

## TEMA 7

### Proiectarea fundațiilor pe piloți

#### 7.1. Generalități

Fundațiile pe piloți constau din piloți înfiți sau formați în pământ, care sunt legați între ei la partea superioară printr-un radier (Figura 7.1) sau rețele de grinzi din beton armat, care preiau încărcările de la construcție și prin intermediul piloților le transmit terenului.

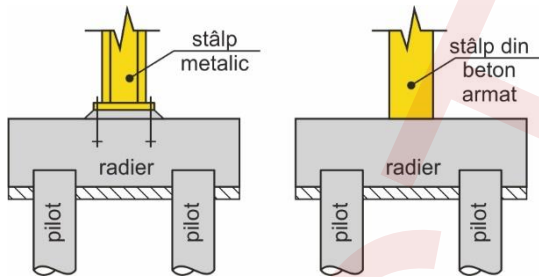


Figura 7.1 Alcătuirea fundațiilor pe piloți pentru stâlpi metalici și stâlpi din beton armat

Din punct de vedere constructiv, radierul pe piloți se alcătuește în mod asemănător cu fundația se suprafață căreia i se substituie (fundație izolată, continuă sau radier general).

**i** Piloții sunt elemente structurale de fundare de adâncime caracterizate printr-un raport mare între lungimea  $l$  și latura (diametru)  $d$ , în general  $l/d > 20$

După modul de transmitere în teren a încărcării axiale se deosebesc două tipuri

- **piloți purtători pe vârf** care pătrund cu vârful într-un strat practic incompresibil (pietrișuri și nisipuri îndesate, argile tari, marne, roci semistâncoase sau stâncoase etc.). În acest caz se admite că întreaga încărcare a pilotului se transmite prin presiunea  $p$  la contactul bazei cu terenul.
- **piloți flotanți** la care baza sau vârful piloților se oprește într-un strat compresibil. La acest tip de piloți încărcarea axială se transmite la teren preponderent prin frecarea laterală și parțial prin contactul bazei cu terenul.

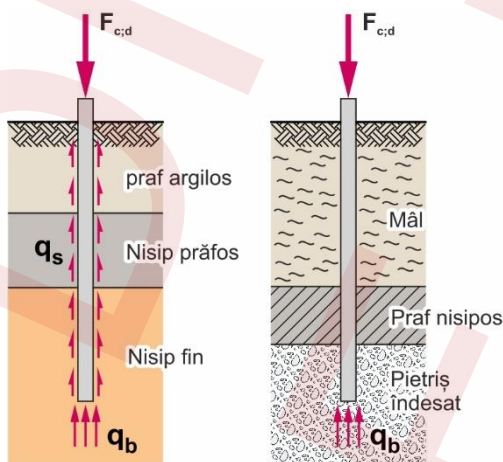


Figura 7.3 Schemele de calcul pentru piloții flotanți (stânga) și pentru piloții purtători pe vârf (dreapta)

Soluția fundării pe piloți la construcții se adoptă în cazul în care terenul bun de fundare se găsește la adâncime mare, iar încărcările date de construcție sunt mari. Utilizarea piloților este în general legată de existența la suprafața terenului a unor straturi puternic compresibile. Se urmărește în general coborârea piloților până la un strat incompresibil pentru ca piloții să fie purtători pe vârf. Dacă până la adâncimi accesibile cu utilajele disponibile nu se întâlnește un strat incompresibil se folosesc piloții flotanți.

După modul de execuție, piloții se clasifică în:

- **piloți prefabricați** din lemn, metal, beton armat sau beton precomprimat, care se confecționează în întreprinderi de prefabricate sau pe șantier, sunt transportați la locul de punere în operă și înfiți în pământ prin **batere, vibrare, vibropresare** sau **înșurubare**.
- **piloți executați pe loc** la care corpul pilotului se realizează prin turnarea betonului într-o gaură formată pe locul viitorului pilot.

Tabel 7.1 Tehnologii de realizare a piloților executați pe loc

Tehnologie	Batere	Forare	Vibrare
în uscat (fără tubaj)	x	x	-
sub noroi de foraj	-	x	-
cu burghiu continuu (CFA)	-	x	-
cu tubaj recuperabil	x	x	x
cu tubaj nerecuperabil	x	x	x

**i** **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.

**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.

**Pilot executat pe loc prin batere** - pilot de îndesare la care gaura se realizează prin batere.

**Pilot executat pe loc prin forare** - pilot de dislocuire la care gaura se realizează prin forare.

**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.

Adoptarea soluției de fundare pe piloți se face numai în baza unui studiu tehnico-economic prin care să se demonstreze că această soluție este mai avantajoasă prin comparație cu alte soluții de fundare directă de suprafață pe teren natural sau pe teren îmbunătățit.

Nu se recomandă utilizarea piloților de îndesare 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.

#### 7.2. Capacitatea portantă a piloților

Lungimea se stabilește astfel încât, prin efectul combinat al frecării pe suprafața laterală și al rezistenței în planul bazei,

pilotul să transmită la teren încărcarea axială de calcul care îi revine.

$$F_{c,d} \leq R_{c,d} \quad (7.1)$$

unde

$F_{c,d}$  – valoarea de calcul a încărcării axiale de compresiune asupra unui pilot.

$R_{c,d}$  – valoarea de calcul a capacității portante la compresiune.

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

**i** **Capacitatea portantă a piloților se stabilește prin încercări pe piloți.** 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.

### 7.2.1. Evaluarea capacității portante la compresiune a piloților prin metoda prescriptivă

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

$$R_{c,d} = R_{b,d} \quad (7.2)$$

unde

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

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

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} \quad (7.2)$$

unde

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

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

Valoarea de calcul a rezistenței pe bază a pilotului se determină cu relația

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} \quad (7.3)$$

unde

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

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k}$$

$A_b$  – suprafața bazei pilotului;

$q_{b,k}$  – valoarea caracteristică a presiunii pe bază dată în Anexa A.7.1;

$\gamma_b$  – coeficient parțial pentru rezistența pe bază a pilotului dat în Anexa A.7.3.

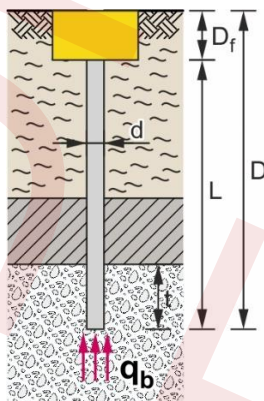


Figura 7.4 Schema de calcul a rezistenței pe baza pilotului

Valoarea de calcul a rezistenței de frecare pe suprafața laterală a pilotului se determină cu relația:

$$R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} \quad (7.4)$$

unde

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

$$R_{s,k} = U \cdot \sum q_{s,k,i} \cdot l_i$$

$U$  – perimetrul secțiunii transversale a pilotului;

$q_{s,k,i}$  – valoarea caracteristică a rezistenței de frecare laterală în stratul  $i$  dată în Anexa A.7.2;

$l_i$  – lungimea pilotului în contact cu stratul  $i$ ;

$\gamma_s$  – coeficient parțial pentru rezistența prin frecare pe suprafața laterală a pilotului dat în Anexa A.7.3.

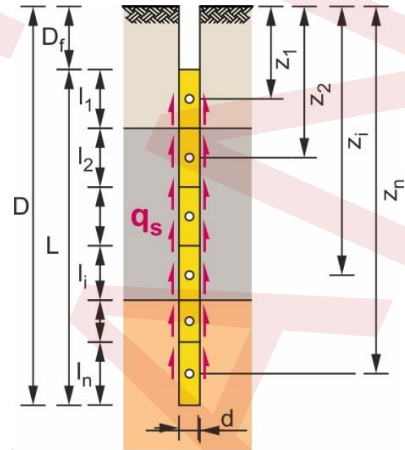


Figura 7.5 Schema de calcul a rezistenței din frecarea pe suprafața laterală a pilotului

În mod normal piloții sunt instalați în grup fiind solidarizați la partea superioară cu un radier. Stâlpul este poziționat pe radier astfel încât încărcarea de la stâlp să fie distribuită piloților individuali din grup. Efectul de grup apare în cazul piloților care alcătuiesc fundația de adâncime și se manifestă prin reducerea capacității portante axiale la compresiune.

### 7.2.2. Efectul de grup

Reducerea capacității portante este cu atât mai mare cu cât distanța dintre piloți este mai mică. Efectul de grup nu se manifestă în cazul piloților purtători pe vârf și a piloților flotanți de îndesare având fișa integral cuprinsă în pământuri necoezive.

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

$$R_{c,g} = m_u \cdot R_{c,d} \quad (7.5)$$

unde

$R_{c,d}$  – valoarea de calcul a capacității portante a pilotului izolat;

$m_u$  – coeficient de eficiență

- $m_u = 1$  pentru piloții purtători pe vârf și fundații cu radier îngropat pe piloți flotanți;
- $m_u = 1$  pentru piloții flotanți de îndesare având fișa integral cuprinsă în pământuri necoezive;
- $m_u = f(r/r_0)$  dat în tabelul 7.2;

$r$  – distanța minimă (lumina) dintre doi piloți vecini;

$r_0$  – raza de influență a pilotului izolat în planul bazei

$$r_0 = \sum l_i \cdot \tan(\phi'_d/4)$$

$h_{s,i}$  – grosimea stratului  $i$  prin care trece pilotul;

$\phi'_d$  – valoarea de calcul a unghiului de frecare internă a stratului.

**Tabel 7.2** Valorile coeficientului de utilizare pentru calculul capacității portante a pilotului ce lucrează în grup

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

### 7.3. Repartizarea piloților sub radier

În cazul încărcării axiale de calcul,  $V_d$ , aplicată excentric pe fundație numărul de piloți se determină cu relațiile

a) Încărcare axială aplicată centric pe fundație

$$n_p = \frac{V_d}{R_{c,g}} + 1 \dots 2 \quad (7.6)$$

b) Încărcare axială aplicată excentric pe fundație

$$n_p = 1,30 \cdot \frac{V_d}{R_{c,g}} + 1 \dots 2 \quad (7.7)$$

unde  
 $V_d$  - valoarea de calcul a încărcării axiale aplicate pe fundație;  
 $R_{c,g}$  - valoarea de calcul a capacității portante a pilotului care lucrează în grup.

Distanța minimă între axele piloților ( $s$ ), măsurată în teren, este de:

a) Pentru piloți de îndesare

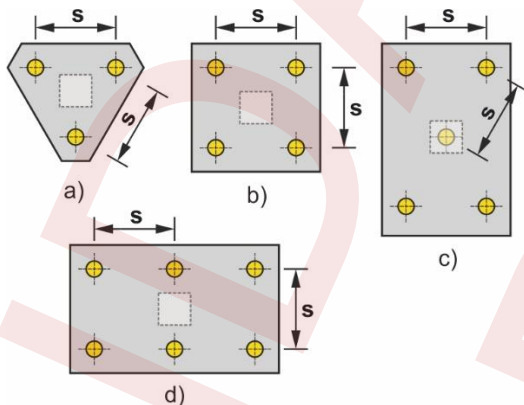
$$s \geq 3d \quad (7.8)$$

b) Pentru piloți de dislocuire

$$s \geq 2d + 0,03 \cdot L \quad (7.9)$$

unde  
 $d$  - diametrul sau latura scurtă a secțiunii pilotului;  
 $L$  - fișa reală a pilotului.

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



**Figura 7.6** Exemple de repartizare a piloților sub radierul stâlpilor

#### 7.3.1. Alcătuirea radierului

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

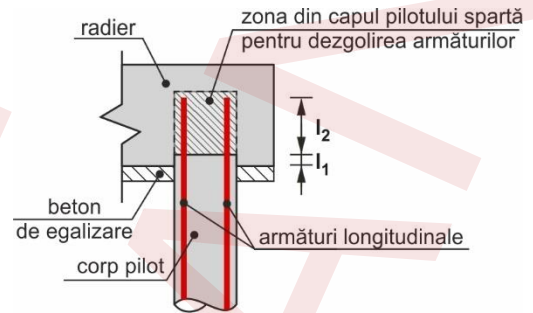
Înălțimea radierului se determină din calculul. În cazul radierului de tip placă groasă, înălțimea nu va fi mai mică de 30 cm. De regulă, înălțimea radierului trebuie să fie cel puțin egală cu latura sau diametrul piloților,  $d$ .

Clasa betonului trebuie să fie minim C15/20 și va fi corelată cu clasa de beton din piloți.

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

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).

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, piloții trebuie 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**.



**Figura 7.7** Lungimea piloților în radierul de beton armat

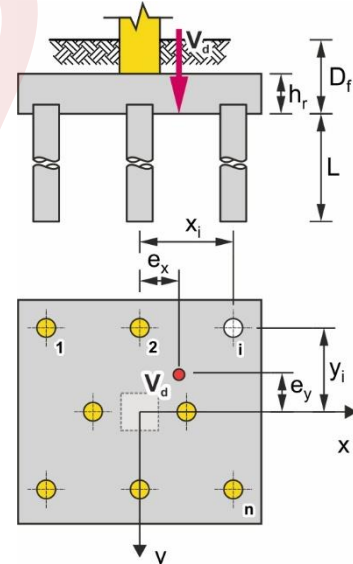
În cazul fundațiilor pe piloți supuși la solicitări axiale de smulgere sau la forțe horizontale mari, care impun preluarea acestora prin **piloți considerați încadrați** în radier cu capetele intacte pe o lungime de cel puțin **10 cm**, iar armăturile longitudinale ale piloților trebuie să se înglobeze în radier pe o lungime determinată prin calcul.

#### 7.3.2. Calculul reacțiunilor axiale

Excentricitățile forței  $V_d$  sunt  $e_x$  și  $e_y$  față de centrul de greutate al radierului. Prin reducerea forței  $V_d$  în centrul de greutate al radierului se obțin încărcările transmise la baza radierului:

$$V_d \cdot M_x = V_d \cdot e_y; M_y = V_d \cdot e_x$$

Reacțiunile axiale în piloți,  $F_{d,i}$ , depind de poziția pilotului,  $i$ , în fundație (**Figura 7.8**).



**Figura 7.8** Schema de calcul a reacțiilor în piloți

$$F_{c,d,i} = \frac{V_d + G_r}{n_p} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x_i^2} + G_p \quad (7.10)$$

$V_d$  – forța verticală la baza stâlpului;  
 $M_x$  – momentul încovoietor pe direcția x, la baza stâlpului;  
 $M_y$  – momentul încovoietor pe direcția y, la baza stâlpului;  
 $n_p$  – numărul de piloți;  
 $G_r$  – greutatea proprie a radierului;  
 $G_p$  – greutatea proprie a pilotului.  
 $x_i$  - distanța pe direcția x de la centrul radierului la centrul pilotului;  
 $y_i$  - distanța pe direcția y de la centrul radierului la centrul pilotului.

## 7.4. Proiectarea structurală a piloților

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.

Armarea piloților executați pe loc se face cu carcasa de armătură formate din bare longitudinale și fretă. De asemenea, se prevăd distanțieri pentru centrarea armăturii și inelele de rigidizare ale armăturilor longitudinale (în cazul piloților cu diametru  $d > 60 \text{ cm}$ ).

### 7.4.1. Armarea longitudinală

Barele longitudinale ale carcasei vor fi din bare profilate cu diametrul minim  $\emptyset 16$ . Numărul minim de bare este 6 pentru piloți cu  $d \leq 60 \text{ cm}$  și 8 pentru  $d > 60 \text{ cm}$ . Distanța liberă dintre barele longitudinale trebuie să fie cuprinsă între 100 mm și 400 mm. Distanța liberă minimă dintre barele longitudinale sau mănunchiurile de bare pe un singur rând poate fi redusă la 80 mm când se folosesc agregate cu diametrul  $d \leq 20 \text{ mm}$ .

Secțiunea totală a armăturii longitudinale poate fi constantă sau variabilă în lungul pilotului, după cum rezultă în urma calculului de rezistență sau din condiții constructive.

Aria minimă a armăturii longitudinale trebuie să respecte condițiile din Tabelului 7.3.

Tabel 7.3 Procentul minim de armare longitudinală

Aria secțiunii nominale a pilotului $A_c$	Aria armăturii longitudinale $A_s$
$A_c \leq 0,50 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,50 \% A_c$
$0,50 < A_c \leq 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,0025 \text{ m}^2$
$A_c > 1,0 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,25 \% A_c$

### 7.4.2. Armătura transversală

Armarea transversală se face cu fretă din oțel tip OB37 având diametrul minim dat în Tabelul 7.4.

Tabel 7.4 Diametre recomandate pentru armătura transversală

Legături, inele, frete sau armătură elicoidală	$\geq 6 \text{ mm}$ $\geq$ un sfert din diametrul maxim al barelor longitudinale
Sârme pentru plase sudate ca armătură transversală	$\geq 5 \text{ mm}$

Distanța minimă liberă dintre barele transversale trebuie să respecte condiția:  $s_T \leq 20 \cdot \emptyset$ .

Passul fretei se determină prin calcul sau se adoptă constructiv fără a depăși **350 mm** sau **15 $\emptyset$**  ( $\emptyset$  - diametrul barelor longitudinale); La partea superioară a carcasei și în zonele de îmbinare a tronsoanelor, pe o lungime egală cu  $d$ , passul fretei trebuie să fie de maximum **150 mm**.

### 7.4.3. Acoperirea cu beton

Acoperirea cu beton a armăturii în cazul tuturor piloților turnați pe șantier nu trebuie să fie mai mică de

- **60 mm** pentru piloți cu  $D > 0,60 \text{ m}$ ;
- **50 mm** pentru piloți cu  $D \leq 0,60 \text{ m}$ .

Acoperirea cu beton trebuie să fie mărită până la **75 mm** când:

- Piloții străbat un pământ moale și sunt realizați fără tubaj;
- Clasa de expunere este 5
- Turnarea de beton se face sub apă cu agregate maxime folosite de 32 mm;
- Armătura este instalată după turnarea betonului;
- Pereții gropii de foraj nu au suprafețe netede.

### 7.4.4. Distanțieri

Rolul distanțierilor este de a asigura poziția concentrică a carcasei în excavație și grosimea stratului de acoperire cu beton.

Distanțierii trebuie proiectați și executați din materiale durabile care nu vor conduce la coroziunea armăturii sau distrugerea stratului de beton de acoperire. Ca distanțieri se pot folosi plăcuțe de metal.

Distanțierii trebuie poziționați simetric în jurul carcasei:

- cel puțin trei pe fiecare nivel;
- la intervale de maximum 3,0 m;
- suficientă distanță de peretele interior al tubulaturii sau peretele excavației pilotului pentru a permite instalarea în siguranță și a evita stricăciuni la peretele excavației.

# ANEXA 7.1

## Valorile caracteristice ale capacității portante pe baza piloților

### 1. Pentru piloții prefabricați

Tabel A.7.1. Valorile caracteristice ale presiunii pe bază pentru piloți prefabricați

Adâncimea de înfigere, D (m)	Pământuri necoezive					Pământuri coezive						
	pietriș	nisipuri			nisip prăfos	I <sub>c</sub>						
		mari	medii	fine		≥ 1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
	q <sub>b,k</sub> (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<sub>b,k</sub> din tabel pot fi folosite cu condiția ca pilotul să pătrundă în terenul stabil (care nu este susceptibil la 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<sub>b,k</sub> din tabel sunt valabile pentru pământuri cu I<sub>p</sub> ≥ 0,35.
- Pentru nisipuri mari și pietrișuri, valorile q<sub>b,k</sub> din tabel se pot folosi numai în cazul în care încastrarea relativă a vârfului pilotului în strat este t/d ≥ 15. Pentru valori t/d < 15 rezistența de proiectare corectată se calculează cu:

$$q_{b,k,cor} = q_{b,k}(0,7 + 0,02 \cdot t/d) \text{ [kPa]}$$

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 ≥ 4.

Pentru valori t/d < 4 se calculează rezistența normală corectată cu relația:

$$q_{b,k,cor} = q_{b,k}(0,5 + 0,125 \cdot t/d)$$

- Pentru valori intermediare ale adâncimilor sau consistenței, valorile q<sub>b,k</sub> se obțin prin interpolare liniară.

### 2. Pentru piloții executați pe loc

#### i) pentru piloții de îndesare executați prin batere sau vibropresare

- se utilizează valorile din Tabelul A.7.1

#### ii) pentru piloți de dislocuire care reazemă cu baza pe pământuri coezive

$$q_{b,k} = N_c \cdot c_{u,d} + \gamma_{d,1} \cdot D$$

unde

N<sub>c</sub> - factor de capacitate portantă, N<sub>c</sub> = 9;

c<sub>u,d</sub> - valoarea de calcul a coeziunii nedrenate;

γ<sub>d,1</sub> - media ponderată, prin grosimile straturilor, a valorilor de calcul ale greutăților volumice ale straturilor străbătute de pilot;

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).

Tabel A.7.2. Valorile caracteristice ale presiunii pe bază, pentru piloții de dislocuire care reazemă cu baza pe pământuri coezive, când lipsesc datele privind rezistența la forfecare a stratului de la baza pilotului.

Adâncimea bazei pilotului (m)	I <sub>c</sub>						
	≥ 1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40
	q <sub>b,k</sub> (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	-	-

iii) pentru piloți de dislocuire care reazemă cu baza pe pământuri necoezive

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

unde

$\alpha$  - coeficient determinat în funcție de gradul de îndesare  $I_D$  al pământului de la baza pilotului, dat în Tabelul A.7.

$\gamma_d$  - valoarea de calcul a greutateii volumice a pământului de sub baza pilotului;

$\gamma_{d,t}$  - media ponderată, prin grosimile straturilor, a valorilor de calcul ale greutateilor volumice ale straturilor străbătute de pilot

$d_b$  - diametrul pilotului la nivelul bazei

$N_\gamma, N_q$  - factori de capacitate portantă determinați în funcție de valoarea de calcul a unghiului de frecare interioară,  $\phi'_d$ , al stratului de la baza pilotului, dați în Tabelul

$D_c$  - fișa de calcul a pilotului

$$D_c = \begin{cases} \beta \cdot d_b, & \text{dacă } D \geq \beta \cdot d_b \\ D, & \text{dacă } D < \beta \cdot d_b \end{cases}$$

$\beta$  - coeficient în funcție de gradul de îndesare  $I_D$  al pământului de la baza pilotului, dat în tabelul

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  $q_{b,k}$  se adaugă termenul  $\gamma_{d,2} \cdot h$  unde  $\gamma_{d,2}$  este valoarea de calcul a greutateii volumice a stratului slab și  $h$  este grosimea acestuia.

**Tabel A.7.3.** Valorile coeficienților  $\alpha$  și  $\beta$  pentru calculul capacității portante pe baza piloților în funcție de gradul de îndesare al terenului

$I_D$	$\alpha$	$\beta$
0,00 ... 0,35	0,50	10
0,36 ... 0,65	0,40	15
0,66 ... 1,00	0,30	20

**Tabel A.7.4.** Valorile factorilor capacității portante pe baza piloților

	$\phi'_d$ [°]							
	26	28	30	32	34	36	38	40
$N_\gamma$	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

## ANEXA 7.2

### Valorile caracteristice ale rezistențelor de frecare laterală

Tabel A.7.5. Valorile caracteristice ale rezistenței de frecare laterală în stratul i

Adâncimea medie a stratului, $z_i$ (m)	Pământuri necoezive			Pământuri coezive					
	mari și medii	fine	prăfoase	$I_c$					
				$\geq 0,8$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
	$q_{s,k}$ (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	-
$\geq 35$	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. 2 de la tabelul A.7.1
- În cazul unor straturi cu grosimi mai mari de 2 m, 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**.

## ANEXA 7.3

### Valorile coeficienților parțiali de siguranță pentru piloți

Tabel A.7.6. Valorile coeficientului parțial de siguranță  $\gamma_b$  pentru piloți executați pe loc

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

Tabel A.7.7. Valorile coeficientului parțial de siguranță  $\gamma_s$  pentru piloți executați pe loc

Modul de execuție al pilotului	Tipul pământului din jurul pilotului	
	coeziv	necoeziv
Cu tubaj introdus prin batere și beton compactat prin batere	1,20	1,20
Cu tubaj introdus 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	1,70
Forat sub noroi	2,40	1,90

Tabel A.7.8. Valorile coeficienților parțiali de rezistență pentru piloți prefabricați

Modul de introducere a pilotului prefabricat în teren	$\gamma_b$	$\gamma_s$
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 saturare de îndesare medie	mijlocii și mari	0,8
	fine	0,9
	prăfoase	1,0
Argiloase cu indicele de consistență $0,5 < I_c \leq 1$	prafuri nisipoase	1,1
	argile nisipoase sau prăfoase	1,2
	argile	1,4
Argiloase cu indicele de consistență $I_c > 1$	1,0	1,0



# ANEXA 7.4

## Exemplu de calcul

### 1. Date de intrare

(1) Caracteristicile stratului 1 - argilă prăfoasă (**coeziv**)

- Grosimea stratului  
 $H_{s,1} = 3,20 \text{ m}$
- Greutatea volumică a stratului  
 $\gamma_{k,1} = 20 \text{ kN/m}^3$
- Indicele de consistență  
 $I_{c,1} = 0,68$

(2) Caracteristicile stratului 2 - nisip prăfos (**necoeziv**)

- Grosimea stratului  
 $H_{s,2} = 4,80 \text{ m}$
- Greutatea volumică a stratului  
 $\gamma_{k,2} = 19,75 \text{ kN/m}^3$
- Gradul de îndesare  
 $I_{D,2} = 0,6$

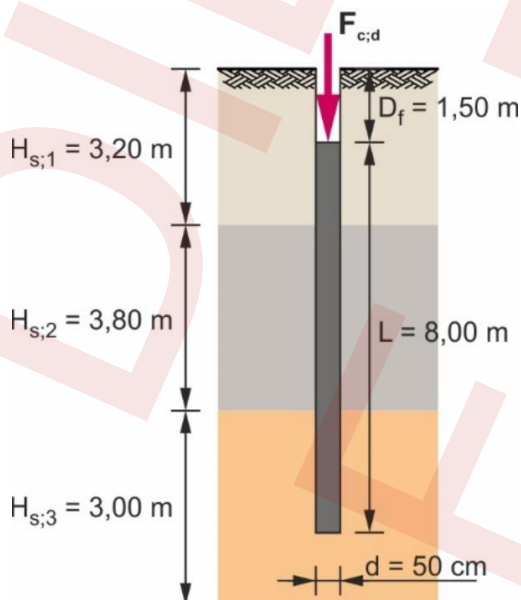
(3) Caracteristicile stratului 3 - argilă prăfoasă nisipoasă (**coeziv**)

- Grosimea stratului  
 $H_{s,3} = 2,00 \text{ m}$
- Grosimea stratului  
 $\gamma_{k,3} = 19,00 \text{ kN/m}^3$
- Indicele de consistență  
 $I_{c,3} = 0,94$

(4) Caracteristicile piloților

- Tip de pilot: **executat pe loc**
- Tehnologia de execuție: **forat cu șneac continuu CFA**
- Diametrul pilotului  
 $d = 500 \text{ mm}$
- Adâncimea de fundare a radierului  
 $D_f = 1,50 \text{ m}$
- Lungimea pilotului  
 $L = 8,00 \text{ m}$

### 2. Schema de calcul



### 3. Încărcări transmise de suprastructură

- Forța axială  
 $V_d = 1800 \text{ kN}$
- Momentele încovoietoare  
 $M_{d,x} = 250 \text{ kNm}$   
 $M_{d,y} = 300 \text{ kNm}$

### 4. Rezistența pe baza pilotului

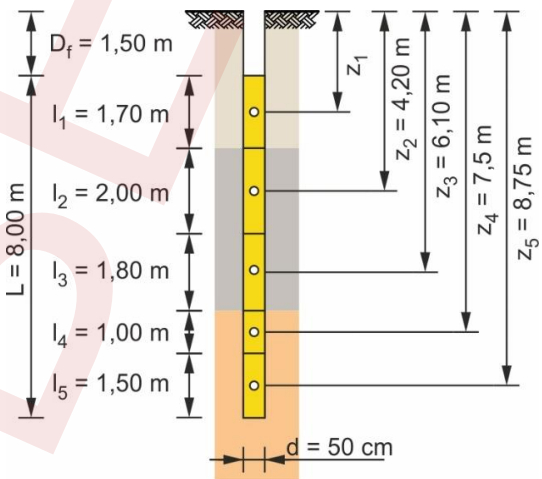
- Aria bazei pilotului  
 $A_b = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,5^2}{4} = 0,1963 \text{ m}^2$
- Adâncimea forajului (fișa reală a pilotului)  
 $D = D_f + L = 1,50 + 8,00 = 9,50 \text{ m}$
- Indicele de consistență  
 $I_c = I_{c,3} = 0,94$
- Valoarea caracteristică a presiunii pe bază (Anexa A.7.1) - interpolare biliniară a valorilor din Tabelul A.7.2  
 $q_{b,k} = 982 \text{ kN/m}^2$
- Valoarea caracteristică a rezistenței pe baza pilotului  
 $R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} = 0,1963 \cdot 982 = 192,8 \text{ kN}$
- Coeficientul parțial al rezistenței pe bază (Anexa A.7.3)  
 $\gamma_b = 1,20$
- Valoarea de calcul a rezistenței pe baza pilotului  
 $R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{192,8}{1,20} = 160,7 \text{ kN}$

### 5. Rezistența de frecare pe suprafața laterală a pilotului

(1) Perimetrul secțiunii transversale a pilotului

$$U = \frac{\pi \cdot d}{2} = \frac{\pi \cdot 0,5}{2} = 0,7854 \text{ m}^2$$

(2) Schema de calcul



(3) Stratul 1 - argilă prăfoasă (coeziv)

- grosimea stratului  
 $l_1 = 1,70 \text{ m}$
- indicele de consistență  
 $I_c = 0,68$
- adâncimea medie a stratului  
 $z_1 = D_f + \frac{l_1}{2} = 1,50 + \frac{1,70}{2} = 2,35 \text{ m}$
- valoarea caracteristică a rezistenței din frecare laterală  
 $q_{s,k,1} = 29,75 \text{ kN/m}^2$

(4) Stratul 2 - nisip prăfos (necoeziv)

- o grosimea stratului

$$l_2 = 2,00 \text{ m}$$

- o adâncimea medie a stratului

$$z_2 = D_f + l_1 + \frac{l_2}{2} = 1,50 + 1,70 + \frac{2,00}{2} = 4,20 \text{ m}$$

- o valoarea caracteristică a rezistenței din frecare laterală

$$q_{s;k,2} = 27,40 \text{ kN/m}^2$$

- (5) Stratul 3 - nisip prăfos (necoeziv)

- o grosimea stratului

$$l_3 = 1,80 \text{ m}$$

- o adâncimea medie a stratului

$$z_3 = D_f + l_1 + l_2 + \frac{l_3}{2}$$

$$z_3 = 1,50 + 1,70 + 2,00 + \frac{1,80}{2} = 6,10 \text{ m}$$

- o valoarea caracteristică a rezistenței din frecare laterală

$$q_{s;k,3} = 30,65 \text{ kN/m}^2$$

- (6) Stratul 4 - argilă prăfoasă nisipoasă (coeziv)

- o grosimea stratului

$$l_4 = 1,00 \text{ m}$$

- o indeicele de consistență

$$I_c = 0,94$$

- o adâncimea medie a stratului

$$z_4 = D_f + l_1 + l_2 + l_3 + \frac{l_4}{2}$$

$$z_4 = 1,50 + 1,70 + 2,00 + 1,80 + \frac{1,00}{2} = 7,50 \text{ m}$$

- o valoarea caracteristică a rezistenței din frecare laterală

$$q_{s;k,4} = 60,8 \text{ kN/m}^2$$

- (7) Stratul 5 - argilă prăfoasă nisipoasă (coeziv)

- o grosimea stratului

$$l_5 = 1,50 \text{ m}$$

- o indeicele de consistență

$$I_c = 0,94$$

- o adâncimea medie a stratului

$$z_5 = D - \frac{l_5}{2} = 9,50 - \frac{1,50}{2} = 8,75 \text{ m}$$

- o valoarea caracteristică a rezistenței din frecare laterală

$$q_{s;k,5} = 62,9 \text{ kN/m}^2$$

- (8) Valoarea caracteristică a rezistenței totale de frecare pe suprafața laterală a pilotului.

$$R_{s;k} = U \cdot \sum q_{s;k,i} \cdot l_i$$

$$R_{s;k} = 0,7854 \cdot (29,75 \cdot 1,70 + 27,40 \cdot 2,00 + 30,65 \cdot 1,80 + 60,8 \cdot 1,00 + 62,9 \cdot 1,50)$$

$$= 247,95 \text{ kN}$$

- (9) Valoarea de calcul a rezistenței totale de frecare pe suprafața laterală a pilotului.

$$R_{s;d} = \frac{R_{s;k}}{\gamma_s} = \frac{247,95}{1,70} = 145,8 \text{ kN}$$

## 6. Capacitatea portantă la compresiune a pilotului izolat

$$R_{c;d} = R_{b;d} + R_{s;d} = 160,7 + 145,8 = 306,5 \text{ kN}$$

## 7. Stabilirea numărului de piloți

- (1) Forța axială la baza stâlpului

$$V_d = 1800 \text{ kN}$$

- (2) Distanța dintre piloți

$$s \geq 2d + 0,03 \cdot L = 2 \cdot 0,5 + 0,03 \cdot 8,00 = 1,24 \text{ m}$$

$$s = 1,50 \text{ m}$$

- (3) Capacitatea portantă a pilotului care lucrează în grup

- o coeficientul de eficiență

$$m_u = 1,00$$

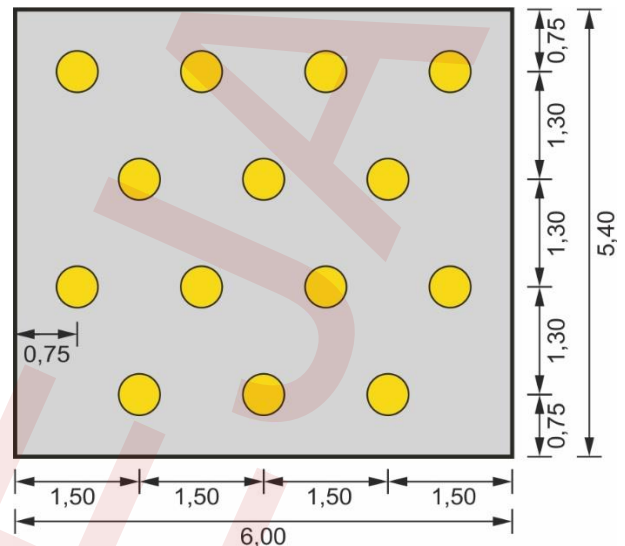
$$R_{g;d} = m_u \cdot R_{c;d} = 1,00 \cdot 306,5 \text{ kN}$$

- (4) Numărul de piloți

$$n_p = 1,3 \cdot \frac{V_d}{R_d} + 1 \dots 2$$

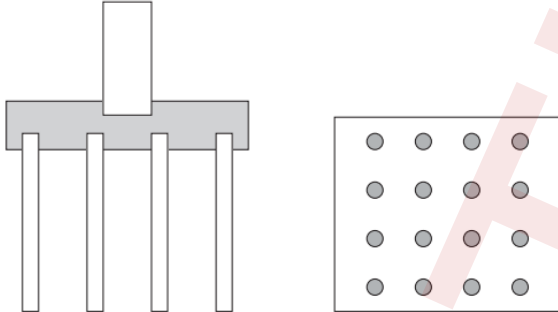
$$n_p = 1,3 \cdot \frac{2800}{306,5} + 1 \dots 2 = 11,87 + 1 \dots 2$$

$$n_p = 14 \text{ buc}$$



### Proiectarea grupelor de piloți

În mod normal piloții sunt instalați în grup fiind solidarizați la partea superioară cu un radier. Stâlpul este poziționat pe radier astfel încât încărcarea de la stâlp este distribuită egal piloților individuali din grup.



Capacitatea unui grup de piloți este obținută folosind factorul de eficiență

Capacitatea grupului de piloți = eficiența grupului de piloți x capacitatea unui singur pilot x numărul de piloți

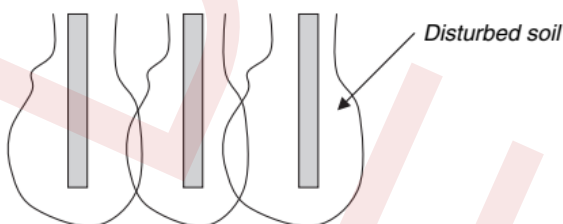
Dacă o grupă de piloți conține 16 piloți și capacitatea unui singur pilot este de 30 tone și eficiența grupului este de 0,9, atunci capacitatea grupei de piloți este 432 tone.

Capacitatea grupei de piloți =  $0,9 \times 30 \times 16 = 432$  tone

Clar, este de dorit o eficiență mare a grupei de piloți; întrebarea este cum să îmbunătățim eficiența în grup. Eficiența grupei de piloți este dependentă de distanța dintre piloți. Când piloții din grup sunt mai apropiați eficiența grupului scade. Când piloții sunt mai distanțați, eficiența crește, dar pentru că dimensiunea radierului trebuie să fie mai mare, crește costul radierului.

### Perturbarea pământului în timpul instalării piloților

Ce se întâmplă cu un grup de piloți? Când piloții sunt introduși, pământul din jurul piloților este netulburat. Pământul tulburat are o rezistență mai mică decât pământul în stare naturală. Unii piloți din grup sunt instalați în pământ parțial tulburat ceea ce cauzează o capacitate portantă mai mică decât alții. În mod normal, piloții din centru sunt introduși primii.



Tulburarea pământului cauzată de un pilot afectează capacitatea piloților învecinați. Eficiența grupului poate fi îmbunătățită prin poziționarea piloților la o distanță mai

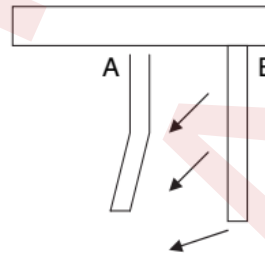
mare. În pământuri argiloase, rezistența la forfecare este redusă datorită tulburării.

### Îndesarea pământului în pământuri nisipoase

Când piloții sunt introduși în pământuri nisipoase, pământul înconjurător va fi îndesat. Pământul îndesat tinde să crească frecarea laterală a piloților. Grupul de piloți plasați în pământuri nisipoase poate avea o capacitate mai mare decât eficiența unui pilot. Îndesarea pământului datorită introducerii piloților va fi foarte mică în pământuri argiloase.

### Încovoierea piloților

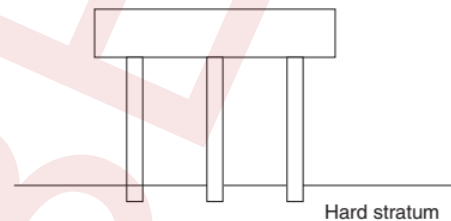
Când sunt introduși piloții într-un grup, unui pilot pot fi încovoiați din cauza deplasării pământului. Acest efect este mai pronunțat în pământuri argiloase.



Să considerăm un pilot A ce este instalat primul și un pilot B ce este introdus după. Deplasarea pământului cauzată de pilotul B poate încovoia pilotul A. Mai departe acest lucru conduce la o capacitate mai redusă în grup.

### Capacitatea portantă pe vârf a piloților

Piloții ce se bazează în principal pe capacitatea portantă pe vârf pot să nu fie afectați de alți piloți din grup.



Piloții fundați într-un strat foarte rezistent sau în rocă: Când piloții nu depind de frecarea laterală, se poate folosi o eficiență de 1.

AASHTO 1992

Pile Group Efficiency for Clayey Soils

Pile Spacing (center to center)	Group Efficiency
3 D	0.67
4 D	0.78
5 D	0.89
6 D or more	1.00

*D = Diameter of piles*

Pile Group Efficiency for Sandy Soils

Pile Spacing (center to center)	Group Efficiency
3 D	0.67
4 D	0.74
5 D	0.80
6 D	0.87
7 D	0.93
8 D or more	1.00

*D = Diameter of piles*