

STUDIUL PRIVIND PRESIUNEA EXERCITATA DE PAMANTURILE NECOEZIVE ASUPRA ORGANULUI DE LUCRU AL UNEI MASINI DE FORAT ORIZONTAL

Șoimușan Valentin, Prof.univ.dr.ing. – Facultatea de Utilaj Tehnologic – UTCB
valentinoimusan@yahoo.com

Abstract

This paper proposes two assumptions for calculating the pressure of a cohesive soil body working on a drilling machine to drill horizontally.

1. INTRODUCERE

Pentru a putea calcula rezistentele ce apar în procesul de forare este necesară cunoașterea presiunii exercitate de pământ asupra organului de lucru al mașinii de forat.

Organul de lucru al mașinii de forat orizontal cu burghiu, la forarea într-un pământ necoeziv, este este ansamblu tub-burghiu.

Înainte de executarea forării, sub acțiunea greutatei proprii pământul se află într-o stare naturală de tensiune. Prin introducerea organului de lucru în pământ în timpul procesului de forare, starea inițială de tensiune din jurul organului de lucru se schimbă. Ca urmare a dezechilibrului produs, pământul aflat deasupra organului de lucru tinde să se deplaseze pe verticală, până la apariția unui nou echilibru, formând suprafețe de alunecare curbe.

Așa cum s-a demonstrat în lucrarea [1], funcție de o seamă importantă de factori cum ar fi: proprietățile fizico- mecanice ale pământului, dimensiunile forajului și adâncimea de amplasare a lucrării, la executarea forajului pot fi întâlnite două cazuri în care presiunea exercitată de pământ se determină diferit:

- cazul în care forajul este amplasat la o adâncime relativ mică, în orice pământ, sau la o adâncime mai mică decât o anumită limită (adâncimea critică) în pământuri necoezive, caz în care nu apare fenomenul de boltă, când întreaga cantitate de pământ aflată deasupra organului de lucru exercită presiune asupra sa;
- cazul în care forajul este amplasat la o adâncime ce depășește adâncimea critică, caz în care apare fenomenul de boltă. În acest caz numai pământul aflat în interiorul bolții de echilibru exercită presiune asupra organului de lucru, în timp ce pământul aflat deasupra bolții rămâne în echilibru stabil.

Având în vedere complexitatea fenomenului, prezenta lucrare va aborda numai determinarea presiunii exercitate de un pământ necoeziv în cazul în care nu apare fenomenul de boltă.

2. CALCULUL PRESIUNII EXERCITATE DE UN PĂMÂT NECOEZIV ÎN IPOTEZA BAZATĂ PE EFECTUL DE PANĂ

În cazul în care nu apare fenomenul de boltă, presiunea ce acționează asupra organului de lucru este presiunea dată de greutatea coloanei de pământ ce se află deasupra sa și care în mișcarea pe verticală este micșorată datorită forțelor de frecare ce apar între ea și pământul înconjurător. Se consideră că în stare naturală pământul se află într-o stare de echilibru limită. La pătrunderea organului de lucru în pământ echilibrul limită este deranjat ceea ce conduce la apariția unor suprafețe de alunecare ce pleacă de la organul de lucru și continuă până la suprafața terenului.

Considerăm următoarele ipoteze :

- suprafața de alunecare este plană (conform teoriei lui Coulomb) ;
- unghiul format de planul de alunecare cu verticala este $\alpha = 45^\circ - \varphi/2$ (conform teoriei echilibrului limită), unde φ este unghiul de frecare internă a pământului ;
- prisma de surpare corespunde împingerii maxime a pământului ;
- planul de alunecare începe de la axul orizontal al organului de lucru și continuă până la suprafața terenului .

Ultima ipoteză simplifică calculele și în același timp este acoperitoare. În această ipoteză prisma de surpare, care dă împingerea laterală a pământului, este mai mică (are înălțimea H în loc de $H + D/2$), deci și împingerea laterală N_l și forța de frecare F_{f1} sunt mai mici, iar încărcarea pe organul de lucru P va fi mai mare.

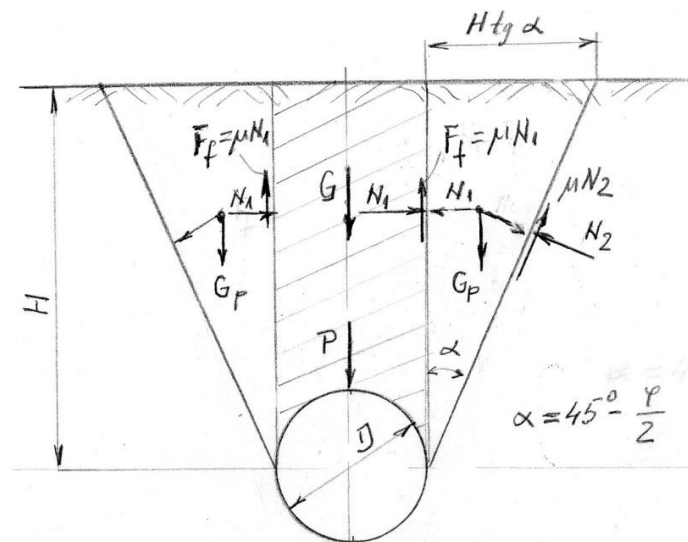


Fig.1

În aceste condiții greutatea liniară a pământului care apasă pe tub este (fig.1) :

$$P = G - 2F_{f1} \quad [1]$$

$$F_{f1} = \mu N_1 = N_1 \operatorname{tg} \varphi \quad [2]$$

unde :

P reprezintă greutatea liniară a pământului care apasă pe organul de lucru ;

G – greutatea liniară a coloanei de pământ ce se află deasupra organului de lucru ;

F_{f1} – forța de frecare dintre coloana de și prisma de alunecare ;

N_l - forța normală pe planul vertical ce separă coloana de pământ aflată deasupra organului de lucru de prisma de alunecare (împingerea orizontală a pământului) ;

μ - coeficientul de frecare pământ – pământ ;

φ - unghiul de frecare pământ - pământ

$$\text{Cum } G = D \left(H - \frac{\pi D}{8} \right) \cdot \gamma \quad [3]$$

Greutatea liniară P devine : separă

$$P = D \left(H - \frac{\pi D}{8} \right) \gamma - 2N_1 \operatorname{tg} \varphi \quad [4]$$

unde :

D reprezintă diametrul tubului de protecție ;
 H - adâncimea de amplasare a forajului ;
 γ - greutatea volumetrică a pământului .

Pentru determinarea împingerii orizontale a pământului N_1 se consideră că prisma de (surpare) alunecare acționează ca o pană ce pătrunde în pământ . Asupra prisme de pământ acționează forțele din figura 1 : N_1 , N_2 , μN_1 , μN_2 , G_p .

unde N_1 și μN_1 au semnificația de mai sus , iar celelalte forțe sunt :

N_2 – forța normală pe planul de alunecare ;
 μN_2 - forța de frecare dintre planul de alunecare a prisme și masivul de pământ ;
 G_p – greutatea prisme de pământ .

Din condiția de echilibru rezultă sistemul de ecuații :

$$\begin{aligned} N_1 - N_2 \cos \alpha + \mu N_2 \sin \alpha &= 0 \\ G_p - N_2 \sin \alpha - \mu N_2 \cos \alpha - \mu N_1 &= 0 \end{aligned} \quad [5]$$

sau

$$\begin{aligned} N_1 - N_2 \cos \alpha + N_2 \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \alpha &= 0 \\ G_p - N_2 \sin \alpha - N_2 \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha - N_1 \operatorname{tg} \varphi &= 0 \end{aligned} \quad [6]$$

Rezolvând sistemul de ecuații și având în vedere că greutatea prisme de pământ este

$$G_p = \frac{H^2 \cdot \gamma}{2} \operatorname{tg} \alpha \quad [7]$$

rezultă că forța normală N_1 are valoarea :

$$N_1 = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\sin(\alpha + \varphi)} \quad [8]$$

Înlocuind pe N_1 în relația [4] rezultă greutatea pământului , pe unitate de lungime , ce apasă pe organul de lucru :

$$P = D \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8} \right) \cdot \gamma - \gamma \cdot H^2 \operatorname{tg} \alpha \frac{\cos(\alpha + \varphi)}{\sin(\alpha + 2\varphi)} \sin \varphi \quad [9]$$

$$\text{în care } \alpha = 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \quad [10]$$

Notăm :

$$k_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha \cos(\alpha + \varphi) \sin \varphi}{\sin(\alpha + 2\varphi)} = \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \frac{\cos \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \sin \varphi}{\sin \left(45^\circ + \frac{3\varphi}{2} \right)} \quad [11]$$

Cu această notație încărcarea pe unitate de lungime a organului de lucru devine :

$$P = D \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8} \right) \cdot \gamma - \gamma \cdot H^2 k_1 \quad [12]$$

unde k_1 este un coeficient ce depinde de natura pământului , a cărui valoare este calculată cu relația [11] .

Presiunea pe unitate de suprafață ce apasă asupra organului de lucru va fi :

$$p = \frac{P}{D} \quad [13]$$

Înlocuind pe P cu valoarea dată de relația [12] în relația [13] rezultă :

$$p = \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8} \right) \cdot \gamma - \frac{\gamma \cdot H^2}{D} k_1 \quad [14]$$

Pentru a determina adâncimea la care teoretic ,nu se transmite nici o încărcare asupra organului de lucru, considerăm că în relația [12] greutatea pământului este nulă ($P = 0$), adică :

$$P = D \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8} \right) \cdot \gamma - \gamma \cdot H^2 k_1 = 0 \quad [15]$$

Dacă neglijăm termenul $\frac{\pi \cdot D}{8}$, adică $\frac{\pi \cdot D}{8} = 0$ relația [15] devine :

$$Dh\gamma - \gamma \cdot H^2 k_1 = 0 \quad [16]$$

Ale cărei rădăcini sunt :

$$H_1 = 0 \text{ și} \quad [17]$$

$$H_2 = \frac{D}{k_1} \quad [18]$$

Analizând rezultatele se constată :

- pentru $H_1 = 0$ este normal ca încărcarea pe organul de lucru să fie nulă fiindcă în acest caz acesta nu este în pământ.

- în cazul forării la adâncimea $H_2 = \frac{D}{k_1}$, teoretic pământul nu exercită nici o încărcare pe organul de lucru..

3. CALCULUL PRESIUNII EXERCITATE DE UN PĂMÂT NECOEZIV ÎN IPOTEZA ÎN CARE ÎMPINGEREA PĂMÂTULUI ESTE DATĂ PENTRU CAZUL STĂRII ECHILIBRULUI LIMITĂ

Pentru calculul presiunii exercitate de coloana de pământ aflată deasupra organului de lucru a mașinii de forat se utilizează schema de calcul dată de figura 2 , iar ipotezele făcute în cazul anterior rămân valabile. Diferența, față de situația din primul caz, constă în faptul că *împingerea totală laterală a pământului pe unitate de lungime a organului de lucru se determină pe baza teoriei stării de echilibru limită* folosită la determinarea împingerii laterale a pământului asupra zidurilor de sprijin.:

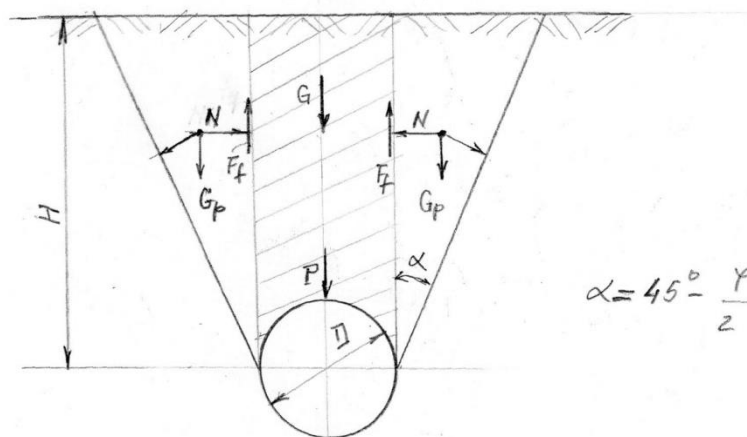


Fig.2

Conform acestei teorii împingerea laterală este dată de relația :

$$N = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad [19]$$

unde :

N reprezintă împingerea laterală a pământului pe unitatea de lungime a organului de lucru ;
 H și φ – au aceeași semnificație din ipoteza precedentă.

În aceste condiții , greutatea coloanei de pământ pe unitate de lungime este :

$$P = G - 2F_{f1} \quad [1]$$

în care :

$$G = D \left(H - \frac{\pi D}{8} \right) \cdot \gamma \quad [3]$$

$$F_f = N \operatorname{tg} \varphi = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad [20]$$

Înlocuind pe G și F_f din relațiile [3] și [20] în relația [1] rezultă :

$$P = D \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8} \right) \cdot \gamma - \gamma \cdot H^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad [21]$$

Notând :

$$k_2 = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad [22]$$

relația [21] devine :

$$P = D \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8} \right) \cdot \gamma - \gamma \cdot H^2 k_2 \quad [23]$$

în care k_2 este uncoeficient ce depinde de natura pământului a cărui valoare se determină cu relația [22].

Presiunea pe unitate de suprafață, ce acționează asupra organului de lucru va fi :

$$p = \frac{P}{D} = \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8} \right) \cdot \gamma - \frac{\gamma \cdot H^2}{D} \cdot k_2 \quad [24]$$

Stabilirea dâncimii teoretice, la care încărcarea transmisă de pământ asupra organului de lucru este nulă ($P = 0$) se face cu relația :

$$P = D \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8} \right) \cdot \gamma - \gamma \cdot H^2 k_2 = 0 \quad [25]$$

Neglijând valoarea $\frac{\pi \cdot D}{8}$ adică $\frac{\pi \cdot D}{8} = 0$, relația [25] devine :

$$DH\gamma - \gamma \cdot H^2 k_2 = 0 \quad [26]$$

ale cărei rădăcinisunt :

$$H_1 = 0 \quad [27]$$

$$H_2 = \frac{D}{k_2} \quad [28]$$

Și în acest caz la adâncimea H_2 a carei valoare este dată de relația [28], teoretic pământul nu exercită nici o încărcare asupra organului de lucru.

4. CONCLUZII

Comparând relațiilede calcul [14] și [24] care dau valorile presiunilor exercitate de pământ asupra organului de lucru al mașinii de forat , stabilite pentru cele două ipoteze, se constată că cele două relații sunt similare ca formă , diferența fiind dată de valoarea diferită a celor doi coeficienți k_1 și k_2 ce țincont de natura terenului, ale căror valori sunt date de relațiile [11] respective [22].

Pentru stabilirea relației dintre cei doi coeficienți calculăm raportul :

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{\cos\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot \cos \varphi}{\sin\left(45^\circ + \frac{3\varphi}{2}\right) \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)} \quad [29]$$

sau $\frac{k_1}{k_2} = c$ [30]

unde $c = \frac{\cos\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \cdot \cos \varphi}{\sin\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}$ [31]

relația dintre cei doi coeficienți devine :

$$k_1 = c k_2 \quad [32]$$

Printr-un studiu cu valori numerice date unghiului φ , a rezultat că pentru intervalul $\varphi^0 \in [25^\circ, 43^\circ]$ coeficientul c are valori subunitare $c < 0$, iar $k_1 < k_2$ [33]

Dacă notăm :

$$p_1 = \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8}\right) \cdot \gamma - \frac{H^2 \gamma}{D} k_1 \quad [34]$$

și

$$p_2 = \left(H - \frac{\pi \cdot D}{8}\right) \cdot \gamma - \frac{H^2 \gamma}{D} k_2 \quad [35]$$

p_1 și p_2 , fiind valorile presiunilor date pentru cele două ipoteze.

Din analiza relațiilor [33] , [34] și [35] rezultă că în toate cazurile $p_1 > p_2$ [36]

Cualte cuvinte, întotdeauna valorile presiunii calculate cu ipoteza că prisma de pământ acționează ca o pană sunt mai mari ca valorile presiunii calculate cu ipoteza în care împingerile laterale date de prisma de pământ sunt date de teoria stării de echilibru limită.

De aceea ,în principiu la calculele făcute pentru dimensionarea mașinii de forat este preferabil să fie utilizate presiunile calculate cu prima ipoteză (p_1) care întotdeauna dau valori acoperitoare.

Este interesant de urmărit și calculul care permite stabilirea adâncimii de lucru la care teoretic, încărcarea transmisă de pământ asupra organului de lucru este nulă. Chiar în situația în care rezultatele obținute prin calcul dau valori ce se abat de la teorie , în sensul că încărcare nu este nulă, în orice caz valorile obținute pentru încărcarea dată de pământ asupra organului de lucru sunt cele mai mici valori. Din acest motiv, chiar dacă valorile presiunii obținute utilizând aceste ipoteze nu se folosesc la dimensionarea mașinilor de forat este bine de reținut aceste valori pentru a fi utilizate la exploatarea mașinii de forat.

Funcție de condițiile tehnologice concrete, putem alege adâncimi de forare, bazate pe calculele date în de această lucrare, care asigură transmiterea unor încărcări mai mici organului de lucru comparativ cu forarea la alte adâncimi. Astfel, datorită încărcărilor mai mici ,rezistențele care apar în timpul procesului de forare sunt mai mici inflențând consumul energetic care va fi mai mic, cu toate consecințele ce decurg de aici.

Bibliografie

- [1] Valentin Z Șoimușan – Forarea orizontală cu burghiu. Baze teoretice. Editura CONSPRESS , Bucuresti, 1998.
- [2] Terzaghi K. – Mecanique theorique des sols. Dunod, Paris. 1961.
- [3] Țitovici N.A. – Mehanica gruntov, Moskva, Izdatelstvo “Vâșșaiia șkola 1973.