

**GHID PRIVIND PROIECTAREA ȘI EXECUȚIA
MINIPILOȚILOR FORAȚI (REVIZUIRE ȘI COMPLETARE
C 245-93), INDICATIV GP 113-04**

CUPRINS

1. Introducere	9
2. Definiții. Domenii de aplicare. Clasificări	9
3. Date de bază necesare proiectării	16
4. Materiale	18
4.1. Pastă de ciment și mortar	18
4.1.1. Pastă de ciment	18
4.1.2. Mortar de ciment-nisip	18
4.2. Armătură	19
4.3. Fluide de foraj	20
5. Execuția minipiloților	20
5.1. Generalități	20
6. Proiectarea minipiloților forajți	21
6.1. Principii generale de proiectare	21
6.2. Prevederi generale de proiectare pentru minipiloții forajți utilizați ca elemente de fundare	22
6.2.1. Acțiuni	22
6.2.2. Alegerea tipului de minipilot	23
6.3. Capacitatea portantă a minipiloților la încărcări verticale	23
6.3.1. Calculul capacității portante a minipiloților la încărcări verticale pe baza rezultatelor încercărilor de teren	24
6.3.2. Calculul capacității portante a minipiloților la încărcări verticale pe baza unor relații empirice de calcul	26
6.4. Capacitatea portantă pentru minipiloții verticali solicitați la încărcări orizontale	36
6.5. Calculul minipiloților forajți la flambaj [4]	39
6.6. Capacitatea portantă a minipiloților forajți realizați în grup [4]	40
6.7. Determinarea numărului de minipiloți verticali	41
6.8. Calculul eforturilor în minipiloții unei fundații	41
6.8.1. Determinarea eforturilor din minipiloții verticali	41
6.8.2. Determinarea eforturilor din minipiloții înclinați	42
6.9. Verificarea fundațiilor pe minipiloți la stări limită	43
7. Prevederi generale de proiectare pentru minipiloții forajți utilizați la susținerea și consolidarea pantelor naturale și artificiale instabile	44
7.1. Generalități	44
7.2. Susținerea și consolidarea terasamentelor cu minipiloți dispuși în grup și solidarizați la capătul superior cu un radier din beton armat	44

7.2.1. Descrierea procedurii	44
7.2.2. Elemente de calcul	45
7.2.2.1. Stabilirea încărcărilor orizontale	45
7.2.2.2. Determinarea valorilor împingerii pământului pe fiecare minipilot în parte funcție de dispunerea minipiloților în planul radierului de solidizare [7, 8]	46
8. Elemente constructive. Legătura dintre minipiloți și suprastructură	48
ANEXE	54
<i>Anexa 1.</i>	54
<i>Anexa 2.</i>	55
<i>Anexa 3.</i>	56
<i>Anexa 4.</i>	65
Referințe normative	68
I. Reglementări tehnice conexe	68
II. Standarde de referință	69
Lucrări de referință	71

1. INTRODUCERE

Acest ghid se referă la minipiloții forțați utilizați ca elemente de fundare pentru construcții și ca structuri de susținere și consolidare (stabilizare) a taluzurilor și versanților.

Ghidul furnizează prevederi generale de proiectare, metode de calcul, alcătuiri constructive și elemente de execuție a lucrărilor cu minipiloți forțați.

Prezentul ghid înlocuiește Îndrumătorul Tehnic C245 – 93.

2. DEFINIȚII. DOMENII DE APLICARE. CLASIFICĂRI

Minipiloții sunt piloți cu diametrul cuprins între 100 și 300mm realizați cu tehnologii specifice [1], și utilaje de gabarit redus.

Experiența dobândită până în prezent atestă că minipiloții pot prelua încărcări axiale de compresiune de la 150kN până la 500 kN [2], [3].

Domeniile de aplicare a minipiloților sunt redată sistematizat în fig. 2.1 [2]

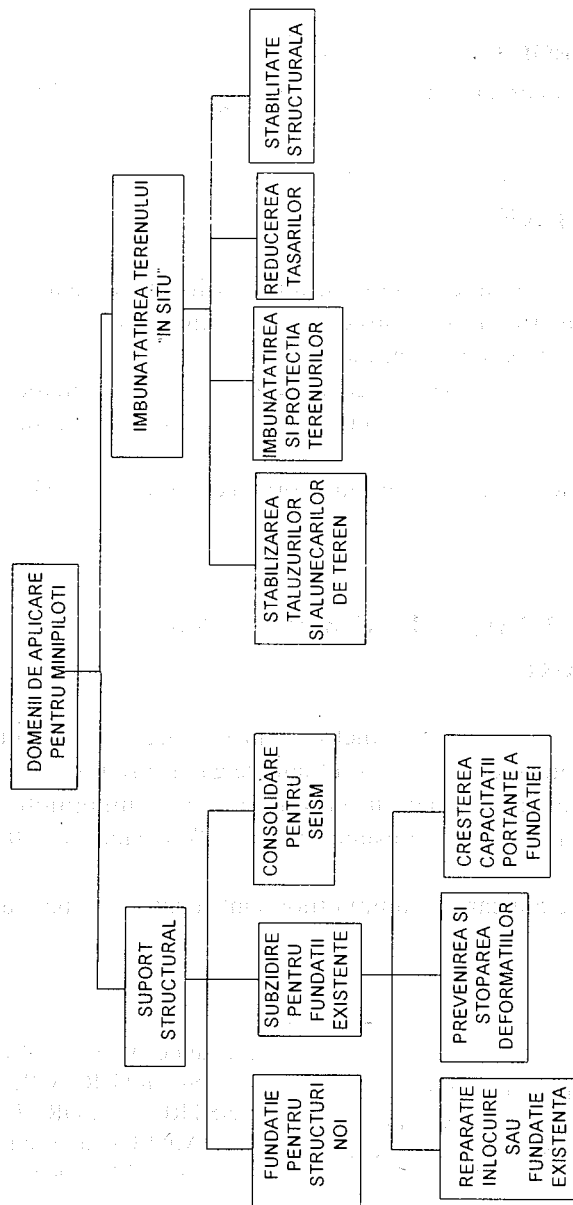


Fig. 2.1. Domenii de aplicare pentru minipiloți

Minipiloții sunt elemente de fundare care efectuează transferul încărcărilor de la suprastructură către terenul de fundare și care limitează deformațiile construcției.

Frecarea laterală și capacitatea portantă pe vârf sunt îmbunătățite prin injectare și pot fi influențate prin adoptarea unor secțiuni specifice ale corpului și respectiv bazei minipilotului (fig. 2.2) [1].

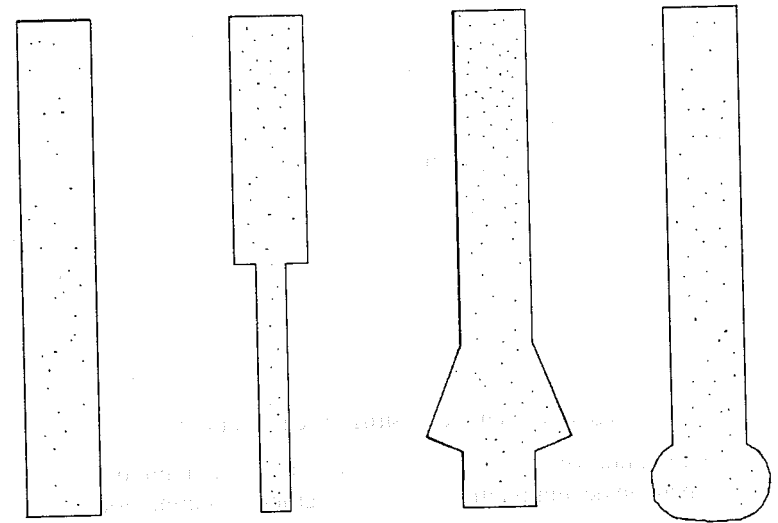


Fig. 2.2. Exemple de conformație ale corpului și bazei minipiloților

Pentru preluarea mai eficientă a încărcărilor orizontale se pot utiliza și minipiloți înclinați.

Prezentul ghid se referă la: minipiloți izolați; grupuri de minipiloți; „perdele” de minipiloți (minipiloți dispuși în același plan); și rețele de minipiloți (fig. 2.3) [1]

Minipiloții forajați se clasifică de regulă în funcție de următoarele criterii:

- modul de preluare al încărcărilor în raport cu terenul înconjurător;
- modul de injectare.

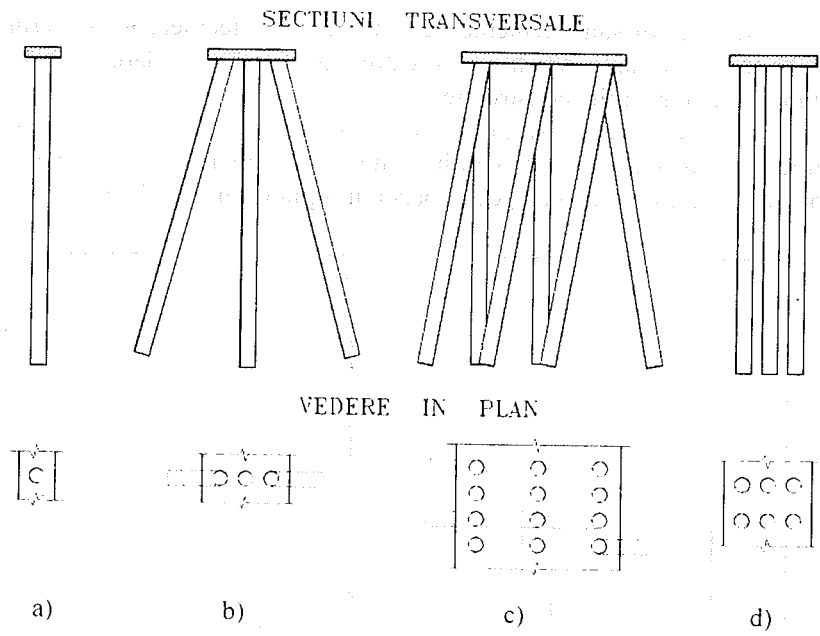


Fig. 2.3. Exemple de structuri cu minipiloți

- a) minipilot izolat
- b) perdele de minipiloți
- c) rețele cu minipiloți
- d) grupuri cu minipiloți

Din punct de vedere al criteriului (a) minipiloții pot fi:

- încărcăți direct fie prin acțiuni preponderent verticale cum este cazul fundațiilor indirecte la construcții (fig. 2.4 a), fie preponderent orizontale, cum este cazul alunecărilor de teren (fig. 2.4 b) [3]; în acest caz minipiloții sunt dispuși în același plan alcătuind o „perdea” și preiau în totalitate încărcările;
- încărcăți împreună cu terenul din jur, minipiloții fiind dispuși într-o rețea spațială; în acest caz se formează un bloc compozit (fig. 2.5 a, b) [3].

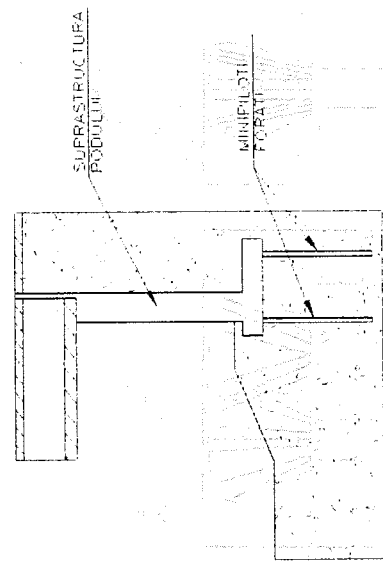
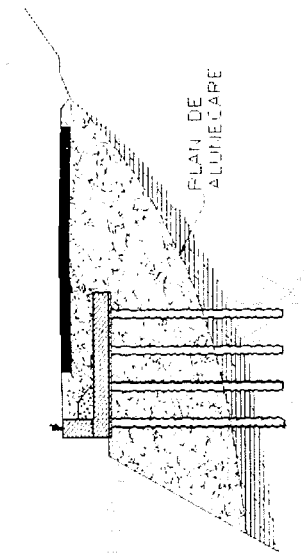


Fig. 2.4. Minipiloți încărcăți direct. Exemple

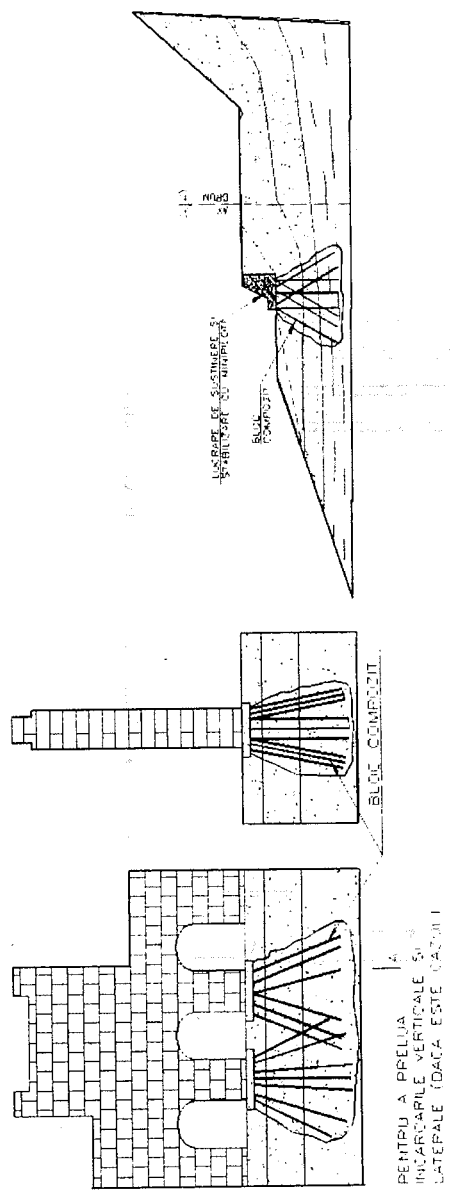


Fig. 2.5. Retele de minipiloți. Exemple

Metoda de injectare (criteriul b) este foarte importantă pentru calitatea realizării minipiloților: materialul de injectare este de regulă pastă de ciment sau mortar. Conform figurii 2.6 se deosebesc 4 tipuri de metodologii de punere în operă a materialului din care este alcătuit minipilotul și anume:

tipul A – injectarea se face gravitațional (injectare de umplere) deoarece coloana de injectare nu este presurizată:

tipul B – pasta de ciment este introdusă în foraj cu presiune mică de injectare (de ordinul $0.5 \div 1$ Mpa):

tipul C – injectarea se realizează cu presiune mare de $1.0 \div 2.0$ MPa provocând ruperea hidraulică a terenului înconjurător: înainte de întărirea (priza) materialului introdus în prima etapă este realizată a doua injectare cu ajutorul unui tub cu „manșetă”.

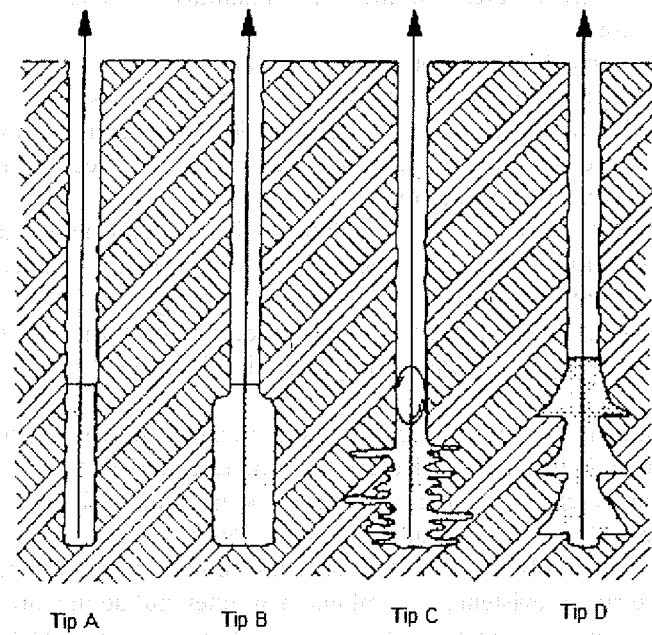


Fig. 2.6. Clasificarea minipiloților forăți după metoda de injectare

tipul D – injectarea se realizează în 2 etape: etapa I conform tipului C; etapa a II-a de injectare se face, de regulă după 15÷25 minute de la etapa II, la presiuni de ordinul 2-8 MPa.

3. DATE DE BAZĂ NECESARE PROIECTĂRII

Pentru domeniul precizat anterior, utilizarea minipiloților trebuie să aibă la bază: cunoașterea proiectului de construcție, a exigentelor structurale specifice sistemului de minipiloți, a proprietăților geotehnice ale terenului de fundare și experiența anterioară acumulată cu ocazia execuției unor minipiloți în condiții similare de teren.

Înainte de demararea lucrărilor mai sunt necesare date despre:

- agresivitatea chimică a pământurilor și/sau a apelor subterane;

- instabilitatea potențială a terenului;

- prezența unor piloți, tiranți și/sau a altor obstacole în terenul de fundare cum ar fi bucăți mari de lemn, beton, metal, etc.;

- deformațiile acceptabile ale structurilor vecine stabilite prin expertizarea acestora;

- starea structurilor, fundațiilor și sistemelor de drenaj ca și deformațiile acceptabile pentru construcțiile ce vor fi consolidate cu ajutorul minipiloților;

- stabilirea categoriei geotehnice (minipiloții pot fi încadrați, de regulă, în categoria geotehnică 2 sau 3).

Toate studiile geotehnice trebuie realizate conform documentațiilor tehnice de referință (v. Referințe normative anexate).

Adâncimea și extinderea zonei acoperite prin studiul geotehnic vor fi stabilite în așa fel încât să se poată identifica toate formațiunile geologice ce vor influența construcția și respectiv să se poată determina toți parametrii de rezistență și stabilitate pentru terenul de fundare.

Caracteristicile pământurilor vor fi determinate prin încercări de teren și laborator efectuate pentru toată fișa minipiloților sau până la

un nivel sub baza acestora în funcție de natura terenului sau modul de transmitere al încărcărilor (minipiloți purtători pe vârf și/sau flotanți).

În cazul utilizării minipiloților purtători pe vârf studiul geotehnic trebuie să arate că stratul „suport” nu este așezat la rândul lui pe un strat moale cu riscul poansonării sau înregistrării unor tasări inacceptabile. În acest caz adâncimea de investigare se va prelungi pe min. 2 m sub cota vârfului minipiloților.

Pentru execuția minipiloților studiul geotehnic trebuie să conțină următoarele informații:

- nivelul piezometric pentru nivelele de apă subterană. Este recomandat să se urmărească în timp evoluția nivelelor de apă subterană pentru a putea anticipa pe cele mai ridicate posibile în timpul execuției minipiloților. O atenție deosebită se va acorda nivelelor cu caracter artezian și scurgerilor rapide (mai mari de $30 \text{ m}^3/\text{zi}$);

- prezența pământurilor granulare grosiere foarte permeabile și a cavităților naturale și artificiale care pot provoca pierderi de fluid de foraj și o instabilitate locală care necesită măsuri speciale;

- prezența unor strate de argilă foarte moale și/sau turbă care pot conduce la dificultăți de execuție și la deformații suplimentare prin flambaj în exploatare;

- prezența unor obstacole subterane (bucăți de arbori, blocuri de rocă sau beton, bucăți de metal etc.) care induc dificultăți în timpul execuției și necesită metode și utilaje speciale pentru a le extrage sau penetra;

- cota și panta stratului portant de pământ sau rocă, grosimea și extinderea zonei alterate respectiv prezența fisurilor și cavităților; se recomandă determinarea rezistenței durabilității rocii;

- agresivitatea chimică a pământurilor și apelor subterane ce pot afecta proprietățile materialului din care va fi realizat minipilotul (pastă de ciment, mortar) și respectiv ale oțelului;

- degradarea proprietăților fizico-mecanice ale pământurilor sau rocilor în contact cu apa;

- prezența adâncimea, grosimea și natura stratelor de pământ poluat sau deșeurilor care în cazul realizării unor săpături necesită măsuri de protecție și securitate pentru echipele de pe șantier.

4. MATERIALE

4.1. Pastă de ciment și mortar

Pentru paste de ciment și mortare rezistența minimă pe cuburi cu latura de 7 cm la 28 de zile trebuie să fie de min. 25 MPa

Se pot utiliza următoarele tipuri de pastă / mortar :

4.1.1. Pastă de ciment

Se recomandă luarea în considerare a următoarelor rețete (pentru 1 m³):

Rețeta I:

- ciment: min 800 kg;
- bentonită/ciment: 0,03;
- raport ciment/apa: 1,5-2,0.

Rețeta II:

- ciment: 1080 kg;
- bentonită-ciment: 0,03;
- ciment-apă: 1,6-1,7.

4.1.2. Mortar de ciment-nisip

Se recomandă următoarea rețetă (pentru 1 m³):

- ciment: min. 700 kg;
- raport nisip/ciment: 1,15-1,25;
- raport ciment/apă: 1,5-2,0;
- adaosuri plastifiante și anticontractile: 15 % din greutatea cimentului.

Obs.: În cazul injectării în terenuri cu ape agresive la alcătuirea rețetelor se vor avea în vedere prevederile din documentațiile tehnice de referință (v. spre exemplificare standardul de referință STAS 3349/1-83 și NE 012-99).

Încercările curente la care trebuie supuse pasta de ciment și mortarul sunt:

Pentru paste:

- masa volumică;
- vâscozitatea (valoarea Marsh);
- timpul de priză;
- cedarea apei.

Pentru mortare:

Agregatele vor respecta din punct de vedere granulometric condițiile:

$$d_{85} \leq 4 \text{ mm}; \quad d_{100} \leq 8 \text{ mm}.$$

Controlul calității mortarului se face conform documentațiilor tehnice de referință.

În lipsa altor reglementări speciale, clasa de rezistență a mortarului utilizat la minipiloți trebuie să fie cel puțin C25 / 30 cu un raport apă / ciment inferior valorii 0,6, rezistență mare la segregare și o lucrabilitate suficientă pe timpul injectării și retragerii tubulaturii de protecție.

Pentru fiecare șantier, pentru perioada de maxim 7 zile, se vor confecționa cel puțin două serii de câte 3 probe cilindrice și cubice care vor fi testate pentru determinarea rezistenței simple la compresiune.

4.2. Armătura

Armăturile minipiloților se realizează din:

- Bare izolate sau carcasse din OB 37 sau PC 52 conform standardului de referință STAS 438/1-89.
- Țevi metalice sau profile metalice din OL 37 cu caracteristici geometrice precizate în standardelor de referință.

4.3. Fluide de foraj

Fluidele de foraj pot fi apa, aerul sau bentonita.

Fluidul de foraj nu trebuie să dăuneze calității operațiilor de injectare ulterioare.

Utilizarea fluidelor de foraj va fi abordată cu atenție sporită deoarece:

- scad frecările pe suprafața laterală a minipilotului;
- prin reproiectarea sistemului în urma încercărilor de teren, utilizarea minipiloților poate deveni costisitoare.

În terenurile instabile este *interzisă* utilizarea fluidelor de foraj.

5. EXECUȚIA MINIPILOȚILOR

5.1. Generalități

Execuția minipiloților se realizează în conformitate cu standardul de referință SR EN 14199.

Menționăm că pentru minipiloții proiectați pentru consolidarea pantelor instabile se recomandă următoarele:

Metoda de foraj recomandată este forajul uscat și tubat, utilizând atât foreze cu șnec continuu, cât și cu rotopercuție.

Pentru celelalte tipuri de lucrări se pot utiliza și alte metode de foraj menționate în standardul de referință SR EN 14199.

Atunci când forajul se execută într-un teren cu ape subterane arteziene, proiectantul va face precizări suplimentare privind neutralizarea presiunii apei în timpul operațiilor de forare și injectare.

6. PROIECTAREA MINIPILOȚILOR FORAȚI

6.1. Principii generale de proiectare

Proiectarea trebuie să definească tipul și dimensiunile minipilotului și să demonstreze că execuția lor este adaptată scopului propus, condițiilor particulare de teren și mediului înconjurător.

Dacă nu există o experiență asemănătoare în ceea ce privește execuția într-un amplasament comparabil, este necesar, ca înaintea începerii lucrărilor propriu-zise, să se realizeze unul sau mai mulți minipiloți de probă pe amplasamentul ales.

Realizarea unui minipilot de proba permite analiza metodei de execuție, materialul și evaluarea efectului minipilotului asupra terenului și zonelor de influență.

Proiectarea va cuprinde condițiile specifice de execuție:

- toleranțele geometrice;
- metodele de forare și injectare;
- tipul armăturilor (carcase, bare simple sau țevi / profile metalice - spre exemplificare vezi anexa 4);
- protecția împotriva coroziunii.

Acoperirea minimă admisă va fi în condiții de teren normale conform tabelului 6.1.

Tabel 6.1.

Acoperirea minimă pentru armăturile din oțel pentru minipiloții injectați pe loc într-un mediu puțin agresiv

Material de injectare	Minipiloți concepuți pentru a lucra numai la compresiune	Minipiloți concepuți să lucreze la întindere și/sau la încovoiere
Pastă de ciment	20 mm	30 mm
Mortar	35 mm	40 mm

Pentru minipiloții executați într-un mediu agresiv trebuie luate precauții speciale, cum ar fi:

- utilizarea cimenturilor speciale;
- o acoperire cu pastă de ciment de grosime mai mare;
- o protecție specială a armăturilor contra coroziunii;
- utilizarea unui oțel de compoziție chimică adecvată;
- utilizarea unor armături cu diametrul mai mare decât cel necesar care va include și grosimea de oțel sacrificat;
- o protecție catodică;
- tratament organic sau inorganic ;
- utilizarea tubajului permanent.

6.2. Prevederi generale de proiectare pentru minipiloții forati utilizați ca elemente de fundare

6.2.1. Acțiuni

Proiectarea fundațiilor pe minipiloți se face pe baza solicitărilor transmise de la suprastructură în grupările fundamentale și speciale de încărcări.

Solicitările transmise infrastructurii și coeficienții de corecție a încărcărilor se determină conform documentațiilor tehnice de referință (v. standardele de referință STAS 10101/0-75 și STAS 10101/2A1-87).

Se vor lua în considerare, de asemenea, și alte încărcări care acționează direct pe radier și/sau minipiloți cum sunt: împingerea în stare de repaus sau cea activă, rezistența pasivă, presiunea apei subterane etc.

Elemente de calcul privind solicitările date de pământ se găsesc în anexa 3.

Efectul acțiunii seismice se va lua în considerare pe baza normativului P100-92.

6.2.2. Alegerea tipului de minipilot

Stabilirea tipului de minipilot se face pe baza unei temeinice analize tehnico-economice.

Diametrul efectiv al secțiunii transversale depinde de caracteristicile utilajelor cu care se realizează gaura de foraj și se va încadra în intervalul $100 \div 300$ mm.

Lungimea minipiloților rezultă din calculul adâncimii până la care prin frecare pe suprafața laterală se ajunge la preluarea încărcării de la suprastructură și/sau din calculul adâncimii până la stratul bun de fundare.

Fundarea pe minipiloți purtători pe vârf se adoptă în cazul în care în terenul de fundare sunt cuprinse strate practic incompresibile la adâncimi convenabile din punct de vedere tehnic.

Sunt considerate strate practic incompresibile rocile stâncoase sau semistâncoase sau cele alcătuite din pământuri macrogranulare cum sunt pietrișurile, bolovănișurile și blocurile. Acestea sunt caracterizate de module de deformare liniară cu valori $E > 10^5$ kPa.

Dacă în cuprinsul zonei active (v. de ex. definiția din standardul de referință STAS 3300/2-85) sub un asemenea strat practic incompresibil se găsește un strat sau o lentilă compresibilă, minipiloții se vor considera flotanți.

Pentru a elucidă aspectele de mai sus prospectările geologice trebuie să se extindă minim 2 m în formațiunea practic incompresibilă respectiv peste grosimea stratului alterat în cazul rocilor compacte.

6.3. Capacitatea portantă a minipiloților la încărcări verticale

Capacitatea portantă depinde atât de rezistențele materialelor din care este alcătuit minipilotul (capacitatea portantă internă), care se va verifica după normele de proiectare corespunzătoare, cât și de caracteristicile terenului din jurul și de la baza minipilotului (capacitatea portantă externă). Prevederile prezentate în continuare se referă la capacitatea portantă externă.

6.3.1. Calculul capacității portante a minipiloților la încărcări verticale pe baza rezultatelor încercărilor de teren

În fazele preliminare de proiectare capacitatea portantă a minipiloților pentru toate tipurile de construcții se poate determina cu formule empirice de calcul.

În cazul construcțiilor obișnuite (încadrate de ex. conform standardului de referință STAS 10100/0-75 în clasele de importanță III, IV și V), se admite ca și în faza finală de proiectare să se utilizeze formulele empirice cu două condiții și anume:

- minipiloții să lucreze pe vârf (purători pe vârf);
- numărul minipiloților să fie mai mic de 100.

În faza finală de proiectare capacitatea portantă a minipiloților trebuie determinată pe baza rezultatelor încercărilor statice pe amplasament. Minipiloții încercați vor fi realizați cu aceeași tehnologie și cu același tip de utilaj precum cele avute în vedere în proiectul de execuție.

Încercarea statică a minipiloților de probă pentru toate tipurile de construcții se realizează conform documentațiilor tehnice de referință. Numărul minipiloților care se încearcă va fi stabilit de proiectant și respectiv de responsabilul geotehnic al lucrării. Acest număr va fi cel puțin egal cu cel indicat în tabelul 6.2.

Tabel 6.2.

Nr de minipiloți conform proiect	100	100-150	501-1000	1001-2000
Nr. minipiloți de încercat	2	3	5	6

Minipiloții încercați nu vor rămâne în lucrare decât în cazul obiectivelor cu un număr redus de minipiloți (sub 20).

Forța maximă aplicată minipilotului încercat va fi de ordinul încercării de calcul în gruparea cea mai defavorabilă.

Capacitatea portantă la compresiune R sau smulgere R_{sm} se poate determina pe baza rezultatelor experimentale astfel [5]:

$$P_{cr_k} = \text{Min}\{(P_{cr_m})_{med} / \xi_1; (P_{cr_m})_{min} / \xi_2\} \quad (6.1)$$

P_{cr_k} este valoarea P_{cr} caracteristică pentru solicitările de compresiune sau de tracțiune (smulgere), în kN;

P_{cr_m} este valoare măsurată în kN;

$(P_{cr_m})_{med}$ este valoarea medie măsurată în kN;

$(P_{cr_m})_{min}$ este valoarea minimă măsurată în kN;

$\xi_1; \xi_2$ sunt coeficienți de corelare pentru valorile măsurate P_{cr} medii și minime ale căror valori se iau conform tabelului 6.3 în funcție de numărul de încercări N de pe amplasament.

Tabel 6.3.

ξ \ N	1	2	3	4	≥ 5
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1	1

Conform standardului de referință STAS 2561/3-90 se acceptă ca pentru calculul capacității portante a minipiloților să se ia în considerare ca valoare P_{cr} :
 - valoarea medie rezultată din încercările statice, $(P_{cr})_{med}$ când valorile individuale (P_{cr_m}) se abat cu $(\pm 10 \div \pm 40)\%$ de la această medie.

Capacitatea portantă a unui minipilot solicitat la compresiune se determină cu relația:

$$R \cong k \cdot m \cdot P_{cr}, \text{ (kN)} \quad (6.2)$$

unde:

k este un coeficient de omogenitate cu valoarea 0,7;

m este un coeficient al condițiilor de lucru egal cu valoare 1.

P_{cr} este valoarea încărcării critice la compresiune stabilită pe baza încercărilor statice de teren.

Capacitatea portantă a unui minipilot solicitat la smulgere se determină cu relația:

$$R_{sm} = k \cdot m \cdot P_{cr_{sm}} \quad (\text{kN}) \quad (6.3)$$

în care: $k = 0,7$; $m = 0,6$.

$P_{cr_{sm}}$ este valoarea încărcării critice la smulgere stabilită pe baza încercărilor statice de teren.

Capacitatea portantă a unui minipilot vertical solicitat la forțe orizontale se determină cu relația

$$R_{cr} = k \cdot m \cdot P_{cr_{or}} \quad (\text{kN}) \quad (6.4)$$

în care: $k = 0,7$; $m = 0,7$.

$P_{cr_{or}}$ este forța critică orizontală determinată prin încercări statice de teren.

6.3.2. Pe baza unor relații empirice de calcul

În lipsa datelor din încercări statice de probă, standardul de referință STAS 2561/3-90 admite predimensionarea fundației pe baza capacităților portante determinate prin calcul, urmând ca proiectarea finală a fundației să se facă după cunoașterea rezultatelor încercărilor din teren.

Capacitatea portantă la compresiune se determină prin calcul cu relația:

$$R = K(m_1 \cdot p_v \cdot A + m_2 \cdot U \cdot \sum f_i \cdot l_i) \quad (\text{kN}) \quad (6.5)$$

în care:

K – coeficient de omogenitate egal cu 0,7;

m_1 și m_2 – coeficienți ai condițiilor de lucru (prezentati în tabelul 7.3);

A – aria secțiunii transversale în planul bazei minipilotului, în m^2 ;

U – perimetrul secțiunii transversale a minipilotului, în m;

p_v – rezistența de calcul a pământului sub baza minipilotului, dată în tabelul 7.4, în kPa. Valorile p_v din tabel se utilizează numai în cazul minipiloților injectați sub presiune. În cazul minipiloților injectați prin umplere, valorile p_v se vor calcula cu relațiile indicate la paragraful 6.3.2.1;

f_i – rezistența de calcul pe suprafața laterală a minipilotului, în dreptul stratului i , conform tabelului 6.5, în kPa;

l_i – lungimea minipilotului în contact cu stratul i , în m.

Tabel 6.4.

Tehnologia de injectare a minipilotului	m_1 pentru		m_2 pentru	
	pământuri necoezive	pământuri coezive	pământuri necoezive	pământuri coezive
Injectare sub presiune mare	0,9	0,8	0,9	0,8
Injectare cu presiune redusă	0,8	0,7	0,6	0,5

Tabel 6.5

Adâncime de înfigere [m]	Pământuri necoezive				Nisip prăfos	Pământuri coezive cu l_c						
	Pietriș	Nisipuri				≥ 1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
		mari	medii	fine								
						p_v [kPa]						
3	7500	6500	2900	1800	1200	7000	4000	3000	2000	1200	1000	600
4	8300	6600	3000	1900	1250	8300	5100	3800	2500	1600	1200	700
5	8800	6700	3100	2000	1300	8800	6200	4000	2800	2000	1300	800
7	9700	6900	3300	2200	1400	9700	6900	4300	3300	2200	1400	850
10	10500	7300	3500	2400	1500	10500	7300	5000	3500	2400	1500	900
15	11700	7500	4000	2800	1600	11700	7500	5600	4000	2800	1600	1000
20	12600	8200	4500	3100	1700	12600	8200	6200	4500	3100	1700	1100
25	13400	8800	5000	3400	1800	13400	8800	6800	5000	3400	1800	1200
30	14200	9400	5500	3700	1900	14200	9400	7400	5500	3700	1900	1300
35	15000	10000	6000	4000	2000	15000	10000	8000	6000	4000	2000	1400

Observații la tabelul 6.5:

1. Adâncimea de înfigere a minipiloților se măsoară de la nivelul terenului natural până la nivelul bazei când umplutura sau decapările prevăzute nu vor depăși 3 m. Când umpluturile sau decapările sunt mai mari de 3 m, adâncimea de înfigere se măsoară la un nivel superior, respectiv inferior, cu 3 m deasupra nivelului terenului natural.

2. Valorile p_v din tabelul 6.4 pot fi folosite cu condiția ca minipilotul să pătrundă în terenul stabil (care nu este supus afuierii sau alunecărilor) cel puțin 4m pentru infrastructurile podurilor sau construcțiilor hidrotehnice și 3m pentru celelalte construcții.

3. Valorile p_v din tabel sunt valabile pentru pământuri îndesate sau cu îndesare medie ($I_d = 0,33$).

4. Pentru nisipurile mari și pietrișuri, valorile p_v din tabel se pot folosi în cazul în care încastrarea relativă a vârfului pilotului în strat este $t/d \geq 15$. Pentru valori $t/d < 15$ se calculează rezistența de calcul corectată cu relația:

$$p_{v\text{cor}} = p_v \cdot (0.7 + 0.02 \cdot t/d) \text{ [kPa]} \quad (6.6)$$

în care:

t – adâncimea de încastrare în stratul de nisip mare sau pietriș a bazei minipilotului, în m;

d – diametrul minipilotului în planul bazei, în m.

5. Pentru pământuri nisipoase (cu excepția nisipurilor mari, prevăzute la obs. 4) și pământuri coezive, valorile din tabel se pot folosi cu condiția pătrunderii vârfului minipilotului pe o adâncime $t/d \geq 4$. Pentru valori $t/d < 4$ se calculează rezistența normată corectată cu relația:

$$p_{v\text{cor}} = p_v \cdot (0.5 + 0.125 \cdot t/d) \text{ [kPa]} \quad (6.7)$$

6. Pentru valorile intermediare ale adâncimilor sau consistenței, valorile p_v din tabel se interpolează liniar.

Tabel 6.6

Adâncime de înfigere [m]	Pământuri necoezive			Nisip prăfos	Pământuri coezive cu l_c				
	Nisipuri:				0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
	mari și medii	fine	prăfoase						
f_i [kPa]									
1	35	23	15	35	23	15	12	5	2
2	42	30	20	42	30	30	17	7	3
3	48	35	25	48	35	25	20	8	4
4	53	38	27	53	38	27	22	9	5
5	56	40	29	56	40	29	24	10	6
7	60	43	32	60	43	32	25	11	7
10	65	46	34	65	46	34	26	12	8
15	72	51	38	72	51	38	28	14	10
20	79	56	41	79	56	41	30	16	12
25	86	61	44	86	61	44	32	18	-
30	93	66	47	93	66	47	34	20	-
35	100	70	50	100	71	50	36	22	-

Observații la tabelul 6.6:

1. Valorile f se adoptă pentru adâncimile medii, corespunzătoare distanței de la mijlocul grosimii stratului i până la suprafața terenului, ținând seama de observația de la tabelul 6.4. În cazul unor straturi cu grosimi mai mari de 2 m, determinarea valorilor f se face prin împărțirea în orizonturi cu grosimea de maxim 2 m.

2. Pentru valorile intermediare ale adâncimii sau consistenței, f se interpolează liniar.

3. Dacă în limitele lungimii minipilotului există o intercalație de pământ puternic compresibil, de consistență redusă (turbă, mâl, etc.) de cel puțin 30 cm grosime, iar suprafața terenului urmează a fi încărcată (în urma sistematizării sau din alte cauze), valorile f pentru stratul puternic compresibil și pentru cele de deasupra lui se determină astfel:

- când supraîncărcarea este până la 30 kPa, pentru toate straturile situate până la limita inferioară a stratului puternic compresibil (inclusiv umpluturile) se ia $f = 0$;

- când supraîncărcarea este cuprinsă între 30 și 80 kPa, pentru straturile situate deasupra stratului puternic compresibil (inclusiv umpluturile) se ia f din tabel multiplicat cu 0,4 și cu semn negativ, iar pentru stratul puternic compresibil $f = -5$ kPa;

- când supraîncărcarea este mai mare de 80 kPa, pentru straturile situate deasupra stratului foarte compresibil, se ia f din tabel cu semn negativ, iar pentru stratul puternic compresibil se ia $f = 5$ kPa.

4. Dacă pilotul străbate umpluturi recente, straturi argiloase în curs de consolidare sau straturi macroporice sensibile la umezire, cu grosimi mai mari de 5m, valorile f se iau din tabel cu semn negativ.

În cazul minipiloților considerați ca purtători pe vârf, capacitatea portantă la compresiune se determină cu relația:

$$R = k \cdot m_1 \cdot p_v \cdot A, \text{ [kN]} \quad (6.8)$$

în care toate notațiile au semnificațiile anterioare și se determină conform precizărilor anterioare.

Capacitatea portantă la smulgere a unui minipilot se determină cu relația:

$$R_{sm} = K \cdot m \cdot U \cdot \sum f_i \cdot l_i, \text{ [kN]} \quad (6.9)$$

în care:

K, U, f_i, l_i au semnificația și valorile deja prezentate;

m – coeficient al condițiilor de lucru (0,6);

Deoarece aria laterală reală a secțiunii unui minipilot pentru anumite tehnologii este mai mare decât cea corespunzătoare diametrului găurii de foraj se recomandă determinarea termenului:

$$P_1 = U \sum m_2 f_i l_i \quad (6.10)$$

în care:

P_1 – forța preluată prin frecare pe suprafața laterală a minipilotului;

U, m_2, f_i, l_i au semnificația și valorile deja prezentate.

Determinarea valorii P_1 se poate face și cu ajutorul graficului din fig. 6.1 în care se ține seama de volumul total de pasta de ciment injectat în teren și unde:

V este volumul de pastă de ciment, pentru gaura de foraj;

V_p este volumul de pasta de ciment injectat sub presiune.

6.3.2.1. Calculul valorilor p_v pentru minipiloții injectați

prin umplere

a. Pentru minipiloții care reazemă cu baza pe pământuri coezive, valoarea p_v se calculează cu relația 6.11, cu condiția asigurării pătrunderii bazei minipilotului în stratul respectiv pe o adâncime egală cu cel puțin diametrul minipilotului sau al bulbului.

$$p_v = N_c c_n + \gamma_1 D \text{ (kPa)} \quad (6.11)$$

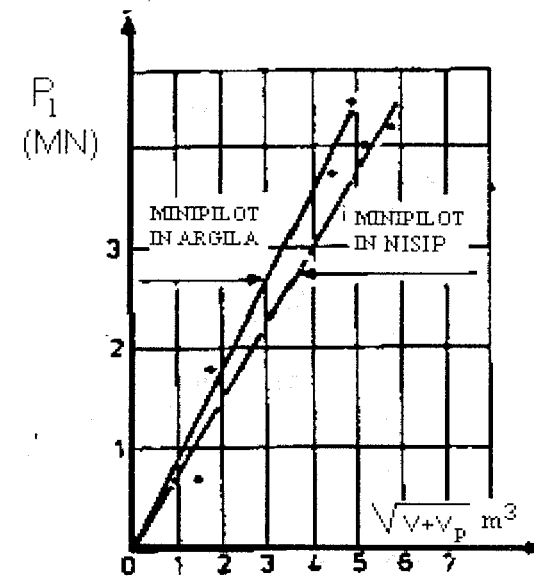


Fig 6.1. Variația forței preluate prin frecare pe suprafața laterală cu volumul de materiale injectat

În relația (6.11) avem:

$N_c = 9$ factor de capacitate portantă;

c_n – valoarea de calcul a coeziunii, determinată în condiții nedrenate a stratului, în kilopascali;

γ_1 – media ponderată, prin grosimile straturilor, a valorilor de calcul ale greutateilor volumice ale straturilor străbătute de minipilot, în kilonewtoni pe metru cub;

D – fișa reală a minipilotului (adâncimea la care se găsește baza minipilotului, măsurată de la nivelul terenului natural, sau – pentru infrastructurile podurilor – de la nivelul fundului albiei, ținând seama de adâncimea de afuiere), în metri.

În lipsa datelor privind rezistența la forfecare a stratului de la baza minipilotului, se admite, pentru pământuri coezive, utilizarea valorilor p_v , din tabelul 6.6.

Tabelul 6.7

Adâncimea bazei pilotului m	I_c						
	≥ 1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
	p_v , kPa						
3	850	750	650	500	400	300	250
5	1000	850	750	650	500	400	350
7	1150	1000	850	750	600	500	450
10	1350	1200	1050	950	800	700	600
12	1550	1400	1250	1100	950	800	700
15	1800	1650	1500	1300	1100	1000	800
18	2100	1900	1700	1500	1300	1150	950
20	2300	2100	1900	1650	1450	1250	1050
30	3300	3000	2600	2300	2000	-	-
40	4500	4000	3500	3000	2500	-	-

Observații:

1. Pentru valori intermediare ale indicelui de consistență I_c și ale adâncimii, valorile p_v se determină prin interpolare liniară.

2. În stratul coeziv având indicele porilor $e > 0,5$ se utilizează valorile $p_{v,cor}$ deduse cu relația:

$$p_{v,cor} = p_v \left(1 - 0,5 \cdot \frac{e - 0,5}{0,6} \right) \quad (6.12)$$

b. Pentru minipiloții care reazemă cu baza pe strate necoezive, valoarea p_v se calculează cu relația:

$$p_v = \alpha (\gamma d_b N_\gamma + \gamma_1 D_c N_q) \text{ (kPa)} \quad (6.13)$$

în care:

α – coeficient dat în tabelul 6.7, în funcție de gradul de îndesare I_D al pământului de la baza pilotului;

γ – valoarea de calcul a greutății volumice a pământului de sub baza pilotului, în kilonewtoni pe metru cub;

γ_1 – media ponderată, prin grosimile straturilor, a valorilor de calcul ale greutăților volumice ale straturilor străbătute de minipilot, în kilonewtoni pe metru cub;

D_c – fișa de calcul a minipilotului, în metri care se stabilește astfel

- dacă $D \geq \beta d_b$, se consideră $D_c = \beta d_b$;

- dacă $D < \beta d_b$, se consideră $D_c = D$;

D – fișa reală a minipilotului (adâncimea la care se găsește baza pilotului măsurată de la nivelul terenului natural, sau – pentru infrastructurile podurilor – de la nivelul fundului albiei, ținând seama de adâncimea de afuiere), în metri;

β – coeficient în funcție de gradul de îndesare I_D al pământului de la baza minipilotului, conform tabelului 6.8;

N_γ, N_q – factori de capacitate portantă, dați în tabelul 6.9, în funcție de valoarea de calcul a unghiului de frecare interioară ϕ' al stratului de la baza minipilotului.

Observație: Când deasupra stratului de pământ necoeziv în care pătrunde baza pilotului se află un strat de umplutură recentă, necompactată, sau de pământ plastic moale sau plastic curgător, sau un strat de turbă, drept fișa D se consideră doar adâncimea pe care pătrunde minipilotul în stratul portant, iar expresia p_v definită prin relația 6.13 se adaugă termenul $\gamma_2 h$ în care:

- γ_2 este valoarea de calcul a greutății volumice a stratului

slab, în kN/m^3 ;

- h grosimea stratului slab, în metri.

Tabelul 6.8

l_0	α	β
0,00...0,33	0,5	10
0,34...0,66	0,4	15
0,67...1,00	0,3	20

Tabelul 6.9

ϕ'	26	28	30	32	34	36	38	40
N_y	9,5	12,6	17,3	24,4	34,6	48,6	71,3	108,0
N_q	18,6	24,8	32,8	45,5	64,0	87,6	127,0	185,0

6.4. Capacitatea portantă pentru minipiloții verticali solicitați la încărcări orizontale

Capacitatea portantă la încărcări orizontale se poate stabili, în mod aproximativ, cu ajutorul valorii lungimii convenționale de încastrare l_0 , dată în tabelul 6.10 în funcție de denumirea pământului și de diametrul minipilotului

Lungimea convențională de încastrare l_0 reprezintă lungimea unei console la care momentul încovoietor maxim de încastrare este același cu momentul maxim care se dezvoltă în minipilot.

Forța orizontală $P_{cr\ or}$ a unui minipilot vertical cu radier jos se determină cu relațiile:

- în cazul minipilotului considerat încastrat în radier

$$P_{cr\ or} = \frac{2 M_{cap}}{l_0}, \text{ (kN)} \quad (6.14)$$

- în cazul minipilotului considerat articulat în radier

$$P_{cr\ or} = \frac{M_{cap}}{l_0}, \text{ (kN)} \quad (6.15)$$

în care:

l_0 – lungimea convențională de încastrare, în metri;

M_{cap} – momentul încovoietor capabil al secțiunii minipilotului, determinat conform documentațiilor tehnice de referință privind calculul elementelor de beton armat, în $\text{kN} \times \text{m}$.

Tabelul 6.10

Lungimea convențională de încastrare

Denumirea pământului	l_0
Nisipuri afânate și pământuri coezive având $I_c \leq 0,5$	$4d$
Nisipuri de îndesare medie și pământuri coezive având $0,5 < I_c \leq 0,75$	$3d$
Nisipuri și pietrișuri îndesate, pământuri coezive având $0,75 < I_c \leq 1$	$2d$
Pământuri coezive tari $I_c > 1$	$1,5d$

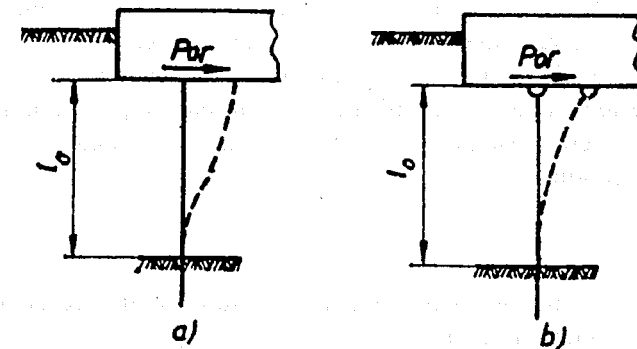


Fig. 6.2. Scheme de lucru pentru minipiloții forțați vertical sub acțiunea încărcărilor orizontale

Capacitatea portantă la încărcări orizontale a minipilotului vertical se determină cu relația:

$$R_{or} = kmP_{cror}, \text{ (kN)} \quad (6.16)$$

în care:

$$k = 0.7;$$

$$m = 0.7.$$

Observații:

1. Relațiile 6.15, 6.16 pot fi utilizate în cazul în care fișa minipilotului $D > 5l_0$.

2. În cazul unei stratificații neomogene, l_0 se stabilește ca medie ponderată (prin grosimile de straturi) ale valorilor corespunzătoare straturilor întâlnite pe o adâncime egală cu $1.5l_0$, în care l_0 reprezintă valoarea corespunzătoare stratului de la suprafață.

Pentru determinarea capacității portante la încărcări orizontale a minipiloților verticali sau înclinați, în special în cazul fundațiilor cu radier înalt precum și pentru calculul la deformații al fundațiilor supuse atât la încărcări verticale cât și la încărcări orizontale pot fi utilizate diverse metode de calcul: se recomandă utilizarea metodelor bazate pe teoria grinzilor pe mediu elastic.

Spre exemplificare, în anexa A a standardului de referință STAS 2561/3-90 se prezintă o metodă de calcul a unui pilot izolat supus la solicitări transversale, iar în anexa B a aceluiași standard, o metodă de calcul a unui grup de minipiloți cu radier rigid.

Aceste metode pot fi utilizate prin asimilare și pentru minipiloți.

La radiere joase pe minipiloți, solicitate la încărcări orizontale, se verifică condiția:

$$H_{tot} \leq m(\sum H_m + nR_{or}), \text{ (kN)} \quad (6.17)$$

unde:

H_{tot} – componenta orizontală a efortului total care acționează asupra radierului;

H_m – suma tuturor componentelor orizontale ale eforturilor axiale care acționează în piloții înclinați, în kN;

R_{or} – capacitatea portantă a minipiloților verticali la solicitări orizontale, în kN;

n – numărul minipiloților verticali;

m – coeficientul condițiilor de lucru, egal cu 0.9.

6.5. Calculul minipiloților forati la flambaj [4]

În terenuri instabile poate fi necesar să se prevadă un tubaj permanent pentru a proteja pasta de ciment sau mortarul proaspăt.

Pentru minipiloții executați pe loc în strate de pământ în care rezistența la forfecare nedrenată este mai mică de 15 kPa, se va lua în considerare flambajul, ținând cont de toleranțele geometrice de execuție.

Cu ajutorul abacelor din anexa 3 pentru un minipilot izolat (v. figura 6.3) considerând diferite ipoteze pentru extremități se determină forța critică, N_{cr} , pentru care se produce flambajul.

De asemenea se poate utiliza direct formula lui Euler (6.18)[3].

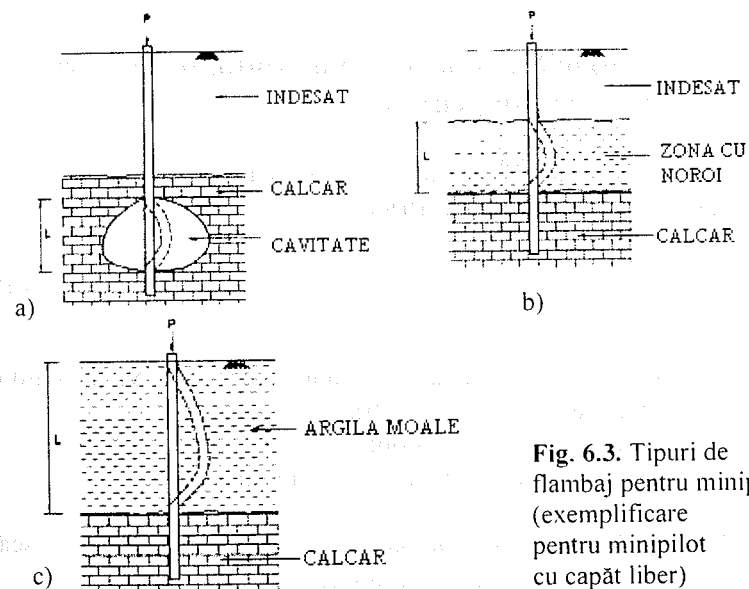


Fig. 6.3. Tipuri de flambaj pentru minipiloți (exemplificare pentru minipilot cu capăt liber)

$$N_c = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (6.18)$$

unde:

N_c încărcarea critică axială de compresiune care produce flambajul (kN);

E modulul lui Young pentru secțiunea echivalentă a minipilotului (kN/m^2);

I momentul de inerție pentru secțiunea minipilotului (m^4);

L lungimea de flambaj a minipilotului (m);

ω coeficient care ține seama de condițiile de rezemare a minipilotului ($\omega = 1$ pt. minipiloți articulați la ambele extremități; $\omega = 0,5$ pt. minipiloți încastrați la ambele extremități; $\omega = 2$ pt. minipiloți încastrați la o extremitate și liberi la cealaltă; $\omega = 0,699$ pt. minipiloți articulați la o extremitate și încastrați la cealaltă);

h lungimea totală a unui minipilot.

6.6. Capacitatea portantă a minipiloților forțați realizați în grup [4]

„Efectul de grup” poate fi cuantificat prin coeficientul de eficacitate C_e definit conform relației:

$$C_e = \frac{R_g}{nR} \quad (6.19)$$

unde:

$R_g = m_g R$ – este capacitatea portantă a grupului (v. standard de referință STAS 2561/3-90);

n – este numărul de minipiloți;

R – este capacitatea portantă a minipilotului izolat.

Încercările la scară naturală și în special pe modele la scară redusă au condus la următoarele rezultate:

– coeficientul de eficacitate are valori maxime de ordinul $C_e = 1,3$ pentru interdistanța $S = 4d$ ($d =$ diametrul minipilotului) și lungimi de minipiloți de peste 10 m;

– coeficientul de eficacitate are valori apropiate de 1,00 pentru interdistanțe $S = 2d$ respectiv $S = (6 \div 7)d$ și $C_e < 1$ pentru $S < 2d$ respectiv $S > (6 \div 7)d$.

6.7. Determinarea numărului de minipiloți verticali

Într-o primă etapă de predimensionare a fundațiilor pe minipiloți numărul necesar de minipiloți se determină cu relația:

$$n = \max \left\{ 1,3 \cdot \frac{N}{R} \text{ sau } 1,3 \cdot \frac{H}{R_{or}} \right\} + 1 - 2 \text{ buc.} \quad (6.20)$$

Numărul final de minipiloți se stabilește după dispunerea acestora în planul radierului respectiv verificarea eforturilor din încărcările transmise de la suprastructură.

În cazul forțelor horizontale mari se recomandă utilizarea minipiloților înclinați.

6.8. Calculul eforturilor în minipiloții unei fundații

6.8.1. Determinarea eforturilor din minipiloții verticali

La calculul fundațiilor pe minipiloți se consideră că încărcările de la suprastructură se transmit terenului prin intermediul acestora.

Efortul într-un minipilot al fundației cu radier jos și minipiloți verticali, solicitată la încărcări verticale și momente încovoietoare se poate calcula cu relația:

$$S = \frac{N}{n} + G_p \pm \frac{M_x y}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \pm \frac{M_y x}{\sum_{i=1}^n x_i^2}, \text{ [kN]} \quad (6.21)$$

în care:

N – efortul vertical de calcul, în kN;

M_x și M_y – momentele de calcul, față de axele principale ale grupului de minipiloți, în kNm;

x_i și y_i – distanțele de la axa minipilotilor i din grup, la axele principale ale grupului de minipiloți, în metri;

x și y – distanțele de la axa minipilotului considerat, la axele principale ale grupului de minipiloți, în metri;

n – numărul minipiloților în grup;

G_p – greutatea minipilotului, ținând seama de variabilitatea geometriei și a greutății volumice a materialului constituint, precum și de efectul de submersare al apei subterane, în kN.

N , M_x și M_y se iau cu valorile rezultate din încărcările în greutatea specială (v. de ex. standardele de referință STAS 10101/OA-77 și STAS 10101/OB-87).

În cazul în care o fundație cu radierul jos este solicitată și la încărcări orizontale, trebuie să se verifice dacă minipiloții verticali din grup sunt capabili să preia această încărcare prin încovoiere.

În caz contrar se prevăd piloți înclinați.

6.8.2. Determinarea eforturilor din minipiloții înclinați

Determinarea eforturilor din minipiloții înclinați se face, în cazul fundațiilor cu radiere joase, astfel:

– eforturile în piloții verticali și componentele verticale ale eforturilor în piloții înclinați se pot determina cu relația (6.21);

– componenta orizontală a efortului, într-un minipilot înclinat H_m , se poate determina cu relația:

$$H_m = V_m \operatorname{tg} \delta, \text{ (kN)} \quad (6.22)$$

în care:

V_m – componenta verticală a efortului în același minipilot în kN;

δ – unghiul față de verticală al axei minipilotului considerat.

Calculul eforturilor din minipiloții fundațiilor cu radier considerat infinit rigid în raport cu piloții se poate efectua folosind o metodă de calcul care să țină seama de deformațiile și de conlucrarea acestora cu terenul, ca cea prezentată în anexa B din standardul de referință STAS 2561/3-90.

6.9. Verificarea fundațiilor pe minipiloți la stări limită

Se iau în considerare următoarele stări limită:

– starea limită de deformații (S.L.D.) din categoria stărilor limită de exploatare normală (S.L.E.N.);

– starea limită de capacitate portantă (S.L.C.P.) din categoria stărilor limită ultime (S.L.U.).

Verificarea grupului de minipiloți la starea limită de deformații se face cu relația:

$$\Delta \leq \bar{\Delta} \quad (6.23)$$

unde:

Δ – este tasarea probabilă a fundației pe minipiloți; aceasta se calculează cu metoda bazată pe schema fundației convenționale (v. de ex. „Anexa D” din standardul de referință STAS 2561/3-90);

$\bar{\Delta}$ – este tasarea admisibilă a construcției stabilită conform documentațiilor tehnice de referință (v. de ex. standardele de referință STAS 3300/1-85 și STAS 3300/2-85).

Verificarea grupului de minipiloți la starea limită de capacitate portantă se face cu relația:

$$S \leq R \quad (6.24)$$

în care:

- S – este efortul de calcul ce activează într-un minipilot;
- R – este capacitatea portantă a minipilotului.

7. PREVEDERI GENERALE DE PROIECTARE PENTRU MINIPILOȚII FORAȚI UTILIZAȚI LA SUSȚINEREA ȘI CONSOLIDAREA PANTELOR NATURALE ȘI ARTIFICIALE INSTABILE

7.1. Generalități

Lucrările de susținere și consolidare (stabilizare) a pantelor cu ajutorul minipiloților se referă la susținerea și consolidarea terasamentelor cu *minipiloți dispuși în grup* (fig. 2.4b și 2.5b) și solidarizați la capătul superior cu un radier din beton armat.

7.2. Susținerea și consolidarea terasamentelor cu minipiloți dispuși în grup și solidarizați la capătul superior cu un radier din beton armat

7.2.1. Descrierea procedurii

Minipiloții dispuși în grup cu radier de solidarizare la capătul superior constituie o lucrare folosită în general la susținerea și consolidarea terasamentelor de drum și de cale ferată.

Sistemul "grup de minipiloți – radier" permite analogia cu fundația indirectă pe minipiloți tratată în prezentul ghid, cu deosebirea că încărcările verticale sunt neglijabile în raport cu cele orizontale și că, în acest caz, nu se ia în calcul flambajul.

Soluția de susținere și consolidare a terasamentelor cu minipiloți dispuși în grup și solidarizați la capătul superior cu un radier din beton armat prezintă următoarele avantaje:

- consolidează terasamentul potențial instabil prin realizarea unei susțineri continue fără săpături deschise;
- necesită un consum redus de ciment și de oțel-beton;
- permite o execuție complet mecanizată;
- reduce durata de execuție;
- permite execuția lucrărilor pe drumuri cu trafic intens cu stângerirea minimă a circulației, datorită gabaritului redus al utilajelor.

7.2.2. Elemente de calcul

7.2.2.1. Stabilirea încărcărilor orizontale

Încărcarea preponderentă este împingerea pământului pe lucrarea de susținere care se poate calcula atât pe baza coeficienților k_a ai împingerii active (conform teoriilor Rankine sau Coulomb), cât și pe baza unui calcul invers care stabilește forța orizontală dată de masivul alunecător.

Valoarea încărcării orizontale luată în considerare pentru calculul grupului de minipiloți va fi valoarea maximă rezultată din compararea celor două ipoteze.

În cazul efectuării calculului invers pentru a determina împingerea masivului aflat în echilibru limită (fig.7.1) se ia în considerare următoarea ecuație:

$$F_{s,0} + \Delta F_s = [\Sigma(G_i \cos \alpha, \text{tg } \phi'_i + c'_i/l_i) + E] / \Sigma G_i \sin \alpha, \quad (7.1)$$

în care:

- G_i – greutatea unei fâșii verticale i din masivul aflat în echilibru limită, [kN/m];
- E – rezultanta forțelor orizontale date de împingerea masivului de pământ, [kN/m];

c'_i – coeziunea pământului în eforturi efective care acționează la baza fâșiei i . [kN/m²];

φ'_i – unghiul de frecare internă în eforturi efective care acționează la baza fâșiei i . [grade];

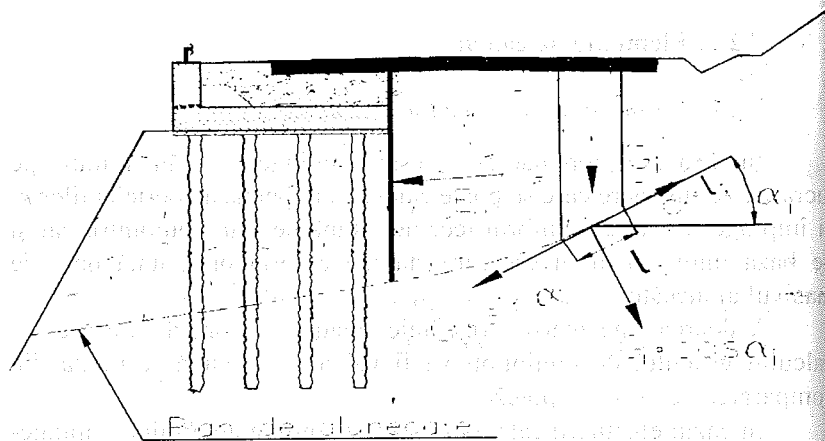
l_i – lungimea bazei fâșiei i . [m];

α_i – unghiul format între tangenta la baza fâșiei i și orizontala;

$F_{s,0}$ – factorul de siguranță pentru masivul aflat în echilibru limită ($F_{s,0} = 1$);

ΔF_s – sporul prescris al valorii factorului de siguranță pentru asigurarea stabilității masivului ($\Delta F_s \geq 0.3$).

Din rezolvarea ecuației (7.1) rezultă valoarea E .



7.2.2.2. Determinarea valorilor împingerii pământului pe fiecare minipilot în parte funcție de dispunerea minipiloților în planul radierului de solidarizare [7, 8]

Pentru minipiloții dispuși în grup cu interdistanțe $a \leq 4b$ (fig. 8.1), încărcarea orizontală E_m , aferentă fiecărui minipilot în parte după cum urmează:

$$E_m = B k e_a / n, \text{ [kN/m]} \quad (7.2)$$

în care:

n – numărul de minipiloți conform fig. 8.1;

$B = B' + 3b$, unde:

B' – distanța între axele minipiloților marginali ai radierului, [m];

b – diametrul minipiloților, [m];

k – coeficientul de repartiție al încărcării orizontale conform poziției minipilotului în plan, indicat în fig. 8.1;

e_a – împingerea activă a pământului care se poate determina cu relația generală:

$$e_a = \gamma z k_a + q k_a - 2c \sqrt{k_a}, \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

în care:

γ – greutatea volumică a pământului, [kN/m³];

z – adâncimea de calcul a împingerii active, [m];

k_a – coeficientul împingerii active;

q – suprasarcina la nivelul terenului natural, [kN/m²];

c – coeziunea pământului, [kN/m²].

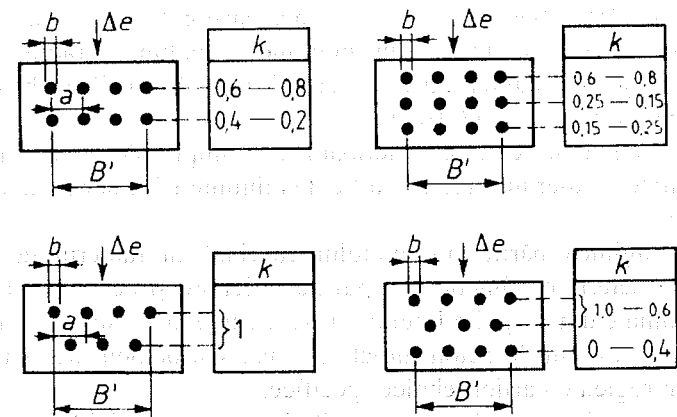


Fig. 7.2. Coeficientul k de repartiție al încărcării orizontale [7, 8]

8. ELEMENTE CONSTRUCTIVE. LEGĂTURA DINTRE MINIPILOȚI ȘI SUPRASTRUCTURĂ

Se recomandă ca distanța minimă între axele minipiloților forajați să fie $S = 3d$ (d este diametrul secțiunii minipilotului).

Repartizarea minipilotului sub radier se face într-un rând, în rânduri paralele, în șah, radial, respectând distanțele minime și ținând seama de tehnologia de realizare.

Tipul și adâncimea de fundare a radierului se stabilesc în funcție de:

- existența subsolurilor și instalațiilor subterane;
- condițiile geologice și hidrogeologice ale amplasamentului (nivelul apelor subterane și variația acestuia în timpul execuției exploatarei);
- gelivitatea pământurilor și posibilitatea variațiilor de volum din alte cauze.

Radierul de beton armat se calculează conform documentațiilor tehnice de referință (v. de ex. standardele de referință STAS 10102-75 și STAS 10107/0-90) sub acțiunea încărcărilor transmise de suprastructură și a reacțiunilor din minipiloți. Înălțimea radierului se determină prin calcul dar nu va fi mai mică de 30 cm. Clasa betonului din radier va fi cel puțin C16/20.

Distanța între fața exterioară a minipiloților marginali și extremitatea radierului trebuie să fie de minimum $1d$, dar nu mai mică de 25 cm.

Lungimea părții minipilotului cuprinsă în radierul de beton armat se determină în funcție de tipul de solicitare și de tipul armăturii longitudinale din corpul pilotului (nu se include în grosimea radierului grosimea stratului de beton turnat sub apă, sau betonul de egalizare) conform reglementărilor tehnice specifice.

În cazul fundațiilor pe minipiloți supuși la solicitări axiale de compresiune și la forțe horizontale reduse, care pot fi preluate de minipiloții considerați articulați în radier, minipiloții trebuie să pătrundă în radier cu capetele intacte pe o lungime de 5cm, iar armăturile

longitudinale ale minipiloților sau țeava să se înglobeze în radier pe minimum 25 cm.

În cazul fundațiilor pe minipiloți supuși la solicitări axiale de smulgere sau la forțe horizontale mari care impun preluarea prin piloți considerați încastrați în radier, minipiloții trebuie să pătrundă în radier cu capetele intacte pe o lungime de 15 cm, iar armăturile longitudinale ale minipiloților trebuie să se înglobeze în radier pe o lungime determinată prin calcul, sau până la partea superioară a radierului.

În cazul în care minipilotul este armat cu țeavă, în funcție de tipul solicitărilor, se poate adopta și o legătură cu suprastructura de tipul celor redată în figura 8.1

În cazul consolidării unor infrastructuri vechi cu ajutorul minipiloților se pot distinge două tipuri de conlucrare și anume:

- a. minipiloții sunt forajați prin infrastructura existentă și conlucrarea este asigurată prin aderență (fig. 8.2)
- b. minipiloții preiau încărcările prin intermediul unor noi elemente cum ar fi o nouă talpă de fundare (fig. 8.3) sau o nouă grindă-radier precomprimată ce înglobează și vechea fundație (fig. 8.4).

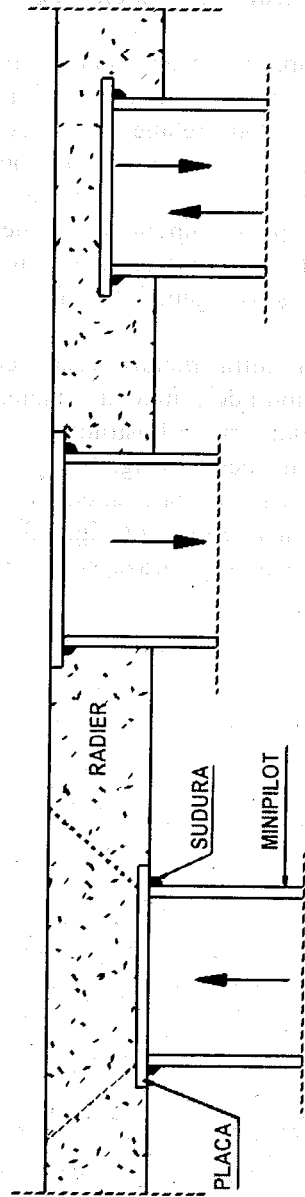
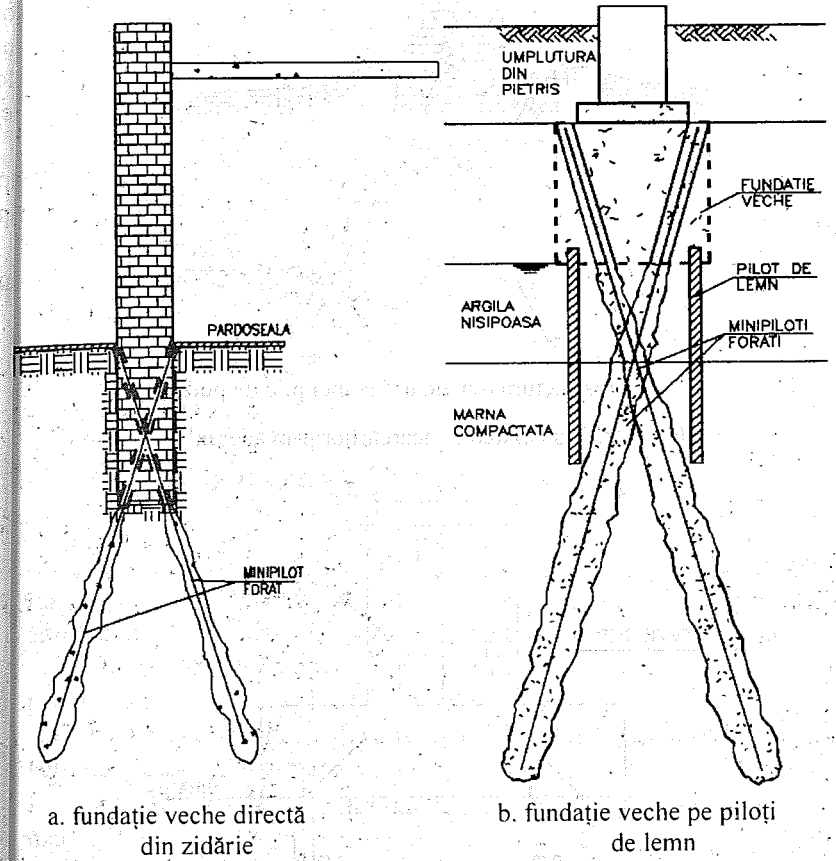
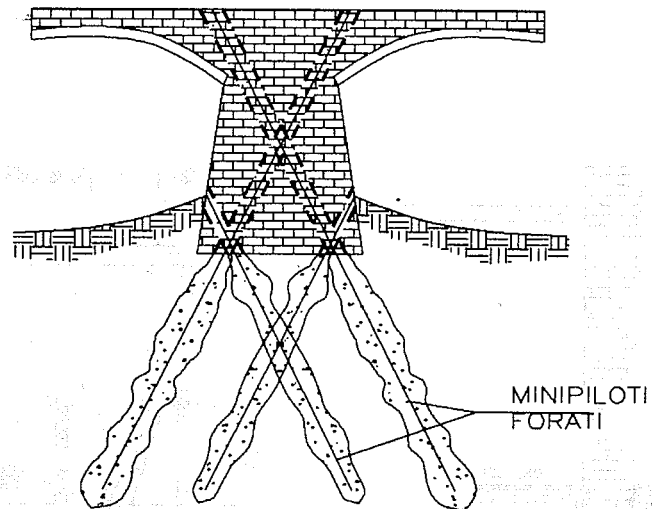


Fig. 8.1. Legătura dintre un minipilot și grinda de fundare în funcție de tipul de solicitare



a. fundație veche directă din zidărie

b. fundație veche pe piloti de lemn



c. suprastructura din zidărie a unei pile de pod

Fig. 8.2. Transmiterea încărcărilor prin aderență

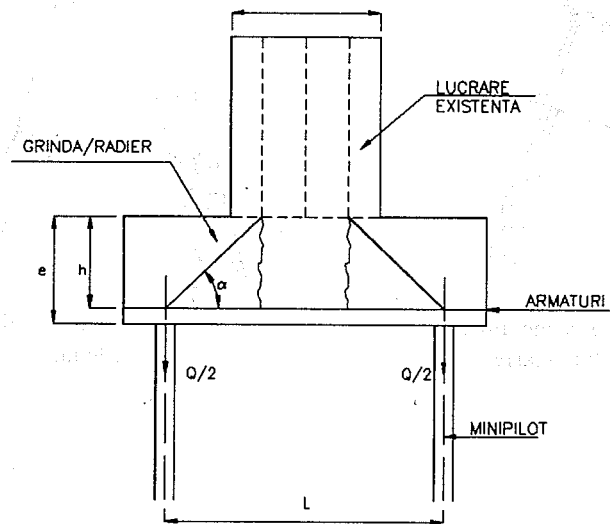


Fig. 8.3. Conlucrarea fundației pe minipiloți cu suprastructura

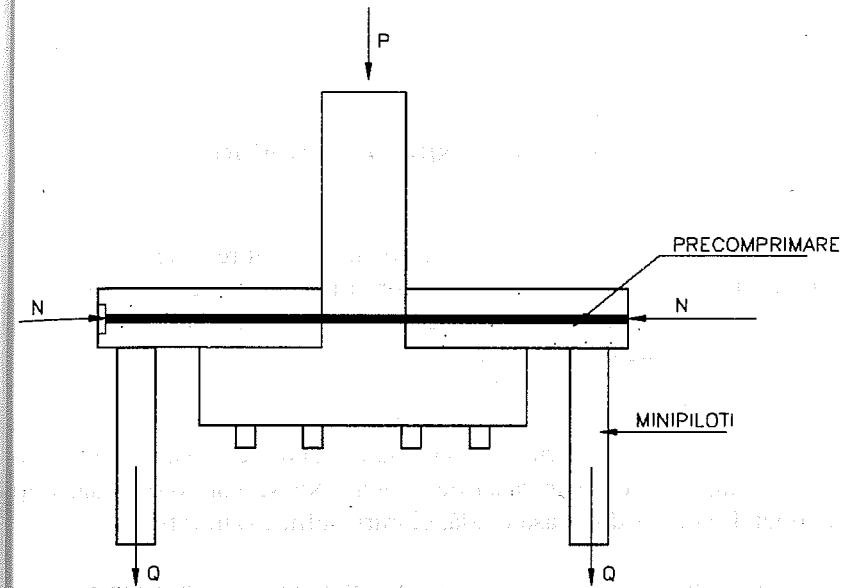


Fig. 8.4. Asigurarea conlucrării prin precomprimare

În ceea ce privește primul tip de conlucrare se recomandă realizarea unor încercări pentru determinarea valorii eforturilor admisibile corespunzătoare aderenței între pasta de ciment și oțel.

În general aderența mobilizabilă este de ordinul a 0,5 MPa pentru oțelul OB37 respectiv 1,0MPa pentru barele din oțel PC52.

Pentru al doilea tip de conlucrare se recomandă în cazul betonului armat a armare ca în figura 9.3.

În cazul precomprimării se va considera un efort de precomprimare $N = (2 \div 3)Q$ pentru asigurarea unei bune conlucrări.

Adaosuri folosite la minipiloți

Adaosurile pot fi utilizate pentru îmbunătățirea lucrabilității și durabilității pastei de ciment și mortarului utilizate la realizarea minipiloților. De asemenea prin aceste adaosuri se urmărește creșterea valorilor rezistențelor mecanice.

Pe de altă parte aceste adaosuri trebuie să respecte anumite condiții de chimism pentru a nu degrada oțelul din care sunt confecționate armăturile sau chiar pasta de ciment. Nu se vor folosi adaosuri conținând > 0.1 % din masa totală, cloruri, sulfuri și nitrați.

În cazul utilizării bentonitei ca aditiv (ceea ce este recomandat) cantitatea va fi sub 10 kg / m³ pentru un raport apă / ciment sub 0,5.

Atunci când pentru îmbunătățirea lucrabilității și pentru reducerea contracției se utilizează adaosuri, calitatea acestora trebuie să fie comparabilă cu cea a cimentului utilizat.

Împingerea în stare de repaus, împingerea activă și rezistența pasivă a pământului asupra fundațiilor pe minipiloți. Presiunea apei

Pentru calculul împingerii în stare de repaus, împingerii active și rezistenței pasive a pământului, în cazul stărilor limită de exploatare normală (SLEN), se recomandă luarea în considerare a parametrilor rezistenței la forfecare (ϕ', c') și $F_v = 1,00$.

Pentru presiunea apei se vor lua în considerare cele mai defavorabile situații din punct de vedere al nivelului subteran cât și al apariției unor accidente ce induc solicitări suplimentare.

Presiunea pământului asupra minipiloților la o adâncime z în teren se exprimă printr-un efort unitar efectiv orizontal calculat cu relația:

$$\sigma'_h = k \cdot \gamma \cdot z$$

unde:

γ – este greutatea volumică a pământului în stare umedă (γ' – greutatea volumică în stare imersată – sub nivelul apei subterane);

k – este un coeficient ce poate fi:

- k_0 pentru împingerea pământului în stare de repaus:

$$k_0 = 1 - \sin \phi';$$

- k_a pentru împingerea activă și poate fi calculat cu relația:

$$k_a = \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right);$$

- k_p pentru împingerea pasivă și poate fi calculat cu relația:

$$k_p = \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right).$$

Grafițe pentru calculul minipiloților la flambaj

Notații:

N_c încărcarea critică axială de compresiune care produce flambajul (kN);

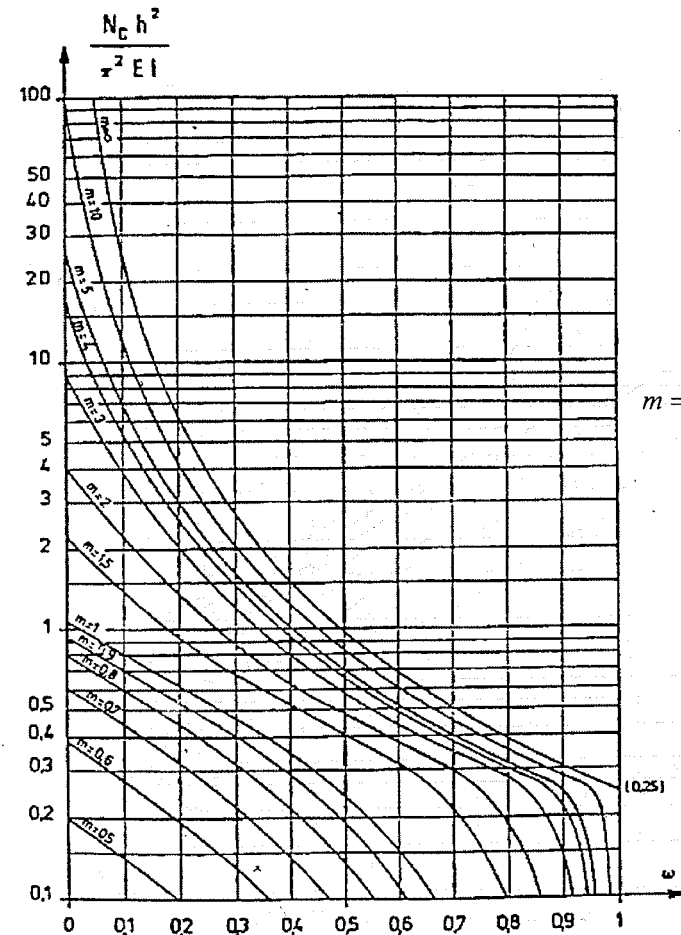
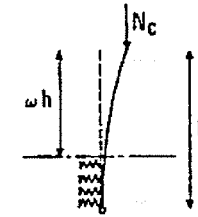
E modulul lui Young pentru secțiunea echivalentă a minipilotului (kN/m^2);

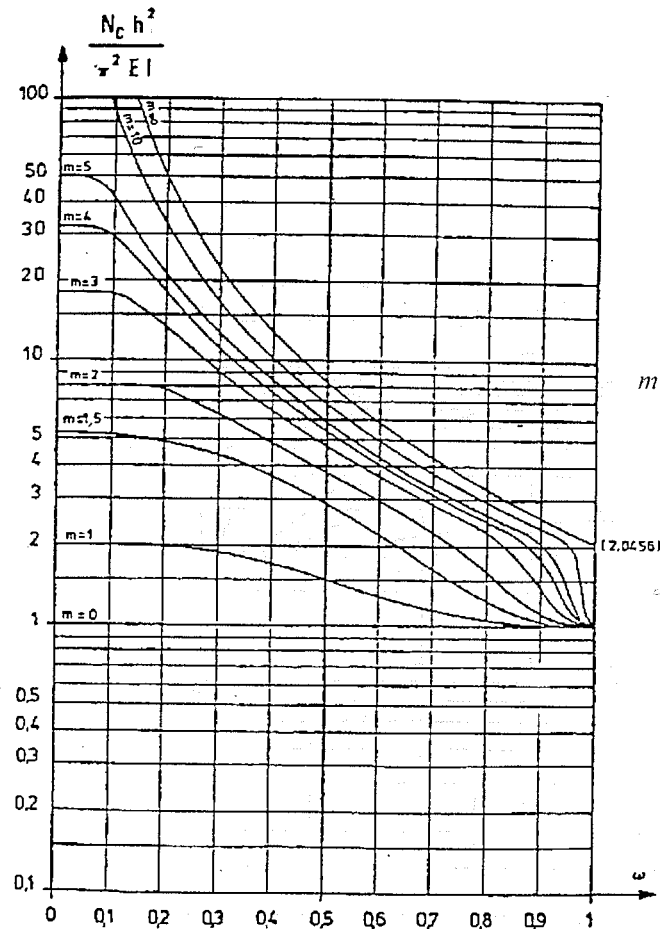
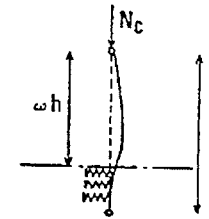
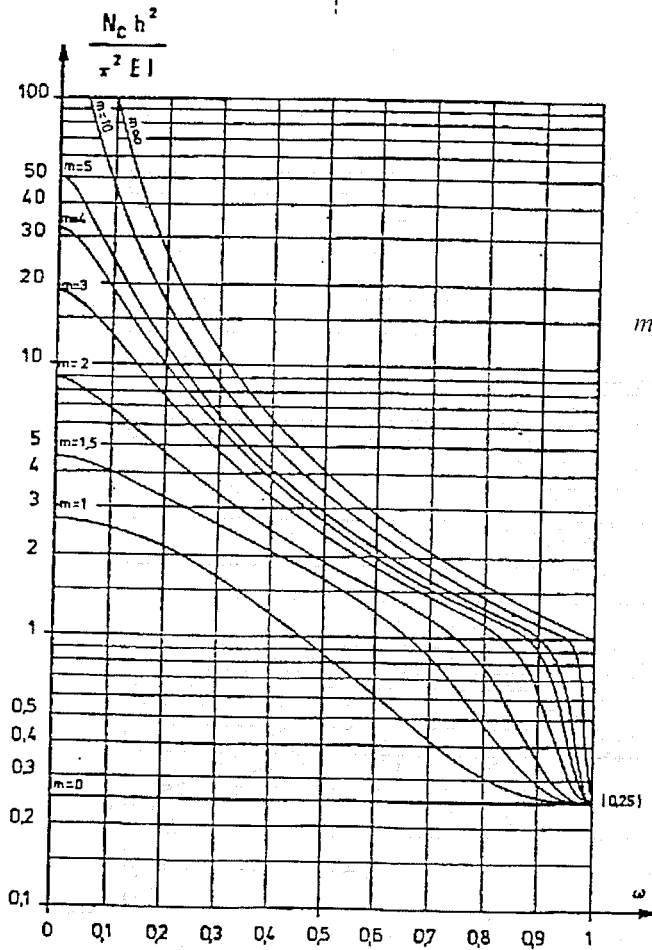
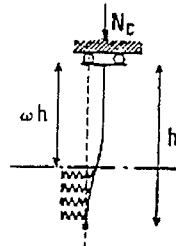
I momentul de inerție pentru secțiunea minipilotului (m^4);

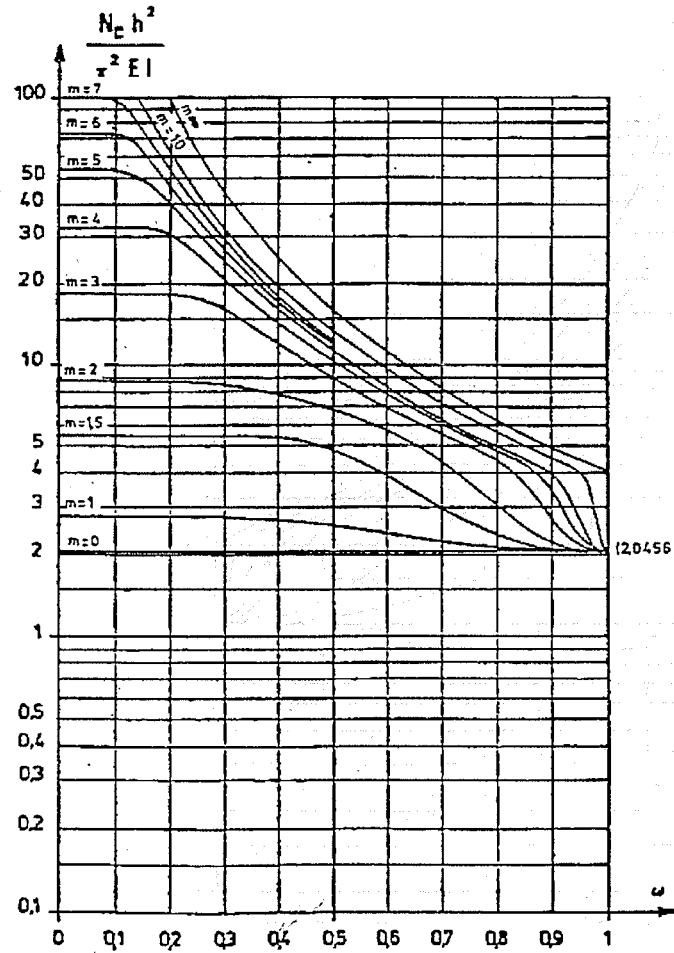
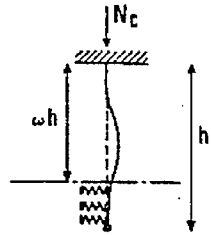
ω coeficient care ține seama de condițiile de rezemare a minipilotului ($\omega = 1$ pt. minipiloți articulați la ambele extremități; $\omega = 0,5$ pt. minipiloți încadrați la ambele extremități; $\omega = 2$ pt. minipiloți încadrați la o extremitate și liberi la cealaltă; $\omega = 0,699$ pt. minipiloți articulați la o extremitate și încadrați la cealaltă);

h lungimea totală a unui minipilot;

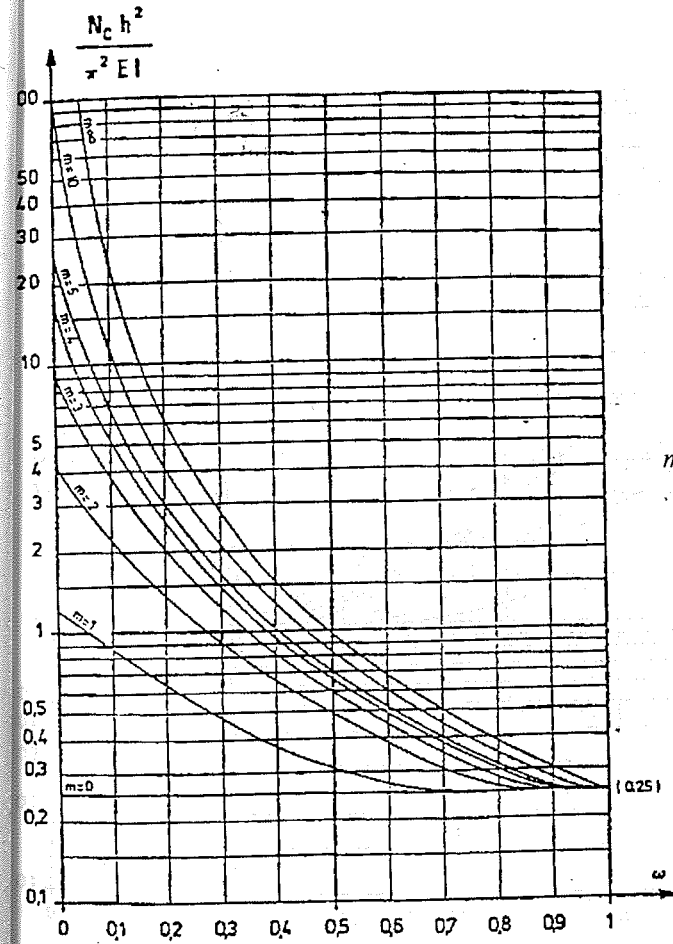
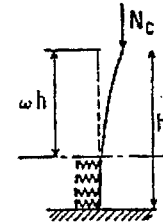
K modulul de reacție al terenului.



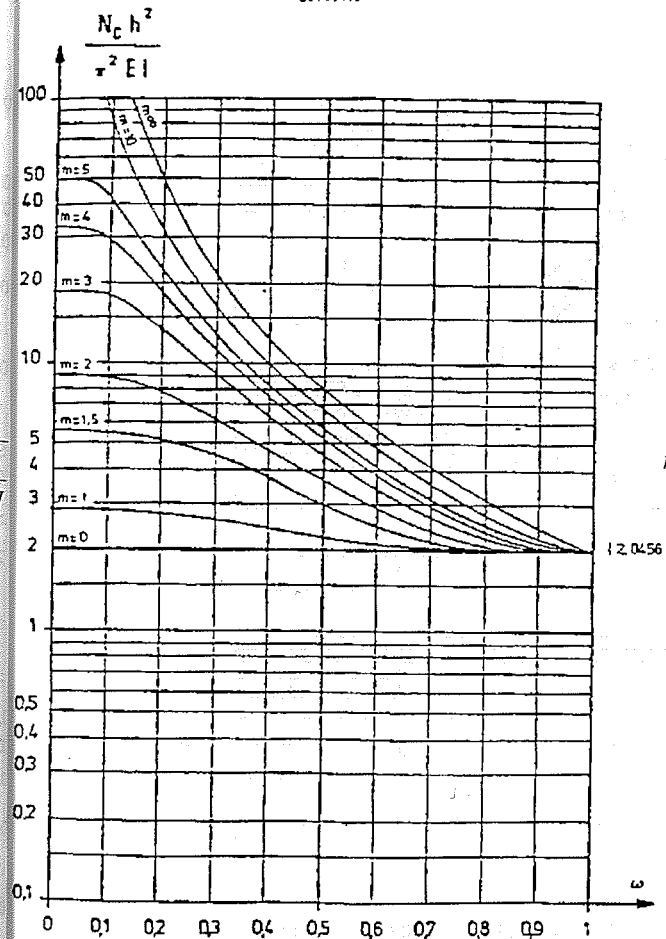
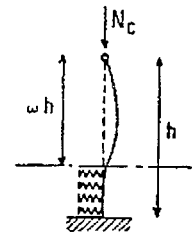
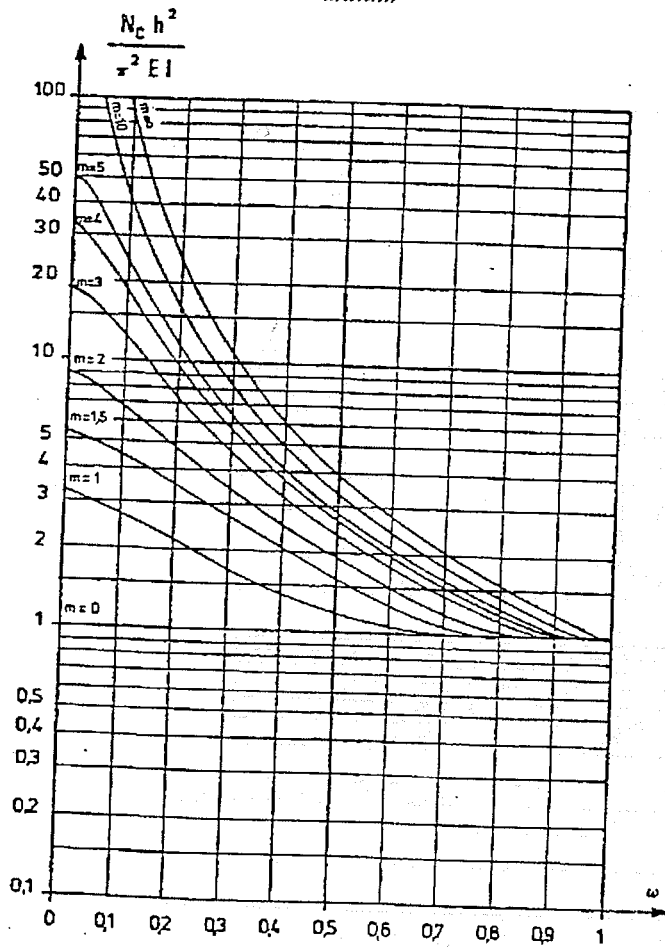
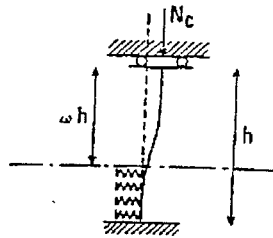




$$m = \frac{h}{\pi} \cdot \sqrt[4]{\frac{K}{EI}}$$



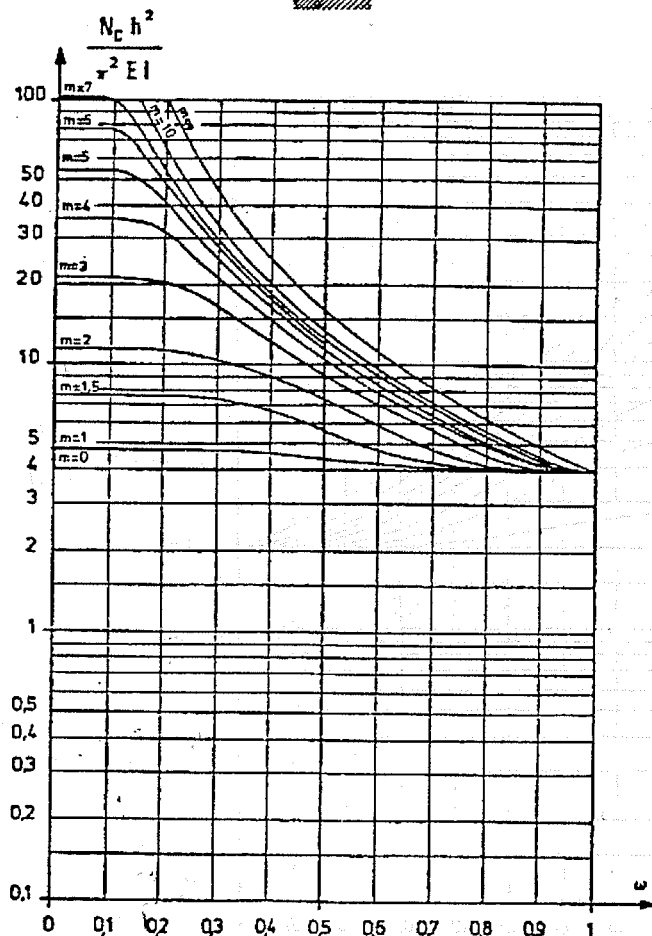
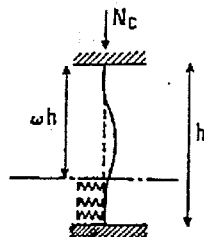
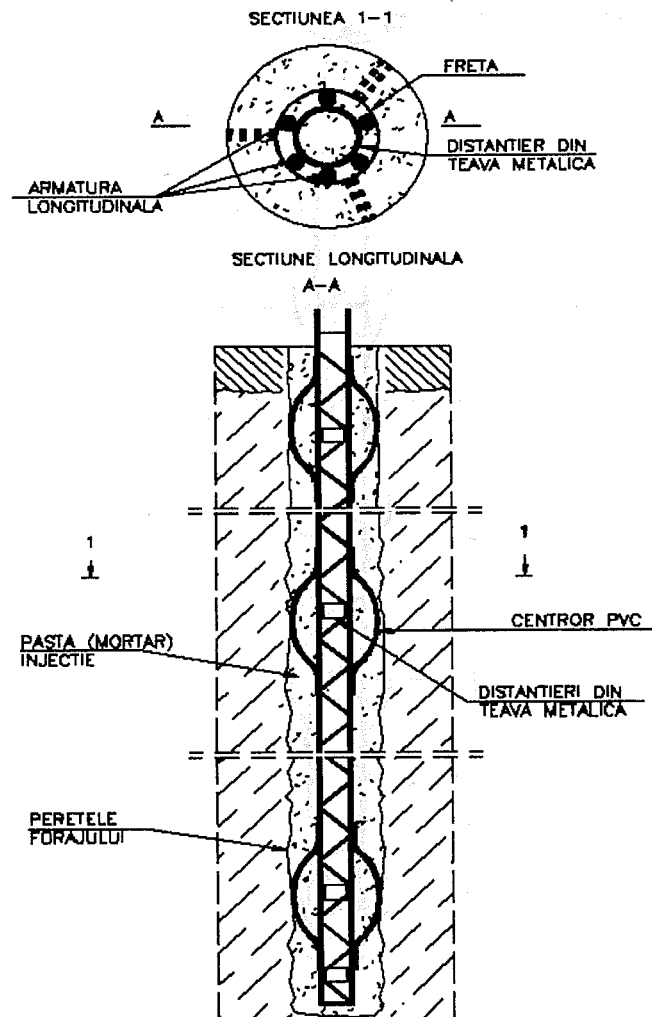
$$m = \frac{h}{\pi} \cdot \sqrt[4]{\frac{K}{EI}}$$



$$m = \frac{h}{\pi} \sqrt[4]{\frac{K}{EI}}$$

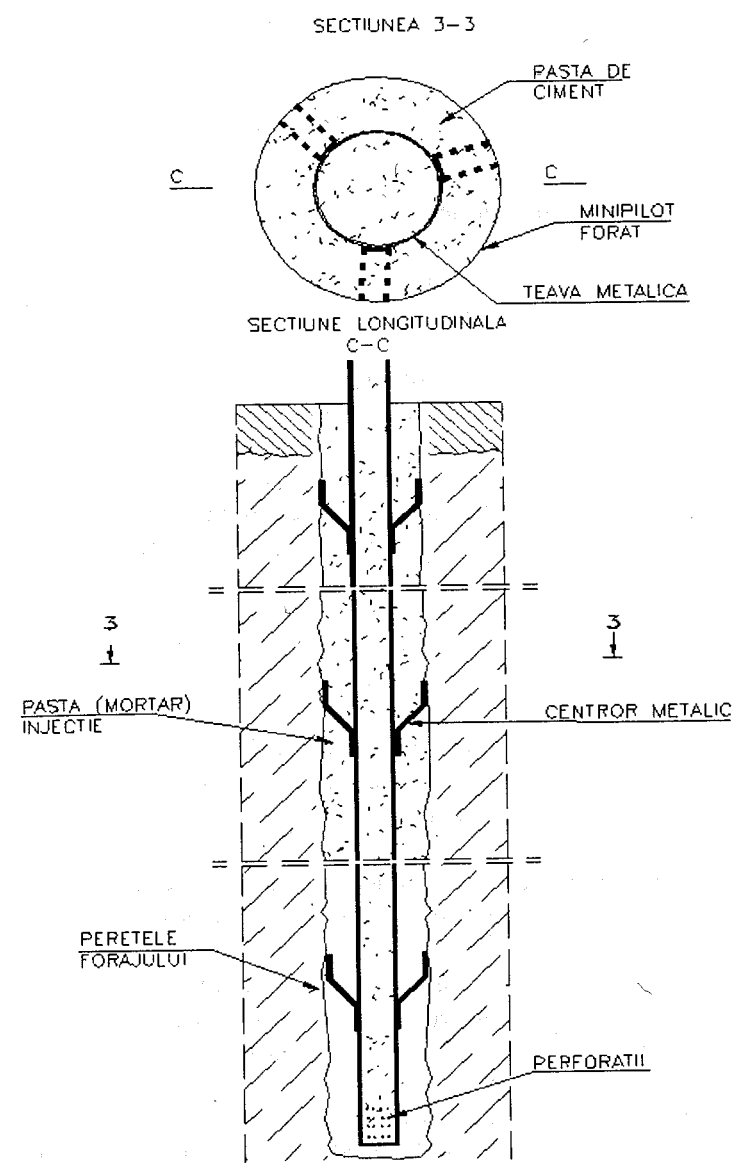
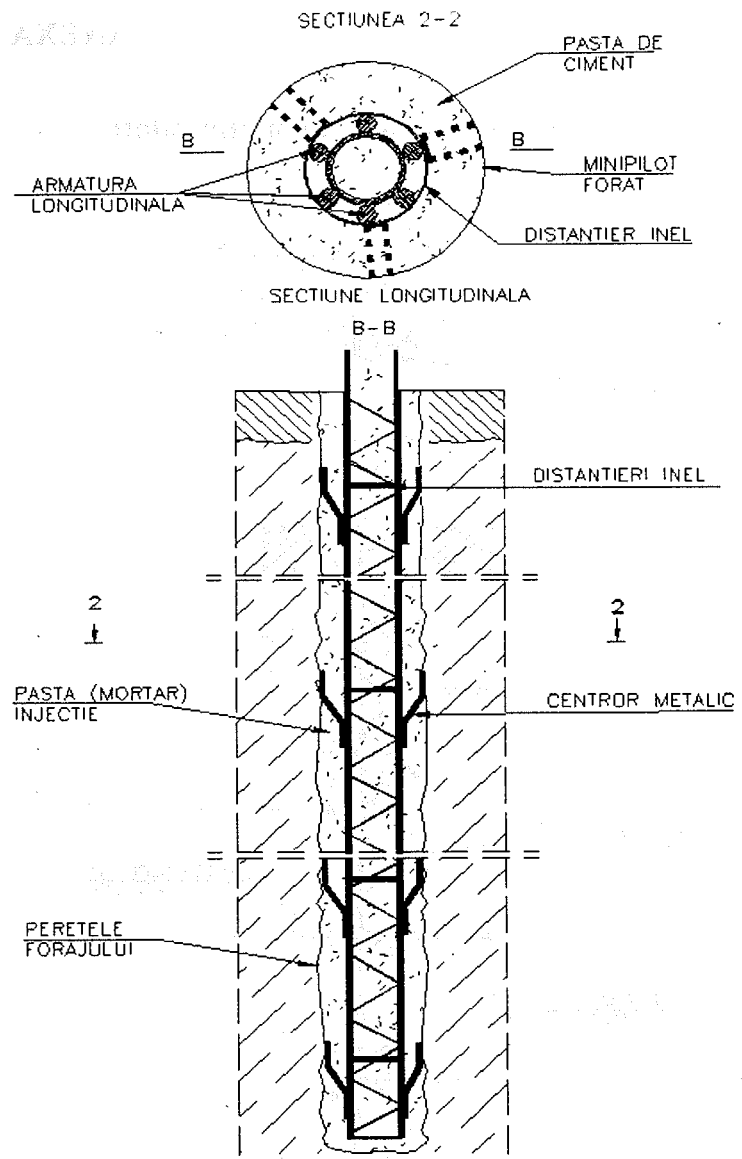
$$m = \frac{h}{\pi} \sqrt[4]{\frac{K}{EI}}$$

Exemple de carcase pentru minipiloți



$$m = \frac{h}{\pi} \sqrt[4]{\frac{K}{EI}}$$

AKS 10



REFERINȚE NORMATIVE

I. Reglementări tehnice conexe

- C 28-99 – Normativ pentru sudarea armăturilor din oțel beton.
- C 56-85 – Normativ pentru verificarea calității și recepția lucrărilor de construcții și instalații aferente.
- C 241-92 – Metodologie de determinare a caracteristicilor dinamice ale terenului de fundare la solicitări seismice.
- GT 035-2002 – Ghid privind modul de întocmire și verificare a documentațiilor geotehnice pentru construcții.
- NP 074-2002 – Normativ privind principiile, exigențele și metodele cercetării geotehnice a terenului de fundare.
- NE 012-99, partea A – Cod de practică pentru executarea lucrărilor din beton și beton armat.
- P 100-92 – Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe social-culturale, agrozootehnice și industriale.
- NP 045-2000 – Normativ privind încercarea în teren a piloților de probă și a piloților din fundații.

II. Standarde de referință

- SR EN 196-1:1995 – Metode de încercări ale cimenturilor.
Partea 1: Determinarea rezistențelor mecanice.
- SR EN 197-1:2002 – Ciment. Partea 1: Compoziție, specificații și criterii de conformitate ale cimenturilor uzuale.
- SR EN 197-1:2002 – Ciment. Partea 2: Evaluarea conformității.
- SR EN 1008:2003 – Apă de preparare pentru beton.
Specificații pentru prelevare, încercare și evaluare a aptitudinii de utilizare a apei, inclusiv a apelor recuperate din procese ale industriei de beton, ca apă de preparare pentru beton.
- STAS 438/1-89 – Produse de oțel pentru armarea betonului.
Oțel beton laminat la cald. Mărci și condiții tehnice de calitate.
- STAS 1242/1-89 – Teren de fundare. Principii generale de cercetare.
- STAS 1667-76 – Agregate naturale grele pentru betoane și mortare cu lianți minerali.
- STAS 2561/1-83 – Teren de fundare. Piloți. Clasificare și terminologie.
- STAS 2561/3-90 – Teren de fundare. Piloți. Prescripții generale de proiectare.

STAS 3300/1-85 –Teren de fundare. Principii generale de calcul.

STAS 3300/2-85 –Teren de fundare. Calculul terenului de fundare în cazul fundării directe.

STAS 3349/1-83 –Betoane de ciment. Prescripții pentru stabilirea gradului de agresivitate a apei.

STAS 3950-81 –Geotehnica. Terminologie, simboluri și unități de măsură.

STAS 9305-81 –Bentonită activată pentru fluide de foraj.

STAS 10100/0-75 –Principii generale de verificare a siguranței construcțiilor.

STAS 10101/0-75 –Acțiuni în construcții. Clasificarea și gruparea acțiunilor.

STAS 10101/0A-77 –Acțiuni în construcții. Clasificarea și gruparea acțiunilor pentru construcții civile și industriale.

STAS 10101/0B-87 –Acțiuni în construcții. Clasificarea și gruparea acțiunilor pentru podurile de c.f. și șosea.

STAS 10101/2A1-87 –Acțiuni în construcții. Încărcări tehnologice din exploatare pentru construcții civile, industriale și agrozootehnice.

STAS 10102-75 –Construcții din beton, beton armat și beton precomprimat. Prevederi fundamentale pentru calculul și alcătuirea elementelor.

STAS 10107/0-90 –Construcții civile și industriale. Calculul și alcătuirea elementelor structurale din beton, beton armat și beton precomprimat.

SR EN 14199 –Execuția lucrărilor geotehnice speciale. Minipiloti

LUCRĂRI DE REFERINȚĂ

- [1] EN 14199 (2003) – Execution of special geotechnical works. Micropiles
- [2] Bruce, D. A., Juran, I., Dinillio, A. F. (2001) – Proc. of the 15th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Istanbul
- [3] S. S. Liew & C. C. Fong (2003) – Design & Construction of Micropiles. Gue&Partners Sdn Bhd, Kuala Lumpur, Malaysia
- [4] M. J. J. Aznar & M. J. Renault (1986) – Les micropieux
- [5] H. Cyna, F. Schosser, R. Franki, C. Plumette, R. Estephan, F. Altmayer, N. Goulesco, I. Jouran, C. Mauriel, I. Shakrou, P. Vezole – (2002) – FOREVER - Synthese des resultats et recommendations du Projet National sur les micropieux (1993-2001)
- [6] Mihai Popescu (1995) – “Back analysis of slope failures to design stabilizing piles” Keynote Lecture, Proc. 2nd Turkish Symp. on Landslide, Adapazari
- [7] Konrad Simmer (1985) – “ Grundbau ”
- [8] Ulrich Smolczyk (1987) – “ Grundbau - Taschenbuch ” vol. 3