică a stavilei .

5.1.3.1. Calculul sistemului de etanșare tip "cuțit"

Garnitura tip "cuțit" asigură etanșarea stavilei pe radier, prin deformarea elastică a mărimii h_c (fig. 5.10.)cu care , garnitura depășește gabaritul structurii metalice.

Acțiunea principală (Q), în acest caz, este determinată de greutatea stavilei pe prag și de greutatea suplimentare (lest, măr, apă etc.). Cu notațiile din figura 5.10. se poate scrie relația :

$$Q = p_c \cdot s \cdot l \quad (\text{daN}) \quad (5 - 5)$$

unde:

p_c este presiunea de contact garnitură -prag (daN/cm²);
 s este lățimea garniturii (cm) de valoare necunoscută;

l este lungimea garniturii (cm).

La predimensionare $p_c > 1,25 p_s$, p_s fiind acțiunea hidrostatică maximă (daN/cm²). Lungimea l a garniturii fiind cunoscută, din relația 5 - 5 se determină grosimea " s " a garniturii, funcție de care din sortimentul existent (tab 5.1.), se alege grosimea efectivă (S_{ef}) cu care presiunea de contact are valoarea:

$$p_c = \frac{Q}{S_{ef} \cdot l}$$

și care trebuie să satisfacă relația 5 - 4.

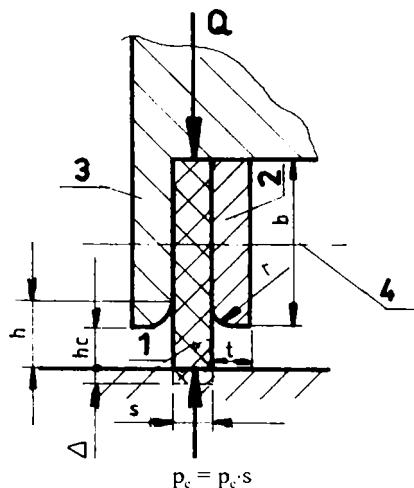


fig. 5.10. Etanșare tip "cuțit".

1 - garnitură 1. 2 - presgarnitură.

3 - corp stavilă. 4 - ax șurub cu cap înecat.

- pentru evitarea pierderii stabilității garniturii, înălțimea liberă (h) se va înscrie în limitele :

$$0,5 \cdot s \leq h \leq 1,5 \cdot s \quad (5 - 6)$$

Deformația garniturii (Δ) sub influența unei acțiuni (q) uniform distribuite, pe tipuri de garnituri, este prezentată în fig. 5.11. după /3/.

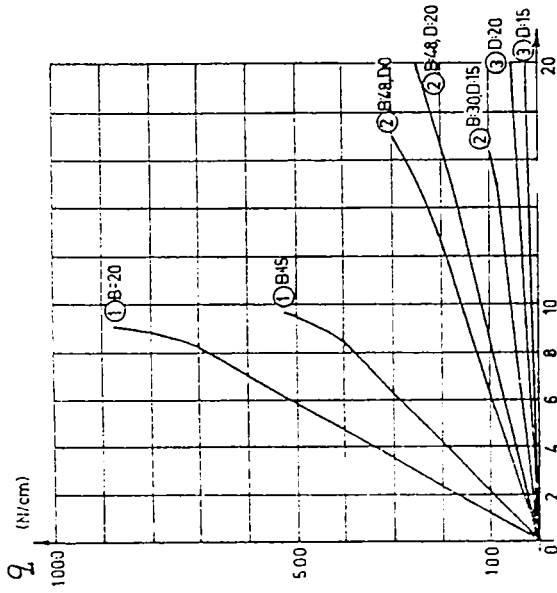
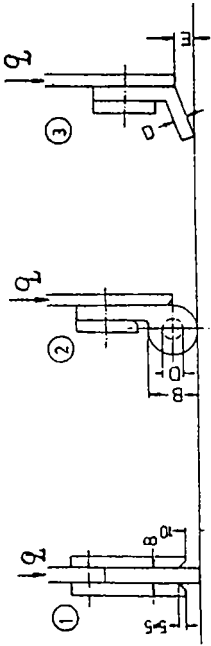


fig. 5.11 a Deformatia Δ (mm)

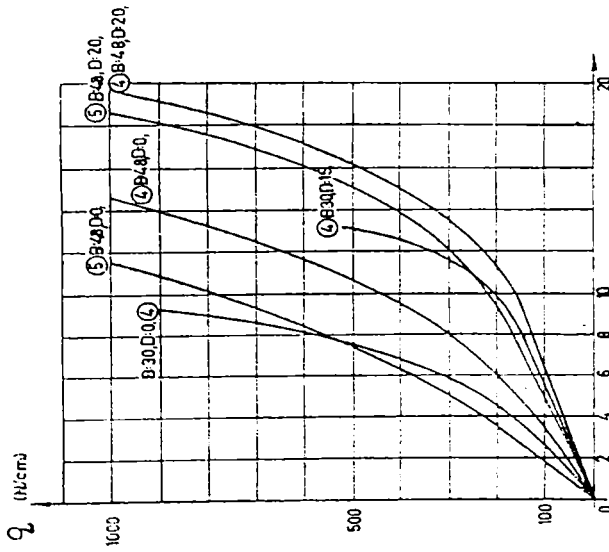
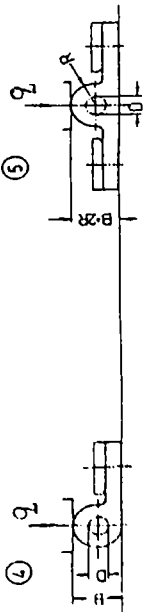
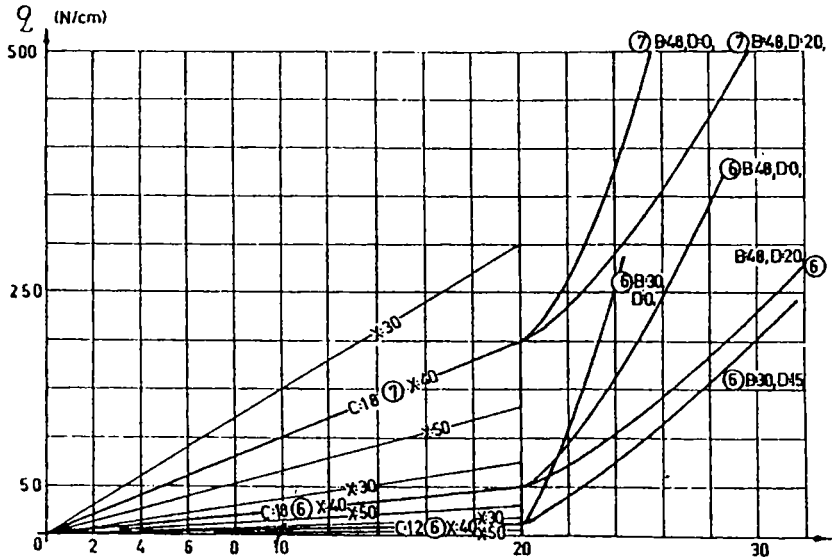
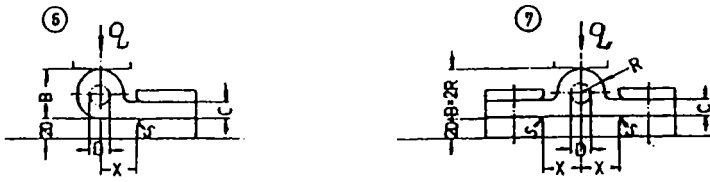


fig. 5.11 b Deformatia Δ (mm)

fig. 5.11.c. Deformația Δ (mm)

Buna funcționare a garniturii este asigurată de presgarnitură care, prin intermediul șuruburilor de strângere, realizează o presare uniformă a garniturii pe structura metalică a stavilei. Pentru stabilitatea garniturii, valoarea presiunii de contact dintre garnitură și structura metalică va fi superioară mărimii acțiunii hidrostatice maxim posibile !

În ipoteza că presgarnitura este perfect rigidă la încovoire, presiunea specifică (p_s) pe suprafața de contact a garniturii cu structura metalică și respectiv cu presgarnitura va fi:

$$p_s = \frac{F}{b \cdot l_1} \quad (\text{daN/cm}^2) \quad (5 - 7)$$

unde :

F este forța de strângere a unui șurub (daN);

b este lățimea presgarniturii (cm);

l_1 este distanța dintre două șuruburi de strângere (cm).

Pentru asigurarea deformării libere a garniturii sub acțiunea greutății stavilei, presgarnitura se va prelucra cu raza "r":

$$r = \sqrt{\frac{\Delta \cdot S}{0,43}} \quad (\text{cm}) \quad (5 - 8)$$

Este recomandabil ca grosimea (t) a presgarniturii să fie mai mare de 8 mm; orientativ grosimea presgarniturii poate fi determinată cu formula :

$$t = 0.89 l_1 \sqrt{\frac{p_s \cdot b}{\sigma_c (b - d_1)}} \quad (5 - 9)$$

unde :

σ_c reprezintă limita de curgere a oțelului presgarniturii (daN/cm²);
 d_1 reprezintă diametrul găurii șurubului de strângere (cm).

Aria secțiunii transversale a șurubului de strângere în zona filetată se poate calcula cu relația :

$$A_{noc} = \frac{F}{\sigma_{at}} \quad (\text{cm}^2) \quad (5 - 10)$$

unde:

σ_{at} este rezistența admisibilă la întindere a oțelului șurubului (daN/cm²);
 F este forța de strângere necesară a șurubului:

$$F = 0,2 \cdot b \cdot l_1 \cdot h_{max} \quad (\text{daN}), \quad (5 - 11)$$

h_{max} , exprimat în m H₂O, este înălțimea maximă a coloanei de apă. Funcție de A_{noc} , diametrul minim al șurubului în zona filetată și diametrului brut (d_{brut}) în zona nefiletată va fi:

$$\begin{aligned} d_{min} &= 1,13 \sqrt{A_{noc}} \quad (\text{cm}) \\ d_{brut} &= \frac{d_{min}}{0,85} \quad (\text{cm}) \end{aligned} \quad (5 - 12)$$

Constructiv diametrul minim al șurubului va fi mai mare de 10 mm, grupa 4.6.
 Forța convențională de strângere în șurub se poate calcula cu relația :

$$F_{CS} = \frac{c_s}{c} A_{noc} \cdot \sigma_c \quad (\text{daN}) \quad (5 - 13)$$

$c_s = 0,7$ fiind coeficientul de strângere al șurubului;
 c este coeficientul de siguranță la întindere în tijă și este egal cu :

- 2,4 în gruparea fundamentală;
- 2,0 în gruparea fundamentală suplimentară ;
- 1,6 în gruparea specială.

5.1.3.2. Calculul sistemului lateral de etanșare

Sistemul lateral de etanșare crează legătura elastică între stavilă și ghidajele laterale; pentru o bună etanșare presiunea de contact dintre garnitura de etanșare și piesa metalică înglobată trebuie să fie superioară valorii presiunii hidrostatice în punctul considerat situat la adâncimea h (m.c.a.) de la oglinda lacului.

Cele mai utilizate garnituri care intră în componența sistemului lateral de etanșare sunt cele de tip P, fig. 5.12.

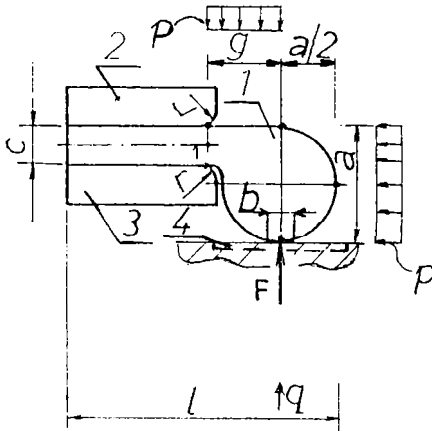


fig. 5.12. Etanșare laterală.

- 1 - garnitura tip "P".
 2 - suportul garniturii .
 3 - presgarnitură.
 4 - p..... m..... c..... î.g. b.....

Cu notațiile din fig 5.12. , valoarea forței F pe unitate de lungime și care apare la contactul dintre garnitura de etanșare (supusă presiunii hidrostatice " p ") și piesa metalică înglobată se determină din ecuația de moment scrisă în raport cu punctul 1 și are expresia:

$$F = \frac{p}{2} \left(g - \frac{a^2 - a \cdot c}{g} \right) \quad (\text{daN/cm}), \quad (5 - 14)$$

În cazul introducerii stavilei în nișă cu precomprimarea " Δ " a garniturii, la nivelul contactului piesei înglobate cu garnitura apare o componentă normală q (fig. 5.12.) a cărei valoare, după [3], rezultă funcție de mărimea " Δ " a precomprimării și astfel componenta normală " N " (daN/cm) din acțiunea garniturii asupra piesei înglobate are valoarea:

$$N = F + q \quad (\text{daN/cm}) \quad (5 - 15)$$

Notând cu " b " (cm) urma garniturii pe piesa înglobată, pentru etanșare, presiunea de contact " p_c " (daN/cm²) trebuie să satisfacă relația :

$$p_c = \frac{N}{b} > 1,1p \quad (5 - 16)$$

unde :

- b (cm) este precizată de furnizorul garniturii, funcție de tipul acestei , de modulul de elasticitate longitudinal (E) și de alungirea specifică (ϵ) a cauciucului.
- p (daN/cm²) este presiunea hidrostatică la adâncimea h (mH₂O).

5.1.4. Sisteme de etanșare uzuale

În capitolul trei (punctul 3.1.) al lucrării, au fost prezentate în detaliu, sistemele de etanșare utilizate curent la construcțiile metalice de retenție . Fără a relua modul de alcătuire al acestor sisteme de etanșare, se menționează că tipurile prezentate, cât și structurile metalice de retenție cu suprafața curbă pe care le echepează sunt cele care au cea mai mare răspândire în cadrul amenajărilor hidrotehnice.

5.1.5. Sisteme de etanșare noi

În capitolul trei (punctul 3.2.) al lucrării au fost prezentate câteva sisteme de etanșare

noi. Astfel au fost evidențiate în detaliu sisteme de etanșare utilizate pentru echiparea:

- porți buscate segment paragraful 3.2.1.
- stavilă segment de adâncime paragraful 3.2.2.
- stavilă segment de adâncime cu cadre multiple paragraful 3.2.4.

Pentru stavile care necesită, din diverse motive, o plajă mai largă și foarte largă de reglaj a sistemelor de etanșare, se expune în continuare, un nou tip, prezentat în figura 5.13. Noul sistem permite realizarea etanșeității și în situația când infrastructura de beton suferă în timp mici tasări, care nu au fost estimate în tema de proiectare condiții în care, pentru rezolvarea funcționalității stavilei, piesa înglobată ar necesita repartiții costisitoare !

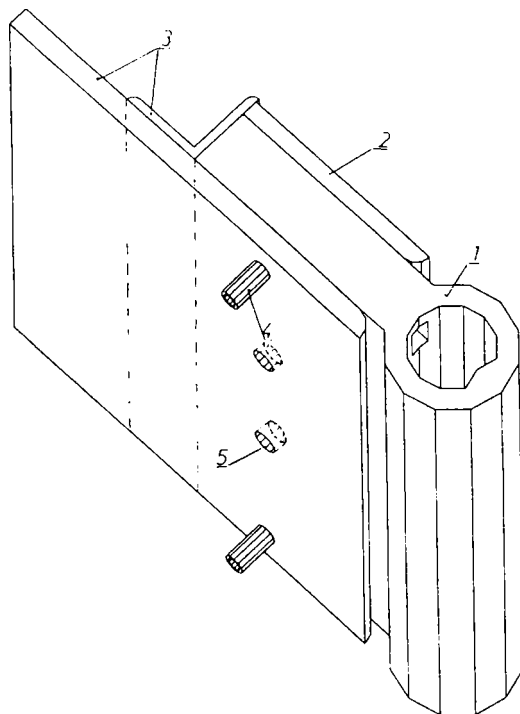


fig. 5.13. Sistem lateral de etanșare propus.

- 1 - garnitură cauciuc. 2 - presgarnitură. 3 - suport garnitură.
4 - duză. 5 - orificii de fixare cu șuruburi a etanșării pe stavilă.

Noul sistem de etanșare funcționează pe baza unei camere de aer. În componența sistemului, prezentat în secțiune transversală în figura 5.14, intră:

- garnitura propriu-zisă (fig. 5.15.), execută din cauciuc, prevăzută cu canale transversale, cu echi-distanța de 500 mm prin care aerul este dirijat în orificiul longitudinal practicat în zona cilindrică (bulb) a garniturii; în spațiul dintre trasele transversale se prevăd găuri pentru trecerea șuruburilor de fixare a garniturii pe suportul metalic al stavilei (poz. 5 fig. 5.13.);

- presgarnitură cu muchii rotunjite, executată din oțel marca OL37.2;
- suportul garniturii format din oțel cornier și elementul de reazem al garniturii prin care se face legătura cu structura metalică a stavilei;
- duze de alimentare prin care se face legătura traseelor transversale existente în

garnitură cu conducta (1") de distribuție a aerului comprimat.

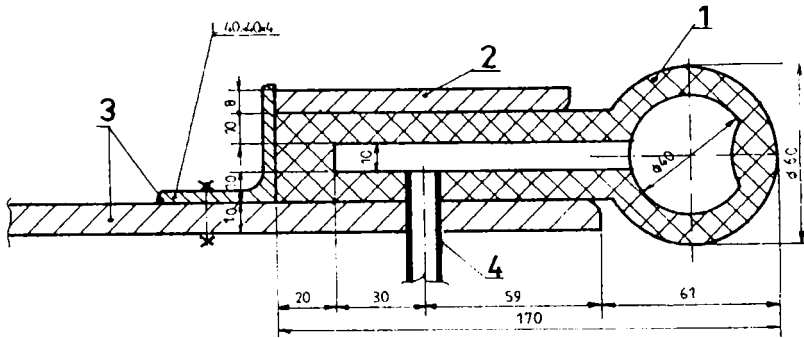
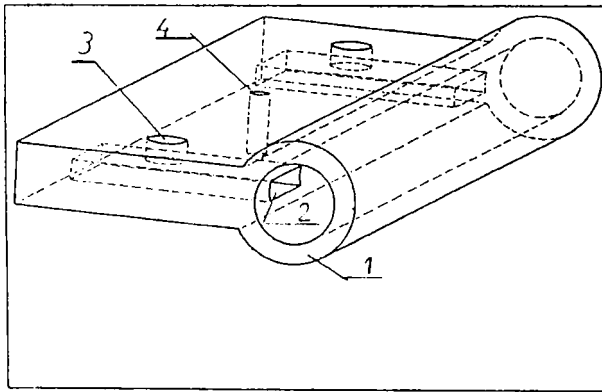
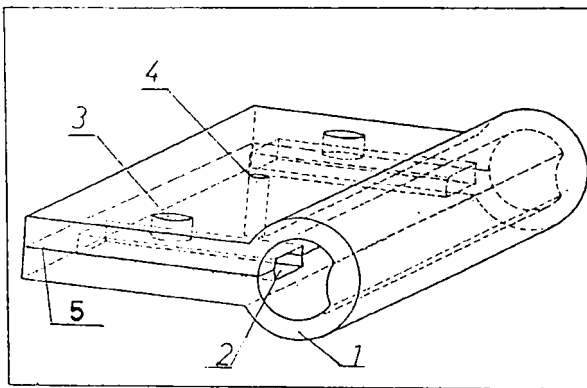


fig. 5.14. Secțiune transversală.

1 - garnitură cauciuc. 2 - presgarnitură. 3 - suport garnitură. 4 - duză .



a.



b.

fig. 5.15. Garnitură de etanșare.

a - variantă turnată monolit.

b - variantă turnată cu vulcanizare ulterioară.

1 - bulb. 2 - canal de aer. 3 - orificiu de racordare la rețeaua de aer comprimat .

4 - locaș pentru șurub de fixare a sistemului de etanșare 5 -linie de vulcanizare, în varianta b

Pentru buna funcționare în perioada de îngheț a anului aerul poate fi înlocuit cu un lichid cald (ex. ulei) căruia i se asigură o deplasare în circuit închis; prin aceasta timpul de dezgheț la nivelul garnitură - piesă înglobată se reduce semnificativ.

Fabricația garniturii nu ridică probleme deosebite, forma secțiunii transversale fiind simplă; în zona de contact a bulbului cu piesa metalică înglobată, garnitura este prevăzută cu o dilatație longitudinală cilindrică spre a-i asigura o rigiditate sporită.

În figura 5.15. sunt prezente două alternative de execuție a garniturii:

- varianta a, prin care se obține garnitura în formă finală;
- varianta b, în care garnitura se obține sub formă desfășurată și apoi prin îndoire la 180° și vulcanizare, se ajunge la forma finală.

În varianta "a" canalul de aer (2) va fi obturat cu un dop de cauciuc, cu rol de etanșare, dispus la capătul opus bulbului; în varianta "b" acest dop se realizează din turnare.

5.2. Soluții de îmbunătățire a funcționării sistemelor de etanșare

Una din problemele majore ale funcționării sistemelor de etanșare este manevrabilitatea stăvilii în perioadele de înghețe când, în zona de contact a garniturii cu piesa înglobată se formează gheață. Pelicula fină de gheață care apare pe timp frigos poate fi topită datorită sistemului de încălzire existent în piesa metalică înglobată dar, podul de gheață care apare la oglinda apei, în lacul de acumulare, pune stăvila în imposibilitatea de a fi acționată în caz de necesitate. Datorită zonelor umbrite (cauza fiind pilele, culele etc.) și a curenților reci, gheața formată poate persista în fața stăvililor mai mult decât pe porțiunile lacului, expuse radiației solare.

Pentru a evita formarea podului de gheață în amonte, stăvilile sunt prevăzute cu sisteme de barbotare al căror rol este acela de a realiza o efervescentă a apei spre a fi îndepărtat pericolul formării podului de gheață adiacent suprafeței de retenție.

5.2.1. Sisteme existente de barbotare a apei

Modul curent de barbotare a apei din fața stăvililor, constă din conducerea aerului comprimat, prin intermediul unor țevi înglobate în pereții nișei, la piesa metalică înglobată la pragul interior al stăvilii și refularea aerului prin duzele din piesa înglobată în apa din lac. Bulele de aer ridicându-se la oglinda lacului produc o agitație a apei prin care se împiedică formarea gheții. În figura 5.16. este prezentat sistemul clasic de barbotare a apei.

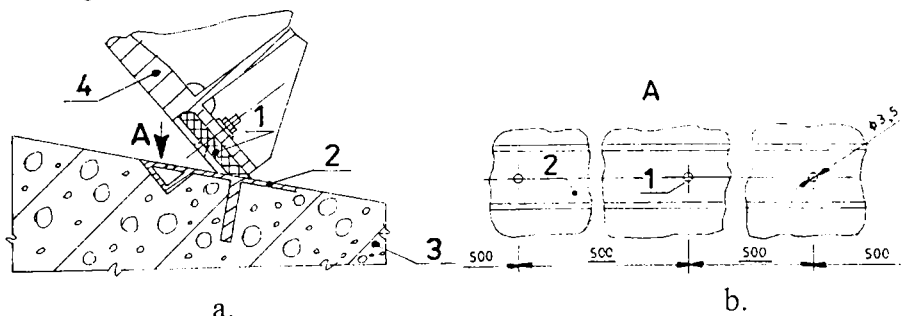


fig. 5.16. Barbotarea apei în sistem clasic.

- a. 1 - garnitura de etanșare. 2 - prag inferior cu orificii de barbotare.
- 3 - infrastructura de beton. 4 - stăvila.
- b. 1 - orificiu de barbotare. 2 - prag inferior.

Principalul dezavantaj al acestei soluții constă în deteriorarea în timp a sistemului de barbotare, ca urmare a pătrunderii și depunerii aluviunilor în rețeaua de distribuție a aerului comprimat. Întrucât orificiile prevăzute în prag sunt de dimensiuni mici, pot fi ușor obturate în perioada de repaos (pe timp calduros) și suplimentar, depunerile de material aluvionar sunt favorizate de procesul de coroziune, greu de controlat în spațiile existente limitate și inaccesibile. Se menționează că accesul la sistemul de barbotare clasic presupune scoaterea piesei înglobate din beton, operație foarte anevoioasă și costisitoare !

În aceste condiții, în ape cu depuneri aluvionare masive, instalația de barbotare devine inutilizabilă după câțiva ani de la dorea în folosință.

5.2.2. Sistem propus pentru barbotarea apei

Plecând de la limitele sistemelor clasice de barbotare s-au întreprins studii pentru a găsi o soluție nouă care:

- reduce la minim posibilitatea pătrunderii aluviunilor în rețeaua de distribuție a aerului comprimat prin amplasarea duzelor la adăpostul suprafeței cilindrice a platelajului, direcția și sensul de deplasare al aluviunilor fiind gravimetrică.
- înlocuiește secțiunile transversale poligonale existente și care favorizează depunerile și coroziunea cu secțiuni transversale semicirculare; materialul din care se execută duzele va fi rezistent la coroziune, de exemplu: bronzul.
- permite un acces ușor la întregul sistem de barbotare, pentru revizii și reparații anuale.
- conduce la o întreținere ușoară a sistemului și permite înlocuirea oricăror subsansamble sau repere.
- prin prevederea unor robineti și supape de unisens circulația fluidului (aer comprimat, accesul în sistem al apei din lac) este riguros controlată.
- oferă un control vizual permanent al întregului sistem.
- nu crează probleme deosebite de execuție, montaj și exploatare.

Rezultatele cercetării au condus la realizarea noului sistem de barbotare a apei prezentat în figura 5.17 în care coloana de distribuție a aerului comprimat este amplasată în chesonul stavilei, pe platelaj. Coloana de distribuție are secțiunea transversală semicirculară, fixată cu sudură pe fața aval a platelajului care, la echidistanța "e" este prevăzută cu orificii filetate (M8) în care se introduc duzele ($\varnothing 3$ mm) pentru distribuția aerului comprimat; mărimea "e" poate varia între 300 și 500 mm în câmp, în zona adiacentă ghidajelor laterale această distanță reducându-se la 100 mm, îndeșirea urmărind evitarea formării gheții, a cărei apariție este favorizată de infrastructura de beton.

La nivelul brațelor stavilei coloana de distribuție se racordează cu coloanele de aer comprimat care sunt fixate cu bride pe inima inferioară și pe talpa chesonului stavilei iar apoi pe brațul stavilei. Legătura dintre instalația de barbotare a apei și stația de aer comprimat se realizează cu racorduri flexibile.

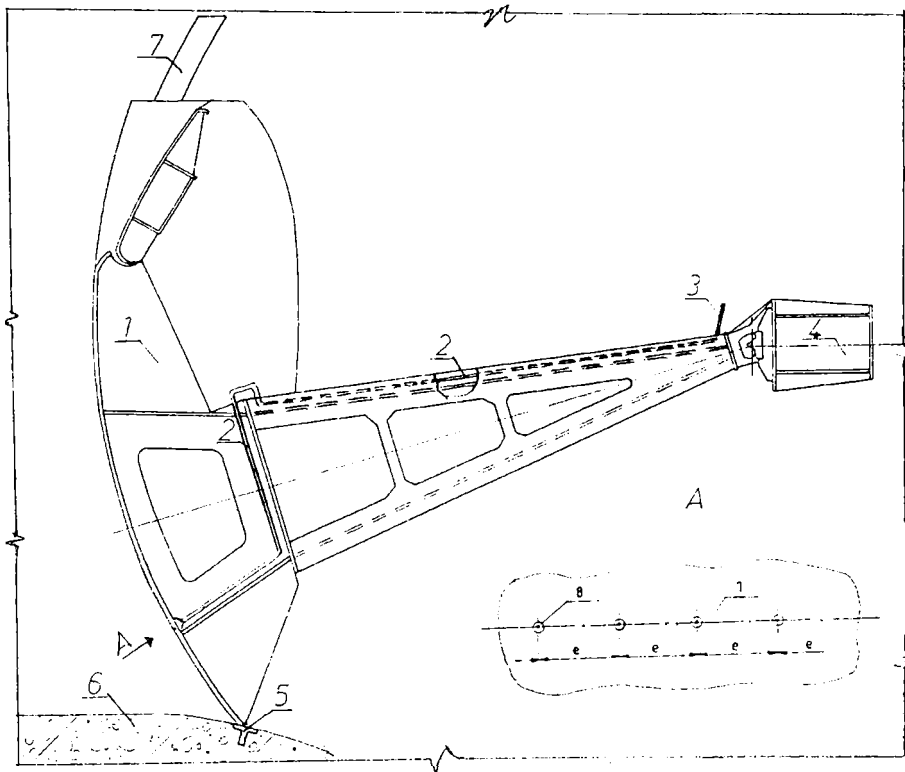


fig. 5.17. Sistem de barbotare a apei; soluția nouă.

1 - stavilă segment cu clapetă. 2 - instalație de barbotare. 3 - record flexibil, spre stația de aer comprimat. 4 - grindă metalică suport al articulației. 5 - piesă metalică înglobată.

6 - infrastructura de beton. 7 - ghidaj lateral. 8 - duză pentru refularea aerului.

Apreciindu-se că soluția rezultată din studiile făcute poate atinge în funcționare cerințele dorite, s-a trecut la echiparea cu noul sistem de barbotare a unui set de 20 de stavile segment cu clapetă destinate echipării unor centrale-baraj, râul Olt.

5.3. Soluții constructive optime pentru sisteme de etanșare

Garniturile de etanșare ale stavelor trebuie să urmărească conturul piesei metalice înglobate în infrastructura de beton. Cauciucul este materialul optim care, realizează prin elasticitatea sa, o mulare corespunzătoare pe conturul piesei înglobate, din acest motiv având cea mai mare utilizare.

În faza de proiectare se urmărește obținerea stabilității garniturii de etanșare în curent. În acest sens se recomandă ca :

- etanșarea tip "cuțit" să se înscrie în limitele privind lungimea liberă (consola) a garniturii (v.relația 5 - 6).
- sistemele de etanșare laterale să fie alcătuite astfel ca garnitura, sub acțiunea hidrostatică, să fie comprimată pe piesa înglobată. Tipurile recomandate de garnituri vor fi alese conform tabelului 5.7. Un tip nou de garnituri de etanșare sunt cele acoperite cu teflon a

căror utilizare reduce frecarea cu piesa metalică, utilizate la echiparea stavilei segment prezentate la punctul 3.2.2.

Un aspect important privind proiectarea sistemelor de etanșare îl reprezintă modul de alcătuire a sistemului astfel ca să fie evitate vibrațiile cauzate de oscilațiile garniturii în jurul poziției de echilibru în curentul de apă ; fenomenul este specific etanșării la pragul inferior; cele mai bune rezultate din punct de vedere al vibrațiilor s-au obținut utilizând sisteme de etanșare tip "cuțit" soluție recomandată și de /4/.

Etanșarea la pragul superior, caracteristică stavilelor de adâncime, va fi executată:

- în sistem dublu de etanșare (o linie de etanșare fixă pe piesa înglobată și o linie de etanșare mobilă cu stavila - vezi fig. 3.29a și fig. 7.5.) situație în care mișcarea garniturii este împiedecată și suplimentar durata de viață a garniturii este prelungită ; soluția se recomandă pentru înălțimi de retenție mai mari de 30 m H₂O.

- pentru înălțimi de retenție $h \leq 30$ m H₂O, sistemul de etanșare poate fi simplu, executat cu o singură linie de contact pe piesa înglobată dar, cu o fixare corespunzătoare a garniturii (prin intermediul elementelor auxiliare) spre a-i conferi stabilitatea.

5.4. Considerații finale ale capitolului cinci

Un sistem de etanșare conceput și executat necorespunzător conduce la probleme majore de exploatare , mergând până la scoaterea din funcțiune a stavilei , spre exemplu, pe timp friguros.

Cercetările întreprinse în scopul găsirii unor posibilități largi de reglare a etanșărilor au condus la un sistem de etanșare nou (pct. 5.1.5.) , capabil să realizeze etanșarea și în situația unor tasări inegale ale infrastructurii de beton în urma cărora , ghidajele laterale se deplanează; în această situație sistemele de etanșare clasice nu mai pot realiza etanșarea . Sistemul propus, datorită mării sale elasticități, conferită de camera de presiune , permite ajustarea garniturii după profilul ghidajului deplanat.

Soluția propusă poate îndeplini și funcția de topire a gheții formată la nivelul planului de separație dintre garnitură și piesa metalică înglobată dacă aerul comprimat este înlocuit cu ulei cald recirculat în sistem închis.

Pentru a elimina deficiențele vechilor sisteme de barbotare a apei au fost analizate câteva variante noi , rezultatele cercetării concretizându-se prin proiectarea noului sistem de barbotare prezentat la punctul 5.2.2. și implementat în structura metalică a unui set de 20 de stavile segment cu clapetă. Noul sistem permite un control permanent, datorită poziționării sale în chesonul stavilei, prin aceasta fiind eliminată deteriorarea lui prin pătrunderea corpurilor străine (nisip, pietriș) , situație caracteristică vechilor soluții.

Bibliografie

1. Caraba I. - Construcții metalice hidrotehnice. Partea II - a . Construcții metalice speciale . I.P."T.Vuia" Timișoara 1978.
2. x x x - STAS 11419-80 Plăci tehnice din cauciuc compact.
3. x x x - Semperit Technische Produkte G.m.b.H. Werbauten - Dichtungen. 3 Auflage.
4. CIGB - ICOLD - Vibration du material hydraulique des barrages. Bulletin 102.1996
5. Chiselev P.G. - Îndreptar pentru calcule hidraulice. Ed. Energetică 1953.
6. Idelcik.I.E - Îndrumător pentru calculul rezistențelor hidraulice. Ed. Tehnică 1984 București.
7. Mateescu C. - Hidraulica. Ed. Didactică și pedagogică 1963 București.

CAPITOLUL 6

SOLUȚII DE ALCĂȚUIRE A LESTULUI CONSTRUCȚIILOR METALICE HIDROTEHNICE DE RETENȚIE

6.1. Definirea problemei

Prin modul specific de funcționare stavilele sunt construcții metalice care închid și deschid orificiile pe care le echipează și astfel asigură retenția sau deversarea apei din lacul de acumulare.

Închiderea orificiilor deservite de construcții metalice de retenție cu suprafața curbă se realizează, în general, prin rotirea stăvilei în jurul articulațiilor, dacă se consideră stăvila segment, tipul cel mai reprezentativ după [1], în domeniul structurilor de retenție cu suprafață curbă. Coborârea stăvilei pe radier, operație care asigură închiderea orificiului, este influențată de numeroase forțe care, în raport cu axa articulațiilor creează momente favorabile sau contrare închiderii stăvilei în curent.

Greutatea stăvilei este o forță care favorizează închiderea în curent spre deosebire de :

- a. forțele de frecare dintre garniturile de etanșare și piesa metalică înglobată;
- b. forțele de frecare care apar în articulațiile stăvilei în mișcare;
- c. forțele de frecare dintre rolele de rulare - ghidare și piesa metalică înglobată care, se opun așezării stăvilei pe radier.

Se menționează în mod special efectul rezultantei acțiunii hidrostatice care, în cazul când suportul rezultantei trece prin centrul de rotație creează un efect nul și corespunde situației în care centrul de curbură al platelajului este identic cu centrul de rotație (articulație) al stăvilei.

Când centrul de curbură al platelajului se află deasupra centrului de rotație al stăvilei, rezultanta acțiunii hidrostatice se opune coborârii stăvilei în curent; poziția inferioară a centrului de curbură al platelajului față de centrului de rotație al stăvilei contribuie la închiderea acesteia.

Forța de suucțiune (aspirație) apare la desprinderea stăvilei de pe radier sau în momentul așezării stăvilei pe radier; această forță se opune ridicării stăvilei; pentru stăvile de suprafață valoarea acestei forțe se poate neglija.

Forța arhimedică pentru C.M.H. cu suprafața portantă mare, reprezintă o acțiune cu valoare semnificativă care, se opune coborârii stăvilei pe radier.

Pentru construcțiile metalice hidrotehnice de retenție cu suprafața curbă, se constată frecvent că, suma momentelor forțelor ce acționează asupra stăvilei conduc la o valoare negativă în raport cu centrul de rotație, adică stăvila nu se închide în curent sub greutatea proprie, fiind necesară lestarea.

Adăugarea lestului este necesară datorită valorii mici a greutății stăvilei comparativ cu mărimile celorlalte forțe.

6.2. Soluții existente de lestare

C.M.H. de retenție de suprafață nu necesită lestare, această situație fiind specifică stăvililor de adâncime. În soluțiile existente de lestare ca lest se utilizează beton sau metal înglobat în beton. După posibilitățile de manevrare a lestului se disting:

- a. Lestări nedemontabile, realizate din metal înglobat în beton. Reglarea cantității de lest se face în timpul probelor de punere în funcțiune, prin adăugarea unor cantități succesive de metal (alice de plumb, calupuri de fontă) înglobat apoi în beton, cantități determinate prin

calcul, cu o acoperire de 10%, acoperire care ține cont de erorile de apreciere a greutateii specifice a lestului (beton-metal), de abaterile de la proiect a poziționării lestului etc. Reglajul cantității de lest se face prin încercări, observându-se momentul în care, sub greutatea proprie și a lestului adăugat, stavila coboară pe pragul inferior cu o mișcare lină, fără blocări pe parcursul cursei ! După întărirea betonului, acesta împreună cu metalul înglobat, formează un monolit cu structura metalică a stavilei .

În figura 6.1. este prezentat modul de lestarsă al unei stavile segment de adâncime. După poziționarea componentei metalice a lestului, cu ajutorul unui racord flexibil se introduce betonul care după întărire formează un monolit cu chesonul stavilei . Structura metalică va fi prevăzută cu orificii pentru scurgerea apei, spre a evita staționarea acesteia în zona lestată.

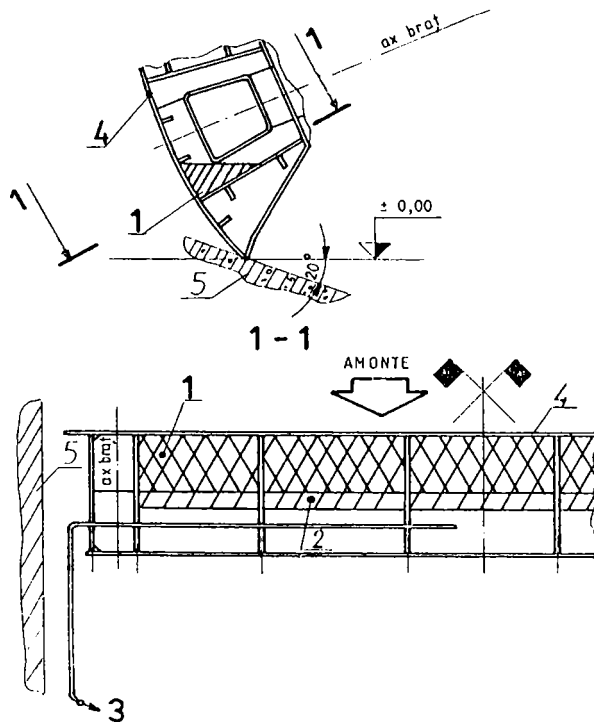


fig. 6.1. Stavilă segment de adâncime. Schiță de lestarsă; lest nedemontabil .

1 - lest în secțiune. 2 - lest în vedre. 3 - racord flexibil spre pompa de beton.

4 - stavilă. 5 - infrastructura de beton.

b. Lestări demontabile (fig. 6.2.) care, sunt realizate de obicei din plăci de metal având forme, geometrice regulate prevăzute cu orificii și tije filetate prin intermediul cărora se realizează legătura între stavilă și lest. Prin calcul se prevede o marjă de siguranță de 5% din greutatea lestului în vederea realizării unei reglări fine a închiderii stavilei. Acest lest, în cuantum de 5% se va realiza sub forma unor plăci metalice de dimensiuni (masă) reduse care se dispun uniform pe lățimea stavilei și se fixează cu șuruburi de structura metalică de rezistență.

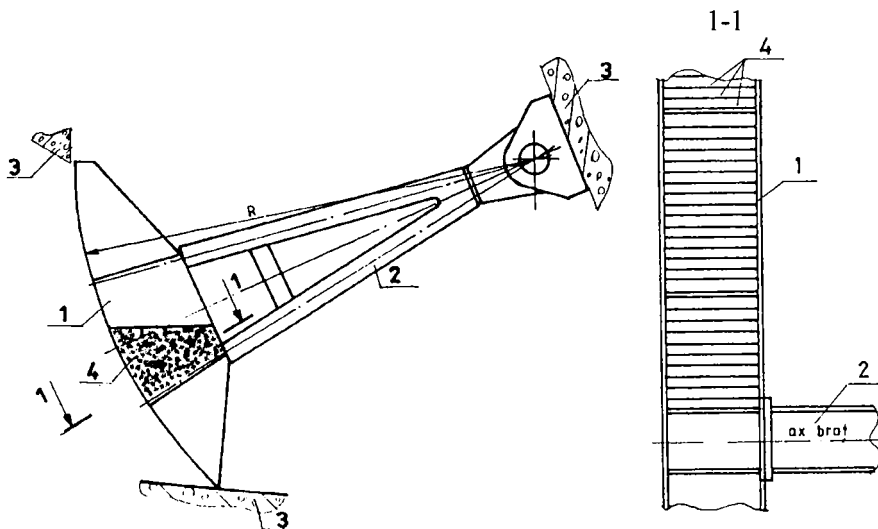


fig. 6.2. Stăvilă segment de adâncime. Lestare în soluție demontabilă.
 1 - chesonul stăvilii. 2 - brațul stăvilii. 3 - infrastructură de beton.
 4 - plăci metalice fixate în soluție demontabilă, cu pene sau șuruburi.

6.2.1. Comportarea în timp a C.M.H. în soluții existente de lestare.

Stăvilile prevăzute cu lest demontabil nu crează probleme în exploatare; un caz aparte îl reprezintă stăvilile cu lest nedemontabil. Având în vedere perioada scurtă de exploatare, pe plan național, a stăvililor aflate în exploatare (≤ 35 ani după /2/), nu se cunosc cazuri când leștul de tip nedemontabil a trebuit extras; practic operația este imposibilă, având în vedere spațiile extrem de restrânse și structura monolită realizată prin întărirea betonului.

În situația în care protecția anticorozivă a structurii metalice este corect executată, degradarea metalului prin coroziune este eliminată; constatările s-au făcut cu ocazia reparațiilor capitale la stăvilile din amenajarea Porțile de Fier I unde, s-a observat o foarte bună protecție a metalului de bază urmare a respectării cu rigurozitate a instrucțiunilor caietului de sarcini privind aplicarea protecției anticorozive.

În general protecția anticorozivă este garantată de fabricant pentru o perioadă de 10 ani, în condițiile respectării prescripțiilor de aplicare și a unei pregătiri corespunzătoare a suprafeței metalului.

La stăvilile lestate, execuția incorectă a protecției anticorozive și pătrunderea apei prin infiltrații la nivelul suprafeței de contact dintre stăvilă și lest poate genera degradări importante ale structurii de rezistență. Fenomenul de coroziune este greu de controlat datorită lipsei posibilităților de acces în zona lestată, zonă în care refacerea protecției anticorozive este imposibilă. Acoperirea cu beton a metalului oferă o anumită protecție anticorozivă datorită reacției alcaline a betonului dar, prin infiltrarea apei cu reacție acidă (datorită prezenței unor agenți poluanți) fenomenul de coroziune este amorsat; o posibilă soluție constă în închiderea etanșă (cheson etanș) a incintelor lestate.

6.2.2. Limite ale lestării în soluțiile existente

Montarea lestului și urmărirea în timp a efectului pe care acesta îl produce asupra C.M.H. a pus în evidență anumite limite ale soluțiilor existente de lestare printre care , se enumeră :

- a. Operația de montare a lestului se execută în spații extrem de înguste și la diferențe altimetrice mari (ex. golirile de fund ale barajelor) . Suplimentar , sunt necesare materiale de protecție ale personalului care desfășoară activitatea în incinte închise, slab ventilate , spre exemplu în chesonul stavelor .
- b. Consum semnificativ de materiale (alice de plumb , fontă , beton) care pot fi folosite mai util în alte scopuri , spre exemplu: plumbul , fonta.
- c. Manoperă desfășurată în spații înguste și mobilizarea utilajelor necesare: pompe de beton, autobetoniere, macarale , vinciuri etc.
- d. Imposibilitatea urmării protecției anticorozive și a construcției metalice a stavilei în zona lestată.
- e. Dificultățile privind refacerea structurii metalice, în zona lestată (betonată) a stavilei cu ocazia reparației capitale.
- f. Cheltuieli suplimentare pentru instalația de acționare (servomotor), dimensionată suplimentar pentru a ridica construcția metalică plus lestul.

6.3. Soluții noi de lestare; propuneri

Având în vedere deficiențele soluțiilor existente de lestare, pornind de la un concept nou privind materialele utilizate pentru lestare și modul de manevrare al lestului, s-a urmărit găsirea unor alternative noi ; astfel ca lest se utilizează apa din lacul de acumulare, prin a cărei admisie în rigla cadrului (structură metalică chesonată), stavila coboară pe radier. O altă alternativă ar fi o combinație între lestarea cu apă și lestarea cu un material granular (ex. pietriș) realizată în variantă demontabilă, existând astfel posibilitatea de revizie a structurii metalice în zona lestată cu ocazia reparațiilor capitale. În continuare este analizată varianta de lestare cu apă.

6.3.1. Calculul mărimilor necesare determinării cantității de lest .

Prin calcul, se urmărește determinarea cantității minime de lest astfel ca stavila, sub influența greutatei proprii și a lestului să se închidă în curent.

Utilizând un program de calcul automat în prima etapă se determină, pentru diferite deschideri unghiulare ale stavilei, momentele rezistente la coborârea pe prag, momente calculate în raport cu centrul de rotație al structurii.

Cu datele preliminare astfel obținute, se stabilește poziția definitivă și masa lestului astfel ca structura metalică de retenție să corespundă cerințelor tehnice și funcționale:

- capacitatea portantă ;
- stabilitate locală și generală,
- rigiditate corespunzătoare în momentul acționării ;
- etanșeitate pe piesa metalică înglobată;
- închidere și deschidere în curent.

Programul de calcul automat are drept scop determinarea valorii minime a momentului activ remanent la coborâre (M_{ARC}) pentru ca stavila să se închidă în curent. Relația care stă la baza calculului este :

$$M_{ARC} = M_{ADC} - M_{RC} \geq 0 (\text{kNm}) \quad (6 - 1)$$

unde:

M_{ADC} este momentul activ disponibil la coborârea stavilei ;

M_{RC} este momentul rezistent la coborârea stavilei .

Momentul activ disponibil la coborârea stavilei cuprinde efectul forțelor care favorizează coborârea stavilei; acest moment se exprimă prin relația :

$$M_{ADC} = c_s \cdot G \cdot b_G \pm P \cdot e \quad (\text{kNm}) \quad (6 - 2)$$

unde :

c_s - este un coeficient de siguranță subunitar ($c_s = 0,9$) și ține seama de erorile de apreciere a greutateii stavilei ;

G - este greutatea stavilei (kN);

b_G - este brațul greutății stavilei în raport cu centrul de rotație (CR) al stavilei;

P - este rezultanta acțiunii hidrostatice (kN);

e - este excentricitatea (m) acțiunii hidrostatice în raport cu CR; semnul \pm depinde de poziția forței P în raport cu CR; pentru stavile segment de adâncime $e = 0$.

Momentul rezistent la coborârea stavilei include efectul forțelor care se opun închiderii stavilei și se calculează cu relația :

$$M_{RC} = c_1(F_g \cdot b_g + F_1 \cdot b_1 + F_r \cdot b_r) + F_a \cdot b_a + F_e \cdot b_e + F_i \cdot b_i \quad (\text{kNm}) \quad (6 - 3)$$

unde:

c_1 este un coeficient de siguranță la închiderea în curent ; după /4/ $c_1 = 1,25$;

F_g este forța de frecare în garnituri (kN);

F_1 este forța de frecare în lagăre (articulații) (kN);

F_r este forța de frecare în roți (kN);

F_a este forța ascensională (arhimedică) (kN);

F_e este forța rezultantă din acțiunea hidrostatică pe etanșarea de la pragul superior, numai pentru stavile de adâncime (kN);

F_i este forța de închidere pe prag (kN);

b_g, b_1, b_r, b_a, b_e și b_i sunt brațele forțelor F_g, F_1, F_r, F_a, F_e și respectiv F_i (m).

Modul de determinare al necesarului de lest se exemplifică pentru o stavilă segment de adâncime 10x10,312/63 (fig. 6.3.) cu următoarele caracteristici:

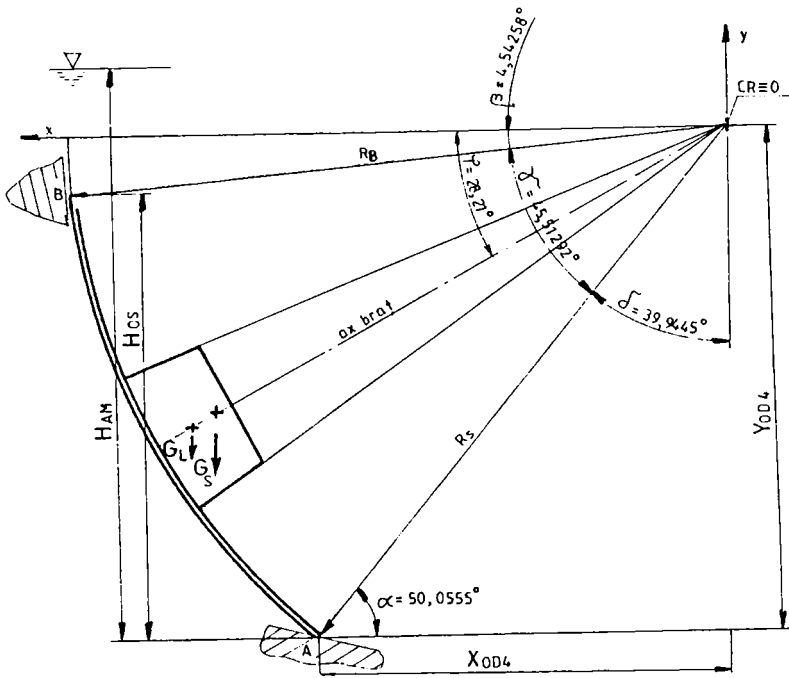


fig. 6.3. Stavilă segment de adâncime. Secțiune verticală.

B_S - lățimea orificiului obturat de stavilă	10 m
H_{OS} - înălțimea obturată de stavilă	10,312 m
H_{AM} - înălțimea coloanei de apă pe radier	63 m.c.a.
R_S - raza de curbură a platelajului	15,0 m
X_{OD4}, Y_{OD4} - coordonatele punctului A (etașarea pe radier)	(9,63; -11,5) m
X_S, Y_S - coordonatele centrului de greutate al stavilei	(11,896; -6,382) m
X_L, Y_L - coordonatele centrului de greutate al lestului	(12,424; -6,665) m
φ - unghiul axului brațului stavilei cu orizontala	-28,21°
G_S - greutatea stavilei	1600 kN
K - lățimea garniturii de etașare la pragul inferior	0,03 m
K_0 - coeficientul de siguranță la coborârea stavilei	1,25
R_B - raza de amplasare a etașării la pragul superior față de C.R.	15,030 m
R_r - raza de amplasare a etașării laterale față de C.R.	14,970 m
F_f - forța de frecare dintre garnitură și piesa înglobată	2,7 kN/m
D_1 - diametrul bolțului articulației	0,8 m

Centrul de curbură al platelajului coincide cu centrul de rotație (CR) al stavilei.

Cu notațiile :

M_{ARC} = momentul remanent la coborârea stavilei (kNm) în raport cu C.R.;

M_{AIX} = momentul activ disponibil la coborârea stavilei (din greutatea proprie și lest), în raport cu centrul de rotație (CR) - kNm;

M_{RC} = momentul rezistent la coborârea stăvilii (kNm) în raport cu C.R. și care cuprinde efectul forțelor de frecare, efectul forței ascensionale, efectul acțiunii hidrostatice pe etanșarea superioară și efectul forței de închidere pe prag și

α_i = deschiderea unghiulară a stăvilii (grade), se scrie relația:

$$M_{ARC} = M_{ADC} - M_{RC},$$

pentru deschideri unghiulare (α_i) din 20 în 20° ale stăvilii și se prezintă tabelar (tab. 6.1.) valorile momentelor caracteristice, pentru stăvila nelestată. Pentru stăvila pe radier ($i = 1$) $\alpha_i = 0^\circ$.

Notă:

În prima variantă deschiderile unghiulare (α_i) au avut valoarea de 5°, pentru prezenta exemplificare pasul a fost mărit la 20° fenomenul fiind elocvent și în acest caz.

Stăvila nelestată: momente caracteristice

Tabel 6.1.

α_i	0°	20°	40°	46°
MARC	-6920	5565	11900	13087
MADC	17130	19240	19030	18486
MRC	24050	13675	7130	5399

Valorile obținute arată că stăvila nelestată nu se așează pe prag, momentul remanent la coborârea stăvilii fiind negativ ($MARC = -6920$ kNm)

Printr-un calcul de optimizare programul determină greutatea minim necesară a lestului (625 kN) astfel ca stăvila să se închidă în curent sub greutatea proprie; amplasarea lestului se face în rigla cadrului (chesonul stăvilii). Cu valoarea lestului determinată anterior se verifică valorile momentelor caracteristice, acestea fiind prezentate în tabelul 6.2., după rulare în variantă finală.

Stăvila lestată: momente caracteristice

Tabel 6.2.

α_i	0°	20°	40°	46°
MARC	69	13414	19663	20629
MADC	24119	27089	26793	26028
MRC	24050	13675	7130	5399

Din tabelul 6.2. se observă că valoarea minimă a momentului remanent la coborâre ($MARC = 69$ kNm) este pozitivă deci, stăvila se închide în curent sub greutatea proprie și a lestului.

6.3.2. Amplasarea și dimensionarea lestului

Materialul de lestarsă în varianta propusă fiind un lichid, amplasarea lui necesită o incintă etanșă care, poate fi realizată în rigla cadrului stăvilii; în soluțiile uzuale de alcătuire, rigla cadrului reprezintă o secțiune dublu conică, realizată astfel pentru a prelua efectul răsucirii împiedecate.

În această situație locul de amplasare al leștului este rigla cadrului(cheson cu contur poligonal , în secțiune, mai puțin zona curbilinie a platelajului) executată din repere de oțel, îmbinate cu suduri realizate etanș.

Pentru greutatea specifică a apei de 10 kN/m^3 , și greutatea leștului de 625 kN (calculată la punctul 6.3.1.) se determină volumul necesar al chesonului stavilei analizate Pentru secțiunea transversală a stavilei prezentate în fig. 6.3. aria închisă de conturul interior al riglei (chesonului) este $A = 8,21 \text{ m}^2$. Deschiderea riglei între brațele stavilei are valoarea $L_r=8,4 \text{ m}$. Amplasând leștul în rigla cadrului doar în tronsonul dintre brațele stavilei, volumul util este $V_u \approx 68,96 \text{ m}^3$ ceea ce corespunde unei greutatei maxime a leștului de $689,6 \text{ kN}$, greutate superioară valorii minim necesare de 625 kN , cu cca 10% care, poate acoperi eventuale erori de execuție și montaj ale stavilei.

6.3.3. Instalația de leștare

Ca alcătuire , execuție și exploatare instalația de leștare se poate soluționa cu o investiție minimă, instalația componându-se din : țevi, coturi , flanșe , mufe, robineti (având suprafețele protejate anticoroziv prin zincare), garnituri de etanșare , elemente de asamblare (șuruburi, piulițe, șaibe) și suportți de rezemare și fixare a instalației pe structura metalică a stavilei.

Instalația de leștare are în componență două trasee distincte:

a. Traseul de admisie al apei (leștului) din lac în incinta închisă (chesonul stavilei) , traseu care are punctul de plecare în platelaj, la cca $0,25 \text{ m}$ deasupra radierului (fig. 6.4.);este recomandabil ca această mărime să fie de minim $0,10 \text{ m}$ pentru a nu se ajunge în zona depunerilor aluvionare de la pragul inferior al stavilei. Fixarea tubulaturii traseului de admisie pe platelaj se face prin sudură cu pătrundere completă iar în rest, fixarea se realizează în variantă demontabilă, având ca suport antretoazele stavilei; finalul traseului de admisie este prevăzut cu un robinet de serviciu, acționat din exteriorul chesonului stavilei dotat în acest scop, cu o împrejmuire pentru protecția personalului de deservire! Ca măsură suplimentară, se va prevedea și un robinet de avarie, anterior celui de serviciu !

Impunând un timp de leștare al stavilei de 10 minute și utilizând două fire de admisie, dispuse simetric pe stavila analizată suprafața necesară a secțiunii transversale a admisiei va fi:

$$S_n = \frac{q}{v} \quad (\text{m}^2) \quad (6 - 4)$$

unde : q este debitul unitar (m^3/s);

v este viteza apei (m/s) corespunzătoare coloanei hidrostatice pe pragul stavilei.

Debitul unitar (q) se obține împărțind volumul util (V_u) al cantității de leșt la timpul (t) de umplere, exprimat în secunde.

$$q = \frac{V_u}{t} = \frac{68,96}{600} = 0,115 \text{ m}^3 / \text{s} \quad (6 - 5)$$

iar viteza apei corespunzătoare înălțimii coloanei hidrostatice $h = 63 \text{ m}$ este

$$v = \varphi \sqrt{2gh} = 0,97 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 63} = 34,1 \text{ m/s} \quad (6 - 6)$$

unde: $\varphi = 0,97$ reprezintă coeficientul de corecție al vitezei după /5/.

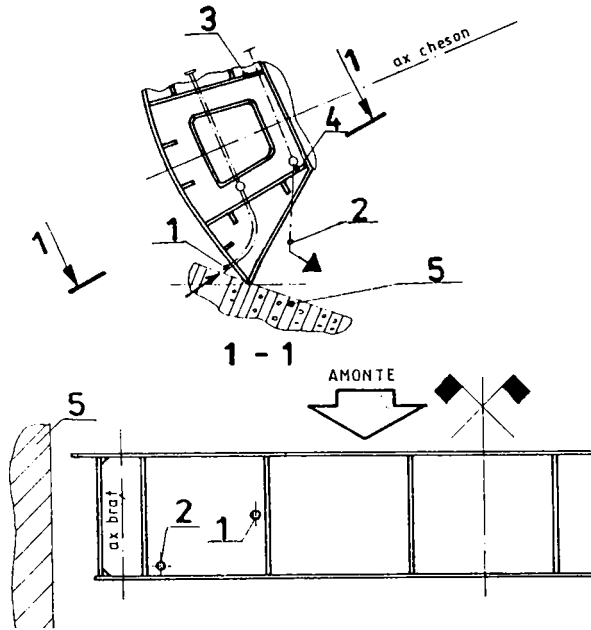


fig. 6.4. Stavilă segment de adâncime. Trasee admisie - evacuare lest.

- 1 - admisie. 2 - evacuare. 3 - inima superioară a chesonului.
4 - inima inferioară a chesonului. 5 - infrastructură de beton.

Astfel suprafața necesară a admisiei are valoarea:

$$S_n = \frac{0,115}{34,1} = 0,00337 \text{ m}^2.$$

Diametrul interior necesar pentru un fir al admisiei este :

$$d_{\text{nec}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_n \cdot 0,5}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00337 \cdot 0,5}{\pi}} = 0,0463 \text{ m}, \quad (6-7)$$

$$d_{\text{nec}} \approx 47 \text{ mm}.$$

Ca variante ale diametrului necesar se pot alege:

$$d'_{\text{nec}} = 38 \text{ mm pentru admisie pe trei fire;}$$

$$d''_{\text{nec}} = 33 \text{ mm pentru admisie pe patru fire.}$$

Notă:

În partea superioară (inima superioară) chesonul stavilei va fi prevăzut cu orificii de evacuare a aerului, la admisia lestului. Suprafața acestor orificii va depăși cu cca. 20% suprafața calculată S_n , pentru a se asigura o evacuare lejeră a aerului din cheson.

În general, diametrul tubulaturii de admisie se va stabili funcție de timpul de închidere al stavilei, menționat în tema de proiectare, având determinat volumul util (v_u - v.pct 6.3.2.).

b. Trasul de evacuare al apei din incinta închisă (chesonul stavilei), în aval, are ca punct de plecare partea inferioară a incintei (inima inferioară a chesonului - v.fig.6.4.); prinderea tubulaturii evacuării de inima inferioară a chesonului se realizează prin sudură cu pătrundere completă, restul traseului, având ca suport antretoaza stavilei, va fi fixat în soluție demontabilă cu bride și șuruburi. Evacuarea lestului în aval se va realiza gravimetric. Diametrele tubulaturii traseului de evacuare vor fi similare cu cele ale admisiei sau mai mari dacă se dorește o ridicare mai rapidă a stavilei.

La fel ca în cazul admisiei, traseul de evacuare va fi compus din două sau mai multe fire, fiecare, fiind prevăzut cu câte un robinet de evacuare a lestului.

Acționarea instalației de lestarsă se va realiza din exteriorul chesonului stavilei și anume de pe inima superioară a chesonului (fig. 6.4.) care în mod curent este amenajată pentru circulația personalului de deservire.

Pentru eventuale intervenții la instalația de lestarsă, stavila se va pune la uscat prin intermediul stavilei de siguranță (batardou) din amonte.

6.3.4. Funcționarea stavilei în noua variantă de lestarsă.

În ipoteza stavilă pe radier, de pe platforma de acționare a instalației de lestarsă, prin deschiderea robinetului de evacuare, apa este descărcată gravimetric din chesonul stavilei în aval; prin reglarea fină a deschiderii robinetelor, mișcarea de ridicare a stavilei poate fi sensibil controlată; pe măsură ce lestul este evacuat, stavila se ridică mărind deschiderea orificiului obturat; pentru oprirea stavilei într-o poziție oarecare, robinetii de evacuare vor fi închiși, evacuarea lestului fiind oprită.

Operația de închidere a orificiului urmează cursul invers; prin deschiderea robinetelor de admisie, apa din lac pătrunde în cheson, determinând coborârea stavilei pe prag moment în care, traseul admisiei va fi închis.

Astfel ciclul de închidere - deschidere al orificiului (coborâre - ridicare a stavilei) se încheie, putând fi reluat după necesități.

Operațiile de admisie - evacuare (coborâre - ridicare stavilă) pot fi automatizate prin utilizarea unor electroventile acționate din camera de comandă; prin monitorizarea comenzilor operațiile de acționare a stavilei vor fi comandate și urmărite de la distanță.

6.3.5. Particularități specifice noii soluții de lestarsă

Noua soluție de lestarsă presupune un volum redus de materiale și manoperă și poate fi aplicată C.M.H. aflate în exploatare și celor în curs de proiectare.

În toate cazurile este necesar a fi realizat compartimentul etanș care să adăpostească lestul; C.M.H. aflate în exploatare a căror structură de rezistență este alcătuită din grinzii cu inimă plină, pot fi lestate în noua soluție, prin crearea compartimentului etanș între grinzile principale cu un minim de materiale și manoperă.

Se va acorda o mare atenție lucrărilor de execuție a protecției anticorozive a suprafețelor incintei închise, care ulterior poate fi vizitată numai cu ocazia reviziilor periodice sau a reparațiilor capitale când, stavila este pusă la uscat.

În zonele geografice cu temperaturi negative, paramentul aval al incintei închise va fi prevăzut cu termoizolație sau în perioadele critice în apa de lestarsă se vor introduce substanțe cu efect antigel, se menționează că stavilele de adâncime care echipează golurile de fund sunt acționate foarte rar, în acest sens, evacuarea lestului și a substanțelor cu efect antigel având o periodicitate mare! Ca substanțe cu efect antigel se poate utiliza etilenglicolul adăugată în apă,

menționat de /3/ , mixtura apă - etilenglicol având punctul de îngheț la -40°C . Ca substanțe cu efect antigel vor fi utilizate doar cele care au fost verificate și admise din punct de vedere ecologic pentru a fi evitate efectele negative asupra ecosistemului în cauză .

6.3.6. Concluzii

Forțele de frecare care apar la mișcarea stavilei în nișă: acțiunea hidrostatică , forța ascensională etc. , reprezintă mărimi care se opun închiderii stavilei în curent.

În general , pentru stavile de adâncime, greutatea structurii metalice nu reușește să învingă efectul acțiunilor care se opun închiderii stavilei în curent motiv pentru care, este necesară adăugarea unei volum de leșt determinat astfel ca sub greutatea proprie și a leștului stavila să se închidă .

Studiind unele probleme privind comportarea în timp a stavilelor în soluțiile existente de leștare și prin analizarea limitelor acestor soluții s-a urmărit găsirea unei variante noi, eficientă economic, posibil de executat și care să ofere siguranță în exploatare.

Rezultatele cercetării au condus la o soluție nouă în care leștul este reprezentat de apa din lacul de acumulare; admisia leștului nu crează probleme tehnologice iar evacuarea lui se realizează gravimetric, costurile de execuție având o valoare scăzută !

Contribuțiile aduse în domeniul C.M.H. de retenție , prin aplicarea soluției de leștare propusă , se concretizează în câteva avantaje dintre care se menționează :

1. Diminuarea semnificativă a gabaritelor instalației de acționare (servomotor) ca urmare a micșorării masei C.M.H. care nu mai are încorporată masa leștului solid din vechea variantă; totodată compartimentul etanș are efect de flotor în momentul ridicării stavilei.
2. Posibilități de urmărire în timp și refacere a protecției anticorozive a structurii metalice.
3. O exploatare ușoară a stavilei și posibilitatea extragerii ei din nișă dacă se impune acest lucru.
4. Eliminarea unui volum mare de manoperă , utilaje etc. specifice leștării în vechile soluții.

Se menționează că noua soluție se poate aplica și stavilelor aflate în exploatare acestea necesitând modificări simple care constau în realizarea incintei etanșe necesare leștului și în introducerea instalației de leștare.

Bibliografie

1. Caraba I. - Construcții metalice hidrotehnice. Partea a II-a. Construcții metalice speciale. Institutul Politehnic "T. Vuia" Timișoara. 1978.
2. Gheorghiescu P. - Schiță de strategie a dezvoltării sectorului hidroenergetic în perioada 1995-2005. Hidroenergetica*44*1996 Nr. 1 -A .
3. Siemens - Sultartangi - Iceland. Hydroelectric project 02. 1997.
4. x x x - DIN 19704 - 1 Stahlwasserbauten Berechnungsgrundlagen 05. 1996.
5. Cioc D. - Hidraulică. Ed. Didactică și pedagogică. București 1975.

CAPITOLUL 7

MATERIALE UTILIZATE LA EXECUȚIA CONSTRUCȚIILOR METALICE HIDROTEHNICE DE RETENȚIE

7.1. Noțiuni introductive

După cum indică și numele, materialul de bază din care se execută construcțiile metalice hidrotehnice este metalul care reprezintă cea mai mare parte din greutatea construcției ; analiza unei stavile segment cu clapetă care obturează un orificiu de $16 \times 10 \text{ m}^2$ arată că materialul metalic ocupă 98% din greutatea construcției . Materialul metalic principal este oțelul iar fonta , bronzul , plumbul etc. se utilizează mai rar la execuția unor piese speciale, la realizarea etanșărilor, la dispozitive de rulare , după cum se menționează în /1/.

Oțelul conferă C.M.H. greutate mică în condițiile unei capacități portante ridicate; fiind construcții în mișcare, greutatea stavilei influențează direct gabaritul instalației de acționare.

Pe lângă materialul de bază , oțelul , sunt necesare și alte materiale care deși au o pondere mică devin indispensabile pentru funcționarea ansamblului. Dintre aceste materiale se menționează:

a. Materiale pentru îmbinări

Datorită posibilităților oferite de tehnologiile de sudură , în mod curent C.M.H. se execută din repere îmbinate prin cusături de sudură, cea mai răspândită fiind metoda de sudare cu arc electric executată manual , semiautomat sau automat.

Materialele utilizate la execuția sudurii manuale sunt electrozii înveliți , conform STAS 1125/1-91 și STAS 1125/2-81, utilizați la sudura oțelurilor carbon și slab aliate .

Sudura electrică semiautomată și automată folosește ca material de adaos sârmă plină de oțel , conform STAS 1126-87, iar ca material de protecție un fondant (flux) care , protejează arcul electric și baia de material topit de contactul cu atmosfera.

Îmbinările de montaj între subansamble care se realizează pe șantier se execută cu ajutorul cusăturilor de sudură (executată manual) sau prin intermediul șuruburilor obișnuite sau a șuruburilor IP conform STAS8796/1-80 (DIN6914). Când deplasarea reciprocă a subansamblelor îmbinate nu este admisă (ex. tronsoanele unei porți buscate supusă acțiunii hidrostatice cu sens variabil) , se vor utiliza șuruburi pășuite STAS 5930-89 (v. /7/ și /13/), introduse în găuri având diametrul cu maxim 0,3 mm mai mare decât diametrul șurubului.

Ca urmare a exploatării în mediul acvatic, îmbinările cu șuruburi sunt supuse efectului corozivității; în mod curent materialele de îmbinare (șuruburi, piulițe , șaibe etc.) se protejează prin zincare, cadmiere dar cu toate acestea corozivitatea se instalează după câțiva ani în funcție de agresivitatea mediului acvatic; efectul corozivității are influențe defavorabile în special în zona sistemelor de etanșare, zonă atacată preferențial de corozivitate, constatată efectuată cu ocazia reparației capitale de la "Stavila dublu cârlig" , amenajarea Porțile de Fier I; explicația constă în faptul că zona etanșărilor, prin stratificarea reperelor : garnituri, presgarnituri , suport garnituri, șuruburi, piulițe, constituie un loc mai greu de protejat anticoroziv, pe de o parte iar sub alt aspect mulțimea pieselor și spațiile înguste favorizează depunerile de mâl , vegetație și alți factori agresivi .

Soluționarea problemei constă în utilizarea în zona îmbinărilor, a reperelor executate din oțel inoxidabil , costul superior fiind justificat de buna funcționare în exploatare a stavilei și de reducerea volumului de manoperă consumat cu ocazia reparațiilor.

Ca material de îmbinare în tabelul 7.1. se propun câteva șuruburi din oțel inoxidabil, după /9/ , care pot fi utilizate la îmbinările demontabile ale structurilor metalice hidrotehnice.

Șuruburi din oțel inoxidabil

Tabelul 7.1.

Grupa de oțel după DIN 3506	Diametrul	Limita de curgere (σ_c) N/mm ²	Rezistența de rupere la tracțiune (σ_t) N/mm ²
A2 și A4	< M39	210	500
	≤ M20	450	700
	>M20 ≤ M39	250	500
	≤ M20	600	800

Se menționează că asemenea tipuri de șuruburi au fost utilizate la proiectarea, la nivel de proiect de execuție, a porților buscate segment (cap. 3.2.1.) și a stavilei segment de adâncime prezentată în lucrare la punctul 3.2.2.

b. Materiale de etanșare.

Elastomerii sunt cele mai utilizate materiale pentru etanșare. Ca material de etanșare, în zona reazemelor porților buscate, materialul clasic babitul, a fost înlocuit cu rășini sintetice (Chockfast și Nordbak) injectate care, în contact cu aerul se solidifică conferind rezistența și gradul de etanșeitate dorit.

Lemnul este folosit în cazuri rare ca material de etanșare fiind însă utilizat ca material de protecție a structurii metalice împotriva loviturii navelor.

Valorile caracteristice ale materialelor de etanșare, după /9/, vor fi cele indicate în normele producătorului care garantează respectivi parametrii.

c. Materiale de protecție anticorozivă. Prin funcționarea în apă C.M.H. sunt supuse fenomenului de coroziune care este și mai pronunțat în condițiile unui mediu poluat. Din aceste motive materialele de protecție anticorozivă sunt indispensabile funcționării stavilelor.

Vopselele, aplicate în straturi succesive sunt cele mai utilizate materiale; unele metale ca zincul și aluminiul, aplicate prin galvanizare sau pulverizare pot constitui elemente de protecție a structurii de rezistență; înglobarea în beton constituie o măsură de protecție fiind utilizată în general la piesele metalice înglobate.

d. Materiale pentru izolarea termică a unor incinte etanșe, precum cele care adăpostesc sistemele de încălzire prin inducție electrică a suprafețelor metalice în contact cu garniturile de etanșare. Ca materiale pentru izolarea termică se pot utiliza: polistiren expandat, plăci de plută expandată, plăci rigide de spumă poliuretanică.

e. Materiale antifricțiune. Materiale sintetice, cu caracteristici tehnice și funcționale superioare înlocuiesc tot mai mult clasicele materiale antifricțiune (bronz fosforat, bronz turnat), în acest sens menționându-se poliamida utilizată la execuția articulațiilor autolubrifiante; pe plan național poliamida a fost folosită la execuția articulațiilor unor stavile segment cu clapetă 16x(11+3) și 16x(8,23+2,2).

Anii '80 marchează utilizarea glicodurului (rășină sintetică teflonată) la execuția bușelor autolubrifiante, în fig. 7.1. fiind prezentate după /2/, câteva tipuri constructive precum și secțiunile transversale (variante) prin material.

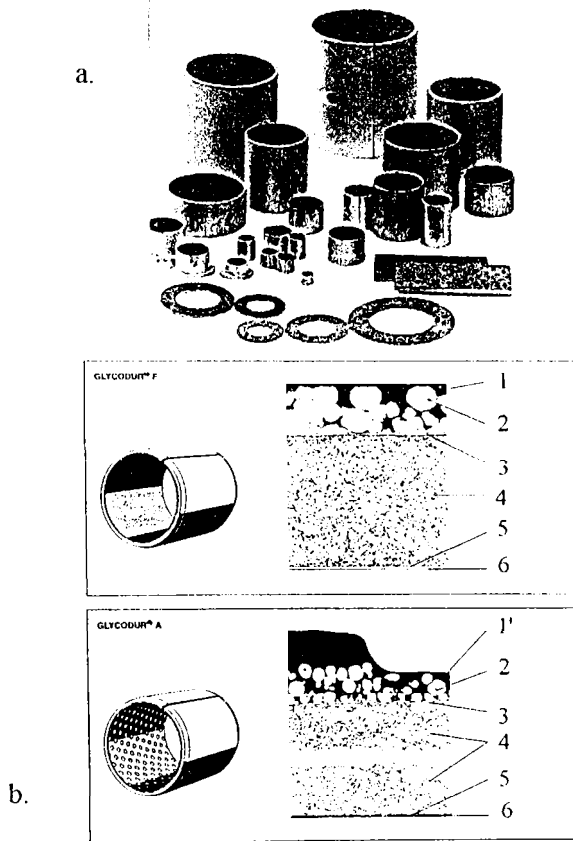


fig. 7.1. Glicodur. Lagăre de alunecare cu suprafață uscată .

a. tipuri constructive;

b. stratificația materialului ;

1 - politetrafluoretilenă (PTFE). 1' - polyoxymethylenă. 2 - bronz poros.

3 - strat de cupru. 4 - suport de oțel. 5 - strat de cupru. 6 - strat de acoperire.

7.2. Oțelul , material de bază al structurilor metalice hidrotehnice și alegerea lui

Utilizarea oțelului conferă structuri construcției multiple avantaje dintre care se enumeră :

- un mare grad de rezistență și siguranță în exploatare;
- masă redusă ;
- alcătuire structurală variată, urmare a posibilităților de îmbinare cu sudură;
- posibilități multiple și simple de consolidare în cazul avariilor.

După ieșirea din uz a C.M.H. , metalul structurii poate fi reciclat în întregime, cu avantajele ce decurg din această operație . Aplicarea posibilităților tehnologice actuale de protecție anticorozivă a oțelului împiedică formarea oxizilor la suprafața metalului. Studiul pe parcursul exploatării, reviziile periodice și reparațiilor capitale ale C.M.H. au evidențiat că , protecția anticorozivă executată conform caietelor de sarcini și a prescripțiilor fabricantului de vopsele, nu permite degradarea metalului structurii de rezistență ; zonele corodate,

depistate cu aceste ocazii, au fost situate la nivelul sistemelor de etanșare, între interfețele elementelor componente ale etanșării: presgarnituri, șuruburi, piulițe etc. În acest sens sunt utile recomandările, specificate în /4/, privind utilizarea elementelor din oțel inoxidabil în cazul asamblărilor demontabile.

7.2.1. Mărci de oțel utilizate curent la execuția C.M.H.

Elementele de rezistență ale C.M.H. se execută curent, după /1/, din oțeluri de uz general pentru construcții (STAS 500/2-80) care, au un conținut redus de carbon ($C \leq 0,25\%$); dintre acestea o frecvență utilizare o au mărcile OL 37 și OL 52.

Pentru structuri metalice care lucrează într-un mediu coroziv se pot utiliza oțeluri cu rezistență mărită la corозиune atmosferică printre acestea, enumerându-se mărcile: ORCA37, ORCA52A și ORCA52B (STAS500/3-80).

La confecționarea elementelor structurale sudate, greu solicitate, care lucrează la temperaturi scăzute se folosesc oțeluri slab aliate cu granulație fină și anume mărcile: OCS 44, OCS 52, OCS 55, OCS 58 (9021/1-89).

Pentru execuția aparatelor de reazem și a dispozitivelor de rulare se utilizează oțelul turnat, mărcile OT40 și OT50 (STAS 600-82); piesele forjate, se execută din oțel carbon de calitate OLC 35, OLC 45 (STAS880-88); pentru șinele de rulare ale stavilelor se folosesc mărcile OL 50, OL 60 și OL70 (STAS 500/2-80).

La îmbinarea cu șuruburi a subansamblelor componente ale C.M.H., executate din OL 37 sau mărci similare, grupa minimă a caracteristicilor mecanice ale șuruburilor va fi 4.6.; pentru structuri de rezistență executate din oțel marca OL52 șuruburile utilizate vor avea grupa minimă a caracteristicilor mecanice 6.6.

Pentru confecționarea șuruburilor de înaltă rezistență pretensionate se utilizează oțeluri aliate 41.MoC.11 (STAS791-88) care asigură grupa caracteristicilor mecanice de minim 8.8.

Suprafața pieselor metalice înglobate, în contact cu garniturile de etanșare executate din elastomeri, sunt placate cu oțel inoxidabil; curent pentru placare se utilizează oțel inox marca 10Cr 130 (STAS 3583-87). Studiul comportării în exploatare a elementelor placate cu acest oțel inoxidabil a pus în evidență pete de rugină aderentă apărută ca urmare a formării oxizilor în zonele învecinate, în cazul structurii de rezistență executată din oțel de uz general (ex. OL 52) și neprotejată corespunzător anticoroziv.

Preferențial aceste zone (scuturi la stavile clapetă, ghidaje laterale la stavile segment etc.), prin poziția lor, favorizează deplasarea gravimetrică a oxizilor de pe structura metalică de bază pe suprafața oțelului inoxidabil; aceasta devenind rugoasă, înrăutățește funcționarea etanșărilor laterale. Spre a evita aceste deficiente atât estetice cât și funcționale, la punctul 7.2.2.b, se propune utilizarea unui material nou.

Tot ca o alternativă de a crea suprafețe plane inoxidabile în zona etanșărilor laterale (ex. scuturile stavilelor clapetă) s-au utilizat table de oțel de uz general placate, prin explozie cu oțel inoxidabil conform STAS 12535-87. Ca oțel de bază se folosesc mărcile R37, R44 și R52 conform STAS 2883/2-81, având grosimea tablei de bază de minim 10 mm, iar ca material de placare table de minim 2 mm grosime de oțel inoxidabil marca 10Cr130.

În calculul de rezistență se utilizează doar grosimea tablei de bază. Neajunsurile acestui tip de material (oțel de uz general placat cu inox) sunt:

- corectarea prin polizare, a eventualelor deficiențe de uzinare și montaj a subansamblelor reduce semnificativ grosimea tablei de oțel inoxidabil;
- deformarea prin îndoire a elementului placat (ex. scut, platelaj) deranjează conlucrarea dintre tabla de bază și materialul de placare.

Cele două limite pot fi excluse utilizând un material nou (v. punct 7.2.2.b) în alcătuirea elementelor structurale ale stavilei.

Din sortimentul de metal existent , proiectantul trebuie să aleagă oțelul adecvat pentru structura metalică sudată a C.M.H., prin alegerea oțelului înțelegându-se marca , clasa de calitate și gradul de dezoxidare al oțelului.

După /3/, la reperetele asamblate prin sudură , clasa de calitate a oțelului depinde de grosimea peretelui reperului (mm), de temperatura de exploatare și de coeficientul de periculozitate care , se determină cu relația:

$$G = k S B \quad (7 - 1)$$

unde :

k este un factor constructiv exprimat funcție de tendința de rupere fragilă;

S este factorul de importanță a elementului de construcție ;

B este factorul de solicitare.

Cu valoarea G, funcție de temperatura de exploatare și de grosimea peretelui reperului se determină clasa de calitate a oțelului cu scopul evitării pericolului rupei fragile care ar genera mari pierderi economice.

Alegerea clasei de calitate se exemplifică pentru o stavilă segment $10 \times 16 \text{ mm}^2$, executată din oțel marca OL37. Prin tema de proiectare se menționează că temperatura minimă de exploatare este de -30°C . Structura metalică va fi alcătuită din repere sudate având grosimea maximă a peretelui de 16 mm .

În aceste condiții valorile factorilor k, S și B determinați după /3/ sunt :

k = 2,0 pentru construcții și elemente de construcții cuprinzând plăci cu rigidizări, care lucrează în stare biaxială de solicitări ;

S = 1,0 pentru elemente de construcție cuprinse în sistemul de rezistență al structurii;

B = 1,0 pentru elemente de construcție supuse la solicitări statice și dinamice (viteza de solicitare $< 500 \text{ N/mm}^2\text{s}$).

Cu aceste valori:

$$G = 2,0 \cdot 1 \cdot 1 = 2,0 \quad (7 - 1')$$

iar pentru temperatura de -30°C și grosimi de tablă , t = 16 mm după /3/, fig. 7.2. , rezultă un oțel cu clasa de calitate 3. Pentru execuția structurii metalice a stavilei se va utiliza un oțel având gradul de dezoxidare kf, (calmat suplimentar cu aluminiu), în final modul de simbolizare fiind: OL 37.3. kf.

COEFICIENT DE PERICULOZITATE $G = k \cdot S \cdot B$	TEMPERATURA MINIMĂ DE PROIECTARE ($^\circ\text{C}$)						GROSIMEA PRODUSULUI ^{*)} (mm)									
	0	-10	-20	-30	-40	-50	5	10	15	20	25	30	35	40	45	
3,0						3,0										7
				3,0	2,5	2,0										6
			3,0	2,5	2,0	1,5										5
		3,0	2,5	2,0	1,5	1,0										4
	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5										3
2,5							Clasa de calitate 2 (oțel necalmat)									
							Clasa de calitate 1 (oțel necalmat)		Clasa de calitate 2 (oțel calmat)							
2,0	1,5	1,0	0,5													

^{*)} Pentru profile se ia grosimea medie a tălpii

fig. 7.2. Diagrama pentru alegerea clasei de calitate a oțelului .

Gradul de dezoxidare ales se datorează faptul că structura metalică este supusă unei stări complexe de eforturi.

Alegerea mărcii oțelului, după metoda coeficientului de periculozitate, este influențată de experiența de proiectare; este util ca în aprecierea mărcii oțelului să nu se ajungă la o exagerare a condițiilor de exploatare , a importanței elementelor structurale etc. prin aceasta, rezultând oțeluri de mărci superioare și evident un preț de cost ridicat al materialului de bază ;

îmbinările sudate care, în cazul unui oțel superior sunt mai costisitoare ,majorează suplimentar valoarea investiției.

7.2.2. Mărci de oțel propuse pentru execuția C.M.H.

Având în vedere execuția în serie mică a construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție precum și impactul asupra mediului și asupra centrelor populate ca urmare a unei eventuale distrugerii a structurii metalice , este de dorit ca execuția acesteia să se realizeze din materiale cât mai performante. Pe lângă aceste aspecte mai trebuie luate în considerare și condițiile severe de exploatare: mediul subacvatic (și agenți poluanți), acces și vizibilitate redusă , în special la stavile de adâncime etc.

În aceste condiții, /4/ recomandă ca în zona de îmbinare a două subansamble , reperate componente să fie executate din oțel inoxidabil în cazul îmbinărilor demontabile, materialele de îmbinare (șuruburi, piulițe, șaibe) fiind realizate tot din oțel inoxidabil ; justificarea rezidă în ușurința operației de demontare, zona îmbinărilor fiind preferențial supusă degradărilor prin coroziune în cazul utilizării oțelului de uz general.

Costurile ridicate, privind înlocuirea C.M.H. de retenție, reprezintă un argument care pledează în favoarea efectuării unei riguroase analize la alegerea mărcii oțelului structurii.

Posibilitățile actuale de informare sunt o sursă importantă de studiu a soluțiilor moderne adoptate la alegerea oțelului structurii metalice constituindu-se astfel , premisele pentru alinierea la standardele europene; în prezentul capitol, vor fi prezentate câteva tipuri de oțel utilizat în concepția C.M.H. , la nivel de proiect de execuție.

7.2.2.a. Oțeluri carbon pentru construcții metalice

Alegerea mărcii oțelului destinat execuției construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție este o problemă importantă în activitatea de proiectare; alegerea rațională a materialului de bază, oțelul, va urmări atingerea unor criterii cu eficiență sporită dintre care , se enumeră următoarele:

- volumul de manoperă și costul proceselor tehnologice necesare uzinării C.M.H. să reprezinte minimul posibil; acest criteriu este analizat riguros, în faza de proiectare, în toate țările occidentale, adesea costurile de execuție fiind hotărâtoare comparativ cu alte aspecte;
- activitățile de montaj al construcției metalice vor fi analizate în faza de proiectare spre a se reduce la operațiuni simple ; îmbinările de montaj prin sudură vor fi reduse la minim; poziționarea pieselor înglobate efectuată riguros , elimină activitățile ulterioare costisitoare generate de un montaj defectuos ;
- siguranța și promptitudinea în funcționare a C.M.H. , precum și posibilitățile ușoare de întreținere sunt factorii de maximă importanță pe perioada exploatării; în acest sens cunoașterea agresivității mediului (agenții poluanți din apa lacului de acumulare) contribuie la alegerea corectă a protecției anticorozive a oțelului care, la rândul ei influențează costul total al investiției.

Utilizarea unui oțel având caracteristici mecanice superioare, pentru a obține greutatea redusă ale structurii metalice, nu are întotdeauna efectul economic scontat; motivul rezidă în faptul că oțelurile cu mărci superioare au un preț de producție ridicat comparativ cu oțelul normal OL37; în acest sens este semnificativă analiza cazului elementelor comprimate (brațul stavilei segment , barele comprimate ale grinzilor cu zăbrele) executate din OL 37 și OL 52 a căror secțiune rezultată din condiția de stabilitate; admitând un coeficient de zveltețe $\lambda = 120$, coeficientul de flambaj φ va avea valorile $\varphi = 0,409$ pentru OL 37 și $\varphi = 0,272$ pentru OL 52. Considerând o bară de lungime l și cu aria secțiunii transversale A , bara executându-se în

prima variantă din OL37 iar în a doua varianta din OL52 , raportul efortului axial capabil în cele două situații este:

$$\frac{N_{cap}^{OL37}}{N_{cap}^{OL52}} = \frac{\varphi^{OL37} \cdot \sigma^{OL37} \cdot A}{\varphi^{OL52} \cdot \sigma^{OL52} \cdot A} = \frac{0,409 \cdot 1400}{0,272 \cdot 2100} \approx 1,003 \quad (7-2)$$

Se constată că efortul axial capabil este același la un consum egal de metal cu observația că prețul de producție al mărcii OL52 este superior celui corespunzător mărcii OL37; bazat pe acest considerent oțelul marca OL 37 are o largă utilizare în execuția C.M.H. de retenție. Alte caracteristici importante de mărcii OL37 având în vedere că structura metalică se execută în general în soluție sudată , sunt:

- posibilitatea executării unei îmbinări sudate de calitate, cu mare tenacitate și fără defecte;
- siguranța în exploatare a îmbinării sudate, sub efectul influenței tehnologiei de sudare, este ridicată.

În tabelul 7.2. sunt prezentate caracteristicile tehnice ale unor oțeluri carbon, după /6/ și /15/, utilizate la execuția porților buscate segment* (v. punctul 3.2.1.), oțeluri care sunt propuse și pentru realizarea altor C.M.H.; comparativ, în tabel sunt prezentate caracteristicile tehnice ale oțelului românesc OL37.

Compoziția chimică a tablelor din oțel (%)

Tab. 7.2.a

Marca oțelului	C max	M _n max	S _i max	P max	S max	(P+S) max
OL37	0,19	0,85	0,40	0,050	0,050	0,10
40EE	0,17	-	-	0,035	0,035	0,07
44EE	0,18	-	-	0,035	0,035	0,07
50EE	0,20	1,6	0,55	0,035	0,035	0,07

*Concepute la nivel de proiect de execuție , spre a echipa patru orificii de dimensiuni diferite.

Tabelul 7.2.b.

Proprietăți mecanice pentru table din oțel

Marca oțelului	Rezistența de rupere R_m [N/mm ²]	Valoarea minimă a limitei de curgere pentru grosimi (mm)						Valoarea minimă a alungirii A, pentru grosimi a (mm) [%]			Energia minimă la rupere kV		
		$t < 16$ [N/mm ²]	$16 < t < 40$ [N/mm ²]	$40 < t < 63$ [N/mm ²]	$63 < t < 100$ [N/mm ²]	$100 < t < 150$ [N/mm ²]	80mm %	200mm %	$L_0=5, 65\sqrt{S_0}$ %	Temp (°C)	Valoarea minimă a energiei [daJ]	Grosime (mm)	
OL37	370/450	240	230	210	210	-	25 (8 _c a _c 25)	-	25	±20	2,7	-	
OL52	520/620	360	350	340	340	-	22 (8 _c a _c 25)	-	22	±20	2,7	-	
40EE	340/500	260	245	240	225	205	25	22	25	50	2,7	75	
43EE	430/580	275	265	255	245	225	23	20	22	50	2,7	75	
50EE	490/640	355	345	340	325	305	20	18	20	50	2,7	75	

7.2.2.b Oțelul inoxidabil Remanit" 1.4301. (X5CrNi18-10)

Stavila segment de adâncime prezentată la punctul 3.2.2. are structura de rezistență executată în parte dintr-un oțel normal de construcții (OL37) și în parte dintr-un oțel de tip nou "Remanit" 1.4301 cu caracteristici inoxidabile, folosit la execuția platelajului. Lucrând la o adâncime de 65m, stavila a fost echipată la pragul superior cu un sistem de etanșare dublu pentru a cărei bună funcționare era necesar un platelaj cu rugozitate scăzută, neacoperit cu vopsea (spre a nu apare frecări mari) și fără posibilitatea de formare a oxizilor; în acest scop, s-a utilizat un oțel aliat pe bază de crom și nichel: "Remanit 1.4301.", care după /5/, are următoarele caracteristici mecanice

Limita de curgere minimă (R_p 0,2%)	$\geq 235 \text{ N/mm}^2$
Rezistența la tracțiune (R_m)	$550-750 \text{ N/mm}^2$
Alungirea la rupere (A5)	$\geq 40\%$

Compoziția chimică a oțelului este prezentată în tabelul 7.3.

Remanit 1.4301. Compoziția chimică (%) Tabelul 7.3.

	C	Cr	Mo	Ni
min	-	17,0	-	8,5
max	0,07	19,0	-	10,5

Oțelul se livrează în următoarele forme: benzi laminate la rece, table, rondele, table formate (croite).

Referitor la comportarea tehnologică a oțelului, /5/ menționează:

- oțelul poate fi foarte bine prelucrat la rece;
- durificarea prin ecruisare, este mai mare comparativ cu oțelurile aliate;
- printr-o anumită gradare a compoziției chimice cât și prin adaosuri de diferite elemente chimice se pot obține, după cerințe, caracteristici de deformare speciale sau caracteristici de sudare speciale;
- arsurile care apar cu diferite ocazii (tăiere cu flacăra, disc abraziv) favorizează apariția coroziunii în zonele afectate motiv pentru care, se va proceda la îndepărtarea prin polizare a metalului ars;
- prelucrarea prin polizare este posibilă;
- îmbinarea prin sudură este posibilă prin toate metodele, mai puțin sudare cu gaz.

Pe lângă acest oțel, după ultimele precizări ale /9/ se recomandă și alte tipuri de oțel inoxidabil (v.tab.7.4.) pentru execuția C.M.H.

Oțeluri inoxidabile Tab. 7.4.

Nr. crt.	Marca oțelului După DIN EN 10088	Număr de cod al furnizorului	Limita de curgere (σ_s) (N/mm^2)	Rezistența de rupere la tracțiune (σ_R) (N/mm^2)	Duritatea HB
1	X6CrNiTi18-10	1.4541	200/190	500	215
2	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	220/200	520/500	215
3	X4CrNiMo16-5-1	1.4418	680/550	840/760	320
4	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	460/450	640/650	270
5	X17CrNi16-2	1.4057	600	800	295

7.2.2.c. Profile laminate propuse pentru execuția C.M.H.

Tendința generală pe plan european privind raportul manoperă/material este de a micșora volumul de muncă, mult mai costisitoare decât oțelul și suplimentar, în cazul stăvililor este de dorit ca masa structurii metalice să fie cât mai redusă, având în vedere faptul că acest tip de construcții trebuie să manevrate, gabaritele instalațiilor de acționare fiind semnificative la valori mari ale greutateii structurii.

Volumul de manoperă este semnificativ influențat de utilizarea unor produse semifinite din oțel la alcătuirea secțiunii transversale a elementelor structurale și de realizarea unor îmbinări simple între repere.

Problema diminuării greutateii C.M.H. poate fi soluționată printr-o alcătuire judicioasă a secțiunilor transversale ale elementelor structurale, ceea ce conduce în final la valori ale eforturilor unitare efective apropiate de valorile rezistențelor admisibile ale materialului structurii.

Volumul de manoperă se reduce substanțial utilizând la confecționarea structurii metalice profile laminate care înlocuiesc vechile soluții: secțiuni transversale executate din repere decupate din tablă și îmbinate cu sudură. Noua variantă a fost aplicată în concepția următoarelor stăvil:

- poartă buscată segment 10x12,5 (v.pct. 3.2.1.);
- stavilă segment de adâncime 1x2,1/65(v.pct. 3.2.2.);
- stavilă segment de adâncime cu cadre multiple 10x10,312/63 (v.pct.3.2.4.).

În figura 7.3. sunt prezentate secțiunile transversale ale unor profile laminate "I" care au fost utilizate la proiectarea construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție. Dimensiunile mărimilor secționale sunt precizate în DIN 1025.

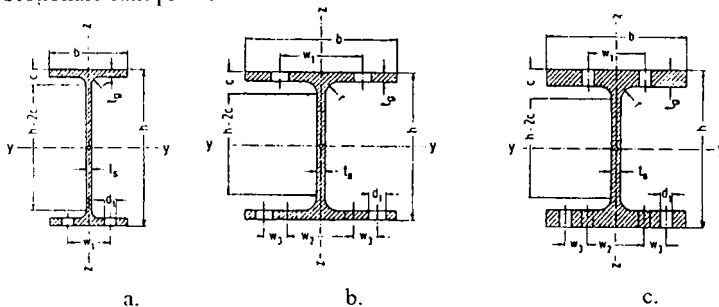


fig. 7.3. Profile laminate tip "I"; secțiuni transversale .

a - Profil laminat IPE. b - Profil laminat IPB. c - Profil laminat IPBv.

În capitolul trei al lucrării, a fost prezentat modul de alcătuire al sistemului de rezistență al canatului unei porți buscate segment, utilizând profile laminate (v.fig. 3.14.) la execuția diagonalelor, montanților, grinzilor verticale etc.

7.3. Materiale propuse pentru sistemele de etanșare ale stăvililor

Scopul sistemelor de etanșare este de a limita pierderile de apă la nivelul contactului dintre organul de închidere și piesa metalică înglobată în infrastructura de beton. În condițiile unei uzinări corecte a structurii de rezistență și a pieselor înglobate, obținerea unei etanșări corecte se realizează prin două moduri:

- a. Introducerea stavilei în deschiderea pe care o echipează cu o precomprimare de 2-5 mm a garniturilor de etanșare; pentru nivel hidrostatic, $h \leq 10$ m. col. H_2O , precomprimarea garniturilor de etanșare la introducerea stavilei, este obligatorie.

b. Pe lângă precomprimarea inițială a garniturilor, (punctul a), se adaugă comprimarea generată de acțiunea hidrostatică pe garnitură care, are efect semnificativ pentru coloane de apă mai mari de 10 m.

La manevrarea stavilei, datorită presiunii ce apare la contactul dintre garnitură și piesa înglobată, apar forțe de frecare opuse sensului mișcării; în figura 7.4. sunt prezentate după [8], valorile coeficienților de frecare ce apar la manevrarea stavilei, între garnitură și piesa metalică înglobată; sunt evidențiate valorile coeficientului de frecare μ în funcție de presiunea de contact p_c (N/mm²) pentru diferite durități Shore A ale cauciucului.

Deoarece mărirea forțelor de frecare dintre garnituri și piesa metalică înglobată influențează direct proporțional gabaritele mecanismelor de acționare ale stavilei, este de dorit ca materialele utilizate la confecționarea garniturii de etanșare să aibe coeficienții de frecare cât mai mici; din fig. 7.4. se observă că acest scop se realizează utilizând garnituri de etanșare acoperite cu teflon, prin aceasta valoarea coeficientului de frecare scade semnificativ la valoarea $\mu=0,1$! Valorile coeficienților μ (fig. 7.4.) au fost calculate la o viteză de glisare a stavilei de 20 cm/minut pe o suprafață umedă din oțel inoxidabil.

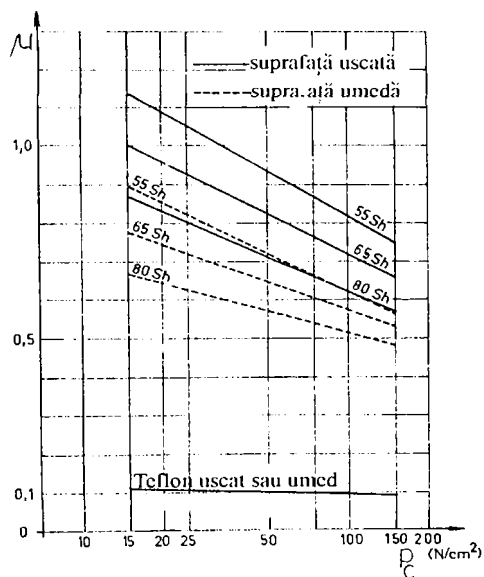


fig. 7.4. Coeficienții de frecare.

Pe o suprafață uscată și la o viteză de glisare de 40 cm/minut valoarea coeficientului μ crește cu 10% și scadește cu 5% la o viteză de glisare a stavilei de 10 cm/minut.

În prezentul capitolul se prezintă două garnituri de tip nou, utilizate la execuția sistemelor de etanșare (lateral și la pragul superior) ale unei stavile segment de adâncime a cărei alcătuire a fost descrisă în capitolul 3.2.2.

La pragul superior, stavila a fost prevăzută cu un sistem de etanșare dublu (fig. 7.5.) compus dintr-un sistem de etanșare fixat pe piesa metalică înglobată și un sistem de etanșare mobil, corp comun cu stavila; rolul sistemului de etanșare fixat pe piesa înglobată este de a realiza etanșarea permanentă între stavilă și piesa metalică înglobată pentru orice poziție a stavilei în mișcare; în acest fel jetul de apă care apare la manevrarea stavilei, la pragul superior în soluțiile clasice, este exclus. Cel de al doilea sistem de etanșare, fixat pe stavilă, intră în funcțiune în momentul închiderii complete a stavilei, eliminându-se astfel total pierderile de apă din amonte în aval.

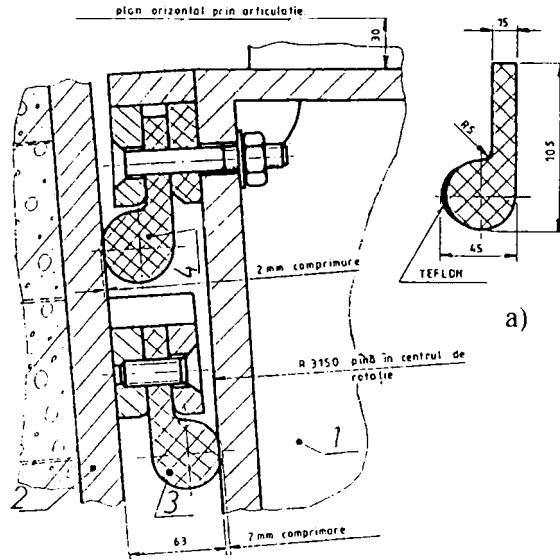


fig. 7.5. Sistem de etanșare dublu la pragul superior al stavilei .
 1 - stavilă. 2 - piesă metalică înglobată.
 3 - sistem de etanșare fix. 4 - sistem de etanșare mobil.
 a) garnitură de etanșare tip "P" teflonată.

La nivelul de contact garnitură - piesă metalică înglobată apar forțe de frecare importante, generate, atât de montajul garniturilor cu o precomprimare de 2 mm cât și de acțiunea hidrostatică (65 m.c.a.) asupra garniturilor ; pentru a reduce valoarea forțelor de frecare sistemul de etanșare de la pragul superior a fost echipat cu garnituri tip "P" teflonate (fig. 7.5a) cu număr de catalog M9075, după /8/).

Sistemul lateral de etanșare al stavilei, prezentat în fig. 3.22., utilizează tot o garnitură acoperită cu teflon (fig. 7.6.) în scopul reducerii forțelor de frecare; garnitura se execută prin turnare în matriță (după /8/, nr. de catalog M9114).

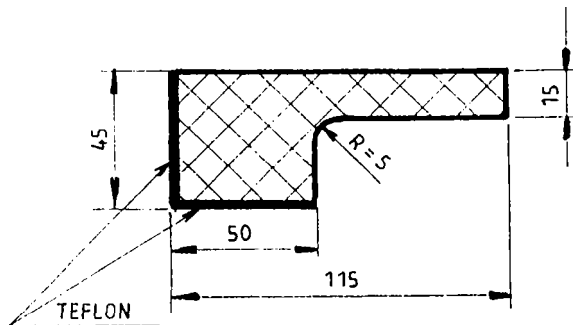


fig. 7.6. Garnitură de etanșare teflonată.

Mărimea forței de frecare F_f dintre garnitură și piesa înglobată depinde de valoarea coeficientului de frecare μ , în cazul când componenta normală pe suprafață $N = ct$ și se exprimă cu relația :

$$F_f = \mu N \quad \text{daN/cm.} \quad (7-3)$$

Efectul asupra mărimii forței de frecare în cele două variante, garnitură acoperită cu teflon și garnitură neteflonată, depinde deci de raportul coeficienților de frecare. Pentru o garnitură executată din cauciuc cu duritate Shore A65 și pentru valoarea presiunii de contact maxim admisibile $p_c = 150\text{N/cm}^2$ din fig. 7.4. se obțin următoarele valori ale coeficienților de frecare :

$\mu = 0,67$ pentru garnitură neteflonată;

$\mu' = 0,098$ pentru garnitură acoperită cu teflon, ceea ce conduce la valoarea raportului:

$$\frac{\mu}{\mu'} = \frac{0,67}{0,098} = 6,8 \quad (7-4)$$

și similar pentru presiunea de contact minim admisibilă $p_c = 50\text{N/cm}^2$ se obține:

$\mu = 0,83$ garnitură neteflonată

$\mu' = 0,1$ garnitură teflonată,

raportul coeficienților de frecare fiind :

$$\frac{\mu}{\mu'} = \frac{0,83}{0,1} = 8,3 \quad (7-4')$$

Efectul utilizării garniturilor acoperite cu teflon influențează mărirea forțelor de frecare contribuind deci la reducerea acestora cu de 6,8 până la 8,3 ori.

Pentru stavile care închid orificii mari ($>100\text{ m}^2$), urmare a lungimii sistemului de etanșare mărirea forței de frecare se reduce semnificativ (în medie cu 7,55 ori) prin aceasta fiind diminuată și mărirea forței de acționare. Deși prețul de cost al garniturilor teflonate este superior celui al garniturilor neteflonate, utilizarea primelor este recomandabilă și din considerentul unei bune funcționări (translație ușoară) a stavilei.

7.4. Materiale utilizate la protecția anticorozivă a C.M.H.

Coroziunea mediului ambiant este principalul factor care contribuie la degradarea stavilelor, structuri executate din metal; în mediul uscat oxidarea metalului are valori mici, uneori ne semnificative.

Construcțiile metalice hidrotelnice de retenție, prin specificul lor lucrează în apă (apă aer), mediul care prezintă și mari variații privind agresivitatea chimică urmare a măsurilor ecologice limitate.

Alcătuirea secțiunilor transversale ale elementelor structurale, încă din faza de proiectare va cuprinde măsuri constructive ca:

- perimetrul secțiunii transversale să fie minim, după /10/;
- realizarea găurilor de scurgere a apei reținută în zonele care nu sunt expuse permanent acțiunii apei (ex. brațele stavilelor segment, lonjeroni, grinzi principale);
- realizarea distanțelor minim necesare pentru acces în spațiile semiînchise (ex. chesonul stavilelor segment, clapetă);
- realizarea etanșeității perfecte a spațiilor închise (ex. chesonul grinzilor suport pentru articulații) prin acestea, evitându-se producerea deteriorării prin coroziune a structurii metalice.

Principala măsură de limitare a pagubelor produse prin oxidarea metalului este protecția anticorozivă; verificările efectuate cu ocazia reparației capitale a stăvilei dublu cârlig - Portile de Fier I a evidențiat faptul că o protecție anticorozivă executată corect împiedică oxidarea structurii metalice. Astfel, la îndepărtarea straturilor succesive ale protecției anticorozive la stăvila menționată, metalul prezintă un aspect gri-cenușiu fără urme de rugină.

După durata de exploatare, protecția anticorozivă a C.M.H. poate fi : provizorie sau definitivă.

a. Protecția anticorozivă provizorie se aplică în următoarele cazuri:

- pieselor metalice înglobate în beton-simbol C-și constă din acoperire cu lapte de ciment ;
- pieselor cu prelucrări mecanice - simbol P.1. - și constă din acoperirea cu un grund anticoroziv, până la aplicarea protecției definitive;
- suprafețelor prelucrate care din motive funcționale nu pot fi vopsite dar, necesită protecție până la montaj; acestea vor fi protejate - simbol P.2. - cu un lac sau material plastic ușor detașabil;
- suprafețelor brute sau prelucrate care până la montaj necesită protecție, când această protecție nu deranjează funcționarea; vor fi protejate cu un strat de lac sau vopsea detașabilă, simbol P.3.;
- suprafețelor prelucrate, greu accesibile și constă din aplicarea unui strat de 1-2 mm unsoare anticorozivă, simbol P.4.;
- suprafețelor interioare ale țevilor, care vor fi acoperite cu un strat de ulei, simbol P.5.

Notă:

Protecția cu lapte de ciment se aplică suprafețelor pieselor metalice înglobate care vin în contact cu betonul și urmărește realizarea unei bune aderențe a betonului la suprafața metalică; alcalinitatea betonului protejează metalul care devine "pasiv" ; în cazul apelor poluate cu CO_2 și SO_2 alcalinitatea betonului scade, fiind posibilă corodarea oțelului; împotriva infiltrației apei se recomandă utilizarea unor betoane de marcă superioară ($B_c > 25$) cu respectarea măsurilor tehnologice de punere în operă spre a se evita segregarea ! În figura 7.7 se prezintă ,după [11], viteza de propagare a coroziunii funcție de pH-ul mediului ambiant.

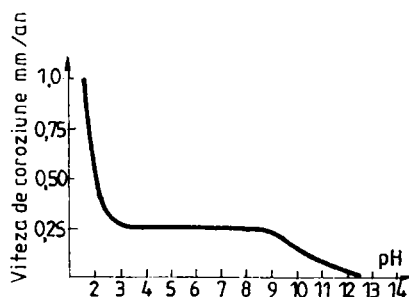


fig. 7.7. Viteza de coroziune a metalului în raport cu agresivitatea mediului.

Se observă că pentru un pH cuprins între valorile 3 - 8,5 viteza de coroziune este practic constantă, (0,25 mm/an) și scade vertiginos după creșterea pH-ului peste valoarea 9, în mediul alcalin, coroziunea metalului fiind foarte redusă !

b. Sisteme de protecție anticorozivă definitive .

Uzual, construcțiile metalice hidrotehnice de retenție sunt protejate anticoroziv prin

vopsire , cu unul din următoarele sisteme:

- sistemul epoxigudronic - varianta I simbol E.G.
- varianta II simbol S.
- sistemul alchidic , simbol A, cu diferite variante funcție de calitatea estetică dorită a suprafeței finale;
- sistemul perclorvinilic, simbol AL.

Înainte aplicării sistemelor de protecție anticorozivă suprafețele destinate acoperirii vor fi pregătite astfel:

- muchile și colțurile ascuțite se rotunjesc prin polizare;
- structura metalică se sablează cu nisip (alice) până la îndepărtarea petelor de rugină și obținerea unei suprafețe gri-cenușiu cu rugozitate ridicată;
- praful rezultat la sablare se îndepărtează cu jet de aer comprimat, uscat și lipsit de ulei;
- dacă în timpul operațiilor anterioare au rezultat particule de ulei sau grăsimi, întreaga suprafață ce urmează a fi protejată anticoroziv va fi degresată cu with-spirit.

În tabelul 7.5. sunt precizate straturile componente ale sistemelor de protecție anticorozivă, precum și consumul specific al materialelor utilizate.

Aplicarea sistemelor de protecție anticorozivă este indicată să se execute de către uzina care a confecționat structura metalică; în general subansamblele C.M.H. se asamblează pe șantier cu sudură; în aceste condiții protecția anticorozivă se execută în uzină , cu excepția ultimului strat și a suprafețelor de cca. 100 mm lățime , situate de fiecare parte a liniei de îmbinare cu sudură .

După efectuarea montajului definitiv, protecția anticorozivă se execută pe zona îmbinării cu sudură respectând toate operațiile tehnologice din uzină; se menționează că zonele învecinate cusăturii de sudură vor fi protejate cu plăci de PVC sau lemn spre a nu fi deteriorată protecția anticorozivă executată în uzină.

Sistemul de protecție anticorozivă prin galvanizare se încadrează deasemeni în grupa protecțiilor definitive ; acest mod de acoperire este specific elementelor folosite la îmbinarea între subansamblele structurii; se acoperă prin galvanizare: șuruburile, piulițele , șaibele, tije filetate, în general repere (uneori subansamble) cu gabarite restrânse impuse de dimensiunile băii galvanice .

Protecția prin galvanizare se realizează în băi galvanice utilizând ca metal de acoperire: cromul , zincul sau cadmiul; înaintea galvanizării se va proceda la curățirea suprafeței reperelor prin imersia acestora într-o soluție de acid clorhidric.

Un sistem special de protecție anticorozivă este cel oferit de firma Avenarius (Austria) care , în condițiile respectării prescripțiilor tehnologice din fișa produsului, garantează eficiența acoperirii pe o perioadă de minim 10 ani ; acest sistem de protecție , utilizat la acoperirea stavelor segment cu clapetă aferente centralelor - baraj de pe râul Olt, sector Cornetul - Avrig, este deosebit de rezistent la abraziune și la contactul cu ulei; grosimea totală a sistemului de protecție este de 450-500 microni și se compune din:

- 2 straturi de grund epoxidic cu zinc Friezinc R;
- 2-3 straturi de vopsea epoxigudronică Inertol Poxitar.

Atât grundul cât și vopseaua se livrează sub forma a două componente (A și B) dozate corespunzător și care se amestecă până la omogenizare doar înaintea utilizării lor .

Tab. 7.5.

Sisteme de protecție anticorozivă uzuale

Nr. crt.	Simbolul sistemului	Straturi de grund	Straturi de vopsea	Consum specific
1	EG	fără strat de grund	3-5 straturi de vopsea epoxigudronică	- vopsea epoxigudronică 500-700 g/m ² strat - with-spirit 250 g/m ²
2	S	2 straturi de grund epoxidic, bogat în Zn, seria 3209	2-3 straturi de vopsea epoxigudronică seria 3207	- grund 250-300 g/m ² strat - vopsea epoxigudronică 500-700 g/m ² strat - with-spirit 250 g/m ²
3	A.1. pentru suprafețe estetice deosebite	un strat de grund anticoroziv cu pigment anticoroziv G 735 sau grund anticoroziv C 5630	3 straturi de email alchidic sau email alchidic - acrilat E5620	- grund 735: 200-250 g/m ² strat - grund 5630: 80-100 g/m ² strat - email : 120-200g/m ² strat - with-spirit 250 g/m ²
4	A.2. pentru suprafețe estetice normale	idem , punctul 3	2 straturi de email alchidic sau email alchidic -acrilat E5620	- grund 735: 200-250 g/m ² strat - grund 5630: 80-100 g/m ² strat - email : 120-200 g/m ² strat - with-spirit 250 g/m ²
5	AL.	un strat de grund roșu oxid 4070	3 straturi de email perclorvinilic seria 4070	- grund 150 g/m ² strat - email 250 g/m ² strat - with-spirit 250 g/m ²

Pregătirea suprafețelor destinate acoperirii este similară cu cea aplicată la celelalte sisteme de protecție anticorozivă definitive.

Aplicarea straturilor de grund și vopsea se face cu pensula cu pistolul de aer comprimat (4 bari și duză de cca 2,5-3mm), sau cu instalația airless (200 bari și duze de 0,53 mm) aceasta, fiind și modalitatea de acoperire recomandată.

Consumul specific de grund este 300-400 g/m² strat cu grosimea minimă de 40 microni, iar consumul de vopsea este de 420-750 g/m² strat.

Protejarea suprafeței construcțiilor metalice prin pulverizarea unor particule fine de metal rezistente la coroziune (Zn, Al), metodă cunoscută sub numele de metalizare, reprezintă o altă variantă de protecție anticorozivă. Suprafața structurii de bază trebuie foarte bine curățată (sablare, degresare etc.) pentru a-i conferi rugozitatea necesară aderenței particulelor de metal destinat acoperirii, pulverizate de un jet de aer.

Particulele depuse formează un strat poros care, trebuie suplimentar etanșat spre a împiedeca pătrunderea aerului și a apei. Protecția prin metalizare are un cost ridicat iar în cazul C.M.H. de retenție trebuie avut în vedere și factorul coroziv al apei încărcate cu particule fine (praf, nisip), în momentul deversării, fenomen caracteristic perioadelor de viitură când, densitatea suspensiilor este foarte mare și poate produce deteriorarea protecției anticorozive.

Aflată în prezent în studiu în /15/, problema protecției anticorozive a structurilor metalice va fi cuprinsă în anexa B (la nivel de "Normativ"): "Norma de referință nr. 10. Protecție împotriva coroziunii".

7.5. Concluzii și contribuții

Alegerea materialelor utilizate la realizarea C.M.H. de retenție reprezintă un factor important care influențează direct toate etapele: uzinare, montaj, exploatare, fiind evidențiat în final în prețul de cost al construcției. Se vor evita pe cât posibil cazurile extreme: alegerea nejustificată a unor materiale cu preț de cost ridicat sau utilizarea unor materiale ieftine care creează probleme în timpul exploatarei.

Pentru structura metalică de rezistență a C.M.H. lucrarea propune câteva materiale noi care s-au impus în urma studiului comportării în timp a oțelurilor placate și a oțelurilor inoxidabile de la ghidajele laterale ale stăvililor segment. Astfel platelajul stăvililor poate fi executat din oțelul inoxidabil prezentat la punctul 7.2.2., oțel cu caracteristici mecanice asemănătoare mărcii OL37.

Contribuțiile aduse, prin utilizarea la nivel de proiect de execuție a noului tip de oțel, constau în îmbunătățirea funcționării sistemului de etanșare și în prelungirea duratei de viață a acestuia. Aspectul estetic și excluderea volumului de manoperă aferent executării protecției anticorozive sunt alte aspecte ce pledează pentru alegerea oțelului propus.

Oțelurile carbon prezentate la punctul 7.2.2. și utilizate pentru execuția structurii de rezistență a unor porți buscate segment, permit o majorare a eforturilor unitare cu 6,5-8,3%, în condiții similare de siguranță, având ca echivalent marca OL37.

Propunerea privind utilizarea la execuția îmbinărilor demontabile (ex. la sistemele de etanșare) a materialelor inoxidabile (șuruburi, piulițe etc.) contribuie la reducerea manoperei și a costului materialelor consumate cu ocazia reparațiilor și a reviziilor periodice.

Garniturile de etanșare acoperite cu teflon folosite la execuția unei stavile de adâncime contribuie la reducerea de 7 ori a forței de frecare care se dezvoltă la mișcarea structurii în nișă și la micșorarea forței de acționare a stavilei.

Protecția anticorozivă reprezintă măsura de protecție a C.M.H. împotriva agresivității apei și aerului; o protecție anticorozivă de calitate atât ca material cât și ca execuție asigură o bună funcționare a stăvililor; în acest sens lucrarea propune sistemul de protecție tip "Avenarius" utilizat la stăvilile segment ce echipează centralele-barj pe râul Olt, sector

Cornetru-Arrig; folosirea acestui sistem de protecție contribuie la eliminarea pericolului coroziunii pentru o perioadă de minim 10 ani.

Lucrarea propune câteva materiale de sinteză utilizate la execuția reazemelor; dintre aceste materiale se enumeră:

- rășinile sintetice Chokfast și Nordbak ca înlocuitoare a babilului de la porțile buscate;

- poliamida și glicodurul (rășină sintetică teflonată) pentru execuția unor repere ale articulațiilor

care, în condiții de rezistență și siguranță sporită contribuie la micșorarea frecărilor și la majorarea duratei la exploatare a stavilelor.

Bibliografie

1. Caraba I. - Construcții metalice hidrotehnice. Partea a II - a . Construcții metalice speciale . Institutul Politehnic "T.Vuia" Timișoara 1978.
2. x x x - S.K.F. Plain bearings. Catalogue 3500E/I Weppert GmbH & KG 1990-04.
3. x x x - STAS R 8542-79 Alegerea oțelurilor pentru construcții metalice.
4. x x x - Zusatzliche Vertragsbedingungen -Wasserbau (ZTV-W) fuer Stahlwasserbau (Leistungsbereich 216/1)" 1990.
5. x x x - DIN 17440 Nichtrostende Stähle . Technische Lieferbedingungen für blech. 07-1985.
6. x x x - Structural steel BS4360. 1990.
7. x x x - DIN 7968. 1989-10 Sechskant-Paßschrauben ohne mutter, mit Sechskantmutter .
8. x x x - Semperit Technische Produkte G.m.b.H. Wehrbauten - Dichtungen . 3 Auflage.
9. x x x - DIN 19704-1 Stahlwasserbauten. Berchnungsgrundlagen 05.1996.
10. Mateescu D.
Caraba I. - Construcții metalice . Calculul și proiectarea elementelor din oțel . Ed. Tehnică București 1980.
11. Pescaru V. - Construcții metalice hidrotehnice Vol. I. I.P. "Gh. Asachi" Iași Fac. de Hidrotehnică. 1993.
12. x x x - DIN 18800 Teil 7 Stahlbauten; Herstellen, Eignungsnachweise zun Schweißen 05.1983.
13. Petersen C. - Stahlbau. Grundlagen der Berchnung und baulichen Ausbildung von Stahlbanten. München 1988.
14. x x x - Eurocode 3. Calcul des structures en acier. 02.1992.
15. x x x - EN10025. EUROPEAN STANDARDS. European Committee for Standardization . Brüssel 1990.

CAPITOLUL 8 CONSIDERAȚII FINALE

8.1. Activitatea de concepție a construcțiilor hidrotehnice pe plan național

Stăvilirea apelor pentru a proteja centrele populate, pentru a oferi posibilități de transport și pentru agrement a început în România în 1912 prin amenajarea râului Bega, ecluzele Sânmihai și Sânmartin prevăzute cu câte un baraj deversor și cu câte o ecluză deservită de porți buscate $10 \times 5,3$ și $10 \times 5,7$ m. Anii treizeci marchează punerea în funcțiune a nodului hidrotehnic Timișoara, pe Bega și a centralei hidroelectrice Măru având priza de apă în barajul Măru pe râul Bistra.

În anul 1933 profesorul Dorin Pavel, considerat "creator și exponent al școlii hidrotehnice românești" publică lucrarea "Plan général d'aménagement des forces hydrauliques en Roumanie", reprezentând "o adevărată enciclopedie a celor 4000 de râuri ale țării" și totodată o analiză în detaliu a posibilităților de valorificare a potențialului hidrografic prin execuția lucrărilor hidrotehnice. Patru decenii mai târziu, profesorul Dorin Pavel are satisfacția transpunerii în realitate a cercetărilor anilor treizeci; astfel în /1/ sunt prezentate lucrările de construcții hidrotehnice executate cu ocazia amenajării râurilor Bistrița, Argeș, Lotru, Someșul Cald și Rece, Olt, Sebeș, Cerna-Motru-Tismana, Drăgan-Iod, precum și lucrările hidrotehnice la termocentralele, Mintia și Ișalnița. Amenajarea complexă a râurilor interioare a constituit premisele pentru începerea lucrărilor hidrotehnice și hidroenergetice pe Dunăre, începând cu deceniul șapte, Porțile de Fier I - și continuând în deceniile următoare cu Porțile de Fier II, Canalul Dunăre-Marea Neagră precum și cu amenajarea complexă a râului Dâmbovița în municipiul București.

Pe lângă formarea specialiștilor în domeniu, școala hidrotehnică românească a realizat și o cercetare desăvârșită, cu implementarea rezultatelor în practică, menționându-se în acest sens lucrările /3/ și /4/ referitoare la baraje din beton și din materiale locale.

O prezentare a C.M.H. proiectate și executate pe plan național până la sfârșitul deceniului opt, este făcută în /2/ unde sunt menționate tipurile constructive de stavile, cu dimensiunile principale precum și amenajarea pe care o deservește. Referindu-se exclusiv la C.M.H. de retenție, în /2/ sunt prezentate principiile de alcătuire și calcul ale stavilelor cu suprafața de retenție plană, curbă sau combinații ale acestora.

Deși la început modeste, mijloacele de calcul automat aduc la începutul deceniului opt, facilități importante activității de proiectare fiind posibil, un calcul rapid și eficient al structurilor metalice de retenție. Astfel:

- au fost posibile reduceri semnificative a greutății stavilelor nou proiectate spre a înlocui vechile C.M.H. (ex. stavilă plană $16 \times 10,15$ m² - Olt; porțile buscate $10 \times 5,3$ și $10 \times 5,7$ m² - Ecluze Bega);

- au fost proiectate structuri de retenție noi: poartă segment cu clapetă $12,5(6,5+6,25)$ m², stavilă plană cu clapetă $16(4+1,5)$ m², stavilă cilindrică $15 \times 3,45$ m², porți buscate segment $10 \times 12,5$ și $8 \times 15,5$, stavilă segment de adâncime cu cadre multiple $10 \times 10,312/63$;

- a fost posibilă încheierea unor contracte externe privind proiectarea și execuția unor C.M.H.

În ansamblu, deosebita realizare a specialiștilor români a constituit-o amenajarea complexă a cursurilor interioare prin care, alături de multiplele folosințe, s-a asigurat un grad ridicat de protecție al unor mari suprafețe de teren expus inundațiilor.

Dintre râurile interioare, amenajate complex, se distinge Oltul care numără cele mai multe amenajări hidrotehnice, prezentate după /5/, în fig. 8.1. Se menționează că în prezent sunt în execuție cinci centrale -baraj, pe râul Olt sector Cornetu-Arsig, fiecare amenajare fiind

echipată cu câte patru stavile segment cu clapetă $16 \times (8,23 + 2,2)$, o stavilă plană de avarie (pentru punerea la uscat a stavilei segment cu clapetă), patru stavile plane rapide $6,95 \times 7,625 / 20,5$ (pentru punerea la uscat a turbinelor), concepția și execuția acestor construcții metalice de retenție aparținând specialiștilor români.

Puternice programe de calcul automat RSTAB, Ansys și Adina permit rezolvarea unor structuri metalice complexe într-un timp foarte scurt; astfel a fost posibilă proiectarea C.M.H. care au făcut obiectul contractelor externe.

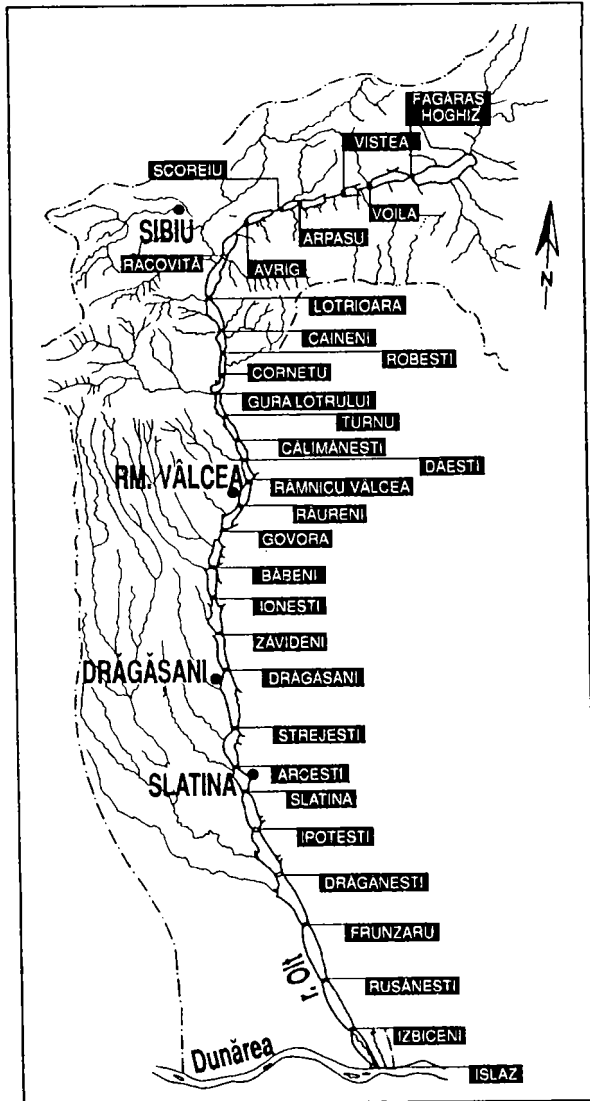


fig. 8.1 Amenajarea hidrotehnică a râului Olt.

8.2. Elemente originale , în domeniul construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție, prezentate în lucrare.

Plecând de la ideea că orice activitate de cercetare este eficientă în măsura în care rezultatele obținute și aplicate practic creează un salt calitativ, lucrarea evidențiază câteva aspecte noi în domeniul construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție. În ordinea prezentării în lucrare, se pot remarca următoarele contribuții originale în domeniul menționat:

1. Prezentarea într-o formă modernă și unitară a acțiunilor specifice C.M.H. de retenție , (cap 2) cu precizări privind modul de alegere și grupare al acțiunilor în vederea obținerii unei eficiente economice sporite în condiții de siguranță și funcționalitate. Pentru prima dată sunt prezentate acțiunile care solicită C.M.H. în conformitate cu prevederile DIN 19704/1996. În lucrare se evidențiază consecințele negative ale neglijării unor acțiuni excepționale în calculul și verificarea structurii metalice, cu exemplificare pe un caz real.

2. Studiul și descrierea, la nivel de proiect de execuție, a modului de alcătuire și funcționare (cap 3) a unor tipuri moderne de construcții metalice de retenție concepute în soluții originale:

- poară buscată segment care reprezintă o soluție originală privind alcătuirea structurii metalice și funcționarea ecluzei . Rezultatele studiului aplicate la nivel de proiect de execuție , au permis eliminarea unor stavile , structuri din beton și instalații de acționare specifice în soluțiile clasice de echipare a ecluzelor!

- stavilă segment de adâncime cu articulație unică destinată golirilor de fund . Prin modul de concepție și calcul, în urma studiului au rezultat mai multe variante posibile dintre care, pentru execuție s-a ales o structură ușoară care reprezintă 66% din greutatea unei construcții metalice similare proiectată pentru utilități identice!

- stavilă segment de adâncime cu cadre multiple destinată echipării unei goliri de fund cu suprafața de 100 m² și presiunea hidrostatică corespunzătoare unei coloane de 63mH₂O. Originalitatea concepției constă în modul de alcătuire al structurii metalice capabilă să preia și să transmită infrastructurii de beton acțiunea hidrostatică aferentă suprafeței obturate.

- stavilă plană cu clapetă, structură alcătuită din două secții care pot lucra fie independent fie unitar.

La nivel de detaliu sunt prezentate soluții noi de alcătuire a secțiunilor transversale a lonjeronilor și antreotozelor, scopul urmărit fiind reducerea greutății structurii metalice.

3. Utilizarea programelor de calcul cu elemente finite (cap 4) pentru determinarea eforturilor unitare în structura de rezistență a unei C.M.H. de tip nou-poartă buscată segment a cărei alcătuire a fost prezentată în capitolul trei. Rezultatele obținute au fost utilizate la proiectarea a patru porți buscate de mărimi diferite, destinate echipării a trei ecluze navigabile.

4. Determinarea vitezei de curgere a apei pe sub o stavilă segment de adâncime , utilizând un program automat, permite evidențierea mărimii vitezelor pentru orice poziție a stavilei în mișcare. Rezultatele obținute permit stabilirea valorilor acțiunii hidrodinamice asupra structurii de rezistență , valori care , în mod curent sunt neglijate în calculul de rezistență.

5. Prezentarea unei soluții noi de poziționare a elementelor orizontale de rigidizare a platelajului și determinarea prin calcul automat a poziționării acestor elemente pe platelaj, astfel ca acțiunea hidrostatică să fie egal distribuită pe fiecare element. Rezultatele cercetării evidențiază o micșorare cu 20,3% a greutății construcției metalice comparativ cu structura martor !

6. Determinarea prin calcul automat a acțiunilor stavilei asupra infrastructurii de beton evidențiază , pentru prima dată , spectrul valoric al acțiunilor pentru orice poziție a stavilei în mișcare. Prin aceasta este posibilă dimensionarea corespunzătoare a infrastructurii de beton care , în mod curent se armează pentru valoarea maximă a acțiuni fără a ține cont de variațiile acțiunii generate de mișcarea stavilei.

7. Tot în capitolul patru se prezintă un mod original de dimensionare a tijeii servomotoarelor orizontale, prin care zveltețea tijeii servomotorului poate fi mărită în condiții de siguranță a stabilității.

8. Pentru echiparea stăvililor amplasate pe terenuri cu tasări mari și neuniforme, în capitolul cinci, se propune un sistem nou de etanșare. La realizarea sistemului s-au avut în vedere tipurile moderne de material de etanșare produse de firma "Semperit" precum și comportarea în timp a unor stăvile segment amplasate pe terenuri cu tasări aleatorii.

9. Prezentarea unor soluții originale de sisteme duble de etanșare la pragul superior al unor stăvile segment de adâncime. Rezultatele cercetării au fost implementate în proiecte de execuție; prin aceasta, pierderile de apă se elimină complet pentru orice poziție a stăvilei în mișcare.

10. Prezentarea în premieră, a unui sistem de barbotare a apei utilizat la stăvilele segment. Varianta optimă rezultată în urma studiului, a fost aplicată la un set de 20 de stăvile segment cu clapetă destinate amenajărilor hidroenergetice pe râul Olt.

11. O soluție originală de alcătuire, calcul și alegere a materialelor de leștare a stăvililor segment de adâncime este prezentată în capitolul șase. Soluția prezentată este o alternativă care elimină deficiențele existente în variantele clasice de leștare.

12. Prezentarea unor materiale noi utilizate în premieră, la execuția structurii metalice de rezistență și a sistemelor de etanșare prin care parametrii tehnico - funcționali ai stăvililor sunt îmbunătățiți, fac obiectul capitolului 7.

În finalul lucrării, capitolul 8, este prezentată o soluție nouă cu privire la modul de alcătuire și funcționare al unei stăvile de adâncime. Soluția propusă contribuie la diminuarea gabaritelor instalației de acționare și la reducerea costurilor de execuție.

Pe tot parcursul lucrării, prin modul de alcătuire al structurii metalice, prin utilizarea unor programe performante în domeniul calculului automat, prin modul de alegere a materialelor și adăugând la aceste aspecte și activitatea desfășurată cu ocazia derulării unor contracte externe, autorul prezintă câteva soluții practice prin care, își aduce contribuția la realizarea unor construcții metalice hidrotehnice de retenție de tip modern structurate după cerințele standardelor europene actuale.

8.3. Proiectarea construcțiilor metalice hidrotehnice de retenție în viitor

Fiind construcții spațiale supuse unor acțiuni complexe, a căror mărime definitivă variază în timp funcție de poziția stăvilei în nișă, calculul construcțiilor metalice hidrotehnice este deosebit de laborios, prin metodele clasice de lucru fiind imposibil de cuprins în mod exact, starea spațială de eforturi unitare în structură. Urmare a considerentelor menționate calculul clasic al C.M.H. a fost simplificat; prin coeficienții de siguranță introduși și prin considerarea unor ipoteze acoperitoare rezultă însă importante zone ale construcției metalice în care, oțelul nu este judicios utilizat. Toate aceste limite au fost în parte depășite de utilizarea computerelor în activitatea de proiectare.

Utilizarea unor programe de calcul din ce în ce mai performante va permite în viitor:

- alcătuirea unor structuri de rezistență extrem de diversificate, soluționate rapid din punct de vedere static;
- evidențierea grafică a stării de eforturi unitare în structură, cu precizarea zonelor supradimensionate și subdimensionate, cu posibilități rapide de optimizare;
- modelarea hidrodinamică pe monitor a stăvilei în diversele ei poziții în mișcare evitându-se astfel costisitoarele încercările de laborator;
- o uzinare a C.M.H. sub controlul computerelor și al roboților va elimina erorile introduse inevitabil de tehnologiile manuale clasice. În aceste condiții proiectarea unor stăvile cu caracteristici tehnico - funcționale bune (ex. stăvile sector), dar care nu se utilizează datorită limitelor ce apar în execuție și montaj, poate fi realizată; precizia execuției structurii în noile

condiții, va permite micșorarea coeficienților de siguranță prin aceasta, crescând zvelteția elementelor structurale și reducându-se greutatea stăvilii.

Realizarea unei structuri metalice de retenție cu greutate redusă este posibilă prin aplicarea soluției propuse în figura 8.2. în care, este prezentată o stăvilă de adâncime al cărei platelaj este o combinație între o suprafață curbă și o suprafață plană. Modul de lucru al stăvilii pornește de la ideea că o incintă etanșă (cheson), plină cu aer, se menține la suprafața apei ; prin evacuarea aerului și admisia apei incinta intră progresiv în imersie; operația inversă ,de ridicare la suprafața apei , se realizează prin evacuarea apei și introducerea aerului în cheson.

Practic , pentru funcționarea stăvilii după principiul descris mai sus , infrastructura de beton este prevăzută cu un traseu de admisie al apei în nișă (1); prin supapa de admisie (2) apa pătrunde în cheson (7) iar aerul din interior este evacuat prin supapa (2'); ca urmare, stăvila coboară în nișă și se așează pe prag. Comandarea supapelor (2) și (2') se realizează de pe coronament.

Pentru ridicarea stăvilii se comandă supapele (3) de evacuare a apei în aval și supapele (4) de admisie a aerului, supapele (2) și (2') fiind închise . Datorită evacuării apei din cheson și a pătrunderii aerului în cheson stăvila se ridică progresiv. Etanșarea stăvilii în nișă se realizează prin intermediul etanșării amonte (5) și a etanșării aval (6) care realizează legătura elastică între structura metalică și infrastructura de beton prevăzută cu o tubulatură de aerisire (9). Evacuarea apei din nișă în aval se realizează pe traseul (8) acționat de pe coronament (10). Prin utilizarea principiului de lucru prezentat gabaritul servomotorului (11) se reduce, lestul specific soluțiilor clasice de lestare fiind eliminat și înlocuit cu apa din lacul de acumulare.

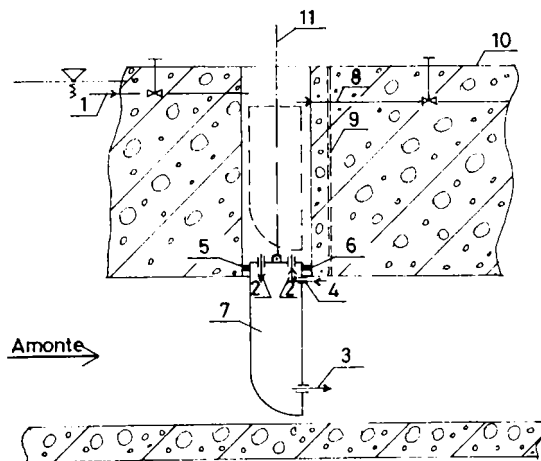


fig. 8.2. Secțiune verticală prin stăvilă .

- 1 - traseu de admisie al apei din lac în nișă. 2 - supapă de admisie unisens a apei în cheson.
 2' - supapă unisens de evacuare a aerului. 3 - supapă unisens de evacuare a apei.
 4 - supapă unisens pentru aerisire. 5 - etanșare amonte. 6 - etanșare aval. 7 - cheson etanș.
 8 - traseu de golire a nișei. 9 - tubulatură de aerisire. 10 - coronament. 11 - ax servomotor.

Viteza de închidere și deschidere a stăvilii este dependentă de numărul supapelor de admisie și evacuare a apei care , vor fi dispuse echidistant pe deschiderea stăvilii; prin creșterea numărului de supape viteza de acționare a stăvilii se mărește.

Construcția metalică de rezistență a stăvilii presupune o execuție simplă; platelajul va fi rigidizat pe orizontală cu elemente de rezistență (grinzi - lonjeron) identic încărcate, prin amplasarea lor în centrale de greutate ale unor suprafețe de presiune egală ; pe verticală platelajul va fi rigidizat local cu elemente de rezistență debitate din profile, laminate prin

aceasta, volumul de manoperă fiind diminuat , această tendință fiind una dintre preocupările actuale pe plan mondial în industria construcțiilor din oțel .

În viitor, mijloacele de calcul automat, tehnologiile moderne utilizate la uzinare, montaj și în exploatarea C.M.H., vor permite ca nestăvilita inteligență creatoare a spiritului uman să conceapă structuri metalice performante în condiții optime de rezistență și stabilitate!

Bibliografie

1. Dorin Pavel - Arhitectura apelor 1976.
2. Caraba I. - Construcții metalice hidrotehnice . Partea a II-a .
Construcții metalice speciale. Institutul Politehnic "TVuia"
Timișoara 1978.
3. Prișcu R. - Construcții hidrotehnice . Vol. I. Ed. Didactică și
pedagogică București 1974.
4. Bălă M. - Baraje din materiale locale. Ed. Tehnică București 1977.
- 5 RENEL - Filiala Electrocentrale Râmnicu Vâlcea 1994.

Bibliografie generală

A. Lucrări consultate

1. Bălă M. - Baraje din materiale locale. Ed. Tehnică București 1977.
2. Caraba I. - Construcții metalice hidrotehnice . Partea a II a. Construcții metalice speciale. Institutul Politehnic "T.Vuia" Timișoara. 1978.
3. Cioc D - Hidraulică. Ed. Didactică și pedagogică București 1975.
4. Chiselev P.G. - Îndreptar pentru calcule hidraulice. Ed. Energetică 1953.
5. CIGB - ICOLD - Vibration du material hydraulique des barrages. Bulletin 102.1996.
6. Dorin Pavel - Arhitectura apelor,1976.
7. Erbiste P.C.F. - Water Power & Dam construction, May 1984 pg. 18 - 23 Estimating gate weights.
8. Gheorghiescu P. - Schiță de strategie a dezvoltării sectorului hidroenergetic în perioada 1995-2005. Hidroenergetica*44*1996 Nr.1 -A
9. Grișin M.M. - Construcții hidrotehnice. București Ed. Tehnică 1958.
10. Idelcik.I.E - Îndrumător pentru calculul rezistențelor hidraulice. Ed. Tehnică 1984 București .
11. Indicativ P.D. 171-78 - "Normativ departamental privind proiectarea lucrărilor hidrotehnice pentru navigație fluvială. "Buletinul construcțiilor 1978".
12. Mateescu D., Caraba I. - Construcții metalice. Calculul și proiectarea elementelor din oțel . Ed. Tehnică 1980.
13. Mateescu C. - Hidraulica. Ed. Didactică și pedagogică 1963 București.
14. Mannesmann Rexroth - Hydraulik im Stahlwasserbau RD00265/09.1990.
15. Mannesmann Rexroth - Hydraulik im Stahlwasserbau Symposium 09.1997.
16. Pescaru V. - Construcții metalice hidrotehnice . Vol. I. Institutul Politehnic "Gh.Asachi" . Iași 1993.
17. Prișcu R. - Construcții hidrotehnice. Vol. I. Ed. Didactică și pedagogică București 1974.
18. Petersen C. - Stahlbau. Grundlagen der Berchnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten. München 1988.

19. Răduică N. - Calculul stăvilor cu suprafață curbă, ținând seama de conlucrarea elementelor componente. Teză de doctorat. Institutul de Construcții București 1982.
20. Roșu D. - Construcții metalice hidrotehnice . Partea a II - a. Stavile. Timișoara 1966.
21. RENEL - Filiala Electrocentrale Râmnicu Vâlcea 1994.
22. Schoklitsch A. - Der Wasserbau Vol. II Berlin 1950-1952
23. Siemens - Sultartangi - Iceland. Hydroelectric project 02.1997
24. Zalkindson E.I. - Stavile segment din oțel pentru construcții hidrotehnice . Editura energetică de Stat. Moscova 1958. Traducere din limba rusă.
25. Wikert. G., Schmaußer,G- Stahlwasserbau, Springer - Verlag Berlin 1971.
26. x x x - STAS 9189-73. Echipamente hidromecanice ale sistemelor energetice. Terminologie și simbolizare.
27. x x x - STAS 10101/20-90 Acțiunea vântului.
28. x x x - Manual pentru calculul construcțiilor. București Ed. Tehnică 1977.
29. x x x - STAS 10101/23 - 75 Acțiuni în construcții. Încărcări date de temperatura exterioară.
30. x x x - STAS 1911-75 Poduri metalice de cale ferată. Prescripții de proiectare.
31. x x x - STAS 4273 - 83 Construcții hidrotehnice . Încadrarea în clase de importanță.
32. x x x - STAS 10100/0 - 75 Principii generale de verificare a siguranței construcțiilor.
33. x x x - STAS 10101/0 - 75 Clasificarea și gruparea acțiunilor.
34. x x x - STAS 6472/2-83 Higrotehnica. Parametrii climatici exteriori.
35. x x x - STAS 11419-80 Plăci tehnice din cauciuc compact.
36. x x x - STAS R 8542-79 Alegerea oțelurilor pentru construcții metalice.
37. x x x - DIN 19704-1. Stahlwasserbauten. Berechnungsgrundlagen 05.1996.

38. x x x - Eurocode 3 . Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1.1. Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau - Deutsche Fassung EVN 1995 - 1-1 : 1992.
39. x x x - DIN 19704-09.1976. Stahlwasserbauten. Berechnungsgrundlagen .
40. x x x - Semperit Technische Produkte G.m.b.H. Werbauten - Dichtungen. 3 Auflage.
41. x x x - Structural steel BS4360. 1990
42. x x x - S.K.F. Plain bearings. Catalogue 3500E/I Weppert GmbH & KG 1990-04.
43. x x x - Zusätzliche Vertragsbedingungen -Wasserbau (ZTV-W) fuer Stahlwasserbau (Leistungsbereich 216/1) 1990.
44. x x x - DIN 17440 Nichtrostende Stähle . Technische Lieferbedingungen für blech. 07-1985.
45. x x x - DIN 7968. 1989-10 Sechskant-Paßschrauben ohne mutter, mit Sechskanmutter.
46. x x x - DIN 18800 Teil 7 Stahlbauten; Herstellen, Eignungsnachweise zun Schweißen 05.1983.
47. x x x - Eurocode 3. Calcul des structures en acier. 02.1992.
48. x x x - EN10025. EUROPEAN STANDARDS. European Committee for Standardization . Brüssel 1990.
49. x x x - ANSYS PROGRAM. Technical description of capabilities. 1990. Swanson Analysis System Inc.
50. x x x - RSTAB Finite - Element - Programme system Benutzer-HandBuch 1991.
51. x x x - ADINA R & D Inc. Watertown USA 02.1995.

B. Din lucrările autorului

1. Stăvilă segment de adâncime 4x4/23,85. A.H.E. Lugaș-Tileagd. Proiect de execuție,(PE). SC Hidrotim SA 1984.
2. Stăvilă plană de adâncime A₃-6,75x4,62/15. A.H.E. Zăvoiul Orbului-Argeș. (PE). SC Hidrotim SA 1984.
3. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a stăvilei plane de adâncime A₃-6,75x4,62/15. A.H.E. Zăvoiul Orbului - Argeș . (PE). SC Hidrotim SA. 1984.
4. Stăvilă plană de adâncime A2x4,458/7,208. Canal Poarta Albă-Năvodari. (PE). SC Hidrotim SA. 1984.
5. Stăvilă plană de suprafață S₇-16x10.16 U.H.E. Voila-Olt . (PE). SC Hidrotim . 1985.
6. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a stăvilei plane de suprafață S₇-16x10,15. UHE Voila-Olt. (PE). SC Hidrotim SA. 1986.
7. Stăvilă segment de adâncime 4x4/12UHE Rucăr-Dâmbovița . Proiect tehnic ,(PT). SC Hidrotim SA. 1986.
8. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a SSC 16x(8,23+2,2) și SSS 16x10,43 CHE Viștea (cascadă)- Olt. (PE). SC Hidrotim SA. 1986.
9. Stăvilă segment de adâncime 10x3/13,5 la nodul hidrotehnic numărul 5. Canal Dunăre-București. (PE). SC Hidrotim SA. 1987.
10. Stăvilă plană de suprafață S₁₁-20x13,86. Canalul Dunăre - București. (PT). SC Hidrotim SA. 1987.
11. Stăvilă plană de suprafață S₈-16x10,16. CHE Călimănești-Siret. (PE). SC Hidrotim SA 1987.
12. Documentația tehnică de sinteză a amenajării CHE Viștea (cascadă)-Olt. (PE). SC Hidrotim SA. 1987.
13. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a stăvilei segment de adâncime 10x3/13,5 la nodul hidrotehnic numărul 5, Canal Dunăre-București. (PE). SC Hidrotim SA. 1987.
14. Poartă segment cu clapetă 12,5(6,5+6,25); (colaborare cu ing. V.Kuhn) Canal Dunăre - București.(PE). SC Hidrotim SA. 1988.
15. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a stăvilei plane de suprafață S₈-16x12. AHE Vârful Câmpului. (PE). SC Hidrotim SA 1989.
16. Poartă buscată 10x5,7. Ecluza Sânmartin-Bega. (PE). SC Hidrotim SA 1989.

17. Poartă buscată 10x5,3. Ecluza Sânmihai - Bega. (PE). SC Hidrotim SA 1989.
18. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a porților buscate . Ecluze Bega. (PE). SC Hidrotim SA 1990.
19. Stavilă plană cu clapetă 16x(4+1,5)/5,5. Studiu de echipare baraj Satu-Mare pe râul Someș. SC Hidrotim SA 1989.
20. Documentația tehnică de sinteză, extindere nod hidrotehnic nr. 5. Canal Dunăre - București. (PE). SC Hidrotim SA 1990.
21. Stavilă plană de suprafață S_g-16x11,2. CHE Făgăraș-Hoghiz-Olt. (PE). SC Hidrotim SA 1990.
22. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a stavilei plane de suprafață S_g-16x11,2. CHE Făgăraș-Hoghiz-Olt. (PE). SC Hidrotim SA 1990.
23. Sistem de barbotare a apei la SSC 16(8,23+2,2) CHE Cornetu-Avrig pe râul Olt. (PE). SC Hidrotim SA 1991.
24. Stavilă segment cu clapetă 16x(8,23+2,2) și stavilă segment de suprafață 16x10,43 CHE Cornetu-Avrig (cascadă)Olt. (PE). SC Hidrotim SA 1991.
25. Dispozitive pentru montaj și exploatare pentru SSC 16(8,23+2,2) și SSS16x10,43 CHE Cornetu-Avrig (cascadă)Olt. (PE). SC Hidrotim SA1991.
26. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a SSC 16x(8.23+2.2) și a SSS 16x10,43 CHE Cornetu-Avrig (cascadă) Olt. (PE). SC Hidrotim SA 1991.
27. Documentația de sinteză a amenajării CHE Cornetu-Avrig (cascadă) Olt. (PE). SC Hidrotim SA 1991.
28. Stavilă plană rapidă 6,95x7,652/20,5. CHE Cornetu-Avrig (cascadă)Olt. (PE). SC Hidrotim SA 1993.
29. Metodologie pentru constatarea stării tehnice a stavilei dublu cârlig, Porțile de Fier I. (PE). SC Hidrotim SA 1993.
30. Stavilă segment de adâncime cu cadre multiple 10x10,312/63(export). (PE). SC Hidrotim SA 1993.
31. Probleme de stabilitate locală la elementele comprimate ale stavilelor segment. ZILELE ACADEMICE TIMIȘENE 1993. Simpozion.
32. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a stavilei plane rapide 6,95x7,652/20,5. CHE Cornetu-Avrig (cascadă) Olt. (PE). SC Hidrotim SA.1994.
33. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare SSC 16X(4,5+1). Amenajarea Ogrăzeni-Arges. (PE). SC Hidrotim SA 1994.
34. Protecție suplimentară la panoul plutitor de la poarta plană de serviciu și poarta plană de siguranță , Porțile de Fier II. (PE). SC Hidrotim SA 1994.

35. Studiu de alcătuire, în soluții noi , a lestului pentru e.h.m. Comportarea e.h.m. în soluțiile existente de lestars. SC Hidrotim SA. 03.1994.
36. Studiu de alcătuire , în soluții noi , a lestului pentru e.h.m. Note de calcul privind noile soluții de lestars. SC Hidrotim SA. 07.1994.
37. Studiu de alcătuire , în soluții noi , a lestului pentru e.h.m. Propuneri de alcătuire a lestului pe tipuri de stavile, concluzii finale . SC Hidrotim SA. 11.1994.
38. Documentația tehnică pentru montaj și exploatare a stavilei plane de suprafața S_3 -16x3,81 CHE Căineni Olt. (PE). SC Hidrotim SA . 1995.
39. Studiul de creștere a retenției barajului Porțile de Fier I . SC Hidrotim SA . 1995.
40. Studii și cercetări privind realizarea porților buscate segment pentru echiparea ecluzelor navigabile. Studiu comparativ ; criteriile de alegere a soluției de echipare . SC Hidrotim SA. 07.1995.
41. Studii și cercetări privind realizarea porților buscate segment pentru echiparea ecluzelor navigabile. Metodologie pentru calculul porților buscate segment în noile soluții. SC Hidrotim SA. 11.1996.
42. Porții buscate segment 10x12,5; 10x9,5;8x15 și 8x9,5 pentru echiparea ecluzelor navigabile (export). (PE). SC Hidrotim SA. 1996.
43. Metode și tehnologii pentru diagnoza stării tehnice a echipamentelor în diferite stadii ale duratei de viață. Studiul modelelor teoretice și experimentale . SC Hidrotim SA. 1996.
44. Studii și cercetări privind realizarea porților buscate segment pentru echiparea ecluzelor navigabile. Calculul porților buscate segment cu metoda elementelor finite. SC Hidrotim SA. 07.1997.
45. Stavilă segment de adâncime 1x2,1/65 (export). (PE). SC Hidrotim SA. 1997.
46. Metode și tehnologii pentru diagnoza stării tehnice a echipamentelor în diferite stadii ale duratei de viață . Studii teoretice asupra duratei de viață a e.h.m. (PE). SC Hidrotim SA. 11.1997.
47. Tipuri moderne de structuri metalice hidrotehnice de retenție cu suprafețe curbe destinate amenajărilor hidrotehnice . A VIII-a Conferință Internațională de construcții metalice. Timișoara 1997.
48. Sisteme de etanșare moderne pentru structurile metalice hidrotehnice de retenție . A VIII-a Conferință Internațională de construcții metalice . Timișoara 1997.