

ANEXĂ la O.M.D.L.P.A. nr. 2405/14.09.2022

Normativ privind proiectarea geotehnică a fundațiilor pe piloți

NP 123-2022

Septembrie 2022

CUPRINS

1.	GENERALITĂȚI	4
1.1	Scop și domenii de aplicare	4
1.2	Prevederi generale	4
2.	CLASIFICARE	5
2.1	Clasificarea piloților	5
2.2	Clasificarea fundațiilor pe piloți	5
3.	TERMINOLOGIE	6
4.	SIMBOLURI	8
5.	PRESCRIȚII PRIVIND ELABORAREA PROIECTULUI	9
5.1	Date privitoare la condițiile amplasamentului	9
5.2	Alegerea tipului de pilot	9
5.3	Încercări pe piloți	10
6.	PRESCRIȚII GENERALE DE PROIECTARE	12
6.1	Stări limită	12
6.2	Acțiuni și situații de proiectare	12
6.3	Metode de proiectare și considerații privind proiectarea	12
7.	PILOȚI SUPUȘI LA SOLICITĂRI AXIALE	13
7.1	Calculul la stări limită	13
7.2	Capacitatea portantă la compresiune suportată de piloți)	13
7.3	Rezistența la tracțiune a pilotului	25
7.4	Deplasările verticale ale fundației pe piloți (starea limită de exploatare normală pentru structura suportată de piloți)	27
8.	PILOȚI SUPUȘI LA SOLICITĂRI TRANSVERSALE	27
8.1	Generalități	27
8.2	Rezistența la încărcare transversală pe baza încărcărilor de probă pe piloți	28
8.3	Rezistența la încărcare transversală pe baza rezultatelor încercărilor asupra terenului și a parametrilor de rezistență ai pilotului	28
8.4	Rezistența la încărcare transversală prin metode prescriptive	28
8.5	Deplasarea transversală	29
9.	ELEMENTE PRIVIND PROIECTAREA STRUCTURALĂ A PILOȚILOR	29
9.1	Generalități	29
9.2	Elemente constructive specifice piloților executați pe loc	30
9.3	Disponerea piloților în radier	31
9.4	Alcătuirea radierului	31
10.	SUPRAVEGHEREA EXECUȚIEI ȘI CONTROLUL CALITĂȚII PILOȚILOR	32

ANEXA A	CALCULUL UNUI PILOT IZOLAT SUPUS LA SOLICITĂRI TRANSVERSALE FOLOSIND TEORIA GRINZILOR PE MEDIU ELASTIC	33
ANEXA B	CALCULUL UNUI GRUP SPAȚIAL DE PILOȚI CU RADIER RIGID	38
ANEXA C	DETERMINAREA VALORILOR UNOR PARAMETRI GEOTEHNICI NECESARI CALCULULUI PILOȚILOR ÎN CONLUCRARE CU TERENUL	42
ANEXA D	CALCULUL TASĂRII PROBABILE A UNEI FUNDAȚII PE PILOȚI CU METODA BAZATĂ PE SCHEMA FUNDAȚIEI CONVENȚIONALE	47
ANEXA E	METODOLOGIE PENTRU DETERMINAREA PRIN ÎNCĂRCARE DE PROBĂ A TRANSFERULUI DE ÎNCĂRCARE AXIALĂ CU AJUTORUL REPERILOR MECANICI	50
ANEXA F	DOCUMENTE CONEXE SI DE REFERINTA	62

1. GENERALITĂȚI

1.1 Scop și domenii de aplicare

1.1.1 Prezentul normativ se aplică la proiectarea fundațiilor pe piloți, cu respectarea condiției: latura sau diametrul secțiunii transversale curente a pilotului, d , este: $0.3 < d \leq 3.0\text{m}$.

1.1.2 Prevederile normativului se aplică și la proiectarea fundațiilor pe barete, cu respectarea următoarelor condiții:

- secțiunea transversală a baretei poate fi alungită (dreptunghiulară cu laturile mici curbe sau drepte) sau compusă în formă de T, L, H, X, cruce etc., cu condiția ca execuția acesteia (forare, armare și betonare) să se realizeze într-o singură etapă;
- dimensiunea cea mai mică a secțiunii transversale, b , este: $b \geq 0.4\text{m}$;
- raportul dintre dimensiunea cea mai mare, l , și cea mai mică, b , este: $l/b \leq 6$;
- aria secțiunii transversale, A , este: $A \leq 10\text{m}^2$.

1.1.3 În prezentul normativ, sub denumirea generică de piloți se vor înțelege – în context, după caz – și baretele.

1.1.4 Prevederile prezentului normativ sunt corelate cu prevederile din sistemul de standarde europene pentru construcții – EUROCODURI.

1.1.5 Prezentul normativ este în concordanță cu principiile expuse în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

1.1.6 Aplicarea prezentului normativ se face în corelare cu prevederi din alte acte normative. Documentele normative de bază sunt enumerate în Anexa F.

1.1.7 Prezentul normativ stabilește prescripțiile generale de proiectare a piloților utilizați în fundațiile construcțiilor civile, industriale, hidrotehnice, de poduri etc.

1.1.8 Prezentul normativ se aplică la proiectarea piloților supuși la următoarele tipuri de încărcări:

— *axiale*:

- compresiune
- smulgere

— *transversale*

— *provenite din mișcările pământului adiacent*:

- frecarea negativă
- umflarea (ridicarea) terenului
- deplasarea laterală a terenului, inclusiv acțiunea de origine cinematică ce rezultă din deformarea terenului datorită propagării undelor seismice.

1.1.9 Prevederile prezentului normativ se pot aplica și fundațiilor pe piloți în pământuri macroporice sensibile la umezire, cu condiția respectării și a prevederilor din reglementările tehnice specifice referitoare la aceste pământuri.

1.1.10 Prevederile prezentului normativ nu se aplică la proiectarea micropiloților sau a fundațiilor de tipul radierelor pilotate.

1.1.11 Utilizarea piloților la alte lucrări de construcții decât cele de fundare de adâncime (de exemplu, lucrări de susținere) se va face cu respectarea reglementărilor în vigoare referitoare la acele tipuri de lucrări.

1.2 Prevederi generale

1.2.1 Alcătuirea piloților ca elemente structurale se face în conformitate cu prescripțiile în vigoare privitoare la materialul din care sunt alcătuiți piloții și prevederile complementare din SR EN 12699 și SR EN 1536.

1.2.2 Fundația pe piloți se compune din piloții propriu-ziși și din radierul care îi solidarizează.

2. CLASIFICARE

2.1 Clasificarea piloților

Piloții se clasifică în funcție de următoarele criterii:

- materialul din care sunt executați;
- efectul pe care procedeul de punere în operă a pilotului îl are asupra terenului din jur;
- variația secțiunii transversale;
- modul de execuție;
- direcția solicitării față de axa longitudinală;
- modul de transmitere a încărcărilor axiale la teren;
- poziția axei longitudinale.

Principalele tipuri de piloți sunt prezentate în capitolul 3.

2.2 Clasificarea fundațiilor pe piloți

După poziția radierului față de suprafața terenului, fundațiile pe piloți pot fi:

- cu radier jos, în cazul în care piloții sunt înglobați complet în teren;
- cu radier înalt, în cazul în care piloții sunt liberi de la talpa radierului până la suprafața terenului.

3. TERMINOLOGIE

Tabelul 1

Nr. crt.	Denumire sau expresie	Definiție
3.1	Pilot	Vezi pct. 1.2.1
3.2	Pilot compus	Pilot alcătuit din: lemn + beton simplu, lemn + beton armat, metal + beton simplu etc, utilizat în situații speciale.
3.3	Pilot de dislocuire	Pilot forat la care gaura se realizează prin dislocuirea și îndepărtarea unui volum de pământ egal cu volumul pilotului, neafectându-se, în mod normal, prin aceasta starea terenului de fundare din jur.
3.4	Pilot de îndesare	Pilot prefabricat instalat în pământ prin batere, vibrare sau presare sau pilot executat pe loc la care gaura se realizează fără evacuarea pământului.
3.5	Pilot executat pe loc	Pilot la care corpul, în totalitate sau în cea mai mare parte, se realizează prin turnarea betonului într-o gaură efectuată chiar pe locul de execuție a pilotului.
3.6	Pilot executat pe loc prin batere	Pilot de îndesare la care gaura se realizează prin batere.
3.7	Pilot executat pe loc prin forare. Sinonim: pilot forat	Pilot de dislocuire la care gaura se realizează prin forare.
3.8	Pilot executat pe loc prin vibrare sau vibropresare	Pilot la care gaura se realizează prin înfigerea în pământ prin vibrare sau vibropresare a unui tubaj prevăzut cu un vârf care se deschide după ce atinge cota prescrisă, sau cu un vârf pierdut, betonarea corpului pilotului efectuându-se pe măsura extragerii tubajului.
3.9	Pilot flotant	Pilot la care, datorită deformabilității terenului de la bază și deplasării relative dintre pilot și teren, pot apare forțe de frecare pe suprafața laterală la contactul între pilot și teren; în funcție de mărimea solicitării, încărcarea axială se transmite la teren atât prin frecarea pe suprafața laterală cât și prin presiunile de la contactul bazei cu terenul.
3.10	Pilot purtător pe vârf	Pilot care pătrunde cu baza într-un strat de pământ practic incompresibil și care transmite încărcarea axială integral prin presiunea de la contactul bazei cu terenul; pământurile practic incompresibile sunt reprezentate prin roci stâncoase sau semistâncoase (marne sau argile marnoase) sau prin blocuri, bolovănișuri sau pietrișuri caracterizate printr-un modul de deformație liniară, E, de cel puțin 100.000 kPa.

3.11	Pilot forat Sinonim: pilot executat pe loc prin forare	Vezi nr. crt. 3.7
3.12	Pilot forat cu burghiu continuu (CFA)	Pilot forat la care săparea pământului se realizează prin înșurubarea unui burghiu continuu, până la atingerea cotei prescrise; la extragere burghiul ridică la suprafață pământul în timp ce cavitatea cilindrică rămasă liberă este umplută prin injectarea unui beton fluid sau mortar prin tija centrală în jurul căreia este dispus burghiul.
3.13	Pilot forat cu tubaj nerecuperabil	Pilot forat la care săparea se face în uscat sau sub apă, iar susținerea pereților se face cu ajutorul unui tub care nu se recuperează.
3.14	Pilot forat cu tubaj recuperabil	Pilot forat la care săparea se face în uscat sau sub apă, iar susținerea pereților se face cu ajutorul unui tub metalic care se extrage în timpul betonării.
3.15	Pilot forat în uscat și netubat	Pilot forat la care forarea se face în uscat, fără susținerea pereților găurii.
3.16	Pilot forat sub noroi	Pilot forat la care susținerea pereților în timpul săpării este asigurată de un noroi de foraj.
3.17	Pilot netubat	Pilot la care, datorită coeziunii pământului sau datorită prezenței unui noroi de foraj, pereții găurii se mențin nesușinuți până la betonarea corpului pilotului.
3.18	Pilot prefabricat	Pilot din lemn, metal, beton armat sau beton precomprimat care se confecționează în atelier (fabrică) sau pe șantier și se înfîge în pământ prin batere, vibrare, vibropresare, înșurubare, cu sau fără subspălare.
3.19	Pilot instrumentat	Pilot echipat în cuprinsul lungimii cu instrumente de măsură ale căror înregistrări permit să se obțină, pe baza unei prelucrări corespunzătoare: – în cazul piloților supuși la solicitări axiale: cota parte din portanță aferentă rezistenței pe baza pilotului și cota parte din portanță aferentă frecării pe suprafața laterală a pilotului; – în cazul piloților supuși la solicitări transversale: variația săgeții în lungul pilotului, a presiunii reactive și a momentului încovoietor.
3.20	Pilot cu diametrul mic	Pilot cu diametrul mai mic de 600 mm
3.21	Pilot cu diametrul mare	Pilot cu diametrul mai mare de 600 mm
3.22	Baretă	Element structural de fundare în adâncime, caracterizat printr-o secțiune transversală de forma alungită sau compusă, care se execută pe loc prin săparea pământului în uscat sau sub protecția noroiului de foraj.

4. SIMBOLURI

Simbol	Semnificație
<i>Litere LATINE</i>	
A_b	suprafața bazei unui pilot
$A_{s;i}$	suprafața laterală a pilotului în stratul i
c_u	coeziunea nedrenată
$c_{u;k}$	valoarea caracteristică a coeziunii nedrenate
c'	coeziunea drenată
c'_d	valoarea de calcul a coeziunii drenate
d	diametrul sau latura maximă a secțiunii pilotului
$F_{c;d}$	valoarea de calcul a încărcării axiale de compresiune asupra unui pilot sau a unui grup de piloți
F_d	valoarea de calcul a unei acțiuni
$F_{t;d}$	valoarea de calcul a încărcării de smulgere axială asupra unui pilot sau a unui grup de piloți supuși la smulgere
$F_{tr;d}$	valoarea de calcul a încărcării transversale asupra unui pilot sau a unei fundații pe piloți
$q_{b;k}$	valoarea caracteristică a presiunii pe bază
$q_{s;i;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței de frecare laterală în stratul i
$R_{b;cal}$	rezistența la baza unui pilot, la starea limită ultimă, dedusă pe baza rezultatelor încercărilor asupra pământului
$R_{b;d}$	valoarea de calcul a rezistenței pe bază a pilotului
$R_{b;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului
R_c	rezistența la compresiune a terenului în contact cu pilotul, la starea limită ultimă
$R_{c;cal}$	valoarea calculată a lui R_c pe baza rezultatelor încercărilor asupra pământului
$(R_{c;cal})_{med}$	valoarea medie a lui $R_{c;cal}$
$(R_{c;cal})_{min}$	valoarea minimă a lui $R_{c;cal}$
$R_{c;d}$	valoarea de calcul a lui R_c
$R_{c;k}$	valoarea caracteristică a lui R_c
$R_{c;m}$	valoarea măsurată a lui R_c în una sau mai multe încărcări de probă pe piloți
$(R_{c;m})_{med}$	valoarea medie a lui $R_{c;m}$
$(R_{c;m})_{min}$	valoarea minimă a lui $R_{c;m}$
$R_{s;d}$	valoarea de calcul a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a pilotului
$R_{s;cal}$	valoarea ultimă a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a pilotului, calculată cu utilizarea parametrilor pământului stabiliți pe baza rezultatelor încercărilor
$R_{s;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a unui pilot
R_t	rezistența la tracțiune a unui pilot sau a unui grup de piloți
$R_{t;cal}$	valoarea calculată a lui R_t pe baza rezultatelor încercărilor asupra pământului
$(R_{t;cal})_{med}$	valoarea medie a lui $R_{t;cal}$
$(R_{t;cal})_{min}$	valoarea minimă a lui $R_{t;cal}$
$R_{t;d}$	valoarea de calcul a rezistenței la tracțiune a unui pilot sau a unui grup de piloți
$R_{t;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței la tracțiune a unui pilot sau a unui grup de piloți
$R_{t;m}$	valoarea măsurată a lui R_t în una sau mai multe încărcări de probă pe piloți
$(R_{t;m})_{med}$	valoarea medie a lui $R_{t;m}$
$(R_{t;m})_{min}$	valoarea minimă a lui $R_{t;m}$
$R_{tr;d}$	valoarea de calcul a rezistenței pilotului încărcat transversal
U	perimetrul secțiunii transversale a pilotului

<i>Litere GRECESTI</i>	
γ	greutatea volumică a pământului
γ_b	coeficient parțial pentru rezistența pe bază a unui pilot
γ_s	coeficient parțial pentru rezistența prin frecare pe suprafața laterală a unui pilot
γ_t	coeficient parțial pentru rezistența totală a unui pilot
ξ	coeficient de corelare în funcție de numărul de piloți încercați sau profilelor de stratificație
ϕ'	unghiul de frecare internă în termeni de eforturi efective
ϕ'_k	valoarea caracteristică a lui ϕ'
ϕ'_d	valoarea de calcul a lui ϕ'

5. PRESCRIPTII PRIVIND ELABORAREA PROIECTULUI

5.1 Date privitoare la condițiile amplasamentului

Pentru întocmirea proiectului fundației pe piloți trebuie precizate următoarele date referitoare la condițiile amplasamentului:

- stratificația terenului de fundare cu parametrii geotehnici respectivi;
- gradul de seismicitate stabilit conform codului de proiectare seismică – Partea I – Prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P 100-1/2013 aprobat prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și administrației publice nr. 2465/08.08.2013, completat prin Ordinul ministrului dezvoltării regionale și administrației publice nr. 2956/18.11.2019, denumit în continuare P100-1;
- nivelul stabil al apei de suprafață, cu asigurările impuse de lucrările specifice;
- nivelul normal al apei subterane, precum și modificările eventual previzibile ale acestuia pentru viitor;
- agresivitatea apelor subterane și de suprafață (la fundațiile cu radier înalt);
- prezența organismelor care atacă lemnul, în cazul fundațiilor de lemn;
- adâncimea probabilă de afuiere (când este cazul).

5.2 Alegerea tipului de pilot

5.2.1 Alegerea tipului de pilot, inclusiv calitatea materialului pilotului și metoda de punere în operă, se face conform indicațiilor din SR EN 1997-1 și trebuie să țină seama și de următoarele aspecte:

- încărcarea care trebuie preluată de piloți, inclusiv încărcarea provenită din mișcările pământului adiacent;
- natura terenului de pe amplasament și tehnologia de execuție adecvată condițiilor geotehnice și hidrogeologice ale amplasamentului;
- posibilitatea conservării și verificării integrității piloților care sunt puși în operă;
- tipul, alcătuirea și deformațiile admisibile ale construcției proiectate;
- poziția radierului față de suprafața terenului;
- condițiile specifice amplasamentului: vecinătăți, instalații subterane etc.;
- lungimea necesară a piloților;
- nivelul apelor subterane și variația acestuia;
- execuția în apă;
- utilaje de execuție avute la dispoziție;
- viteza de execuție;

- experiența locală în privința comportării construcțiilor similare fondate pe piloți de un anumit tip.

La luarea în considerație a aspectelor enumerate mai sus, trebuie să se dea atenție factorilor de influență indicați în SR EN 1997-1.

5.2.2 Fundarea piloților purtători pe vârf se adoptă în cazul în care terenul de fundare cuprinde straturi practic incompresibile la o adâncime accesibilă tipului de pilot utilizat.

În cuprinsul zonei active, trebuie să se verifice dacă sub stratul în care se găsesc vârfurile piloților, nu există un strat sau o lentilă compresibilă care ar putea produce tasarea întregii fundații pe piloți. În cazul prezenței unui asemenea strat, piloții trebuie considerați flotanți.

OBSERVAȚIE – Dacă studiile geotehnice efectuate în zonă exclud posibilitatea apariției unei intercalații compresibile în stratul portant de la vârful piloților, lucrările de prospectare trebuie să pătrundă în acest strat pe o adâncime de cel puțin 4d; în cazul rocilor compacte se depășește în mod obligatoriu orizontul alterat.

5.2.3 Se recomandă utilizarea piloților forajți de diametru mare sau baretelor atunci când:

- fundația transmite terenului încărcări transversale mari;
- baza piloților sau baretelor pătrunde într-un strat practic incompresibil.

5.2.4 Nu se recomandă utilizarea piloților de îndesare (piloți prefabricați, piloți executați pe loc prin batere, vibrare, vibropresare etc.) în cazul prezenței unor straturi argiloase saturate de consistență ridicată, în care pot apare fenomene de ridicare a terenului la execuția piloților, sau în zonele urbane unde vibrațiile pot afecta construcțiile învecinate.

5.3 Încercări pe piloți

5.3.1 Generalități

5.3.1.1 Încercările pe piloți se realizează în concordanță cu indicațiile din SR EN 1997-1 și cu respectarea prevederilor normativului privind încercarea în teren a piloților de probă și a piloților din fundații, indicativ NP 045-2000, aprobat prin Ordinul ministrului lucrărilor publice și amenajării teritoriului nr. 264/N/02.11.2000, denumit în continuare NP 045.

5.3.1.2 Încercările pe piloți se utilizează în faza finală de proiectare în vederea stabilirii capacității portante a piloților, pentru toate categoriile de construcții.

În mod opțional, la construcțiile obișnuite (încadrate conform Normativului P100-1 în clasele de importanță III, IV, respectiv conform Hotărârii Guvernului nr. 766/1997 pentru aprobarea unor regulamente privind calitatea în construcții, cu modificările și completările ulterioare, în categoriile de importanță C și D) se admite ca în faza finală de proiectare să se determine capacitatea portantă folosind metodele prescriptive de calcul, dacă sub nivelul vârfurilor piloților se găsesc terenuri practic incompresibile și numai dacă numărul total de piloți, pentru toate construcțiile de pe același amplasament, este mai mic de 100.

5.3.1.3 Piloții de probă supuși încercărilor în teren trebuie executați cu aceeași tehnologie și cu aceleași utilaje avute în vedere în proiectul de execuție al fundațiilor pe piloți, cu respectarea prevederilor din normativul NP 045.

5.3.2 Încercări statice de probă

5.3.2.1 Metoda de încărcare a piloților ce se încearcă static pe un amplasament se stabilește de proiectantul de specialitate, conform indicațiilor din SR EN 1997-1. Încercările statice de probă se vor executa pe piloți suplimentari față de piloții care rămân în lucrare, excepție făcând cazurile prevăzute la paragraful 5.3.2.8.

5.3.2.2 Încărcările statice de probă se efectuează în concordanță cu prevederile privind încercarea în teren a piloților de probă și a piloților din fundații, în vigoare. Piloții de probă pot fi instrumentați cu reperi mecanici sau electronici (mărci tensometrice). În anexa E este prezentată o metodologie pentru determinarea transferului de încărcare axială prin încărcarea de probă a unei barete sau a unui pilot forat de diametru mare prin instrumentare cu reperi mecanici.

5.3.2.3 Numărul piloților ce se încearcă static pe un amplasament se stabilește de proiectantul de specialitate, pe baza principiilor din SR EN 1997-1.

5.3.2.4 În cazul în care nu se prevăd și alte tipuri de încercări în teren, numărul total minim al piloților de diametru mic, $d < 600\text{mm}$, încercați static axial la compresiune este precizat în tabelul 2.

Tabelul 2

Numărul piloților conform proiectului	≤ 100	101...500	501...1000	1001...2000
Numărul piloților de probă încercați	2	3	5	6

OBSERVAȚIE – În fundațiile cu peste 2000 piloți, în afara celor șase piloți indicați pentru 2000 piloți se mai încearcă câte un pilot pentru fiecare 1000 sau 2000 piloți în plus, în funcție de uniformitatea stratificației din amplasament.

5.3.2.5 În cazul piloților de diametru mare, $d \geq 600\text{mm}$, numărul minim al piloților de probă, în funcție de numărul total al piloților și de modul de solicitare în exploatare, este precizat în tabelul 3.

Tabelul 3

Numărul de piloți din lucrare sau zonă	Număr minim al piloților de probă în funcție de modul de solicitare		
	Solicitare axială		Solicitare transversală
	Compresiune	Smulgere	
≤ 40	1	1	1
41...100	2	2	2
101...200	3	2	2
≥ 201	3+ câte un pilot pentru fiecare sută de piloți în plus peste 200		2

OBSERVAȚIE

Numărul minim al piloților de probă indicat în tabelul 3 se aplică și piloților de diametru mic în cazul solicitării axiale de smulgere sau solicitării transversale, în funcție de modul de solicitare în exploatare.

5.3.2.6 În cazul piloților prefabricați introduși prin batere, când în paralel cu încercările statice se execută pe amplasamentul respectiv și alte tipuri de încercări, ca de exemplu încercări dinamice pe piloți de probă sau încercări de penetrare statică, care conduc la rezultate comparabile cu cele obținute prin încărcări statice de probă, numărul piloților de probă poate fi redus în mod corespunzător, fără a fi însă mai mic de jumătate din numărul indicat în tabelul 2 și nu mai mic decât doi piloți.

5.3.2.7 Numărul piloților încercați static poate fi redus până la jumătate din numărul indicat în tabelul 2 (fără a fi mai mic de doi) pentru zone caracterizate prin stratificație uniformă, în cazul în care, pe amplasamente învecinate cu condiții de teren similare, s-a executat un număr suficient de încercări statice pe piloți similari cu cei de pe amplasamentul cercetat.

5.3.2.8 La lucrări cu un număr redus de piloți pe un amplasament, 40 sau mai mic, se admite ca încercările statice să se realizeze pe piloți care să rămână în lucrare. În acest caz forța maximă aplicată pilotului în timpul încercării trebuie să atingă valoarea solicitării maxime provenită din gruparea cea mai defavorabilă.

5.3.2.9 Încercarea piloților de probă trebuie să se facă înainte de începerea execuției piloților definitivii din lucrare.

În cazuri justificate tehnico-economic, se pot efectua încercări chiar în timpul execuției piloților din lucrare, dar începerea execuției celorlalte elemente ale infrastructurilor (radiere, elevații etc.) nu se face decât după efectuarea încercărilor și interpretarea rezultatelor.

5.3.2.10 Numărul piloților de probă care rămân în lucrare se stabilește de proiectantul de specialitate, conform indicațiilor din SR EN 1997-1.

5.3.2.11 Încercările efectuate asupra piloților care rămân în lucrare pot servi nu numai la determinarea capacității portante a pilotului, ci și la controlul calității piloților puși în operă.

5.3.3 Încercări în condiții dinamice

Rezultatele încercărilor în condiții dinamice pot fi utilizate în proiectare în concordanță cu indicațiile din SR EN 1997-1.

5.3.4 Raportul asupra încărcării de probă

5.3.4.1 Unitatea care realizează încercările pe piloți are obligația de a întocmi un raport asupra ansamblului încărcărilor de probă, în conformitate cu prevederile privind încercarea în teren a piloților de probă și a piloților din fundații, în vigoare.

5.3.4.2 După caz, acest raport trebuie să includă informațiile specificate în SR EN 1997-1.

6. PRESCRIȚII GENERALE DE PROIECTARE

6.1 Stări limită

6.1.1 Pentru calculul piloților izolați și al fundațiilor pe piloți trebuie avute în vedere stările limită precizate în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

6.1.2 Calculul piloților izolați și al fundațiilor pe piloți se face, după caz, în funcție de una sau mai multe combinații posibile ale stărilor limită.

6.2 Acțiuni și situații de proiectare

6.2.1 Acțiunile și situațiile de proiectare pentru calculul la stări limită sunt precizate în SR EN 1997-1.

6.2.2 Calculul piloților izolați și al fundațiilor pe piloți se face, după caz, în funcție de una sau mai multe combinații posibile de acțiuni și/ sau situații de proiectare.

6.3 Metode de proiectare și considerații privind proiectarea

6.3.1 Metodele de proiectare se bazează pe modurile de abordare indicate în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB și precizările de la pct. 5.3.1.2, respectiv 6.3.2 din prezentul normativ.

6.3.2 Proiectarea trebuie să se bazeze pe una din următoarele metode:

- utilizarea rezultatelor unor încercări pe piloți de probă sub sarcini statice care să respecte prevederile prezentului normativ și ale NP 045;
- metode de calcul empirice sau teoretice, bazate pe rezultatele unor încercări de laborator sau de teren asupra pământurilor, a căror validitate a fost confirmată de încercări sub sarcini statice pe piloți de probă;
- utilizarea rezultatelor unor încercări sub sarcini dinamice a căror validitate a fost demonstrată prin încercări sub sarcină statică în situații comparabile;
- comportarea observată a unei fundații pe piloți comparabile, cu condiția ca acest mod de abordare să fie susținut de rezultatele investigațiilor pe amplasament și ale încercărilor asupra terenului.

6.3.2 Calculul piloților izolați și al fundațiilor pe piloți se face pe baza precizărilor din SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7. PILOȚI SUPUȘI LA SOLICITĂRI AXIALE

7.1 Calculul la stări limită

Stările limită la care se face calculul piloților sub solicitări axiale sunt indicate în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.2 Capacitatea portantă la compresiune

7.2.1 Generalități

7.2.1.1 Condițiile generale de verificare sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.2.1.2 Relația generală de verificare [SR EN 1997-1] este:

$$F_{c;d} \leq R_{c;d} \quad (1)$$

unde:

$F_{c;d}$ valoarea de calcul a încărcării axiale de compresiune asupra unui pilot sau a unui grup de piloți corespunzătoare stării limită ultime

$R_{c;d}$ valoarea de calcul a lui R_c

OBSERVAȚIE

În cazul grupelor de piloți trebuie luate în considerare două mecanisme de cedare:

- cedarea prin epuizarea capacității portante la compresiune a piloților luați individual;
- cedarea prin epuizarea capacității portante la compresiune a piloților și a pământului aflat între piloți care acționează ca un bloc.

7.2.2 Capacitatea portantă la compresiune stabilită pe baza încărcărilor statice de probă pe piloți

7.2.2.1 Condițiile generale de determinare a capacității portante la compresiune pe baza încărcărilor statice de probă pe piloți sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.2.2.2 Relația generală de calcul pentru valoarea caracteristică a capacității portante la compresiune [SR EN 1997-1] este:

$$R_{c;k} = \text{Min} \{ (R_{c;m})_{\text{med}} / \xi_1 ; (R_{c;m})_{\text{min}} / \xi_2 \} \quad (2)$$

unde:

$R_{c;k}$	valoarea caracteristică a lui R_c
$R_{c;m}$	valoarea măsurată a lui R_c în una sau mai multe încărcări de probă pe piloți
$(R_{c;m})_{med}$	valoarea medie a lui $R_{c,m}$
$(R_{c;m})_{min}$	valoarea minimă a lui $R_{c,m}$
ξ_1	coeficient de corelare dat în tab. A9(RO) din SR EN 1997-1/NB
ξ_2	coeficient de corelare dat în tab. A9(RO) din SR EN 1997-1/NB

7.2.2.3 Capacitatea portantă de calcul la compresiune se calculează [SR EN 1997-1] cu:

$$R_{c;d} = (R_{c;k}) / \gamma_t \quad (3)$$

unde:

$R_{c;d}$	valoarea de calcul a lui R_c
$R_{c;k}$	valoarea caracteristică a lui R_c
γ_t	coeficient parțial pentru rezistența totală a unui pilot dat în tab. A6(RO), A7(RO) și A8(RO) din SR EN 1997-1/NB

sau

$$R_{c;d} = (R_{b;k}) / \gamma_b + (R_{s;k}) / \gamma_s \quad (4)$$

unde:

$R_{c;d}$	valoarea de calcul a lui R_c
$R_{b;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului
$R_{s;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a unui pilot
γ_b	coeficient parțial pentru rezistența pe bază a unui pilot dat în tab. A6(RO), A7(RO) și A8(RO) din SR EN 1997-1/NB
γ_s	coeficient parțial pentru rezistența prin frecare pe suprafața laterală a unui pilot dat în tab. A6(RO), A7(RO) și A8(RO) din SR EN 1997-1/NB

7.2.3 Capacitatea portantă la compresiune stabilită pe baza rezultatelor încercărilor asupra pământurilor

7.2.3.1 Condițiile generale de determinare a capacitații portante la compresiune pe baza rezultatelor încercărilor asupra pământurilor sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.2.3.2 Relația generală de calcul pentru valoarea caracteristică a capacitații portante la compresiune [SR EN 1997-1] este:

$$R_{c;k} = (R_{b;k} + R_{s;k}) = \text{Min} \{ (R_{c;cal})_{med} / \xi_3 ; (R_{c;cal})_{min} / \xi_4 \} \quad (5)$$

unde:

$R_{c;k}$	valoarea caracteristică a lui R_c
$R_{b;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului
$R_{s;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a unui pilot
$R_{c;cal}$	valoarea calculată a lui R_c pe baza rezultatelor încercărilor asupra pământului
$(R_{c;cal})_{med}$	valoarea medie a lui $R_{c;cal}$
$(R_{c;cal})_{min}$	valoarea minimă a lui $R_{c;cal}$
ξ_3	coeficient de corelare dat în tab. A10(RO) din SR EN 1997-1/NB
ξ_4	coeficient de corelare dat în tab. A10(RO) din SR EN 1997-1/NB

7.2.3.3 Capacitatea portantă de calcul se determină cu relația (3) sau (4).

7.2.3.4 În cazul utilizării relației (4), valorile caracteristice se pot obține [SR EN 1997-1] cu:

$$R_{b;k} = A_b q_{b;k} \quad (6)$$

unde:

$R_{b;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului

A_b suprafața bazei pilotului

$q_{b;k}$ valoarea caracteristică a presiunii pe bază

și

$$R_{s;k} = \sum A_{s;i} q_{s;i;k} \quad (6')$$

unde:

$R_{s;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a unui pilot

$A_{s;i}$ suprafața laterală a pilotului în stratul i

$q_{s;i;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței de frecare laterală în stratul i

7.2.3.5 Capacitatea portantă de calcul la compresiune a piloților poate fi stabilită pe baza încercărilor asupra pământurilor (de laborator sau de teren) prin metode de calcul empirice sau teoretice care să respecte prevederile de la punctul 6.3.2 a prezentului normativ și prevederile din SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.2.3.6 Capacitatea portantă la compresiune a piloților poate fi stabilită pe baza datelor din încercarea de penetrare statică (CPT).

7.2.3.6.1 O metodă de determinare a capacității portante la compresiune a piloților pe baza datelor din penetrare CPT este prezentată în Anexa D a SR EN 1997-2.

7.2.3.6.2 Capacitatea portantă de calcul la compresiune a piloților prefabricați introduși prin batere se poate stabili, pe baza datelor din penetrare CPT, de asemenea, cu:

$$R_{c,d} = \frac{A_b q_{b,k}}{2\gamma_{b_3}} + \frac{F_l}{\gamma_{s_3}} \cdot \frac{U}{u_p} \quad (7)$$

unde:

$q_{b;k}$ valoarea caracteristică a presiunii pe vârful penetrometrului

$$q_{b,k} = \frac{q_{b,k_1} + q_{b,k_2}}{2}$$

unde:

q_{b,k_1} media valorilor înregistrate în straturile situate de la nivelul vârfului penetrometrului până la o adâncime egală cu $4d$ sub acest nivel

q_{b,k_2} media valorilor înregistrate de la nivelul vârfului penetrometrului până la o înălțime egală cu βd deasupra acestui nivel

unde:

d diametrul sau dimensiunea maximă a secțiunii dreptunghiulare a pilotului (cm)

β coeficient care se ia în funcție de stratul în care se execută penetrarea:

$\beta = 3$ pământuri coezive, nisipuri cu $I_D \leq 0,35$

$\beta = 8$ nisipuri cu $I_D = 0,36 \div 0,65$

$\beta = 15$ nisipuri și nisipuri cu pietriș cu $I_D \geq 0,66$

A_b aria secțiunii transversale a pilotului

F_l forța de frecare pe suprafața laterală a penetrometrului introdus la nivelul

	vârfului pilotului
U	perimetrul secțiunii transversale a pilotului
u_p	perimetrul secțiunii coloanei penetrometrului
$\gamma_{b_3}, \gamma_{s_3}$	coeficienți parțiali: $\gamma_{b_3} = \gamma_{s_3} = 1,4$

OBSERVAȚII:

1. Relația (7) se aplică în cazul utilizării unui penetrometru static care realizează o viteză de penetrare constantă pe întreaga adâncime de încercare și are următoarele caracteristici tehnologice:

- diametrul bazei conului $d_c = 3.6$ cm;
- diametrul coloanei $d_{col} = 3.6$ cm;
- viteza de penetrare $v \leq 3.3$ cm/s.

2. În cazul folosirii unor penetrometre cu caracteristici diferite de cele indicate la obs. 1, calculul valorii $q_{b,k}$ se poate face numai pe baza unor formule verificate printr-un număr suficient de încercări paralele pe piloți de probă.

7.2.4 Capacitatea portantă de calcul la compresiune stabilită prin metode prescriptive

Metoda prescriptivă este o metodă semi-empirică de calcul bazată pe experiența națională. Metoda nu este asociată cu abordările de calcul și coeficienții parțiali indicați în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB. Metoda prescriptivă are proprii coeficienți parțiali.

7.2.4.1 Piloți purtători pe vârf

7.2.4.1.1 Valoarea de calcul a capacității portante la compresiune a piloților purtători pe vârf se exprimă prin relația:

$$R_{c;d} = R_{b;d} = R_{b;k} / \gamma_b \quad (8)$$

unde:

$R_{c;d}$ valoarea de calcul a lui R_c

$R_{b;d}$ valoarea de calcul a rezistenței pe bază a pilotului

$$R_{b;d} = R_{b;k} / \gamma_b$$

unde:

$R_{b;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului

γ_b coeficient parțial pentru rezistența pe bază a pilotului: $\gamma_b = 1,4$

7.2.4.1.2 Valoarea caracteristică a rezistenței pe bază se obține cu relația:

$$R_{b;k} = A_b q_{b;k} \quad (9)$$

unde:

$R_{b;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului

A_b suprafața bazei pilotului:

- pentru piloții executați pe loc cu secțiunea circulară constantă, cu diametrul d :

$$A_b = \frac{\pi d^4}{4}$$

- pentru piloții forajți cu baza lărgită, când se poate controla diametrul bazei d_b :

$$A_b = 0,9 \frac{\pi d_b^2}{4}$$

- pentru piloții tubulari, A_b se ia egală cu aria totală a secțiunii circulare cu diametrul exterior d numai dacă golul a fost umplut cu beton pe o înălțime de cel

puțin $3d$ de la nivelul vârfului; în caz contrar A_b se consideră aria netă a secțiunii inelare de beton.

$q_{b,k}$ valoarea caracteristică a presiunii pe bază:

- pentru piloții de îndesare care reazemă cu vârful pe rocă stâncoasă sau semistâncoasă, sau pe straturi necoezive macrogranulare (blocuri, bolovăniș) $q_{b,k} = 20\ 000$ kPa;

- pentru piloții de îndesare care reazemă cu vârful într-un strat de pietriș, conform tabelului 5;

- pentru piloții de dislocuire care reazemă cu baza în straturi necoezive macrogranulare (blocuri, bolovăniș, pietriș) conform paragrafului 7.2.4.2.5 relația (16)

- pentru piloții de dislocuire care reazemă cu baza pe rocă stâncoasă sau semistâncoasă:

$$q_{b,k} = \sigma_{cs} \left(\frac{t}{d} + 1,5 \right)$$

unde:

σ_{cs} rezistența medie la compresiune a rocii, determinată pe epruvete în stare saturată

t adâncimea de încastrare în stâncă a bazei pilotului

d diametrul pilotului în planul bazei

OBSERVAȚII

1. În cazul existenței în stratul portant, sub vârful pilotului, a unor orizonturi stâncoase puternic fisurate, sau a unor intercalații nestâncoase, este obligatorie – în toate situațiile – verificarea capacității portante prin încercări statice pe piloți de probă.

2. În cazurile menționate la observațiile 3 și 4 de la tabelul 6, valoarea $R_{b,d}$ se reduce cu valoarea $R_{s,d}$ corespunzătoare rezistenței negative pe suprafața laterală a pilotului.

7.2.4.2 Piloți flotanți

7.2.4.2.1 Valoarea de calcul a capacității portante la compresiune a piloților flotanți se exprimă prin relația:

$$R_{c;d} = R_{b;d} + R_{s;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{s;k} / \gamma_s \quad (10)$$

unde:

$R_{c;d}$ valoarea de calcul a lui R_c

$R_{b;d}$ valoarea de calcul a rezistenței pe bază a pilotului

$$R_{b;d} = R_{b;k} / \gamma_b$$

unde:

$R_{b;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului

γ_b coeficient parțial pentru rezistența pe bază a pilotului

$R_{s;d}$ valoarea de calcul a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a pilotului

$$R_{s;d} = R_{s;k} / \gamma_s$$

unde:

$R_{s;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a pilotului

γ_s coeficient parțial pentru rezistența prin frecare pe suprafața laterală a pilotului

7.2.4.2.2 Valoarea caracteristică a rezistenței pe bază se obține cu relația:

$$R_{b;k} = A_b q_{b;k} \quad (11)$$

unde:

$R_{b;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului

A_b suprafața bazei pilotului

$q_{b;k}$ valoarea caracteristică a presiunii pe bază

7.2.4.2.3 Valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a unui pilot se obține cu relația:

$$R_{s;k} = \sum A_{s;i} q_{s;i;k} = U \sum q_{s;i;k} l_i \quad (12)$$

unde:

$R_{s;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a unui pilot

$A_{s;i}$ suprafața laterală a pilotului în stratul i

U perimetrul secțiunii transversale a pilotului

l_i lungimea pilotului în contact cu stratul i

$q_{s;i;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței de frecare laterală în stratul i

7.2.4.2.4 Valoarea de calcul a capacității portante la compresiune a piloților flotanți prefabricați se exprimă prin relația:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_{b_1}} + \frac{R_{s,k}}{\gamma_{s_1}} = \frac{A_b q_{b,k}}{\gamma_{b_1}} + \frac{U \sum q_{s,k_i} l_i}{\gamma_{s_1}} \quad (13)$$

unde:

$R_{b;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului

$R_{s;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a pilotului

γ_{b_1} coeficient parțial de rezistență dat în tabelul 4

γ_{s_1} coeficient parțial de rezistență dat în tabelul 4

A_b suprafața bazei pilotului

U perimetrul secțiunii transversale a pilotului

l_i lungimea pilotului în contact cu stratul i

$q_{b;k}$ valoarea caracteristică a presiunii pe bază dată în tabelul 5

$q_{s;i;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței de frecare laterală în stratul i dată în tabelul 6

Tabelul 4

Modul de introducere a pilotului prefabricat în teren		γ_{b_1}	γ_{s_1}
Piloți introduși prin batere		1,0	1,0
Piloți introduși prin batere cu subspălare în pământuri nisipoase, cu condiția baterii pe ultimul metru fără subspălare		1,0	1,6
Piloți introduși prin vibrare în pământuri:			
nisipoase saturate de îndesare medie	mijlocii și mari	0,8	1,0
	fine	0,9	1,0
	prăfoase	1,0	1,0
argiloase cu indicele de consistență $0,5 < I_c \leq 1$	prafuri nisipoase	1,1	1,1
	prgile nisipoase sau prăfoase	1,2	1,1
	argile	1,4	1,1
argiloase cu indicele de consistență $I_c > 1$		1,0	1,0

Tabelul 5

Adâncimea de înfigere	Pământuri necoezive					Pământuri coezive						
	Pietriș	Nisipuri			Nisip prăfos	Ic						
		mari	medii	fine		$\geq 1,0$	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
(m)	$q_{b,k}$ (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

- Adâncimea de înfigere a pilotului se măsoară de la nivelul terenului natural până la nivelul bazei pilotului, când umpluturile sau decapările prevăzute nu depășesc 3 m. Când umpluturile sau decapările prevăzute depășesc 3 m, adâncimea de înfigere se măsoară de la un nivel superior, respectiv inferior, cu 3 m față de nivelul terenului natural.
- Valorile $q_{b,k}$ din tabel pot fi folosite cu condiția ca pilotul să pătrundă în terenul stabil (care nu este susceptibil de afuiere sau alunecare) cel puțin 4 m în cazul infrastructurii podurilor sau construcțiilor hidrotehnice și cel puțin 3 m în cazul celorlalte construcții.
- Valorile $q_{b,k}$ din tabel sunt valabile pentru pământuri cu $I_D \geq 0,35$
- Pentru nisipuri mari și pietrișuri, valorile $q_{b,k}$ din tabel se pot folosi numai în cazul în care încastrarea relativă a vârfului pilotului în strat este $t/d \geq 15$. Pentru valori $t/d < 15$ rezistența de proiectare corectată se calculează cu:

$$q_{b,k \text{ cor}} = q_{b,k} (0,7 + 0,02 t/d) \quad [\text{kPa}]$$
unde:
 t adâncimea de încastrare în stratul de nisip mare sau pietriș a vârfului pilotului, în metri;
 d diametrul pilotului în planul bazei, în metri.
- Pentru pământuri nisipoase (cu excepția nisipurilor mari prevăzute la observația 4) și pământuri coezive, valorile din tabel se pot folosi cu condiția pătrunderii vârfului pilotului pe o adâncime $t/d \geq 4$. Pentru valori $t/d < 4$ se calculează rezistența normată corectată cu relația: $q_{b,k \text{ cor}} = q_{b,k} (0,5 + 0,125 t/d)$
- Pentru valori intermediare ale adâncimilor sau consistenței, valorile $q_{b,k}$ se obțin prin interpolare liniară.

Tabelul 6

Adâncimea medie a stratului	Pământuri necoezive			Pământuri coezive					
	mari și medii	fine	prăfoase	Ic					
				≥ 0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
(m)	$q_{s;k}$ (kPa)								
1	35	23	15	35	23	15	12	5	2
2	42	30	20	42	30	20	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

1. Valorile $q_{s;k}$ se adoptă pentru adâncimile medii, corespunzătoare distanței de la mijlocul stratului i până la suprafața terenului ținând seama de obs. 1 de la tabelul 5.

In cazul unor straturi cu grosimi mai mari de 2m, determinarea valorilor se face prin împărțirea în orizonturi de max. 2 m.

2. Pentru valori intermediare ale adâncimilor sau consistenței valorile $q_{s;k}$ se obțin prin interpolare lineară.

3. Dacă în limitele lungimii pilotului există o intercalație de pământ puternic compresibil, de consistență redusă (turbă, mâl nămol etc.) de cel puțin 30 cm grosime, iar suprafața terenului urmează a fi încărcată (în urma sistematizării sau din alte cauze), valorile $q_{s;k}$ 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 $q_{s;k}=0$;

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

– când supraîncărcarea este mai mare de 80 kPa, pentru straturile situate deasupra stratului foarte compresibil se ia $q_{s;k}$ din tabel cu semn negativ, iar pentru stratul puternic compresibil se ia $q_{s;k} = -5$ kPa.

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

7.2.4.2.5 Valoarea de calcul a capacității portante la compresiune a piloților flotanți executați pe loc se exprimă prin:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_{b_2}} + \frac{R_{s,k}}{\gamma_{s_2}} = \frac{A_b q_{b,k}}{\gamma_{b_2}} + \frac{U \sum q_{s,k_i} l_i}{\gamma_{s_2}} \quad (14)$$

unde:

$R_{b;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței pe bază a pilotului

$R_{s;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a pilotului

$\gamma_{b,2}$ coeficient parțial dat în tabelul 7

$\gamma_{s,2}$ coeficient parțial dat în tabelul 8

A_b suprafața bazei pilotului

U perimetrul secțiunii transversale a pilotului

l_i lungimea pilotului în contact cu stratul i

$q_{s;i;k}$ valoarea caracteristică a rezistenței de frecare laterală în stratul i dată în tabelul 6

$q_{b;k}$ valoarea caracteristică a presiunii pe bază

Valoarea caracteristică a presiunii pe bază, $q_{b;k}$, se determină, după caz, astfel:

i) Pentru piloții de îndesare executați prin batere sau vibropresare, valorile sunt date în tabelul 5.

ii) Pentru piloții de dislocuire care reazemă cu baza pe pământuri coezive, cu condiția asigurării pătrunderii bazei pilotului în stratul respectiv pe o adâncime egală cu cel puțin diametrul pilotului sau al bulbului:

$$q_{b,k} = N_c c_{u;k} + \gamma_{k;1} D \quad (15)$$

unde:

N_c factor de capacitate portantă, $N_c = 9$

$c_{u;k}$ valoarea caracteristică a coeziunii nedrenate

$\gamma_{k;1}$ media ponderată, prin grosimile straturilor, a valorilor caracteristice ale greutăților volumice ale straturilor străbătute de pilot (straturile necoezive aflate sub nivelul apei subterane sunt considerate submersate)

D fișa reală a pilotului (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)

iii) În lipsa datelor privind rezistența la forfecare a stratului de la baza pilotului, se admite, pentru pământuri coezive, utilizarea valorilor din tabelul 9.

iv) Pentru piloții de dislocuire care reazemă cu baza pe straturi necoezive:

$$q_{b,k} = \alpha (\gamma_d d_b N_\gamma + \gamma_{d;1} D_c N_q) \quad (16)$$

unde:

α coeficient determinat în funcție de gradul de îndesare I_D al pământului de la baza pilotului, dat în tabelul 10

γ_k valoarea caracteristică a greutății volumice a pământului de sub baza pilotului (straturile necoezive aflate sub nivelul apei subterane sunt considerate submersate)

$\gamma_{k;1}$ media ponderată, prin grosimile straturilor, a valorilor caracteristice ale greutăților volumice ale straturilor străbătute de pilot (straturile necoezive aflate sub nivelul apei subterane sunt considerate submersate)

d_b diametrul pilotului la nivelul bazei

N_γ, N_q factori de capacitate portantă determinați în funcție de valoarea caracteristică a unghiului de frecare interioară în eforturi efective, φ'_k , al stratului de la baza pilotului, dați în tabelul 11

D_c fișa de calcul a pilotului:

$$D_c = \beta d_b \text{ dacă } D \geq \beta d_b$$

$$D_c = D \text{ dacă } D < \beta d_b$$

unde:

β coeficient în funcție de gradul de îndesare I_D al pământului de la baza pilotului, dat în tabelul 10

OBSERVAȚIE

Când deasupra stratului de pământ necoeziv în care pătrunde baza pilotului se află un strat de umplutură recentă, necompactată sau de pământ coeziv plastic moale sau plastic curgător, sau un strat de turbă, fișa D se consideră doar adâncimea pe care pătrunde pilotul în stratul portant, iar la expresia $q_{b,k}$ definită prin relația (16) se adaugă termenul $\gamma_{k;2} h$ unde $\gamma_{k;2}$ este valoarea caracteristică a greutății volumice a stratului slab și h este grosimea acestuia.

Tabelul 7

Tehnologia de betonare a pilotului	Tipul pământului de la baza pilotului	
	coeziv	necoziv
	γ_{b_2}	
Betonare în uscat, inclusiv pentru pilot forat cu burghiu continuu (CFA)	1,20	1,20
Betonare sub apă		
- cu injecție la bază	1,30	1,20
- fără injecție la bază	1,45	1,30
Betonare sub noroi		
- cu injecție la bază	1,45	1,30
- fără injecție la bază	1,90	1,50

Tabelul 8

Modul de execuție a pilotului	Tipul pământului din jurul pilotului	
	coeziv	necoziv
	γ_{s_2}	
Cu tubaj introdus prin batere și beton compactat prin batere	1,20	1,20
Cu tubaj introdus prin vibrare și beton compactat prin vibrare	1,70	1,20
Forat în uscat și netubat, cu tubaj recuperabil și cu burghiu continuu (CFA)	1,90	1,70
Forat cu tubaj nerecuperabil	1,90	1,50
Forat sub noroi	2,40	1,90

Tabelul 9

Adâncimea bazei pilotului (m)	I_C						
	≥ 1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
	$q_{b,k}$ (kPa)						
3	700	600	500	400	300	250	200
5	800	700	600	500	400	300	300
7	900	800	700	600	500	400	350
10	1100	950	850	750	650	550	500
12	1250	1100	1000	900	750	650	550
15	1450	1300	1200	1050	900	800	650
18	1700	1500	1350	1200	1050	900	750
20	1850	1700	1500	1300	1150	1000	850
30	2650	2400	2100	1850	1600	-	-
40	3600	3200	2800	2400	2000	-	-

Tabelul 10

I_D	α	β
0,00...0,35	0,5	10
0,36...0,65	0,4	15
0,66...1,00	0,3	20

Tabelul 11

	φ'_k (°)							
	26	28	30	32	34	36	38	40
N_γ	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

7.2.5 Capacitatea portantă de calcul la compresiune stabilită pe baza încercărilor de impact dinamic

7.2.5.1 Condițiile generale de determinare a capacității portante la compresiune pe baza încercărilor de impact dinamic sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.2.5.2 Valoarea de calcul a capacității portante la compresiune se determină cu relația [SR EN 1997-1]:

$$R_{c;d} = (R_{c;k}) / \gamma_t \quad (17)$$

unde:

$$R_{c;k} = \text{Min} \{ (R_{c;m})_{\text{med}} / \xi_5 ; (R_{c;m})_{\text{min}} / \xi_6 \}$$

unde:

$R_{c;k}$ valoarea caracteristică a lui R_c

$R_{c;m}$ valoarea măsurată a lui R_c în una sau mai multe încercări

$(R_{c;m})_{\text{med}}$ valoarea medie a lui $R_{c,m}$

$(R_{c;m})_{\text{min}}$ valoarea minimă a lui $R_{c,m}$

ξ_5 coeficient de corelare dat în tab. A11 din SR EN 1997-1

ξ_6 coeficient de corelare dat în tab. A11 din SR EN 1997-1

7.2.6 Capacitatea portantă de calcul la compresiune stabilită pe baza formulelor de batere

7.2.6.1 Condițiile generale de determinare a capacității portante la compresiune pe baza formulelor de batere sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.2.6.2 În cazul piloților purtători pe vârf, bătuți într-un pământ necoeziv, valoarea de calcul a capacității portante la compresiune se determină cu:

$$R_{c;d} = (R_{b;k}) / \gamma_b \quad (18)$$

unde:

γ_b coeficient parțial: $\gamma_b = 1,4$

$$R_{b,k} = -\frac{aA}{2} + \sqrt{\left(\frac{aA}{2}\right)^2 + \frac{aA}{e} \cdot \frac{Q_0 + 0,2q}{Q_0 + q} Q_0 \cdot H_0}$$

unde:

a factor ce depinde de tipul pilotului și condițiile de batere, dat în tabelul 12

A aria secțiunii pilotului (în cazul piloților tubulari se consideră suprafața secțiunii inelare)

e refuzul pilotului (cm)

Q_0 greutatea berbecului (sau a părții care lovește)

q greutatea pilotului (inclusiv a căciulii de protecție și a părții staționare a berbecului)

H_0 înălțimea de cădere a berbecului (cm), stabilită conform tabelului 13

H_1 mărimea cursei berbecului

E_0 energia de lovire a berbecului (kJ)

OBSERVAȚIE

Încărcarea caracteristică pe baza datelor din încercarea pe cale dinamică a piloților prefabricați se poate determina și cu alte relații, dacă în urma aplicării acestora pentru diferite condiții de teren se arată că se obține o concordanță satisfăcătoare cu rezultatele încercărilor statice.

Tabelul 12

Tipul pilotului și condițiile de batere	a (kPa)
Pilot din beton armat (cu căciulă de protecție)	1500
Pilot din lemn (fără căciulă de protecție)	1000

Tabelul 13

Tipul de berbec	Piloți verticali	Piloți înclinați cu 3 : 1
Berbec cu cădere liberă sau cu acțiune simplă	$H_0 = H_1$	$H_0 = 0,8 H_1$
Berbec diesel sau cu acțiune dublă	$H_0 = \frac{100E_0}{Q_0}$	$H_0 = \frac{80E_0}{Q_0}$

7.2.6.3 Rebatere

Condițiile generale de determinare a numărului de piloți care trebuie rebătuți sunt date în SR EN 1997-1.

7.2.7 Capacitatea portantă de calcul la compresiune stabilită pe baza interpretării ecuației undei

Condițiile generale de determinare a capacității portante la compresiune pe baza interpretării ecuației undei sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.2.8 Capacitatea portantă de calcul la compresiune a unui pilot care lucrează în grup

Valoarea de calcul a capacității portante la compresiune a unui pilot care lucrează în grup se determină cu:

$$R_{c;g} = m_u R_{c;d} \quad (19)$$

unde:

$R_{c;d}$ valoarea de calcul a lui R_c a pilotului izolat

m_u coeficient de utilizare:

$m_u = 1$ pentru piloții purtători pe vârf și piloții flotanți de îndesare având fișa integral cuprinsă în pământuri necoezive

$m_u = f(r/r_0)$ dat în tabelul 14

unde:

r distanța minimă (lumina) între 2 piloți vecini

r_0 raza de influență a pilotului izolat în planul bazei:

$$r_0 = \sum l_i \operatorname{tg} \varepsilon_i$$

unde:

l_i grosimea stratului i prin care trece pilotul

$$\varepsilon_i = (\varphi'_d / 4)$$

OBSERVAȚII

1. Pentru calculele la starea limită de serviciu, valorile din tabelul 14 pot fi sporite până la $m_u = 1$ în cazul în care tasarea probabilă calculată a fundației pe piloți este în limitele acceptabile pentru construcția respectivă.
2. In straturile în care se consideră posibilă apariția frecării negative, $\varepsilon = 0$.

Tabelul 14

r/r_0	≥ 2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8
m_u	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,70	0,60

7.2.9 Capacitatea portantă de calcul la compresiune a grupei de piloți

În cazul grupelor de piloți se va lua în considerare și cedarea prin epuizarea capacității portante la compresiune a piloților și a pământului aflat între piloți care acționează ca un bloc, conform observației de la 7.2.1.2.

7.3 Rezistența la tracțiune a pilotului

7.3.1 Generalități

7.3.1.1 Condițiile generale de verificare sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.3.1.2 Relația generală de verificare [SR EN 1997-1] este:

$$F_{t;d} \leq R_{t;d} \quad (20)$$

unde:

$F_{t;d}$ valoarea de calcul a tracțiunii exercitată asupra unui pilot corespunzătoare stării limită ultime

$R_{t;d}$ valoarea de calcul a lui R_t

7.3.2 Rezistența la tracțiune stabilită pe baza încărcărilor statice de probă pe piloți

7.3.2.1 Condițiile generale de determinare a rezistenței la tracțiune pe baza încărcărilor statice de probă pe piloți sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.3.2.2 Relația generală de calcul pentru valoarea caracteristică a rezistenței la tracțiune [SR EN 1997-1] este:

$$R_{t;k} = \text{Min} \{ (R_{t;m})_{\text{med}} / \xi_1 ; (R_{t;m})_{\text{min}} / \xi_2 \} \quad (21)$$

unde:

$R_{t;k}$ valoarea caracteristică a lui R_t

$R_{t;m}$ valoarea măsurată a lui R_t în una sau mai multe încărcări de probă pe piloți

$(R_{t;m})_{\text{med}}$ valoarea medie a lui $R_{t,m}$

$(R_{t;m})_{\text{min}}$ valoarea minimă a lui $R_{t,m}$

ξ_1 coeficient de corelare dat în tab. A9(RO) din SR EN 1997-1/NB.

ξ_2 coeficient de corelare dat în tab. A9(RO) din SR EN 1997-1/NB.

7.3.2.3 Rezistența la tracțiune de calcul se calculează [SR EN 1997-1] cu:

$$R_{t;d} = R_{t;k} / \gamma_{s;t} \quad (22)$$

unde:

$R_{t;d}$ valoarea de calcul a lui R_t

$R_{t;k}$ valoarea caracteristică a lui R_t

$\gamma_{s;t}$ coeficient parțial pentru rezistența la tracțiune a unui pilot dat în tab. A6(RO), A7(RO) și A8(RO) din SR EN 1997-1/NB.

7.3.3 Rezistența la tracțiune stabilită pe baza rezultatelor încercărilor asupra pământurilor.

7.3.3.1 Condițiile generale de determinare a rezistenței la tracțiune pe baza rezultatelor încercărilor asupra pământurilor sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.3.3.2 Valoarea de calcul a rezistenței la tracțiune [SR EN 1997-1] este dată de relația 22.

7.3.3.3 Relația generală de calcul pentru valoarea caracteristică a rezistenței la tracțiune [SR EN 1997-1] este:

$$R_{t;k} = \text{Min} \{ (R_{t;\text{cal}})_{\text{med}} / \xi_3 ; (R_{t;\text{cal}})_{\text{min}} / \xi_4 \} \quad (23)$$

unde:

$R_{t;k}$	valoarea caracteristică a lui R_t
$R_{t;\text{cal}}$	valoarea calculată a lui R_t pe baza rezultatelor încercărilor asupra pământului
$(R_{t;\text{cal}})_{\text{med}}$	valoarea medie a lui $R_{t;\text{cal}}$
$(R_{t;\text{cal}})_{\text{min}}$	valoarea minimă a lui $R_{t;\text{cal}}$
ξ_3	coeficient de corelare dat în tab. A10(RO) din SR EN 1997-1/NB
ξ_4	coeficient de corelare dat în tab. A10(RO) din SR EN 1997-1/NB

sau

$$R_{s;k} = \sum A_{s;i} q_{s;i;k} \quad (24)$$

unde:

$R_{s;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a unui pilot
$A_{s;i}$	suprafața laterală a pilotului în stratul i
$q_{s;i;k}$	valoarea caracteristică a rezistenței de frecare laterală în stratul i

7.3.3.4 Valoarea de calcul a rezistenței la tracțiune a piloților prefabricați introduși prin batere se poate stabili, pe baza datelor din încercarea de penetrare statică, cu:

$$R_{t,d} = \frac{F_l}{\gamma_{s_3}} \cdot \frac{U}{u_p} \quad (25)$$

unde:

$F_l, U, u_p, \gamma_{s_3}$ conform semnificațiilor precizate la relația 7

7.3.4 Rezistența ultimă la tracțiune stabilită prin metode prescriptive

7.3.4.1 Rezistența ultimă la tracțiune pentru piloții prefabricați se determină cu:

$$R_{t,d} = \frac{U \sum q_{s;k_i} \cdot l_i}{\gamma_m \cdot \gamma_{s_1}} \quad (26)$$

unde:

$U, q_{s;i;k}, l_i, \gamma_{s_1}$ conform semnificațiilor precizate la relația 13
 γ_m coeficient parțial: $\gamma_m = 1,65$

7.3.4.2 Rezistența ultimă la tracțiune pentru piloții executați pe loc se determină cu:

$$R_{t,d} = \frac{U \sum q_{s,k_i} \cdot l_i}{\gamma_m \cdot \gamma_{s_2}} \quad (27)$$

unde:

$U, q_{s,i;k}, l_i, \gamma_{s;2}$ conform semnificațiilor precizate la relația 14

γ_m coeficient parțial: $\gamma_m = 1,65$

7.4 Deplasările verticale ale fundației pe piloți (starea limită de serviciu pentru structura suportată de piloți)

7.4.1 Generalități

7.4.1.1 Condițiile generale de verificare sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.4.1.2 Trebuie evaluată deplasarea verticală (tasarea) fundației pe piloți pentru condițiile stărilor limită de serviciu și comparată cu valoarea tasării acceptabile:

$$s \leq s_{acc} \quad (28)$$

unde:

s deplasarea verticală (tasarea) fundației pe piloți estimată/ calculată

s_{acc} deplasarea verticală (tasarea) acceptabilă pentru structura suportată de piloți

7.4.1.3 Metode analitice pentru calculul deplasărilor verticale ale fundației pe piloți, de tipul celei indicate în anexa D, trebuie considerate ca aproximative și pot fi utilizate doar pentru un calcul preliminar.

7.4.2 Fundația pe piloți supuși la compresiune

Condițiile generale de verificare sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

7.4.3 Fundații pe piloți supuși solicitați la tracțiune

Condițiile generale de verificare sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

8. PILOȚI SUPUȘI LA SOLICITĂRI TRANSVERSALE

8.1 Generalități

8.1.1 Condițiile generale de verificare sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

8.1.2 Relația generală de verificare [SR EN 1997-1] este:

$$F_{tr,d} \leq R_{tr,d} \quad (29)$$

unde:

$F_{tr,d}$ valoarea de calcul a încărcării transversale asupra unui pilot corespunzătoare stării limită ultime

$R_{tr,d}$ valoarea de calcul a lui R_{tr} luând în considerare efectul oricăror încărcări axiale de compresiune sau de tracțiune

8.2 Rezistența la încărcare transversală pe baza încărcărilor de probă pe piloți

8.2.1 Condițiile generale de determinare a rezistenței la încărcare transversală pe baza încărcărilor de probă pe piloți sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

8.2.2 Rezistența de calcul la încărcare transversală se calculează cu:

$$R_{tr,d} = \frac{R_{tr,k}}{\gamma_{tr}} \quad (30)$$

unde:

$R_{tr,k}$ valoarea caracteristică a încărcării transversale, stabilită cu luarea în considerare a factorului de corelare ξ din tabelul A9(RO) din SR EN 1997-1/NB în funcție de numărul încărcărilor de probă

γ_{tr} coeficient parțial: $\gamma_{tr} = 2$

8.3 Rezistența la încărcare transversală pe baza rezultatelor încercărilor asupra terenului și a parametrilor de rezistență ai pilotului

8.3.1 Condițiile generale de determinare a rezistenței la încărcare transversală pe baza rezultatelor încercărilor asupra terenului și a parametrilor de rezistență ai pilotului sunt în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

8.3.2 Calculul rezistenței la încărcare transversală a unui pilot lung, svelt poate fi efectuat folosind teoria unei grinzi încărcată la o extremitate și rezemată pe un mediu deformabil, caracterizat printr-un modul al reacțiunii laterale. În anexa A se prezintă o metodă de calcul a unui pilot izolat supus la o solicitare transversală (laterală, orizontală), în ipoteza modelării terenului de fundare ca un mediu discret de tip Winkler.

8.4 Rezistența la încărcare transversală prin metode prescriptive

8.4.1 Metodele prescriptive pentru calculul rezistenței la încărcare transversală a unui pilot se utilizează doar în fazele preliminare de proiectare.

8.4.2 Rezistența caracteristică la încărcare transversală a piloților verticali în radiere joase se determină cu:

$$R_{tr,k} = \frac{2M_{cap}}{l_0} \quad \text{în cazul pilotului considerat încastrat în radier} \quad (31)$$

sau

$$R_{tr,k} = \frac{M_{cap}}{l_0} \quad \text{în cazul pilotului considerat articulat în radier} \quad (32)$$

unde:

l_0 lungimea convențională de încastrare; valorile l_0 sunt date în tabelul 15

M_{cap} momentul încovoietor capabil al secțiunii pilotului, determinat conform reglementărilor tehnice specifice privind calculul elementelor de beton armat

OBSERVAȚII

1. Relațiile pot fi utilizate în cazul când fișa, D , este mai mare decât $5l_0$

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 $1,5 l_0$, în care l_0 reprezintă valoarea corespunzătoare stratului de la suprafață.

3. Nu se utilizează lungimea l_0 din tabelul 15 la calculul săgeții.

Tabelul 15

Tipul pământului	Piloți	Barete, în funcție de direcția forței orizontale	
		Paralelă cu latura mare, l	Paralelă cu latura mică, b
	l_0		
Nisipuri cu $I_D \leq 0,35$ și pământuri coezive cu $I_C \leq 0,5$	$4d$	$2,50l$	$4b$
Nisipuri cu $I_D = 0,36 \div 0,65$ și pământuri coezive cu $I_C = 0,51 \div 0,75$	$3d$	$1,75l$	$3b$
Nisipuri, nisipuri cu pietriș cu $I_D \geq 0,66$ și pământuri coezive cu $I_C = 0,76 \div 1,00$	$2d$	$1,25l$	$2b$
Pământuri coezive cu $I_C > 1,00$	$1,5d$	$1,00l$	$1,5b$

8.4.3 Rezistența de calcul la încărcare transversală se determină cu:

$$R_{tr,d} = \frac{R_{tr,k}}{\gamma_{tr}} \quad (33)$$

unde:

γ_{tr} coeficient parțial: $\gamma_{tr} = 2$

8.5 Deplasare transversală

8.5.1 Condițiile generale de determinare a deplasării transversale sunt date în SR EN 1997-1 și SR EN 1997-1/NB.

8.5.2 În anexa B se prezintă o metodă de calcul spațial al grupei de piloți în ipoteza radierului rigid și a modelării terenului de fundare ca un mediu discret de tip Winkler. Pentru piloții din beton armat se vor utiliza rigidități adecvate, corelate cu nivelul de solicitare axială.

9. ELEMENTE PRIVIND PROIECTAREA STRUCTURALĂ A PILOȚILOR

9.1 Generalități

9.1.1 Condițiile generale sunt date în SR EN 1997-1.

9.1.2 Alcătuirea pilotului trebuie astfel concepută încât să facă față tuturor situațiilor la care pot fi supuși piloții atât pe parcursul execuției, inclusiv transportul și baterea dacă este cazul, cât și în exploatare.

9.1.3 Piloții supuși la încărcări de tracțiune trebuie concepuți pentru a suporta întreaga forță de smulgere pe întreaga lor lungime, dacă este necesar. Lungimea pe care se dispune carcasa de armătură nu va fi mai mică decât lungimea activă a pilotului pe care se transmit eforturile de întindere la teren.

9.1.4 La piloții executați pe loc, valorile rezistențelor corespunzătoare clasei betonului se afectează cu următorii coeficienții de reducere dați în tabelul 16:

Tabelul 16

Condițiile de betonare	Coeficient de reducere
Betonare în uscat	0,95
Betonare sub apă sau sub noroi de foraj	0,80
OBSERVAȚIE Coeficienții de reducere menționați sunt suplimentari față de coeficienții condițiilor de siguranță care țin seama de dimensiunile secțiunilor transversale și de poziția de turnare a betonului stabiliți conform SR EN 1992-1-1.	

9.2 Elemente constructive specifice piloților executați pe loc

9.2.1 Materiale

9.2.1.1 Beton

9.2.1.1.1 Alegerea clasei betonului, a dozajului minim de ciment și a tipului și dimensiunilor agregatelor se fac cu respectarea prevederilor din SR EN 1536 și NE 012/1.

9.2.1.1.2 Pentru piloții situați în terenuri cu ape agresive, la alcătuirea rețetei de betonare trebuie să se țină seama de reglementările specifice.

9.2.1.2 Armătură

Armăturile piloților se realizează cu respectarea prevederilor din SR EN 1536, SR EN 12699 și SR EN 1992-1-1.

9.2.2 Alcătuirea piloților

9.2.2.1 Dimensiuni caracteristice

9.2.2.1.1 Diametru

Diametrul pilotului se stabilește funcție de tehnologia de execuție ce se adoptă.

OBSERVAȚIE

1. În cazul piloților forajți în uscat și netubați precum și în cel al piloților forajți sub noroi, diametrul pilotului se consideră egal cu diametrul uneltei de săpare.
2. În cazul piloților forajți cu tubaj recuperabil sau nerecuperabil, diametrul pilotului se consideră egal cu diametrul exterior al tubajului.

9.2.2.1.2 Lungime

Lungimea se stabilește astfel încât, prin efectul combinat al rezistenței de frecare pe suprafața laterală și al rezistenței în planul bazei, pilotul să transmită la teren încărcarea axială de calcul care îi revine, inclusiv încărcarea din mișcarea pământului adiacent (frecare negativă).

Se recomandă ca lungimea pilotului forat de diametru mare să se determine în funcție de adâncimea la care se întâlnește stratul practic incompresibil.

La piloții cu solicitări horizontale importante, lungimea pilotului se stabilește astfel încât să se asigure încastrarea necesară în teren.

Adâncimea de pătrundere a pilotului în stratul portant trebuie să fie de cel puțin $2d$ la piloții cu $d < 1,20$ m și $1,5d$ la piloții cu $d \geq 1,20$ m (d - diametrul pilotului).

Dacă stratul portant este constituit dintr-o rocă stâncoasă, se admite ca încastrarea să se facă pe minimum 0,5 m după depășirea stratului de rocă alterată.

9.2.2.1.3 Evazare la bază

Evazarea la baza pilotului forat se face numai în cazul în care baza pătrunde într-un strat cu coeziune mare, având rezistența la compresiune cu deformare laterală liberă (compresiune monoaxială) de cel puțin 200 kPa la forarea în uscat și 300 kPa la forarea în apă.

Evazarea se face sub forma unui trunchi de con, cu înălțimea cel puțin egală cu diametrul secțiunii curente a pilotului. Se recomandă ca aria secțiunii bazei lărgite să nu depășească de trei ori secțiunea curentă a pilotului.

9.2.2.1.4 Injectare la bază sau în lungul suprafeței laterale a pilotului forat

Pentru sporirea capacității portante a pilotului forat precum și pentru micșorarea deformațiilor datorate terenului de la bază, eventual slăbit prin operația de forare, se poate prevedea o injectare la baza pilotului sau în lungul suprafeței laterale a acestuia. În acest scop, țevile prin care urmează a se injecta suspensia (de obicei lapte de ciment) se înglobează în corpul pilotului, fiind coborâte în gaura forată odată cu carcasa de armătură. Rețeta și tehnologia de injectare se precizează în caietul de sarcini.

9.2.3 Armarea piloților

9.2.3.1 Armarea piloților se face, de regulă, cu carcasse de armătură formate din bare longitudinale, etrieri sau fretă, inele de rigidizare și distanțieri.

9.2.3.2 Carcasa de armătură poate să aibă secțiunea constantă sau variabilă în lungul pilotului, după cum rezultă în urma calculului de rezistență a elementului de beton armat sau din condiții constructive.

9.3 Dispunerea piloților în radier

9.3.1 Distanța minimă între axele piloților, măsurată în teren, este de:

$$\begin{aligned} &\rightarrow 3d && \text{în cazul piloților de îndesare} \\ &\rightarrow 2d + \frac{3}{100}D && \text{în cazul piloților de dislocuire (valoare minimă recomandată)} \end{aligned}$$

unde:

d diametrul sau latura mică a secțiunii pilotului

D fișa reală a pilotului

9.3.2 Repartizarea piloților sub radierul fundației se face, după caz, în rânduri paralele, radial, în șah sau în funcție de modul de conformare a structurii de rezistență a construcției, pe baza valorilor solicitărilor preluate de piloți.

9.4 Alcătuirea radierului

9.4.1 Adâncimea de fundare a radierului se stabilește în raport cu:

- existența subsolurilor și instalațiilor subterane;
- condițiile geologice și hidrogeologice ale amplasamentului (nivelul apelor subterane și variația acestuia în timpul construcției și al exploatării acesteia etc.);
- posibilitatea de umflare prin îngheț a pământurilor etc.

9.4.2 Radierul de beton armat se calculează sub acțiunea încărcărilor de la suprastructură și a reacțiunilor din piloți.

9.4.2.1 Înălțimea radierului se determină din calcul. În cazul radierului de tip placă groasă, înălțimea nu va fi mai mică de 30 cm.

9.4.2.2 Clasa betonului trebuie să fie minim C20/25 și va fi corelată cu clasa de beton din piloți.

9.4.3 Distanța între fața exterioară a piloților marginali și extremitatea radierului trebuie să fie de cel puțin 25 cm.

9.4.4 Lungimea părții piloților cuprinsă în radierul de beton armat se determină în funcție de tipul de solicitare și de tipul și diametrul armăturii longitudinale din corpul pilotului (nu se include în grosimea radierului stratul de beton de egalizare) conform reglementărilor tehnice specifice, dar nu mai mică decât cea prevăzută la pct. 9.4.4.1.

9.4.4.1 În cazul fundațiilor pe piloți supuși la solicitări axiale de compresiune și la forțe horizontale care pot fi preluate de piloții considerați articulați în radier, este recomandat ca piloții să pătrundă în radier cu capetele intacte pe o lungime de 5 cm, iar armăturile longitudinale ale piloților să se înglobeze în radier pe minimum 25 cm.

9.4.4.2 În cazul fundațiilor pe piloți supuși la solicitări axiale de smulgere sau la forțe horizontale mari, care impun preluarea acestora prin piloți considerați încastrați în radier, este recomandat ca piloții să pătrundă în radier cu capetele intacte pe o lungime de cel puțin 10 cm, iar armăturile longitudinale ale piloților trebuie să se înglobeze în radier pe o lungime determinată prin calculul său constructiv, cu respectarea prevederilor din SR EN 12699 și SR EN 1536.

10. SUPRAVEGHEREA EXECUȚIEI ȘI CONTROLUL CALITĂȚII PILOȚILOR

10.1 Condițiile generale sunt date în SR EN 1997-1.

10.2 Condițiile specifice sunt date în SR EN 12699 și SR EN 1536 .

**CALCULUL UNUI PILOT IZOLAT
SUPUS LA SOLICITĂRI TRANSVERSALE
FOLOSIND TEORIA GRINZILOR PE MEDIU WINKLER**

A.1 Pentru calculul deformațiilor și eforturilor în lungul unui pilot izolat, definit într-un sistem de axe (fig. A.1 a) supus la încărcări transversale (forță tăietoare, moment încovoietor) terenul de fundare se asimilează cu un mediu discret (de tip Winkler) alcătuit din resoarte independente (fig. A.1 b). Caracteristica de deformabilitate a resoartelor supuse la presiuni orizontale poartă denumirea de coeficient al reacțiunii laterale E_s .

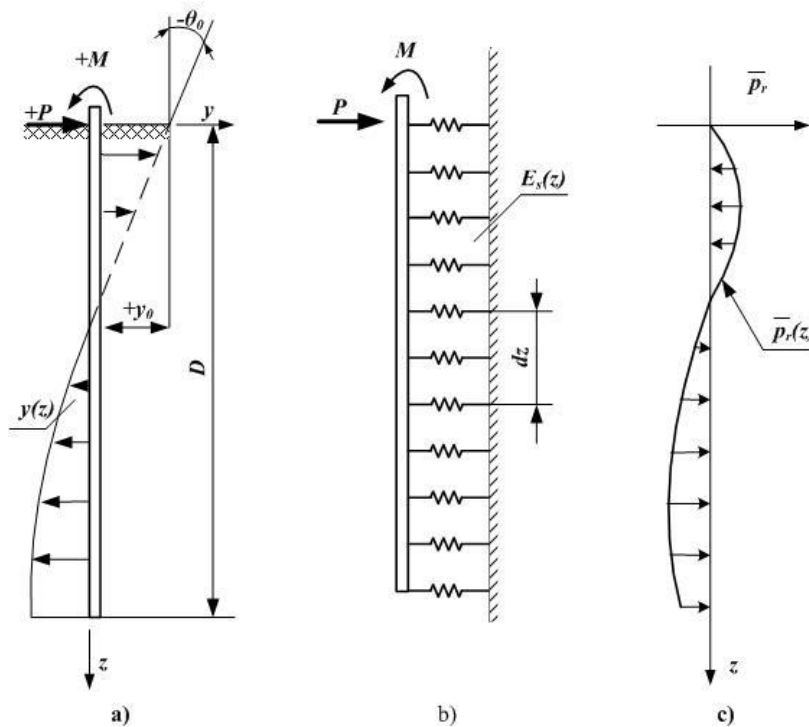


Fig. A.1

A.2 Datorită variației importante pe verticală a naturii și stării terenului, se recomandă să se considere coeficientul E_s variabil cu adâncimea: $E_s = E_s(z)$.

A.3 Considerând că un pilot acționat de solicitări transversale conform fig. A.1 suferă deformația $y = y(z)$, în urma căreia se mobilizează din partea terenului presiunea reactivă $\bar{p}_r = \bar{p}_r(z)$ (fig. A.1 c), se poate exprima echilibrul diferențial cu relația:

$$(EI)_p \frac{d^4 y}{dz^4} + \bar{p}_r = 0 \quad (\text{A.1})$$

unde:

\bar{p}_r presiunea reactivă

$$\bar{p}_r = E_s y$$

$(EI)_p$ rigiditatea la încovoiere a secțiunii pilotului.

Pentru rezolvarea ecuației (A.1) pot fi adoptate mai multe ipoteze ca de exemplu:

C) Ipoteza terenului linear-elastic, cu coeficient al reacțiunii laterale variabil linear cu adâncimea:

$$E_s = m_h z \quad (\text{A.2})$$

unde:

m_h se numește modulul coeficientului reacțiunii laterale care se poate determina conform pct. C.2 din anexa C.

2) Ipoteza terenului nelinear, cu coeficient al reacțiunii laterale dependent de nivelul de solicitare și cu o distribuție oarecare pe adâncime $E_s = E_s(z, y)$.

A.4 Calculul deformațiilor și eforturilor în ipoteza terenului linear elastic se face cu relațiile:

$$y(z) = \frac{P\lambda^3}{(EI)_p} A_y(z/D) + \frac{M\lambda^2}{(EI)_p} B_y(z/D) \quad (\text{A.3})$$

$$\theta(z) = \frac{P\lambda^2}{(EI)_p} A_\theta(z/D) + \frac{M\lambda}{(EI)_p} B_\theta(z/D) \quad (\text{A.4})$$

$$M(z) = P\lambda A_m(z/D) + MB_m(z/D) \quad (\text{A.5})$$

$$T(z) = PA_t(z/D) + \frac{M}{\lambda} B_t(z/D) \quad (\text{A.6})$$

unde:

$y(z)$ deplasarea în secțiunea pilotului de la adâncimea z

$\theta(z)$ rotirea în secțiunea pilotului de la adâncimea z

$M(z)$ momentul încovoietor în secțiunea pilotului de la adâncimea z

$T(z)$ forța tăietoare în secțiunea pilotului de la adâncimea z

$A_y(z/D), B_y(z/D), A_\theta(z/D) \dots B_t(z/D)$ sunt coeficienți de influență funcție de fișa redusă $\bar{z}_{\max} = D/\lambda$ și funcție de adâncimea relativă z/D , iar

$$\lambda = \sqrt[5]{\frac{(EI)_p}{m_h}}$$

Pentru piloții opriți cu baza în terenuri nestâncoase coeficienții de influență se iau conform tabelelor A.1 și A.2.

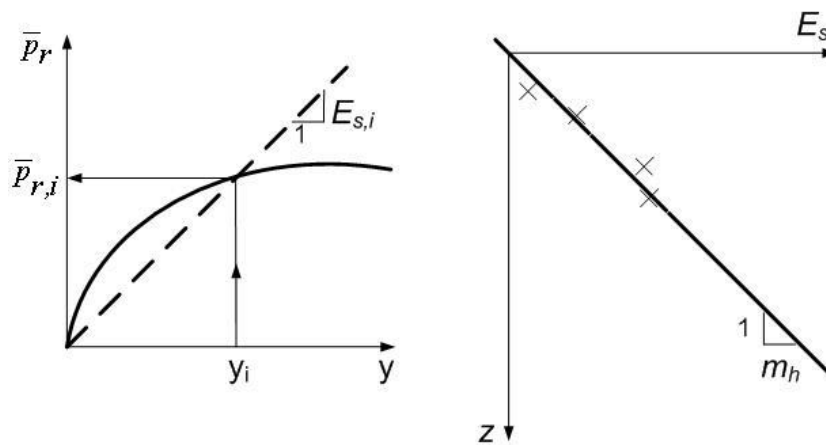
A.5 Calculul deformațiilor și eforturilor în ipoteza terenului neliniar se poate face prin metode iterative astfel:

- Se determină curbele $p-y$ la diferite adâncimi, acordând prioritate zonei superioare a stratificației pe o adâncime de aproximativ $5d$, în care d este diametrul pilotului sau latura secțiunii transversale perpendiculară pe direcția planului de acțiune a încărcării transversale; construirea curbelor se poate face conform pct. C.3 din anexa C;
- Se estimează o primă valoare pentru modulul m_h ;
- Cu valoarea estimată se calculează translațiile $y(z)$ cu relația (A.3);

- d) Pe baza datelor din curbele p-y și cu valorile translațiilor $y(z)$ se determină coeficienții reacțiunii laterale secanți $E_s(z)$ (fig. A.2 a);
- e) Se reprezintă valorile E_s funcție de adâncimea z și se construiește dreapta medie prin aceste puncte, trecând prin origine (fig. A.2 b);
- f) Panta acestei drepte reprezintă noua valoare a coeficientului m^*h .
- g) Se compară:

$$|m_h^* - m_h| \leq \text{toleranta}$$

- dacă comparația este pozitivă, calculul se oprește, ultimele rezultate fiind admise ca valabile;
- dacă comparația este negativă, se reia calculul de la pct. c cu o altă valoare pentru m_h ;
- toleranța se acceptă în limitele $0.02 m_h \dots 0.05 m_h$.



a)

b)

Fig. A.2

Tabelul A.1

z/D	$\bar{z}_{\max} = 2$				$\bar{z}_{\max} = 3$				$\bar{z}_{\max} = 4$				$\bar{z}_{\max} \geq 5$			
	A_y	B_y	A_θ	B_θ	A_y	B_y	A_θ	B_θ	A_y	B_y	A_θ	B_θ	A_y	B_y	A_θ	B_θ
0.00	4.731	-3.416	-3.416	3.192	2.728	-1.758	-1.758	1.789	2.444	-1.623	-1.623	1.712	2.438	-1.625	-1.625	1.701
0.05	4.393	-3.100	-3.409	3.092	2.465	-1.497	-1.742	1.639	2.121	-1.293	-1.595	1.512	2.034	-1.219	-1.581	1.452
0.10	4.053	-2.794	-3.392	2.992	2.205	-1.258	-1.706	1.490	1.805	-1.002	-1.530	1.314	1.645	-0.874	-1.482	1.206
0.15	3.713	-2.498	-3.367	2.893	1.951	-1.041	-1.649	1.342	1.505	-0.752	-1.432	1.121	1.285	-0.591	-1.337	0.097
0.20	3.378	-2.211	-3.333	2.795	1.707	-0.864	-1.575	1.198	1.225	-0.538	-1.310	0.935	0.963	-0.364	-1.163	0.751
0.25	3.046	-1.935	-3.293	2.700	1.475	-0.673	-1.488	1.059	0.972	-0.363	-1.169	0.761	0.687	-0.193	-0.972	0.555
0.30	2.718	-1.667	-3.248	2.608	1.256	-0.520	-1.391	0.925	0.747	-0.219	-1.018	0.601	0.458	-0.066	-0.780	0.386
0.35	2.395	-1.409	-3.199	2.520	1.052	-0.387	-1.288	0.801	0.553	-0.107	-0.865	0.458	0.277	0.018	-0.599	0.247
0.40	2.076	-1.160	-3.148	2.437	0.863	-0.272	-1.182	0.685	0.338	-0.024	-0.715	0.333	0.139	0.072	-0.435	0.137
0.45	1.763	-0.918	-3.097	2.361	0.691	-0.174	-1.078	0.581	0.254	0.035	-0.574	0.228	0.042	0.099	-0.295	0.055
0.50	1.455	-0.684	-3.047	2.291	0.534	-0.091	-0.978	0.488	0.147	0.075	-0.447	0.141	-0.023	0.108	-0.182	-0.003
0.60	0.853	-0.236	-2.957	2.175	0.262	0.036	-0.803	0.340	0.003	0.110	-0.241	0.018	-0.079	0.093	-0.030	-0.059
0.70	0.267	0.192	-2.888	2.094	0.038	0.125	-0.672	0.241	-0.069	0.105	-0.106	-0.048	-0.078	0.060	0.041	-0.068
0.80	-0.306	0.606	-2.846	2.047	-0.153	0.190	-0.594	0.186	-0.098	0.081	-0.033	-0.076	-0.052	0.028	0.062	-0.059
0.90	-0.874	1.014	-2.828	2.028	-0.326	0.242	-0.561	0.165	-0.106	0.048	-0.006	-0.084	-0.020	0.000	0.064	-0.051
1.00	-1.439	1.419	-2.825	2.025	-0.494	0.292	-0.557	0.162	-0.108	0.015	-0.003	-0.085	0.012	-0.025	0.063	-0.049

OBSERVAȚII:

- În cazul piloților la care $\bar{z}_{\max} > 5$, în locul fișei reale, D, din prima coloană a tabelului, se folosește fișa de calcul $D_c=5\lambda$.
- Pentru valori intermediare ale lui \bar{z}_{\max} și ale raportului z/D se interpolează liniar

Tabelul A.2

z/D	$\bar{z}_{\max} = 2$				$\bar{z}_{\max} = 3$				$\bar{z}_{\max} = 4$				$\bar{z}_{\max} \geq 5$			
	A _m	B _m	A _t	B _t	A _m	B _m	A _t	B _t	A _m	B _m	A _t	B _t	A _m	B _m	A _t	B _t
0.00	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000
0.05	-0.099	0.999	0.968	0.023	-0.149	0.998	0.959	0.025	-0.197	0.998	0.937	0.039	-0.244	0.996	0.906	0.058
0.10	-0.194	0.996	0.898	0.071	-0.289	0.993	0.873	0.075	-0.378	0.987	0.811	0.111	-0.459	0.975	0.722	0.159
0.15	-0.281	0.987	0.795	0.141	-0.415	0.979	0.750	0.142	-0.530	0.959	0.639	0.199	-0.622	0.927	0.489	0.270
0.20	-0.357	0.970	0.667	0.225	-0.521	0.955	0.603	0.216	-0.647	0.914	0.446	0.287	-0.727	0.852	0.246	0.369
0.25	-0.419	0.945	0.519	0.320	-0.604	0.919	0.440	0.293	-0.724	0.851	0.251	0.364	-0.770	0.754	0.023	0.438
0.30	-0.467	0.910	0.359	0.419	-0.663	0.872	0.271	0.365	-0.763	0.775	0.066	0.423	-0.762	0.641	-0.163	0.474
0.35	-0.497	0.865	0.192	0.519	-0.695	0.814	0.104	0.429	-0.766	0.688	-0.096	0.460	-0.709	0.522	-0.298	0.475
0.40	-0.512	0.810	0.024	0.614	-0.704	0.747	-0.055	0.482	-0.739	0.594	-0.220	0.475	-0.628	0.405	-0.384	0.447
0.50	-0.491	0.674	-0.287	0.773	-0.653	0.593	0.327	0.546	-0.615	0.407	-0.390	0.443	0.423	0.202	-0.418	0.332
0.60	-0.413	0.511	-0.530	0.864	-0.531	0.428	-0.531	0.551	-0.444	0.243	-0.447	0.352	-0.229	0.064	-0.328	0.189
0.70	-0.294	0.336	-0.660	0.857	-0.366	0.268	-0.582	0.495	-0.271	0.120	-0.398	0.237	-0.091	-0.005	-0.194	0.068
0.80	-0.161	0.174	-0.635	0.722	-0.195	0.131	-0.526	0.382	-0.127	0.044	-0.290	0.126	-0.019	-0.021	-0.074	-0.021
0.90	-0.049	0.050	-0.410	0.427	-0.058	0.036	-0.326	0.209	-0.033	0.008	-0.147	0.041	-0.001	-0.010	-0.004	-0.031
1.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

OBSERVAȚII:

- În cazul piloților la care $\bar{z}_{\max} > 5$, în locul fișei reale, D, din prima coloană a tabelului, se folosește fișa de calcul $D_c=5\lambda$.
- Pentru valori intermediare ale lui \bar{z}_{\max} și ale raportului z/D se interpolează liniar

CALCULUL UNUI GRUP SPAȚIAL DE PILOȚI CU RADIER RIGID

B.1 Cunoscându-se acțiunea exterioară pe radier, $\{F\}^T = (F_x, F_y, F_z, M_x, M_y, M_z)$, (fig. B.1) se cere:

- determinarea deplasărilor $\{D_T\}^T = (u, v, w, \theta_x, \theta_y, \theta_z)$;
- determinarea eforturilor $\{f_i\}^T = (f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z)$ în secțiunea de încastrare a fiecărui pilot i , în radier;
- determinarea diagramelor de eforturi secționale în lungul fiecărui pilot;
- verificarea de rezistență a secțiunii piloților și verificarea la capacitatea portantă în raport cu terenul;
- verificarea, dacă este cazul, la starea limită de deformații.

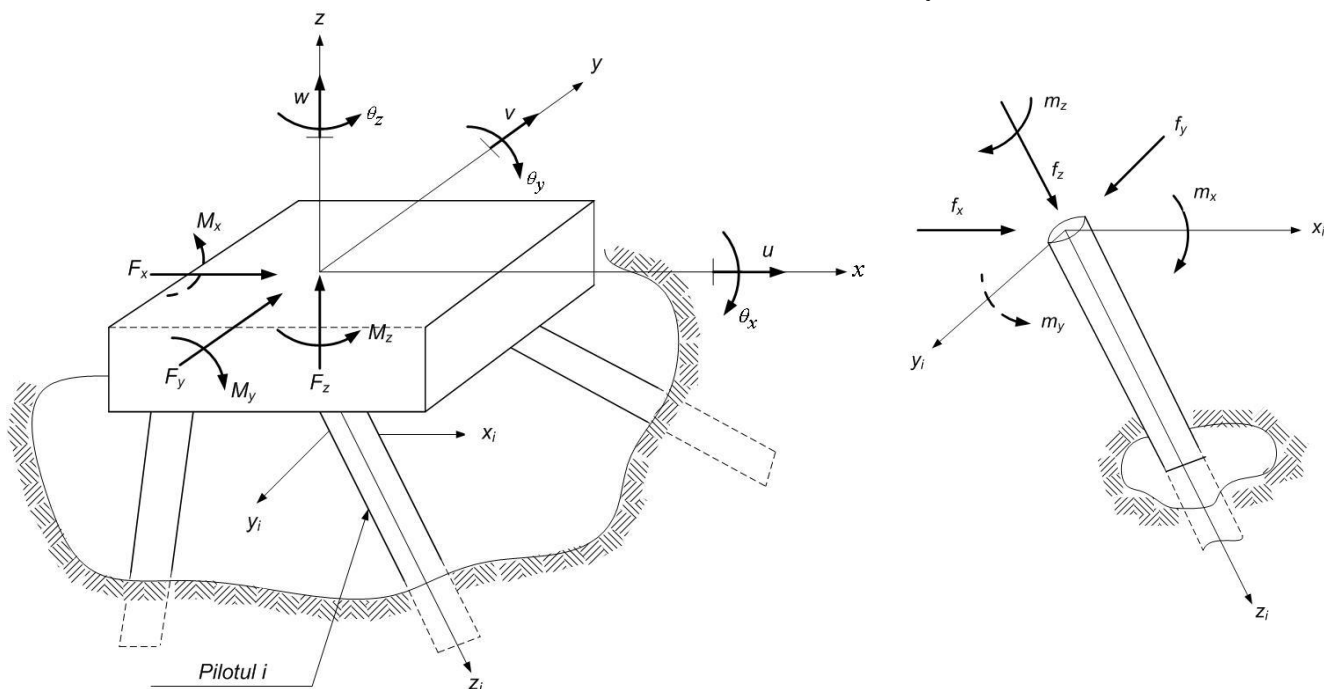


Fig. B.1

B.2 Calculul se efectuează în următoarele etape:

- se determină matricea de rigiditate $[K_i]$ a fiecărui pilot i , în raport cu sistemul local de axe $O_i x_i y_i z_i$, conform pct. B.3;
- se determină matricea de rigiditate a grupului de piloți $[K]$ în raport cu sistemul general de axe, $Oxyz$, prin asamblarea rigidităților locale și transformarea sistemelor de coordonate;
- se rezolvă sistemul de ecuații:

$$[K]\{D\}=\{F\}$$

(B.1)

și se determină vectorul deplasărilor radierului, $\{D\}$;

- se determină vectorul deplasărilor $\{d_i\}$ la capul fiecărui pilot, în raport cu sistemul propriu de axe:

$$\{di\}=[ri][li]\{D\}$$

(B.2)

- în care $[ri][li]$ sunt matricele de transformare a axelor prin rotație și respectiv translație;
- se determină solicitările pe capul pilotului:

$$\{fi\}=[Ki]\{di\}$$

(B.3)

- se efectuează calculul eforturilor în lungul axei pilotului, conform prevederilor din anexa A;
- se fac verificări de rezistență ale secțiunii pilotului conform reglementărilor tehnice specifice;
- se fac verificări la capacitatea portantă în raport cu terenul conform pct. 5.2;
- se fac verificări la starea limită de deformații, dacă se impun.

B.3 Determinarea flexibilității pilotului izolat

B.3.1 Se consideră un pilot izolat definit în sistemul local de axe (fig. B.2). Se aplică, în mod succesiv, câte o solicitare unitară $f_x=1$, $f_y=1$, $f_z=1$, $m_x=1$, $m_y=1$ și $m_z=1$ în capul pilotului, și se determină conform prevederilor din anexa A, deplasările δ_{xx} , δ_{yy} , $\delta_{x\theta}=\delta_{\theta x}$, $\delta_{y\theta}=\delta_{\theta y}$, $\delta_{\theta\theta x}$, și $\delta_{\theta\theta y}$, mărimi ce au semnificația de coeficienți de flexibilitate.

OBSERVAȚII:

1. În cazul piloților cu simetrie axială a secțiunii transversale:

$$\delta_{xx} = \delta_{yy} = \delta_x$$

$$\delta_{\theta\theta x} = \delta_{\theta\theta y} = \delta_\theta$$

$$\delta_{x\theta} = \delta_{y\theta} = \delta_{\theta x} = \delta_{\theta y}$$

2. În cazul piloților cu fișă liberă l_0 , expresiile coeficienților de flexibilitate se determină adăugând la deplasările calculate la nivelul terenului, deplasările pe consola de lungime l_0 , astfel:

$$\delta_x = \frac{\lambda^3}{(EI)_p} A_y(0) + \left[\frac{\lambda^2}{(EI)_p} A_\theta(0) + \frac{l_0 \lambda}{(EI)_p} B_\theta(0) \right] l_0 + \frac{\lambda^2 l_0}{(EI)_p} B_y(0) + \frac{l_0^3}{3(EI)_p}$$

$$\delta_{x\theta} = \frac{\lambda^2}{(EI)_p} B_y(0) + \left[\frac{\lambda}{(EI)_p} B_\theta(0) \right] l_0 + \frac{l_0^2}{2(EI)_p} = \delta_{\theta x}$$

$$\delta_\theta = \frac{\lambda}{(EI)_p} B_\theta + \frac{l_0}{(EI)_p}$$

B.3.2 Pentru gradele de libertate necuplate de translația axială, deplasarea δ_z și răsucirea δ_ϕ se determină astfel:

a) La translație verticală

- din încărcări de probă:

$$\delta_z = s_0 / N_0$$

unde:

s_0 deplasarea capului pilotului

N_0 încărcarea axială ce revine piloților din grup sub acțiuni permanente

- pe baza unor modele teoretice adecvate.

OBSERVAȚII

1. În cazul piloților cu fișă liberă pe lungimea l_0 trebuie să se țină seama și de efectele acesteia.
2. În cazul grupului de piloți la care eforturile axiale pot varia foarte mult se recomandă folosirea flexibilității diferențiate pentru piloții comprimați și pentru cei supuși la tracțiune.

- b) La răsucire
 - pe baza unor modele teoretice adecvate.

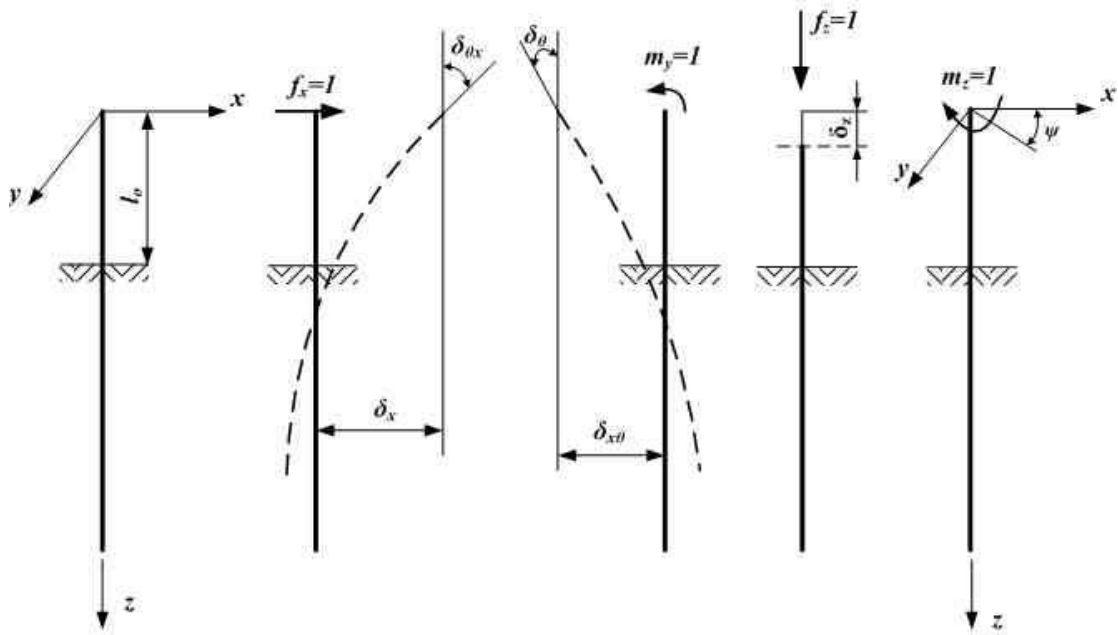


Fig. B.2

B.4 Determinarea matricii de rigiditate $[K_i]$ a pilotului izolat.

Matricea de rigiditate are forma:

	u	v	w	θ_x	θ_y	θ_z
f_x	K_x	0	0	0	K_θ	0
f_y	0	K_y	0	$K_{y\theta}$	0	0
f_z	0	0	K_z	0	0	0
m_x	0	$K_{\theta y}$	0	$K_\theta(x)$	0	0
m_y	$K_{\theta x}$	0	0	0	$K_\theta(y)$	0
m_z	0	0	0	0	0	K_φ

unde:

$$K_x(y) = \frac{\delta_\theta}{\delta_x \delta_\theta - \delta_{\theta x}^2(y)}$$

$$K_{\theta x}(y) = \frac{\delta_{\theta x}(y)}{\delta_x \delta_\theta - \delta_{\theta x}^2(y)}$$

$$K_\theta = \frac{\delta_x}{\delta_x \delta_\theta - \delta_{\theta x}^2(y)}$$

$$K_z = 1/\delta_z$$

$$K_\varphi = 1/\delta_\varphi$$

OBSERVAȚIE

Indicii din paranteze arată că relația se aplică și pe direcția (y).

În cazul piloților având secțiunea transversală cu simetrie axială mărimile după cele 2 direcții din plan sunt egale.

În cazul grupului plan de piloți (fig. B.3) sistemul (B.1) devine:

$$\begin{aligned} K_{xx} u + K_{xz} w + K_{x\theta} \theta_y &= F_x \\ K_{zx} u + K_{zz} w + K_{z\theta} \theta_y &= F_z \\ K_{\theta x} u + K_{\theta z} w + K_{\theta\theta} \theta_y &= M_y \end{aligned}$$

unde:

$$K_{xx} = \sum_1^{n_p} (K_{xx} \cos^2 \alpha + K_x \sin^2 \alpha)$$

$$K_{xz} = \sum_1^{n_p} (K_z - K_x) \sin \alpha \cos \alpha = K_{zx}$$

$$K_{x\theta} = \sum_1^{n_p} x_i (K_z - K_x) \sin \alpha \cos \alpha + \sum_1^{n_p} K_{x\theta} \cos \alpha = K_{\theta x}$$

$$K_{zz} = \sum_1^{n_p} (K_z \cos^2 \alpha + K_x \sin^2 \alpha)$$

$$K_{z\theta} = -\sum_1^{n_p} x_i (K_z \cos^2 \alpha + K_x \sin^2 \alpha) - \sum_1^{n_p} K_{x\theta} \sin \alpha = K_{\theta z}$$

$$K_{\theta\theta} = \sum_1^{n_p} x_i^2 (K_z \cos^2 \alpha + K_x \sin^2 \alpha) + \sum_1^{n_p} K_{\theta}$$

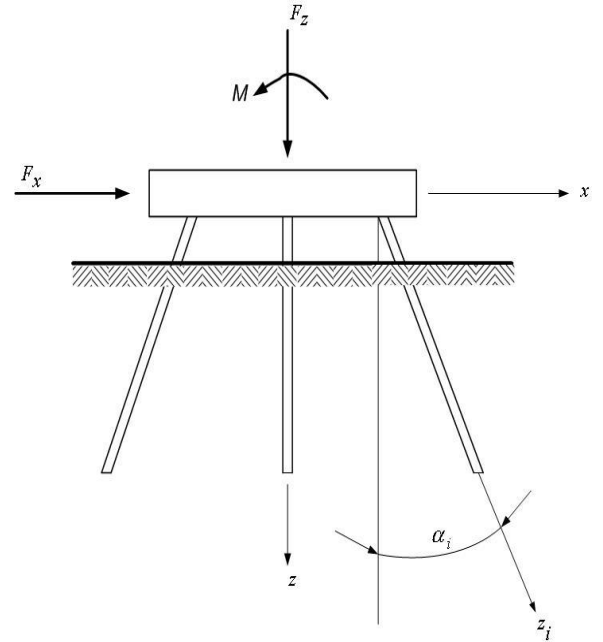


Fig. B.3

**DETERMINAREA VALORILOR UNOR PARAMETRI GEOTEHNICI
NECESARI PENTRU CALCULUL
PILOȚILOR ÎN CONLUCRARE CU TERENUL**

C.1 Valorile parametrilor geotehnici utilizați în calculul piloților se recomandă să fie determinate experimental.

În lipsa unor date experimentale complete pot fi utilizate valorile precizate în prezenta anexă, cu condiția verificării piloților prin încărcări de probă.

C.2 Determinarea coeficientului reacțiunii laterale, E_s , variabil linear cu adâncimea, z . Coeficientul E_s se determină cu relația:

$$E_s = K b_c z \text{ (kPa)} \quad (\text{C.1})$$

unde:

z adâncimea punctului de calcul față de cota terenului natural

K coeficient de proporționalitate, în kilonewtoni pe metru la puterea a patra, conform tabelului C.1; coeficientul K se determină pentru straturile de pământ aflate până la o adâncime l_k , în metri, care se calculează cu relația:

$$l_k = 3l_0 \leq D \quad (\text{C.2})$$

unde:

l_0 conform tabel 15

D fișa pilotului sau baretei, în metri

b_c lățimea de calcul, în metri, se determină astfel:

1. Pentru piloți

$$b_c = d (1 + \text{tg} \varphi'_{\text{med}}) \quad (\text{C.3})$$

2. Pentru barete, când încărcarea laterală se aplică perpendicular pe latura cea mai mare a secțiunii transversale, l

$$b_c = l + 2b \text{tg} \varphi'_{\text{med}} \quad (\text{C.3'})$$

unde:

d diametrul pilotului, în metri

sau

b latura mică a secțiunii transversale a baretei, paralelă cu direcția planului de acțiune a încărcării laterale, în metri

φ'_{med} valoarea caracteristică a unghiului de frecare internă în termeni de eforturi efective; valoarea φ'_{med} se calculează ca medie ponderată (prin $\text{tg} \varphi'$) pentru straturile de pământ aflate până la adâncimea l_k

3. Pentru barete, când încărcarea laterală se aplică perpendicular pe latura cea mai mică a secțiunii transversale, b , se utilizează graficele din figura C.1; pentru valori intermediare se interpolează liniar; valorile φ' din grafice sunt valori medii, φ'_{med} , calculate ca medie ponderată (prin $\text{tg} \varphi'$) pentru straturile de pământ aflate până la adâncimea l_k

Se verifică condiția:

1. $b_c - d \leq t$ (piloți, cazul 1)
2. $b_c - l \leq t$ (barete, cazul 2)
3. $b_c - b \leq t$ (barete, cazul 3)

unde:

t distanța liberă minimă (lumina) dintre 2 elemente (piloți sau barete) vecine, corespunzătoare direcției pe care s-a calculat b_c , în metri

OBSERVAȚIE

Dacă în limitele grosimii l_k se întâlnesc mai multe straturi caracterizate prin coeficienți de proporționalitate K_i diferiți (cu peste 50%) față de media ponderată linear cu grosimile, iar grosimea fiecărui strat h_i este cel puțin egală cu lățimea de calcul a pilotului b_c , se evaluează un coeficient echivalent, \bar{K} , cu relația:

$$\bar{K} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i h_i (h_i + 2 \sum_{j=i+1}^n h_j)}{l_k^2} \quad (\text{C.4})$$

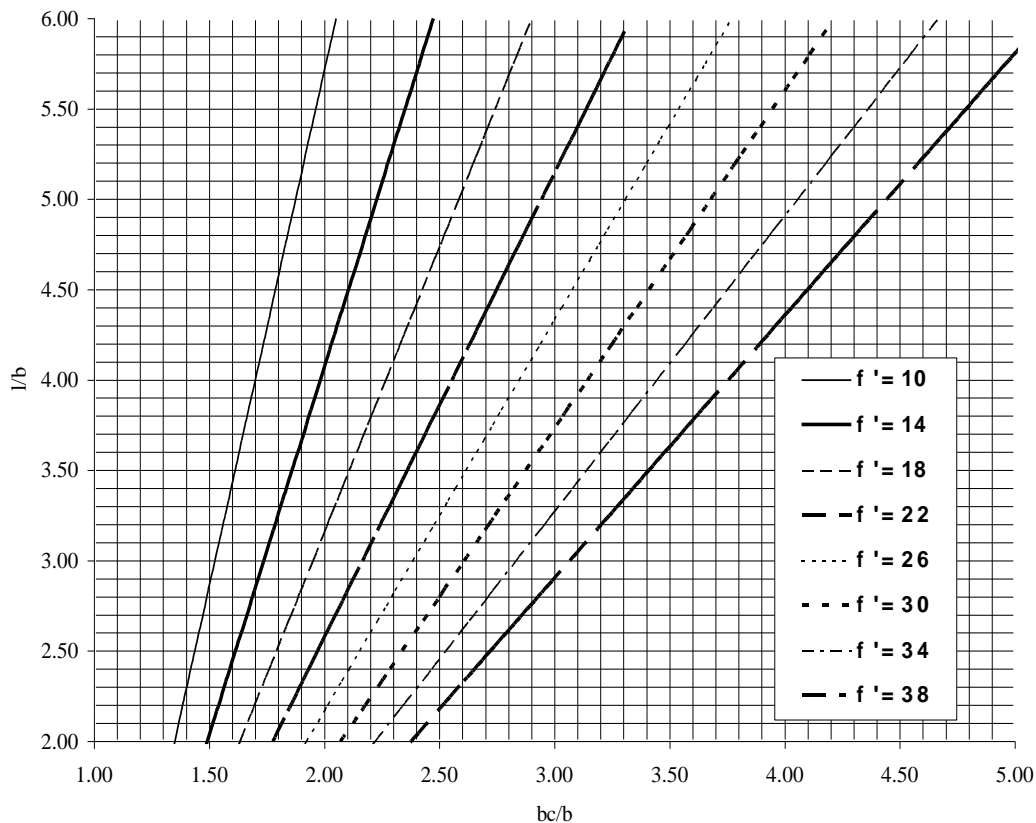


Fig. C.1

C.3 Construirea curbelor p-y în ipoteza terenului nelinear

C.3.1 Curba p-y la o cotă curentă z, (fig. C.2) se compune, de regulă, din următoarele porțiuni:

- Porțiunea OA, hiperbolă, ce se determină cu relația:

$$\frac{y}{p} = \frac{1}{K_0} + \frac{y}{\alpha p_d} \quad \text{valabilă pentru } p \leq p_d \text{ și } y \leq \beta_d \quad (\text{C.5})$$

unde:

p_d presiunea ultimă de calcul determinată conform pct. C.3.2 sau C.3.3 în kilonewtoni pe metru pătrat

α coeficient de siguranță, determinat cu relația:

$$\alpha = \frac{1}{1 - p_d / (K_0 z \beta d)}$$

(C.5)

β coeficient ce depinde de tipul pământului și al încărcării, care se ia : $\beta=0.04$ pentru pământuri necoezive și conform tabelului C.2 pentru pământuri coezive;

K_0 panta inițială care se ia astfel:

$$K_0 = K \frac{b_c}{d} \text{ la pământuri necoezive}$$

$$K_0 = \xi \frac{P_d}{d(\varepsilon_c)^{0.25}} \text{ la pământuri coezive}$$

ξ coeficient conform tabelului C.2

ε_c deformația axială determinată prin încercarea la compresiune triaxială, corespunzătoare la 50 % din deviatorul de rupere; în lipsa datelor experimentale se pot adopta valorile precizate în cadrul observației de sub tabelul C.2.

Tabelul C.1

Tipul pământului	Coeficientul de proporționalitate K, kN/m ⁴	
	piloți prefabricați	piloți executați pe loc
Argile și argile prăfoase având $I_c \leq 0.25$	650...2500	500...2000
Argile și argile prăfoase având $0.25 < I_c \leq 0.5$; Prafuri nisipoase având $I_c \leq 1.00$; Nisipuri prăfoase având $0.6 \leq e < 0.8$	2500...5000	2000...4000
Argile și argile prăfoase având $0.5 < I_c \leq 1.00$; Prafuri nisipoase având $I_c > 1.00$; Nisipuri fine și nisipuri mijlocii	5000...8000	4000...6000
Argile și argile prăfoase având $I_c > 1.00$; Nisipuri mari	8000...13000	6000...10000
Nisipuri cu pietriș, pietrișuri și bolovănișuri cu umplutură de nisip.	-	10000...20000

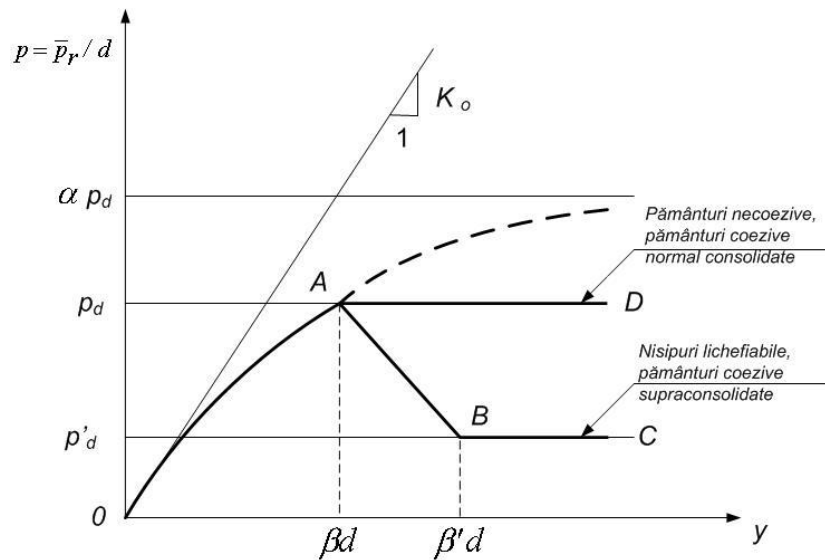


Fig. C.2

- Porțiunea AB, liniară, caracteristică pământurilor ce pot suferi degradări structurale la diferite tipuri de solicitări (argile supraconsolidate, nisipuri afânate saturate solicitate ciclic etc.).

Presiunea p_d reprezintă rezistența reziduală și se determină prin încercări de laborator.

În mod aproximativ, pentru argile se poate aprecia deplasarea necesară mobilizării rezistenței reziduale cu relația:

$$y = \beta' d \quad (C.6)$$

unde:

β' conform tabelului C.2.

- Porțiunea liniară orizontală, după caz, AD sau BC.

Tabelul C.2

Parametrul	Tipul încărcării	Tipul pământului coeziv	
		Normal consolidat	Supraconsolidat
ξ	Statică	10	30
β		$20\varepsilon_c$	$5\varepsilon_c$
β'		$80\varepsilon_c$	$8\varepsilon_c$
ξ	Ciclică	10	30
β		$7.5\varepsilon_c$	$2.5\varepsilon_c$
β'		$20\varepsilon_c$	$5\varepsilon_c$

OBSERVAȚIE

În lipsa datelor experimentale, pentru analize preliminare, se pot adopta următoarele valori pentru deformația axială ε_c :

- argile având $I_c < 0.5$ $\varepsilon_c = 0.02$
- argile având $0.5 \leq I_c < 1.00$ $\varepsilon_c = 0.01$
- argile având $I_c > 1.00$ $\varepsilon_c = 0.005$

C.3.2 Calculul presiunii ultime pentru pământuri coezive

C.3.2.1 Cazul acțiunii statice

$$p_{ds} = 4 \frac{1 + \sin \Phi'}{1 - \sin \Phi'} p_0' \quad (\text{kPa}) \quad (\text{C.7})$$

unde:

Φ' unghiul de frecare interioară efectivă, în grade
 p_0' presiunea verticală efectivă la cota z, în kilopascali

C.3.2.2 Cazul acțiunii ciclice

$$p_{dc} = 3 \frac{1 + \sin \Phi'}{1 - \sin \Phi'} p_0' \quad (\text{kPa}) \quad (\text{C.8})$$

pentru adâncimi $z \leq 2d$

și

$$p_{ds} = 3 \frac{z}{2d} \frac{1 + \sin \Phi'}{1 - \sin \Phi'} p_0' \quad (\text{kPa}) \quad (\text{C.9})$$

pentru adâncimi $z > 2d$.

C.3.3 Calculul presiunii ultime pentru pământuri coezive

$$p_d = N_p c_u \quad (\text{C.10})$$

unde:

c_u coeziunea aparentă nedrenată, de calcul;

N_p coeficient care variază linear cu adâncimea; se determină astfel:
 - în cazul solicitărilor statice:

$$N_p = 1 + 7 \frac{z}{z_{cr}}$$

(C.11)

- în cazul solicitărilor ciclice:

$$N_p = 8 \frac{z}{z_{cr}}$$

(C.12)

$z_{cr}=10d$ la pământuri normal consolidate sau ușor supraconsolidate
 $z_{cr}=5d$ la pământuri supraconsolidate

CALCULUL TASĂRII PROBABILE A UNEI FUNDAȚII PE PILOȚI CU METODA BAZATĂ PE SCHEMA FUNDAȚIEI CONVENȚIONALE

D.1 În cazul fundației cu piloți verticali (fig. D.1 a), fundația convențională se consideră că are talpa orizontală la nivelul mediu al vârfurilor piloților și dimensiunile în plan egale cu:

$$\begin{aligned} L' &= L + 2r_0 \\ B' &= B + 2r_0 \end{aligned} \quad (\text{D.1})$$

unde:

L', B' lungimea, respectiv lățimea fundației convenționale, în metri

L, B lungimea, respectiv lățimea conturului exterior al grupului de piloți, măsurate în planul radierului, în metri

r_0 raza de influență a pilotului (pct. 7.2.4), în metri

În cazul fundației cu piloți înclinați (fig. D.1 b) fundația convențională are dimensiunile în plan L' și B' egale cu lungimea, respectiv lățimea conturului exterior al grupului de piloți, măsurate în planul vârfurilor piloților.

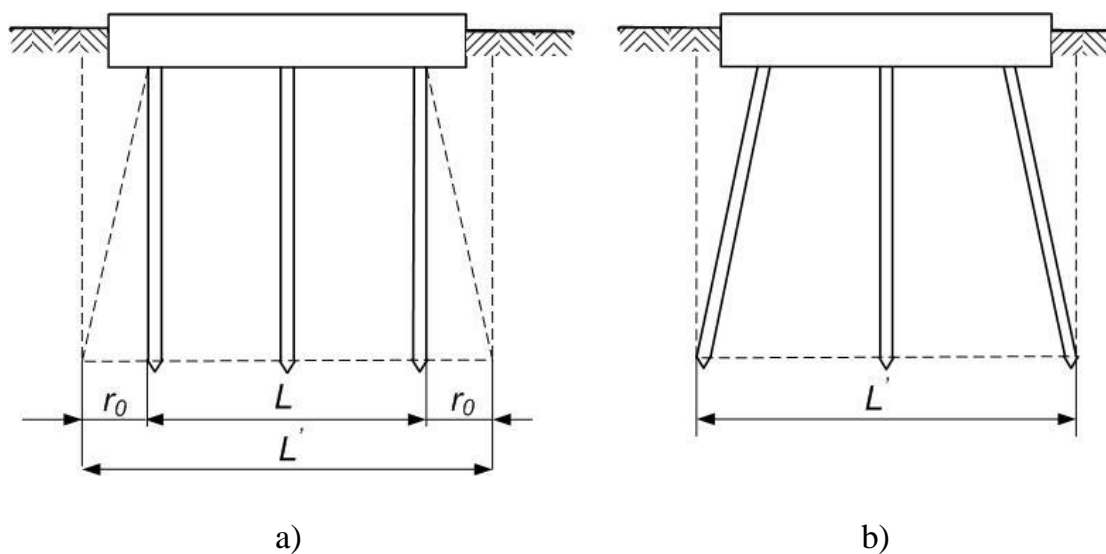


Fig. D.1

D.2 Presiunea medie netă p_n pe talpa fundației convenționale se consideră egală cu:

$$p_n = \frac{N}{LB'} \quad (\text{kPa}) \quad (\text{D.2})$$

unde:

N efortul total vertical provenit din încărcările de calcul din gruparea fundamentală ce acționează în planul tăpii radierului, în kilonewtoni.

D.3 Pentru calculul tasării probabile a fundației convenționale, pământul de sub nivelul vârfurilor piloților se împarte în straturi elementare, până la o adâncime corespunzătoare limitei inferioare a zonei active (definită la pct. D.3.2).

Fiecare strat elementar se constituie din pământ omogen; grosimea stratului trebuie să fie mai mică decât $0.4 B'$.

D.3.1 La limitele de separație ale straturilor elementare se calculează eforturile unitare verticale datorate presiunii nete transmise pe talpa fundației convenționale, cu relația:

$$\sigma_{zi} = \alpha_0 p_n \text{ (kPa)} \quad (\text{D.3})$$

unde:

- α_0 coeficient de distribuție al eforturilor verticale dat în tabelul D.1, în funcție de rapoartele L'/B' și z/B'
- z adâncimea planului de separație al stratului elementar față de nivelul tălpii fundației convenționale, în metri

Tabelul D.1

z/B'	L'/B'			
	1	2	3	≥ 10
	α_0			
0.0	1.0	1.00	1.00	1.00
0.2	0.96	0.96	0.98	0.98
0.4	0.80	0.87	0.88	0.88
0.6	0.61	0.73	0.75	0.75
0.8	0.45	0.53	0.63	0.64
1.0	0.34	0.48	0.53	0.55
1.2	0.26	0.39	0.44	0.48
1.4	0.20	0.32	0.38	0.42
1.6	0.16	0.27	0.32	0.37
2.0	0.11	0.19	0.24	0.31
3.0	0.05	0.10	0.13	0.21
4.0	0.03	0.06	0.08	0.16
5.0	0.02	0.04	0.04	0.13

OBSERVAȚIE

Pentru valori intermediare ale rapoartele

L'/B' și z/B' valorile α_0 se obțin prin interpolare liniară.

D.3.2 Limita zonei active se consideră la nivelul stratului elementar la care începe să se îndeplinească condiția:

$$\sigma_{zi} \leq 0.1\sigma_{gzi} \quad (\text{D.4})$$

unde:

- σ_{gzi} efortul unitar din greutatea straturilor situate deasupra nivelului respectiv (sarcina geologică) calculat cu relația:

$$\sigma_{gzi} = \sum \gamma h \text{ (kPa)}$$

- γ greutatea volumică a fiecărui strat geologic situat deasupra nivelului respectiv, în kilonewtoni pe metru cub
- h grosimea fiecărui strat, în metri

În situația în care limita inferioară, astfel stabilită, rezultă în cuprinsul unui strat având modulul de deformație liniară mult mai mic decât al straturilor superioare, sau având $E < 5000$

kPa, adâncimea zonei active se majorează prin includerea acestui strat sau până la îndeplinirea condiției:

$$\sigma_{zi} < 0.05\sigma_{gzi}$$

În situația în care în cuprinsul zonei active apare un strat practic incompresibil ($E > 100000$ kPa) și există siguranța că în cuprinsul acesteia, până la adâncimea corespunzătoare atingerii condiției (D.4), nu apar orizonturi mai compresibile, adâncimea zonei active se limitează la suprafața acestui strat.

D.3.3 Tasarea probabilă a fundației convenționale se calculează cu relația:

$$s = 100\beta \sum_1^n \frac{\sigma_{zi} h_i}{E_i} \quad (\text{cm}) \quad (\text{D.5})$$

unde:

β coeficientul care corectează schema simplificată de calcul și se ia egal cu 0.8

σ_{zi} efortul vertical mediu în stratul elementar i, calculat cu relația:

$$\sigma_{zi} = \frac{\sigma_{zi}^{\text{sup}} + \sigma_{zi}^{\text{inf}}}{2} \quad (\text{kPa})$$

σ_{zi}^{sup} și σ_{zi}^{inf} efortul unitar la limita superioară, respectiv la limita inferioară a stratului elementar i, calculat cu relația (D.3), în kilopascali

h_i grosimea stratului elementar i, în metri

E_i modulul de deformație lineară al stratului elementar i, în kilopascali

METODOLOGIE PENTRU DETERMINAREA PRIN ÎNCĂRCARE DE PROBĂ A TRANSFERULUI DE ÎNCĂRCARE AXIALĂ CU AJUTORUL REPERILOR MECANICI

E.1 Metodologia se folosește la piloți sau barete. Exemplul prezentat se referă la o baretă instrumentată. În cazul în care între bareta solicitată axial și teren au loc deplasări relative, rezistența la frecare pe suprafața laterală a baretei poate fi mobilizată. Procesul de transmitere prin frecare a încărcării axiale de la baretă la terenul înconjurător poartă numele de transfer de încărcare.

E.2 În vederea determinării transferului de încărcare este necesară cunoașterea distribuției deformației în adâncime în corpul baretei. În acest scop bareta se instrumentează cu reperi mecanici (fig.E.1) plasați la diferite cote de observație.

Un reper mecanic este alcătuit dintr-o tijă metalică sudată de o placă de bază. Tijă este protejată față de betonul din corpul baretei printr-o țevă rezemată pe placa de bază prin intermediul unei garnituri de cauciuc. Pentru a evita frecarea între tija-reper și țeava de protecție, se prevăd din loc în loc distanțiere inelare din cauciuc. La capătul superior se prevede un capac de care tija-reper se solidarizează, înainte de începerea încărcării, printr-o piuliță.

Reperii mecanici se solidarizează de carcasa de armătură a baretei, la interiorul acesteia și sunt coborâți odată cu carcasa în tranșeea forată, înainte de betonare. Prin betonare, plăcile de bază se înglobează în corpul baretei reprezentând reperi ai tasării baretei la cota la care au fost introduse. În figura E.2 se indică, într-o secțiune verticală prin baretă, schema de amplasare a reperilor mecanici.

Pentru obținerea distribuției de deformații în adâncime, capetele tijelor-reper înglobate în baretă debușează în ferestre practice în corpul baretei (Detaliu A, fig. E.2). În acest scop, la pregătirea capului baretei (îndepărtarea, prin spargere, a stratului de beton din suprafață contaminat cu noroi și turnarea în loc a unui beton corespunzător) se lasă cutii de cofraj pentru formarea ferestrelor.

De tija-reper se montează un microcomparator pentru înregistrarea deplasării relative între cota z și cota capului baretei.

Important: Înainte de începerea determinării se va îndepărta piulița de fixare a capului de protecție a reperului.

E.3 Încărcarea de probă se efectuează cu respectarea SR EN 1997-1.

Citirile la reperi mecanici se înregistrează la fel ca la reperi care determină tasarea capului baretei.

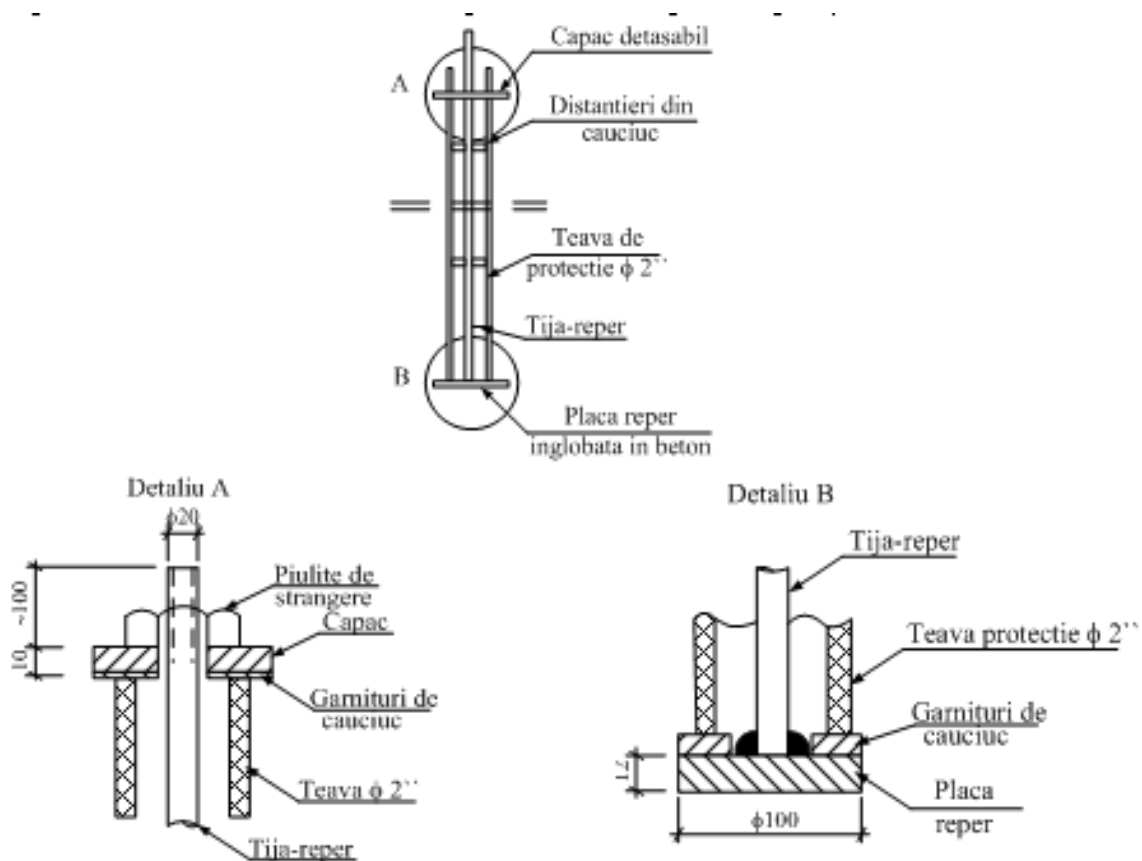


Fig. E.1

E.4 Prelucrarea rezultatelor

E.4.1 Deformațiile în lungul corpului barei

Pentru o anumită treaptă de încărcare, deformația s_i a corpului barei la adâncimea z_i la care este coborât reperul mecanic i se determină cu relația:

$$s_i = s_0 + c_i \quad (\text{E.1})$$

unde:

s_0 tasarea capului barei sub o treaptă de încărcare

c_i citirea pe microcomparatorul atașat reperului i la aceeași treaptă de încărcare

Deformațiile s_i , înregistrate la diferite adâncimi pentru una și aceeași treaptă de încărcare, se reprezintă la o scară convenabilă, raportându-se față de axul vertical al barei. Se construiește grafic sau analitic o curbă de variație cu adâncimea a deformațiilor de compresiune în lungul barei (fig.E.3.b).

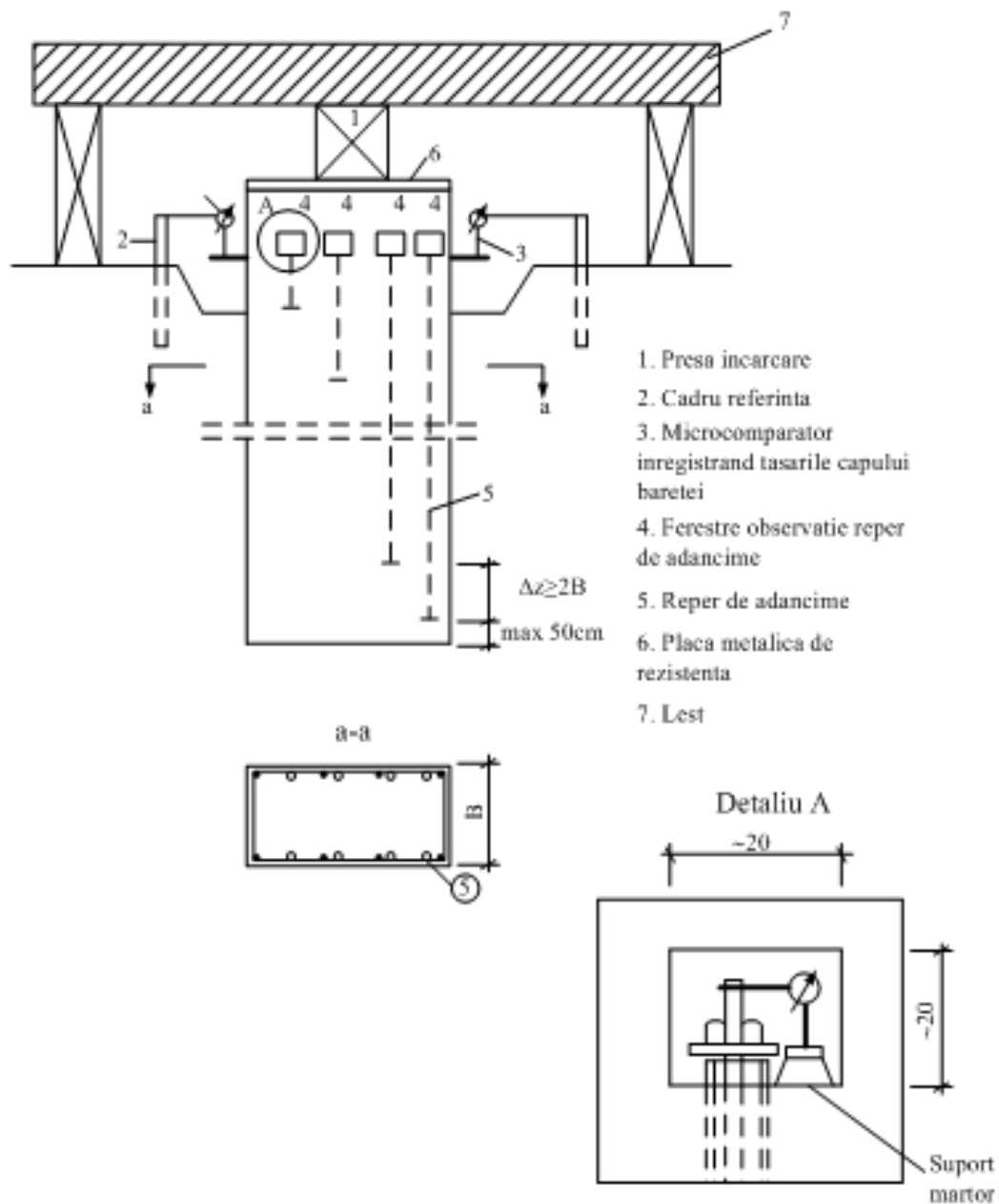


Fig. E.2

E.4.2 Deformațiile specifice în lungul corpului barei

Deformația specifică ε_i la cota z_i se calculează cu relația:

$$\varepsilon_i = \frac{s_{i-1} - s_{i+1}}{z_{i+1} - z_{i-1}} \quad (\text{E.2})$$

unde:

- s_{i-1} deformația corpului barei la adâncimea z_{i-1}
- s_{i+1} deformația corpului barei la adâncimea z_{i+1}
- $z_{i+1} - z_{i-1}$ distanța dintre reperii coborâți la adâncimile z_{i-1} și z_{i+1} :

Pe baza valorilor ε_i , calculate cu relația (E.2), se construiește curba de variație cu adâncimea a deformației specifice (fig.E.3c).

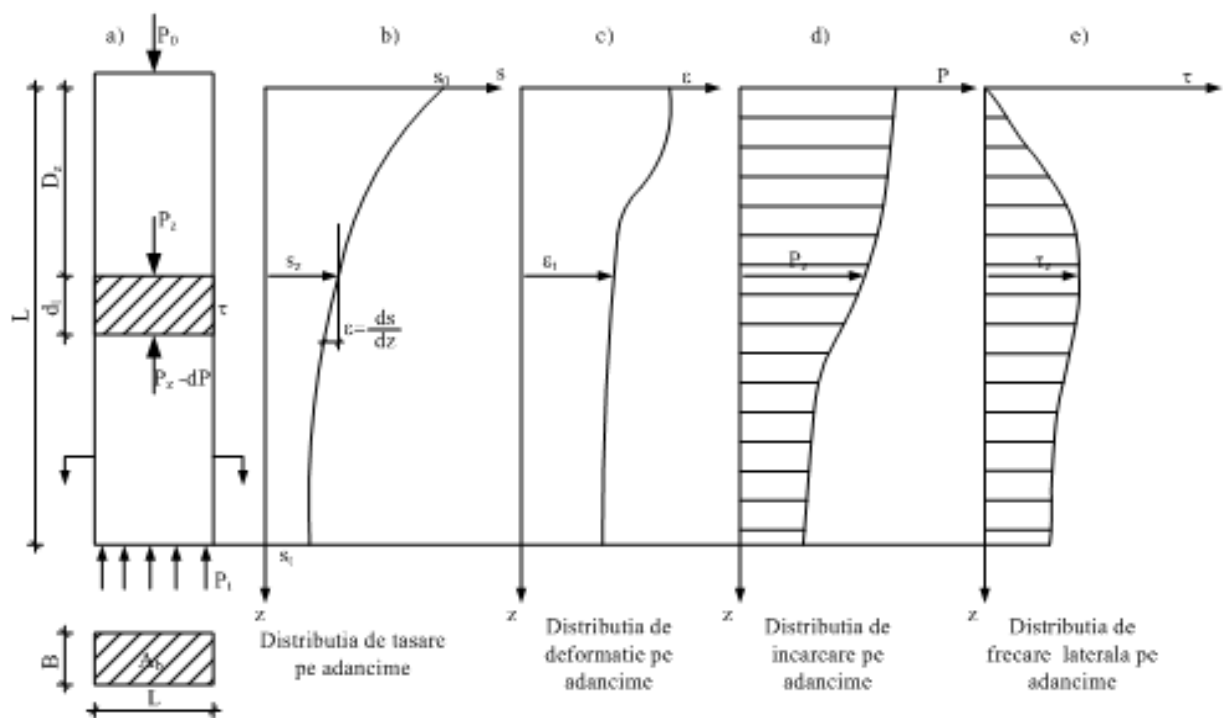


Fig. E.3

E.4.3 Forța axială în lungul corpului baretei

Forța axială P_i la adâncimea z_i se calculează cu expresia:

$$P_i = E \cdot A_b \cdot \varepsilon_i \quad (E.3)$$

unde:

E modulul de deformare al betonului din corpul baretei

A_b aria secțiunii transversale a baretei

ε_i deformația specifică la cota z_i .

Pe baza valorilor P_i calculate cu (E.3) se construiește curba de variație cu adâncimea a forței axiale P (Fig. E.3.d).

Observație

Este indicat ca cel mai scurt reper să fie plasat suficient de aproape de suprafața terenului astfel să se poată practica, înainte de începerea încărcării, un șanț de jur împrejurul baretei până la adâncimea acestui reper. În acest fel, pe zona cuprinsă între capul baretei și cota primului reper, frecarea pe suprafața laterală lipsește, iar încărcarea axială se transmite integral prin bară. Modulul de deformare al betonului din corpul baretei poate fi obținut cu relația:

$$E = \frac{P_0 \cdot z_1}{(s_0 - s_1) \cdot A_b} \quad (E.4)$$

unde:

P_0	încărcarea axială aplicată pe capul baretei
z_1	adâncimea primului reper
s_0	tasarea capului baretei
s_1	deformația baretei la adâncimea z_1

În lipsa valorilor E determinate experimental, modulul de deformație se va calcula cu relația:

$$E = E_b \left(1 + \mu \frac{E_a}{E_b}\right) \quad (\text{E.5})$$

unde:

E_b	modulul de deformație al betonului
E_a	modulul de deformație al armăturii
μ	procentul de armare

E_b , E_a se obțin din prescripțiile în vigoare pentru calculul elementelor de beton și beton armat în funcție de marca betonului și tipul armăturii.

E.4.4 Efortul tangențial mobilizat pe suprafața laterală

Efortul tangențial τ_i mobilizat pe suprafața laterală a baretei la adâncimea z_i se calculează cu expresia:

$$\tau_i = \frac{P_i - P_{i+1}}{(z_{i+1} - z_i) \cdot U} \quad (\text{E.6})$$

unde:

P_i, P_{i+1}	forțele axiale la adâncimile z_i , respectiv z_{i+1} , calculate cu relația (E.3)
$z_{i+1} - z_i$	distanța dintre reperii de la adâncimile z_i și z_{i+1}
U	perimetrul baretei

Pe baza valorilor τ_i calculate cu expresia (E.6) se construiește graficul de variație cu adâncimea a efortului tangențial mobilizat pe suprafața laterală (Fig E.3.e). Calculele prezentate la punctele E.4.1 ÷ E.4.4. se repetă în succesiunea arătată pentru fiecare treaptă de încărcare, obținându-se astfel elementele pentru interpretările datelor experimentale, dintre care se prezintă, spre exemplificare câteva în puncte E.4.5 ÷ E.4.7.

E.4.5 Determinare curbelor de transfer a încărcării

Într-un sistem de coordonate (s, τ) se reprezintă valorile deformațiilor baretei, s_i , la o adâncime dată, z_i , stabilite cu relația (E.1) în corelare cu valorile efortului tangențial τ_i calculate cu relația (E.6), pentru diferite valori ale încărcării P_0 aplicată la capătul baretei. Se obține astfel o curbă care arată mărimea deformației necesară a fi atinsă la adâncimea z_i pentru a se mobiliza efortul tangențial pe suprafața laterală a baretei, denumită curbă de transfer (fig.E.4). Comparându-se valoarea maximă a lui τ_{\max} de pe curba de transfer (\overline{ab}) cu valoarea rezistenței la forfecare a pământurilor la aceeași adâncime, τ_{f, z_i} obținută prin încercări de laborator sau pe teren (\overline{bc}) se obțin valorile coeficientului de reducere, λ_i .

$$\lambda_i = \frac{\tau_{\max}}{\tau_{f, z_i}} \quad (\text{E.7})$$

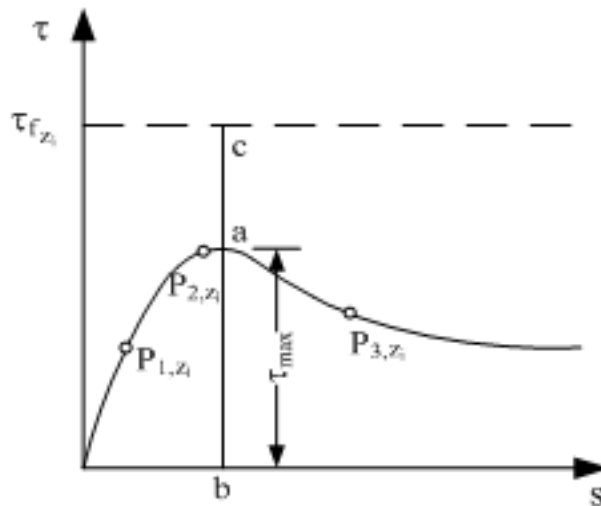


Fig. E.4

E.4.6 Determinarea diagramelor de variație a forței axiale transmisă prin suprafața bazei, P_v și forței axiale transmisă prin frecare pe suprafața laterală, P_{lat}
 Forța P_v la baza baretei corespunzătoare diferitelor trepte de încărcare P_0 se calculează cu relația (E.3). Scăzând P_v din P_0 se obține P_{lat} care reprezintă cota-parte din forța totală P_0 preluată prin frecare pe suprafața laterală. În sistemul de coordonate (s,P) se construiesc curbele (s,P_0) , (s,P_v) și (s,P_{lat}) , după cum arată în figura E.5.

E.4.7 Determinarea mărimii absolute a tasării baretei pentru care se produce mobilizarea integrală a frecării pe suprafața laterală
 Pe baza valorilor $P_{lat} = f(s)$ din curba din figura E.5 se calculează rapoartele $P_{lat}/P_{lat,max}$. Valorile $P_{lat}/P_{lat,max}$ se reprezintă grafic în funcție de tasările corespunzătoare, s (Fig. E.6).

E.4.8 Determinarea mărimii relative a tasării baretei pentru care se produce mobilizarea integrală a rezistenței în planul bazei
 Pe baza valorilor $P_v = f(s)$ din curba din figura E.5 se calculează rapoartele $P_v/P_{v,max}$. Valorile $P_v/P_{v,max}$ se reprezintă grafic în funcție de tasările relative corespunzătoare, s/b , unde b este lățimea baretei (Fig. E.7).

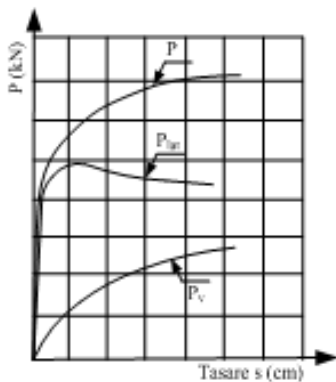


Fig. E.5

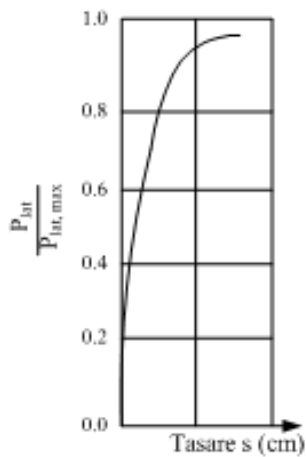


Fig. E.6

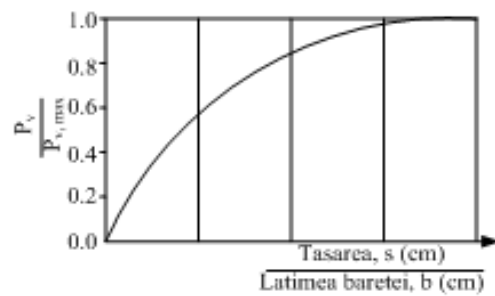


Fig. E.7

E.5 Exemplu de calcul

Se prezintă etapele de calcul pentru determinarea, prin încărcarea de probă a unei barete având dimensiunile în plan $2,60 \times 0,80 \text{ m}^2$ și fișa de $7,50 \text{ m}$, instrumentată cu reperi mecanici, a transferului de încărcare. Treptele de încărcare aplicate pe bareta de probă, poziția, lungimea și numărul de ordine al reperilor ca și citirile înregistrate la microcomparatoare sub fiecare treaptă de încărcare sunt prezentate în tabelul E.1.

E.5.1 Calculul deformațiilor în lungul corpului baretei

Determinarea deformațiilor s_i , sub treapta de încărcare P , se face cu relația:

$$s_i = s_0 - C_i \quad (\text{E.8})$$

Sub treapta de încărcare $P_0 = 3000 \text{ kN}$, tasarea capului baretei, s_0 , a fost de $1,488 \text{ cm}$. Deformațiile în lungul corpului baretei, calculate cu relația (E.8), sunt:

$$\begin{aligned} s_1 &= 1,488 - 0,0020 = 1,4860 \text{ cm} & s_4 &= 1,488 - 0,0225 = 1,4655 \text{ cm} \\ s_2 &= 1,488 - 0,0100 = 1,4780 \text{ cm} & s_5 &= 1,488 - 0,0260 = 1,4620 \text{ cm} \\ s_3 &= 1,488 - 0,0165 = 1,4715 \text{ cm} \end{aligned}$$

Deformațiile în lungul corpului baretei, sub fiecare treaptă de încărcare, se determină în același mod. Valorile obținute sunt date în tabelul E.2 (coloana 4).

E.5.2 Calculul deformațiilor specifice în lungul corpului baretei

Valorile deformațiilor specifice în lungul corpului baretei, calculate cu relația (E.2), sunt:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{s_0 - s_2}{z_2 - z_0} = \frac{1,488 - 1,478}{(2,5 - 0) \times 10^2} = 4,00 \times 10^{-5} & \varepsilon_3 &= \frac{s_2 - s_4}{z_4 - z_2} = \frac{1,478 - 1,4655}{(5,5 - 2,5) \times 10^2} = 4,16 \times 10^{-5} \\ \varepsilon_2 &= \frac{s_1 - s_3}{z_3 - z_1} = \frac{1,486 - 1,4715}{(4,0 - 1,0) \times 10^2} = 4,83 \times 10^{-5} & \varepsilon_4 &= \frac{s_3 - s_5}{z_5 - z_3} = \frac{1,4715 - 1,462}{(7,0 - 4,0) \times 10^2} = 3,16 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

Deformația specifică ε_5 , nu se poate determina pentru că nu se cunoaște s_6 adică tasarea bazei baretei.

Observație:

Se constată că deformația specifică ε_1 , corespunzătoare părții superioare din corpul baretei (cuprinsă între cotele $0,0$ și $-2,5$), este mai mică decât ε_2 corespunzătoare zonei dintre cotele $-1,0$ și $-4,0$. Este evident că acest lucru nu concordă cu situația reală, întrucât zona superioară a corpului baretei suferă deformația specifică maximă, fiind supusă la solicitarea maximă axială, pe această porțiune efectul transferului de încărcare fiind minim (neglijabil).

Această inadvertență se constată sistematic la toate treptele de încărcare ceea ce conduce la ideea că, probabil, sunt erori în citirile înregistrate la microcomparatoarele pentru măsurarea tasării s_0 , deoarece deformația specifică aferentă zonei dintre cotele $-1,0$ și $-2,5 \text{ m}$ este:

$$\varepsilon_1 = \frac{1,486 - 1,478}{1,5 \times 10^2} = 5,30 \times 10^{-5}$$

Această valoare a deformației specifice este în concordanță cu celelalte valori corespunzătoare aceași trepte de încărcare ($P_0 = 3000 \text{ kN}$) și poate fi admisă ca fiind constantă pe porțiunea din corpul baretei cuprinsă între capul acesteia și cota $-2,5 \text{ m}$.

Valorile ε_i pentru toate treptele de încărcare sunt înscrise în tabelul E.2 coloana 8.

Tabelul E.1

Forța aplicată pe capul baretei (kN)	Poziția reperilor									
	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		Nivel 5	
	Lungimea reperilor (m)									
	1.0		2.5		4.0		5.5		7.0	
	Numărul de ordine al reperilor									
	4	7	5	6	1	10	2	9	3	8
Citirile înregistrate la microcomparatoare (10^{-3} cm)										
2500	2	2	8	9	14	13	18	19	22	21
3000	2	2	10	10	17	16	22	23	27	25
4500	3	3	15	15	24	24	32	32	37	37
5750	4	4	20	20	30	30	40	40	46	46
7250	5	5	25	25	38	38	50	50	59	60
8000	7	7	28	28	42	42	58	58	69	69
8750	7	7	29	30	45	46	63	64	75	76
10250	8	8	34	37	51	54	74	76	88	89
11000	9	9	37	40	57	57	82	83	106	107

Tabelul E.2

Forța aplicată [kN]	Număr Reper [-]	Cota Reper [-]	Tasarea corpului baretei s_i [mm]	Modulul de deformație E [daN/cm ²]	Forța axială P_i [kN]	Efortul tangențial τ_i [daN/cm ²]	Deformația specifică ε_i [-]
1	2	3	4	5	6	7	8
2500	4; 7	1,0	14,380	282.805	2500	0,000	$4,25 \times 10^{-5}$
	5; 6	2,5	14,315		2253	0,242	$3,83 \times 10^{-5}$
	1; 10	4,0	14,265		1959	0,288	$3,33 \times 10^{-5}$
	2; 9	5,5	14,215		1565	0,386	$2,66 \times 10^{-5}$
	3; 8	7,0	14,185				
3000	4; 7	1,0	14,860	272.134	3000	0,000	$5,30 \times 10^{-5}$
	5; 6	2,5	14,780		2734	0,260	$4,83 \times 10^{-5}$
	1; 10	4,0	14,715		2355	0,370	$4,16 \times 10^{-5}$
	2; 9	5,5	14,655		1789	0,550	$3,16 \times 10^{-5}$
	3; 8	7,0	14,620				
4500	4; 7	1,0	16,400	288.461	4500	0,000	$7,50 \times 10^{-5}$
	5; 6	2,5	16,280		4200	0,294	$7,00 \times 10^{-5}$
	1; 10	4,0	16,190		3396	0,788	$5,66 \times 10^{-5}$
	2; 9	5,5	16,110		2598	0,782	$4,33 \times 10^{-5}$
	3; 8	7,0	16,060				

5750	4; 7	1,0	17,950	276.442	5750	0,000	10,00x10 ⁻⁵
	5; 6	2,5	17,790		4980	0,755	8,66x10 ⁻⁵
	1; 10	4,0	17,690		3830	1,127	6,66x10 ⁻⁵
	2; 9	5,5	17,590		3065	0,749	5,33x10 ⁻⁵
	3; 8	7,0	17,530				
7250	4; 7	1,0	20,030	278.846	7250	0,000	12,50x10 ⁻⁵
	5; 6	2,5	20,100		6380	0,852	11,00x10 ⁻⁵
	1; 10	4,0	17,970		4831	1,518	8,33x10 ⁻⁵
	2; 9	5,5	19,850		4153	0,665	7,16x10 ⁻⁵
	3; 8	7,0	19,755				
8000	4; 7	1,0	22,430	274.725	8000	0,000	14,00x10 ⁻⁵
	5; 6	2,5	22,220		6629	1,344	11,60x10 ⁻⁵
	1; 10	4,0	22,080		5715	0,896	10,00x10 ⁻⁵
	2; 9	5,5	21,920		5143	0,560	9,00x10 ⁻⁵
	3; 8	7,0	21,810				
8750	4; 7	1,0	25,660	286.172	8750	0,000	14,70x10 ⁻⁵
	5; 6	2,5	25,435		7619	1,108	12,80x10 ⁻⁵
	1; 10	4,0	25,275		6726	0,875	11,30x10 ⁻⁵
	2; 9	5,5	25,095		5952	0,758	10,00x10 ⁻⁵
	3; 8	7,0	24,975				
10250	4; 7	1,0	34,840	278.411	10250	0,000	17,70x10 ⁻⁵
	5; 6	2,5	34,565		8570	1,646	14,80x10 ⁻⁵
	1; 10	4,0	34,395		7586	0,965	13,10x10 ⁻⁵
	2; 9	5,5	34,170		6949	0,624	12,00x10 ⁻⁵
	3; 8	7,0	34,035				
11000	4; 7	1,0	41,950	274.725	11000	0,000	19,30x10 ⁻⁵
	5; 6	2,5	41,655		9143	1,820	16,00x10 ⁻⁵
	1; 10	4,0	41,470		8343	0,784	14,60x10 ⁻⁵
	2; 9	5,5	41,215		7943	0,392	13,90x10 ⁻⁵
	3; 8	7,0	40,975				

E.5.3 Calculul forței axiale în lungul corpului baretei

Valoarea modului de deformație, E, al betonului din corpul baretei corespunzătoare deformației specifice $\varepsilon_1 = 5,3 \times 10^{-5}$ (conform observației de la pct. E.5.2), calculată cu relația (E.4), este:

$$E = 3000 / 5,3 \times 10^{-5} \times 2,08 = 272.134 \text{ kN/m}^2$$

unde:

$P_0 = 3000\text{kN}$ este forța aplicată pe bareță

$A_b = 2,08\text{m}^2$ este aria secțiunii transversale a baretei

Valorile forței axiale în lungul corpului baretei, calculate cu relația (E.3), sunt:

$$P_1 = 272.134 \times 10^2 \times 2,08 \times 5,30 \times 10^{-5} = 3000 \text{ kN} \quad P_3 = 272.134 \times 10^2 \times 2,08 \times 4,16 \times 10^{-5} = 2355 \text{ kN}$$

$$P_2 = 272.134 \times 10^2 \times 2,08 \times 4,83 \times 10^{-5} = 2734 \text{ kN} \quad P_4 = 272.134 \times 10^2 \times 2,08 \times 3,16 \times 10^{-5} = 1789 \text{ kN}$$

Valorile P_i , respectiv E corespunzătoare tuturor treptelor de încărcare sunt înregistrate în tabelul E.2, coloanele 5 și 6.

E.5.4 Calculul efortului tangențial mobilizat pe suprafața laterală

Efortul tangențial, τ_i , mobilizat pe suprafața laterală se calculează cu relația (E.6). Valorile obținute sunt:

$$\tau_0 = \frac{P_0 - P_1}{(z_1 - z_0) \cdot U} = \frac{3000 - 3000}{1,0 \cdot 2 \cdot (2,6 + 0,8)} = 0 \quad \tau_2 = \frac{P_2 - P_3}{(z_3 - z_2) \cdot U} = \frac{2734 - 2355}{1,5 \cdot 2 \cdot (2,6 + 0,8)} = 0,37 \text{ daN/cm}^2$$

$$\tau_1 = \frac{P_1 - P_2}{(z_2 - z_1) \cdot U} = \frac{3000 - 2734}{1,5 \cdot 2 \cdot (2,6 + 0,8)} = 0,26 \text{ daN/cm}^2 \quad \tau_3 = \frac{P_3 - P_4}{(z_4 - z_3) \cdot U} = \frac{2355 - 1789}{1,5 \cdot 2 \cdot (2,6 + 0,8)} = 0,55 \text{ daN/cm}^2$$

Valorile τ_i pentru toate treptele de încărcare sunt date în tabelul E.2. coloana 7.

Rezultatele obținute prin preluarea datelor înregistrate în timpul încărcării de probă sunt prezentate sub formă grafică în figurile E.8 ÷ E.11.

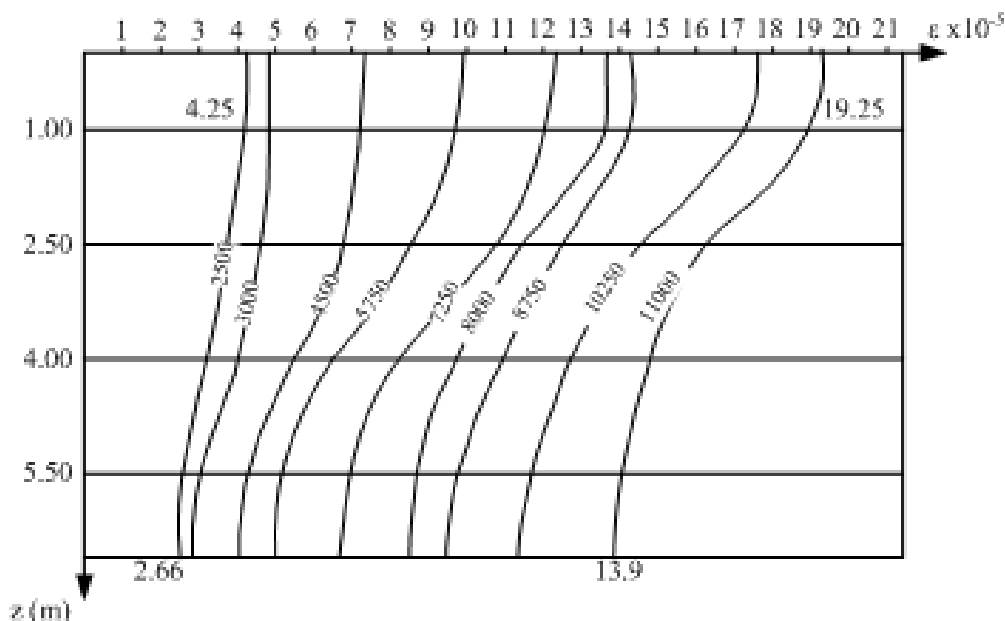


Fig. E.8

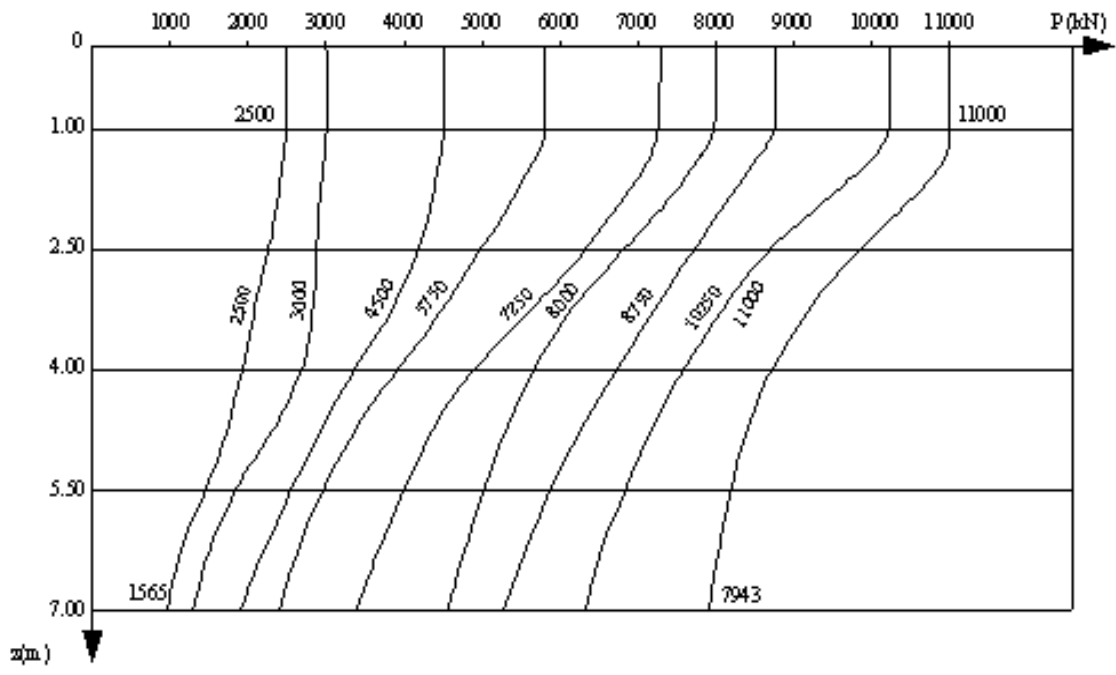


Fig. E.9

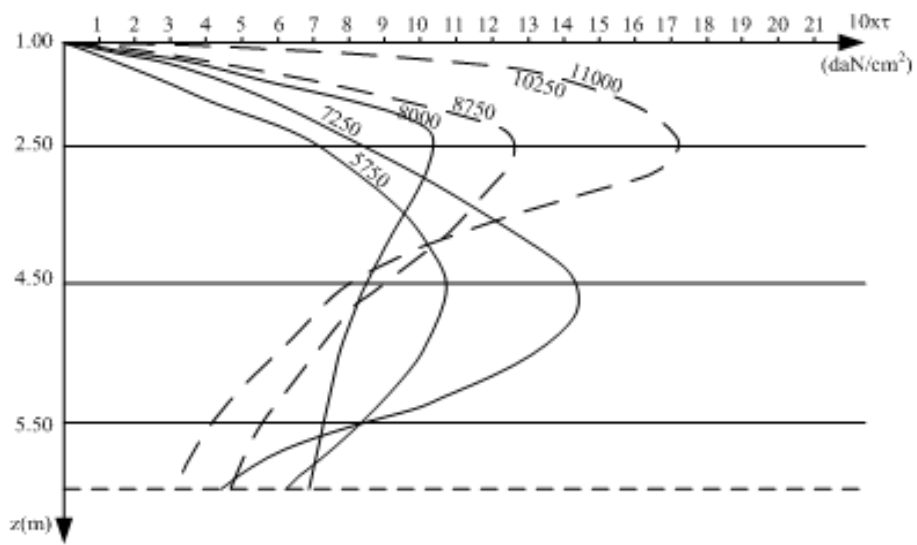


Fig. E.10

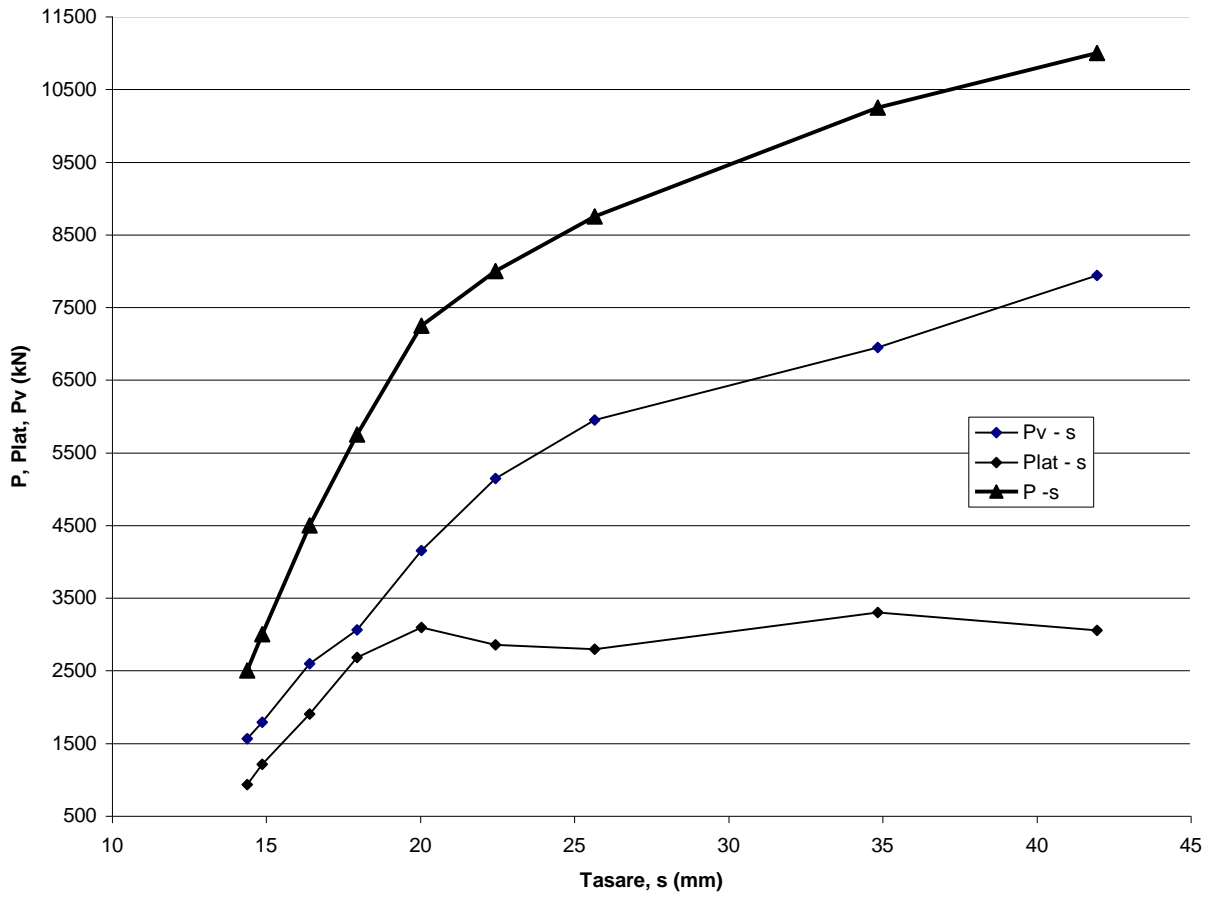


Fig. E. 11

REFERINȚE

1. Standarde române de referință

Nr. crt	Indicativ	Titlu
1.	SR EN 1997-1:2004	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale
2.	SR EN 1997-1:2004/NB:2016	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 1: Reguli generale. Anexă națională
3.	SR EN 1997-2:2007	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului.
4.	SR EN 1997-2:2007/NB:2009	Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului. Anexa Națională
5.	SR EN 1998-5:2004	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 5: Fundații, structuri de susținere și aspecte geotehnice
6.	SR EN 1998-5:2004/NA:2007	Eurocod 8: Proiectarea structurilor pentru rezistența la cutremur. Partea 5: Fundații, structuri de susținere și aspecte geotehnice. Anexa națională
7.	SR EN 1536+A1:2015	Execuția lucrărilor geotehnice speciale. Piloți forajați
8.	SR EN 12699:2015	Execuția lucrărilor geotehnice speciale. Piloți de îndesare
9.	SR EN 1992-1-1:2004	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri
10.	SR EN 1992-1-1:2004/NB:2008	Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri. Anexă națională

Notă: Se utilizează cele mai recente editii ale standardelor române de referință, împreună cu anexele naționale (daca este cazul), amendamentele și/sau eratele publicate de către organismul național de standardizare.

2. Reglementări tehnice de referință

Nr. crt	Reglementare tehnică
1.	NP 074:2022 Normativ privind documentațiile geotehnice pentru construcții
2.	P100-1:2013 Cod de proiectare seismică. Partea I: Prevederi de proiectare pentru clădiri
3.	NP 045:2000 Normativ privind încercarea în teren a piloților de probă și a piloților din fundații
4.	NE 012/1:2022 Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat – Partea 1: Producerea betonului

Notă: Lista reglementărilor tehnice de referință dată în această reglementare tehnică se consultă împreună cu lista documentelor normative aflate în vigoare publicată de către autoritățile de reglementare de resort.

3. Legislație

Nr. crt	Lege
1.	Hotărârea Guvernului nr. 766/1997 pentru aprobarea unor regulamente privind calitatea în construcții, cu modificările și completările ulterioare, Monitorul Oficial, Partea I, nr.352 din 10 decembrie 1997.