terpretarea rezultatelor în vederea stabilirii condițiilor de fundare a construcțiilor", indicativ C159/73, aprobate de M.C. Ind. cu decizia nr. 79/8.X.1973 și „Instrucțiunile tehnice pentru cercetarea terenului de fundare prin penetrare dinamică cu con.", indicativ C 176-84, aprobate de ICCPDC cu decizia nr. 57/16. V.1984.

3. Direcția directivare, norme, normative, prescripții se însărcinează cu aducerea la îndeplinire a prezentei decizii.

PREȘEDINTELE BIROULUI EXECUTIV
DIRECTOR GENERAL,

Dr. arh. GHEORGHE POLIZU

MINISTERUL CONSTRUCȚIILOR INDUSTRIALE
M. C. Ind.

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ÎN CONSTRUCȚII
ȘI ECONOMIA CONSTRUCȚIILOR
INCERC

INSTRUCȚIUNI TEHNICE PENTRU CERCETAREA TERENULUI DE FUNDARE PRIN METODA PENETRĂRII CU CON, PENETRARE STATICĂ, PENETRARE DINAMICĂ, VIBROPENETRARE — INDICATIV C 159—89

Elaborate:

INSTITUTUL CENTRAL DE CERCETARE, PROIECTARE ȘI DIRECTIVARE ÎN CONSTRUCȚII — ICCPDC — FILIALA TIMIȘOARA

INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA" — TIMIȘOARA CATEDRA DE DRUMURI, FUNDAȚII ȘI INSTALAȚII

Responsabil temă. dr. ing. AGNETA GRUIA

Responsabil din partea ICCPDC. dr. ing. CONSTANTIN HERGHELEGIU

INSTRUCȚIUNI TEHNICE PENTRU CERCETAREA TERENULUI DE FUNDARE PRIN METODA PENETRĂRII CU CON, PENETRARE STATICĂ, PENETRARE DINAMICĂ, VIBROPENETRARE.	Indicativ: C 159-89
	Înlocuiește: C 159-73; C 176-84

1. GENERALITĂȚI

1.1. Prezentele instrucțiuni tehnice au drept scop stabilirea domeniului de utilizare, a modului de execuție și a principiilor de interpretare a rezultatelor diverselor tipuri de încercare de penetrare cu con (statică, dinamică, vibropenetrare) în vederea cercetării terenurilor.

1.2. Încercarea de penetrare cu con constă în introducerea în teren a unei coloane de tije metalice (denumită deseori sondă) prevăzută la partea inferioară cu un vîrf conic și înregistrarea rezistenței terenului la înaintarea conului, exprimată în diverse moduri în funcție de tipul încercării.

Coloana de tije poate fi protejată cu un tub metalic (manta) în vederea eliminării frecării dintre coloană de tije și teren.

După modul de introducere în teren a coloanei de tije se deosebesc următoarele tipuri de încercare de penetrare cu con:

— încercare prin penetrare statică;
— încercare prin penetrare dinamică;
— încercare prin vibropenetrare.

Rezistența terenului la înaintarea conului depinde de natura și caracteristicile fizico-mecanice ale straturilor întîlnite, adîncimea la care se găsește vîrful conic sub nivelul de la care începe

Elaborate de:	*Aprobate de:*
INSTITUTUL CENTRAL DE CERCETARE, PROIECTARE ȘI DIRECTIVARE ÎN CONSTRUCȚII (ICCPDC) FILIALA TIMIȘOARA **INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA" TIMIȘOARA (IPT)** **CATEDRA DE DRUMURI, FUNDAȚII ȘI INSTALAȚII ÎN CONSTRUCȚII**	ICCPDC CU DECIZIA nr. 42 din 18.12.1989

încercarea, nivelul apei subterane, tipul încercării, caracteristicile penetrometrului etc.

1.3. Încercarea de penetrare cu con face parte din gama de încercări ale terenului de fundare „in situ" și constituie, de regulă, un procedeu ce completează metodele de cercetare a terenurilor de fundare prin forjare, prelevări de probe, analize de laborator, permițînd reducerea volumului acestor lucrări și obținerea unor informații suplimentare asupra terenului de fundare.

De asemenea, încercarea de penetrare cu con poate fi folosită și pentru verificarea calității lucrărilor de îmbunătățire ale terenurilor slabe de fundare sau a unor umpluturi cît și pentru aprecierea capacității portante a piloților etc.

1.4. Încercarea prin penetrare statică constă în presarea în teren, în mod lent și continuu (viteza optimă fiind 0,5...2 cm/s) a sondei cu vîrf conic, prevăzută, de regulă, cu tub de protecție (manta). Conul de penetrare poate fi fix sau mobil în raport cu tubul de protecție.

Viteza redusă și constantă cu care se execută presarea face ca operația să poată fi considerată statică.

Se determină rezistența opusă la pătrundere pe vîrful conului (R_p) și forța datorită frecării laterale (F_l) pe suprafața mantalei.

Determinarea valorilor R_p și F_l se face în funcție de tipul penetrometrului astfel:

— la penetrometrul cu con fix se determină separat rezistența pe vîrful (R_p) și forța totală (F_t). Frecarea laterală (F_l) se obține prin calcul;

— la penetrometrul cu con mobil, se determină separat rezistența pe vîrf (R_p) și frecarea laterală F_l) pe tuburile de protecție.

Cercetarea terenului prin penetrare statică este reglementată prin STAS 1242/6-76 „TEREN DE FUNDARE. Cercetarea terenului prin penetrare statică", prezentele instrucțiuni tehnice cuprinzînd elemente suplimentare cu privire la aplicarea metodei.

1.5. Încercarea de penetrare dinamică cu con constă în introducerea în teren, prin batere cu ajutorul unui berbec, care cade liber de la înălțime constantă, a sondei cu vîrf conic.

Pe parcursul încercării se înregistrează numărul de lovituri (N_z) necesar pentru înfigerea conului pe echidistanțe (z) de 10

sau 20 cm, alegerea acesteia fiind efectuată de organul de cercetare.

Tipurile de penetrometre dinamice utilizate în practică variază în funcție de lucrul mecanic dezvoltat de berbecul în cădere, modul de acționare al acestuia (manual sau mecanic) precum și de modul de înregistrare a numărului de lovituri la înaintarea conului pe o adîncime constantă „z"

În funcție de masa berbecului penetrometrele se clasifică în:

— penetrometre dinamice ușoare (PDU) cu berbec de 5...10 kg;

— penetrometre dinamice mijlocii (PDM) cu berbec de 20...40 kg;

— penetrometre dinamice grele (PDG) cu berbec de 50...80 kg;

— penetrometre dinamice supergrele (PDSG) cu berbec mai mare de 80 kg.

Înălțimea de cădere a berbecului este impusă de lucrul mecanic care trebuie realizat și se fixează prin construcția aparatului.

În prezentele instrucțiuni tehnice sînt prezentate penetrometrul dinamic ușor cu acționare manuală și penetrometrul mijlociu și greu cu acționare mecanică echipat cu un dispozitiv de numărare a loviturilor de berbec.

Penetrometrele dinamice fiind, de regulă, fără manta de protecție a coloanei de tije, diametrul conului de penetrare depășește sensibil diametrul tijei, fapt ce conduce la diminuarea sau chiar eliminarea frecării dintre coloana de tije și teren.

1.6. Încercarea de vibropenetrare constă în introducerea în teren prin vibrare a sondei cu vîrf conic.

Pe parcursul încercării se înregistrează timpul (t) de pătrundere a conului și facultativ rezistența dinamică R_{d_v}. Pe baza timpului de penetrare se determină viteza de deplasare (v_z) a conului pe echidistanțe z (10 sau 20 cm).

1.7. Rezistența la penetrare, înregistrată la echidistanțe z, exprimată în diverse moduri, după specificul încercării, servește la trasarea diagramei de penetrare în baza căreia se desprind aspecte calitative și cantitative asupra terenului studiat și care urmează să fie prezentate în capitolele care tratează diversele tipuri de încercări de penetrare.

Domeniul de utilizare a sondajelor de penetrare

1.8. Încercarea de penetrare cu con se execută în pămînturi coezive și în pămînturi necoezive sărace în particule grosiere (pietriș) și lipsite de bolovăniș.

În pămînturi coezive cu permeabilitate redusă și de obicei saturate, încercarea de penetrare dinamică cu con are aplicații limitate utilizîndu-se la dIlimitarea straturilor de consistență diferită.

1.9. Volumul lucrărilor de cercetare a terenului de fundare prin încercări de penetrare cu con depinde de amploarea și natura construcțiilor, de natura terenului de fundare, de etapa de proiectare și de gradul de cunoaștere al acestuia prin studii anterioare sau prin alte procedee de investigație.

Pentru stabilirea numărului, distanței și adîncimii sondajelor de penetrare se vor respecta prevederile din STAS 1242/1-89 „TERENUL DE FUNDARE. Principii generale de cercetare", cu mențiunea că numărul încercărilor de penetrare se încadrează în numărul total de sondaje termice și adîncimea este limitată de capacitatea de penetrare a aparatului (pct. 1.10).

Pe amplasamentul cercetat se va executa în mod obligatoriu cel puțin un foraj, care se va cupla cu un sondaj de penetrare executat în vecinătatea acestuia la distanță minimă de 2 m. Diagrama de penetrare astfel obținută corelată cu stratificația rezultată din foraj se va considera diagramă etalon pentru amplasamentul dat sau pentru o zonă din acesta, avînd stratificația uniformă.

Ori de cîte ori se constată modificări pronunțate în diagrama de penetrare față de cea etalon, se execută un nou foraj în vecinătatea sondajului de penetrare.

Pentru terenurile neuniforme programul de cercetări prin sondaje de penetrare se va stabili, de la caz la caz, în funcție de variația litologică pe orizontală.

Se recomandă să se execute în primul rînd sondajul de penetrare și pe urmă forajul, pentru a avea certitudinea că penetrarea s-a executat într-un teren nederanjat.

La testarea calității lucrărilor de îmbunătățire ale terenului de fundare, volumul sondajelor de penetrare este stabilit de „Normativul privind consolidarea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice" indicativ C_{29-85}.

La testarea compactării rambleurilor, volumul sondajelor de penetrare se stabilește în funcție de importanța și amploarea lucrării (Anexa VI).

1.10. Adîncimea sondajelor de penetrare este egală cu cea stabilită pentru foraje conform STAS 1242/1-89, limitată însă de capacitatea de penetrare a aparatului în condițiile geotehnice date.

Sondajele de penetrare statică pot atinge adîncimi de 20 m și uneori chiar mai mari.

Penetrometrul dinamic ușor PDU poate fi folosit pentru cercetarea terenului pe adîncimi reduse de 6...8 m, în pămînturi nisipoase afînate și de îndesare medie, sărace în fragmente mari. În pămînturi argiloase de consistență redusă adîndimea de investigare este limitată la 4 ... 5 m.

La pămînturi rezistente și cînd adîncimea de cercetare depășește valorile limită ale PDU se utilizează penetrometrele mijlocii și grele. În mod frecvent cu PDM se ating adîncimi de 8 ... 15 m, iar cu PDG, 15 ... 20 m.

Sondajele de vibropenetrare pot fi conduse la adîncimi de 8 ... 10 m în funcție de natura terenului și caracteristicile vibratorului utilizat.

Domeniul de utilizare a rezultatelor încercărilor de penetrare cu con

1.11. La cercetarea terenului în vederea stabilirii condițiilor de fundare, diagrama de penetrare, reprezentată pentru fiecare încercare efectuată, corelată cu diagrama etalon construită pe baza sondajului de penetrare din vecinătatea forajului de referință, oferă o serie de elemente calitative asupra amplasamentului cercetat. Astfel, rezultatele se utilizează la:

— exploatarea identificării litologice făcute prin sondaje;

— verificarea uniformității litologice pe suprafața unui amplasament;

— reperarea diferitelor orizonturi litologice.

Pe baza rezistențelor la penetrare pot fi apreciate unele caracteristici fizico-mecanice ale terenului, utilizînd în acest scop corelații existente în literatura de specialitate.

Utilizarea acestor corelații trebuie făcută cu mare atenție întrucît ele au valabilitate locală, fiind în general, specifice condițiilor concrete în care s-au determinat (litologia amplasamentului, tipul penetrometrului etc.).

În cazul amplasamentelor mari, unde există suficiente date obținute în paralel (lucrări clasice și sondaje de penetrare, diverse tipuri de sondaje de penetrare, sau sondaje de penetrare și alte lucrări de cercetare a terenului „în situ") se pot stabili corelații între caracteristicile geotehnice ale terenului și rezistența la penetrare, între rezistențele la penetrare corespunzătoare diverselor tipuri de penetrări sau între rezistențele la penetrare și alți parametri geotehnici specifici altor metode de cercetare „in situ".

1.12. La verificarea calității lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor de fundare dificile, prin compararea diagramelor de penetrare martor efectuate în terenul natural și a diagramelor de penetrare de control efectuate în terenul îmbunătățit, se pot stabili:

— efectul calitativ al lucrării de îmbunătățire prin majorarea rezistenței la penetrare;

— efectul lucrării de îmbunătățire prin aprecierea unor caracteristici geotehnice ale terenului natural și îmbunătățit utilizînd corelații existente în literatură sau stabilite pentru amplasamentul în studiu;

— adîncimea pînă la care se resimte influența lucrării de îmbunătățire a terenului.

1.13. Verificarea compactării rambleurilor realizate din pămînturi a căror granulozitate se încadrează în limitele corespunzătoare pămînturilor care por fi cercetate prin sondaje de penetrare, se face pe baza unor diagrame de penetrare etalon obținute în condiții controlate pe platforme experimentale, cu care se compară diagramele de penetrare a sondajelor de penetrare de control efectuată în rambleu în perioade de execuție.

1.14. Evaluarea capacității portante a piloților se poate face și pe baza rezistențelor la penetrare utilizînd relațiile stabilite în acest scop, sau prin corelare cu capacitatea portantă determihată prin încercări de probă.

1.15. Prelucrarea datelor obținute prin încercările de penetrare cu con se face ținînd seama de factorii care influențează rezultatele încercării.

În cazul în care prelucrarea calitativă se rezumă la compararea diagramei de penetrare cu diagrama etalon nu este necesară corectarea rezistențelor la penetrare datorită factorilor de influență.

Factorii care influențează rezultatele încercării de penetrare cu con

1.16. Rezistența reală a terenului la încercarea de penetrare cu con poate fi modificată de factorii legați de condițiile geotehnice și hidrogeologice, de tipul încercării de penetrare și a penetrometrului utilizat, de modul de lucru, fapt de care trebuie să se țină seama pentru a efectua interpretarea corectă a rezultatelor penetrării.

1.17. Factorii legați de condițiile geotehnice și hidrogeologice (natura terenului succesiunea straturilor, prezența apei subterane etc.) influențează în mod sensibil egal rezistența la penetrare stabilită prin cele trei tipuri de încercare (statică, dinamică, vibropenetrare).

a. granulozitatea, forma și rugozitatea particulelor, respectiv natura terenului pot influența rezultatele penetrării.

Fragmentele de pietriș și bolovăniș din masa pămînturilor nisipoase, cît și lentilele subțiri de pietriș sînt evidențiate prin salturi bruște ale diagramei de penetrare. Pentru o interpretare corectă a rezultatelor penetrării, nu se ține seama de aceste valori.

În cazul în care dimensiunile particulelor se apropie de diametrul conului de penetrare, se înregistrează rezistențe sporite în mod artificial care nu vor fi luate în considerare.

b. Gradul de îndesare a pămînturilor nisipoase influențează asupra rezultatelor penetrării; cu cît gradul de îndesare este mai ridicat cu atît rezistența la penetrare este mai mare.

La același grad de îndesare, prezența legăturilor structurale asigură nisipurilor în stare naturală o rezistență la penetrare mai mare decît a acelorași nisipuri în umplutură.

c. Consistența pămînturilor argiloase influențează asupra rezistenței la penetrare, care crește odată cu sporirea consistenței.

Consistența redusă a pămînturilor argiloase influențează asupra forțelor de frecare pe tija penetrometrelor neprotejate cu manta ducînd la o creștere artificială a rezistenței la penetrare.

d. Alternanța unor straturi moi cu altele tari sau afînate cu îndesate influențează asupra rezistenței la penetrare. Astfel, rezistența la penetrare crește deasupra straturilor mai rezistente, respectiv scade deasupra straturilor mai slabe. În general, această influență se resimte la adîncimi reduse de 10 ... 15 d, fiind diametrul conului.

e. Influența apei subterane se resimte asupra rezistenței la penetrare a pămînturilor necoezive ducînd la diminuarea acesteia. Scăderea medie procentuală a rezistenței la penetrare variază între 10 ... 50%, în funcție de gradul de îndesare și de adîncime. Odată cu creșterea gradului de îndesare scade reducerea medie procentuală.

f. Influența adîncimii se resimte prin creșterea rezistenței la penetrare.

La începutul sondajului de penetrare executat în pămînturi nisipoase, creșterea rezistenței la penetrare în funcție de adîncime este accentuată datorită posibilității de refulare în sus (pe lîngă refularea laterală) a pămîntului dislocat de penetrometru. Adîncimea pînă la care această creștere a rezistenței la penetrare este pronunțată poartă denumirea de adîncime critică (h_{cr}), a cărei mărime variază în general între 15 și 25 d, putînd atinge valori și mai mari la nisipurile afînate.

Datorită unei cruste tari care se formează de obicei la suprafața terenului și care împiedică posibilitatea de refulare a acestuia în timpul penetrării, adîncimea critică nu se manifestă în toate cazurile.

În straturile îndesate, după parcurgerea adîncimii critice, rezistența la penetrare rămîne aproximativ constantă. În straturile afînate creșterea cu adîncimea continuă ușor și după depășirea adîncimii critice.

g. Frecarea pe coloana de tije a penetrometrelor fără manta de protecție, se manifestă prin creșterea continuă cu adîncimea a

rezistenței la penetrare, fără a se modifica natura și caracteristicile pământului.

În vederea reducerii frecării, diametrul conului (d) se face mai mare decît cel al tijelor (d_1).

La pămînturile nisipoase influența frecării pe tije este slabă deasupra nivelului apei subterane. Sub nivelul apei subterane frecarea pe tije se dezvoltă progresiv, odată cu creșterea adîncimii.

La pămînturile coezive, cu sau fără substanțe organice, de consistență scăzută, influența frecării se poate manifesta prin creșterea continuă a rezistenței la penetrare, deci caracteristicile geotehnice ale pămîntului respectiv nu s-au modificat.

Penetrometrele dinamice sînt, în general, fără manta de protecție motiv pentru care la încercarea de penetrare dinamică trebuie să se ia în considerare acest efect. În ANEXA X se prezintă modul în care influența frecării poate fi înlăturată prin utilizarea mantalei de protecție și prin aplicarea unor coeficienți de corecție asupra datelor penetrării.

1.18. Factorii dependenți de aparatura folosită și de modul de lucru, numiți și factori tehnologici sînt specifici celor trei tipuri de încercare de penetrare (statică, dinamică, vibropenetrare)

a. La penetrarea statică, pot apare modificări ale rezistenței la penetrare, datorită unor factori tehnologici, dintre care se menționează:

— nerespectarea vitezei constante și optime de penetrare;

— frecarea parazită dintre tije și tubul de protecție;

— montarea defectuoasă a conului și pătrunderea pămîntului între con și tubul de protecție;

— frecarea parazită, în cazul centrării incorecte a forței de presare.

b. La penetrarea dinamică pot apare modificări ale rezistenței la penetrare datorită unor factori tehnologici, dintre care se menționează:

— modificarea vitezei de penetrare;

— prelungirea coloanei de tije a penetrometrului.

Influența vitezei de penetrare se resimte în special la pămînturile coezive cu consistență scăzută unde rezistența la penetrare este invers proporțională cu această viteză. De asemenea, după

fiecare întrerupere a penetrării necesitată la prelungirea coloanei de tije, la aceste pămînturi se observă o creștere a rezistenței la penetrare.

Lungimea coloanei de tije influențează asupra rezultatelor penetrării dinamice cu con, creșterea greutății datorită prelungirii tijelor duce la modificarea raportului dintre energia de batere și masa lovită; o parte din energie fiind consumată de fenomene parazite, rezultă o creștere artificială a rezistenței terenului cu adîncimea. Acest fenomen poate fi redus prin adăugarea unor piese de lestare, pentru a menține un raport relativ constant între energia de batere și masa lovită.

Pînă la adîncimea de cca 6,0 m se obține o creștere relativ redusă a numărului de lovituri (1,5 ... 20%).

c. La încercarea de vibropenetrare principalii factori tehnologici care influențează timpul și viteza de penetrare sînt:

— parametrii vibratorului instalației de vibropenetrare și frecările parazite care consumă o parte din energia de vibrare, rezultînd o creștere artificială a timpului de penetrare;

— lungimea coloanei de tije influențează timpul de penetrare prin vibrațiile longitudinale care consumă o parte din energia de vibrare și conduc la creștere timpului de penetrare, respectiv la scăderea vitezei de pătrundere a coloanei de tije.

2. ÎNCERCAREA DE PENETRARE STATICĂ

Aparatura

2.1. Aparatul de penetrare statică tip INCERC, este de tipul cu con fix, determinîndu-se separat forța pe con (F_c) și forța totală (F_t) cu ajutorul unor doze de presiune (fig. 1.).

Penetrometrul (fig. 2) este compus din:

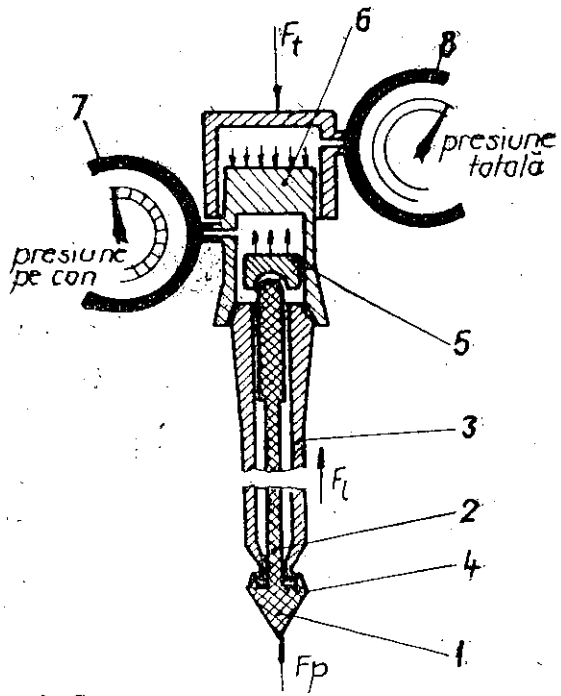
— dispozitiv de presare;

— echipament de sondare (penetrare);

— dispozitiv de măsurare a rezistențelor la penetrare (pe con și totală);

— dispozitiv de ancorare.

a. Dispozitivul de presare este alcătuit dintr-un șasiu (1) realizat din țevi metalice, avînd asamblate pe el două roți de



1. Con
2. Tije
3. Tub de protecție
4. Manșetă
5. Disp. de înreg. a pres. pe con
6. Disp. de înreg. a pres. totale
7, 8. Manometre

Fig. 1.

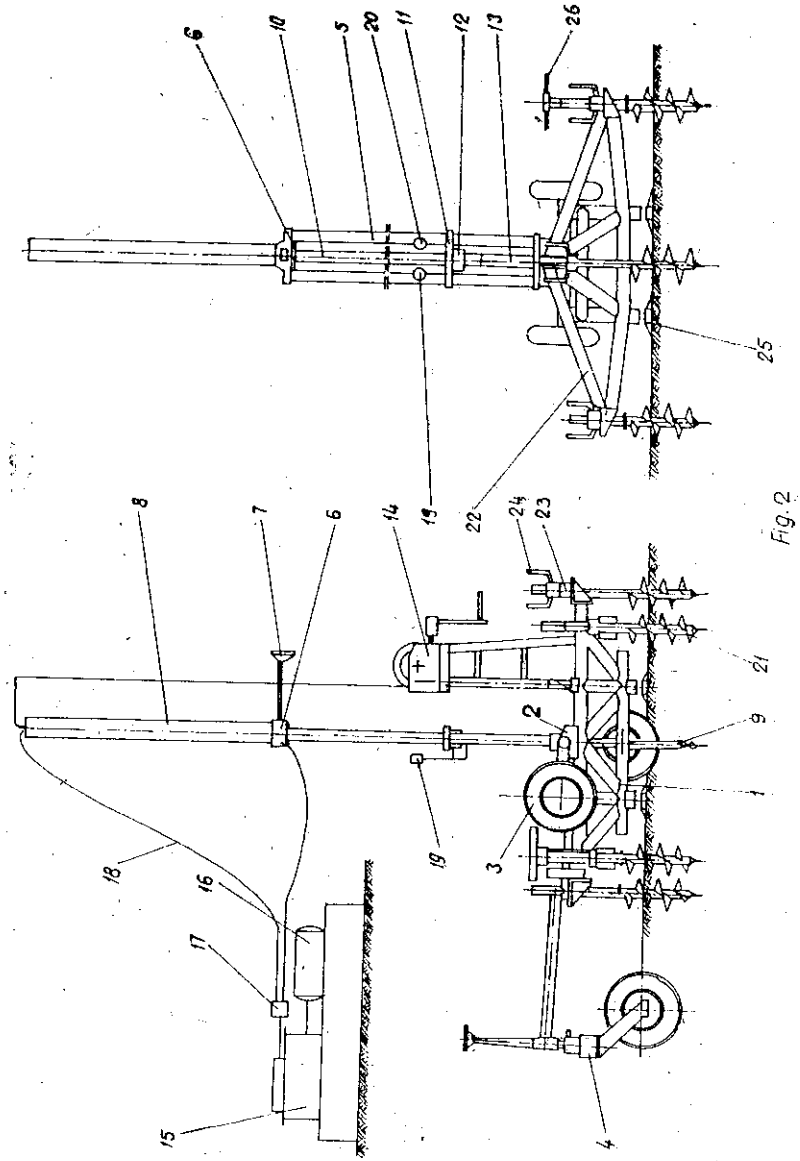


Fig. 2

transport basculante (*3*) prin intermediul unui butuc (*2*). De șasiu, în parte din față este prinsă roata de manevră pivotată și detașabilă (*4*), partea superioară a pivotului constituind și reazem pentru verina (*8*) în timpul transportului.

La 90° față de direcția de fixare a fuzetelor roților (*3*), pe butuc sînt fixați doi montanți (*5*), care prin intermediul grinzii superioare (*6*) și al unui șurub de presare (*7*), susțin verina (*8*) în poziție verticală în timpul lucrului sau în poziție orizontală pentru transport.

De tija (*10*) a pistonului verinei este fixat capul mobil de presare (*11*) ce culisează pe cei doi montanți (*5*).

Montanții și verina sînt menținuți în poziție verticală prin intermediul a două șuruburi bolț ce se introduc în găurile existente în fuzetele roților (*3*).

La slăbirea șuruburilor bolț, verina și fuzetele roților basculează, iar odată cu atingerea roților de teren, șasiul se ridică și verina se sprijină pe capul pivotului roții (*4*), de care se fixează cu ajutorul unei brățări.

Acționarea verinei (*8*) se face cu ajutorul grupului de pompare (*15*) pus în acțiune de un motor termic sau electric (*16*). Deplasarea pistonului verinei în ambele sensuri este asigurată de distribuitorul (*17*) și furtunuri de înaltă presiune (*18*).

b. Echipamentul de sondare (penetrare) fig. 1 este alcătuit dintr-un con de oțel (*1*) cu unghiul la vîrf de 60° și diametrul bazei de 36,5 mm, ce poate fi presat de la suprafață cu ajutorul unor tije metalice (cu ∅ 18 mm și lungimea de 1 m).

Tijele sînt protejate împotriva frecării cu pămîntul cu ajutorul unor țevi (*3*) cu diametrul exterior de 38 mm și lungimea de 1 m, care se prelungesc prin înfiletare cap-mufă, la extremități două locașe pentru prinderea cu cheia.

Ansamblul țevilor de protecție este denumit în mod uzual „manta".

Pentru evitarea pătrunderii pămîntului între tije și manta, conul este prevăzut cu o manșetă (*2*), iar prima țeavă de protecție este prelucrată pentru a intra în aceasta.

Pentru extragerea echipamentului de sondare din pămînt se montează dispozitivul de extracție (poz. 13 în fig. 2), la capul mobil de presare și se acționează cu ajutorul verinei.

c. Dispozitivul de măsurare a rezistențelor la penetrare este format (fig. 1) din două doze manometrice, concentrice echipate cu manometrele (*7*) și (*8*) sau *19* și *20* în fig. 2) care permit măsurarea simultană a rezistenței opuse la înfigerea conului și a rezistenței totale. Din diferența lor se poate afla frecarea pe mantaua de protecție. Dozele manometrice sînt etalonate de către furnizor și se reetalonează periodic.

Dozele se intercalează între capul mobil (*11*) și coloana de penetrare (*9*), (fig. 2).

d. Dispozitivul de ancorare (fig. 2) necesar preluării reacțiunii maxime a terenului, este constituit din burghiele de ancoraj (*21*) și jugurile de fixare (*22*). În acest scop, șasiul este prevăzut pe direcția longitudinală cu două orificii în formă de potcoavă, necesare fixării pe două burghie, iar pe direcție transversală cu două locașe necesare așezării celor două juguri care permit fixarea pe încă patru burghie. Pentru fixarea șasiului și a jugurilor pe burghie, acestea sînt prevăzute cu piesele de ghidaj (*23*) și piulițele de blocare (*24*).

Pentru înfigerea în teren a burghielor se utilizează o cheie specială corespunzătoare formei părții superioare a acestora.

Penetrometrul static poate fi montat într-un autolaborator, caz în care dispozitivul de ancorare nu este necesar. Reacțiunea maximă a terenului la penetrare este preluată de greutatea proprie a autocamionului suplimentată cu un lest din plăci metalice.

Modul de efectuare a încercării de penetrare statică

2.2. Efectuarea unei penetrări comportă următoarele operații:

— pregătirea încercării;
— efectuarea încercării;
— extragerea echipamentului de sondare;
— pregătirea aparaturii pentru transport.

a. Pregătirea încercării constă în:

— nivelarea terenului pe o suprafață de 3×3 m²;
— marcarea prin țăruși a punctului de penetrare și a punctelor de fixare a burghielor de ancorare;
— introducerea burghielor în pămînt în punctele marcate;

— amplasarea penetrometrului deasupra punctului de penetrare;
— decuplarea verinei de șasiu prin scoaterea brățării de fixare;
— îndepărtarea roții pivotante (*4*);
— slăbirea șurubului de fixare (*7*), tragerea verinei în afara șasiului pînă la limita maximă, urmată de strîngerea șurubului (*7*);
— ancorarea provizorie a șasiului penetrometrului de burghiele longitudinale cu ajutorul pieselor de ghidaj (*23*) și a piulițelor de blocare (*24*);
— ridicarea verinei în poziție verticală cu ajutorul troliului (*14*) roțile basculante (*3*) ridicîndu-se de pe pămînt, iar șasiul așezîndu-se pe tălpile de calare (*25*);
— asigurarea poziției verticale a verinei (*8*) prin blocarea fuzetelor roților cu ajutorul șuruburilor bolț și prin manevrarea tălpilor de calare;
— montarea jugurilor de fixare peste șasiu, centrarea și fixarea lor de burghie;
— verificarea calării penetrometrului și definitivarea fixării în burghiele de ancorare;
— cuplarea grupului de pompare (*15*) la verină (*8*) cu ajutorul furtunurilor de presiune (*18*);
— verificarea bunei funcționări a grupului de pompare prin efectuarea a 3—4 curse ale pistonului verinei;
— montarea dozei de presiune la capul mobil (*11*) al pistonului;
— introducerea primei tije de penetrare (prevăzută cu con și manta) prin bucșa de ghidare a butucului și montarea celei de a doua tije și a mantalei acesteia.

b. Efectuarea încercării constă în:
— acționarea în jos a pistonului verinei, urmărind ca doza de presiune să se așeze perfect centric pe coloana de sondaj;
— înscrierea în fișa de înregistrare (Anexa I.) din zece în zece centimetri a presiunilor indicate de manometrele (*19*) și (*20*) din figura 2. În coloana *1* se înscrie

numărul de tije montate, iar în coloana 5 (observații) se va nota în mod obligatoriu durata întreruperilor sau alte evenimente care pot influența diagrama de penetrare;
— după înfigerea echipamentului de sondare, pe un metru, se schimbă sensul de deplasare al pistonului, se montează o nouă tijă și o nouă manta și se repetă operațiile de mai sus pînă la atingerea adîncimii de sondare necesare sau pînă la atingerea presiunii maxime de lucru a aparatului.

NOTĂ: În cazul cînd încercarea se efectuează cu penetrometrul static cu dispozitive electronice de înregistrare automată a datelor, se obțin direct diagramele de variație pe adîncimea investigată a rezistenței pe con și a frecării pe manta.

c. Extragerea echipamentului de sondare constă în:
— demontarea dozei de presiune;
— montarea la capul mobil (*11*) a dispozitivului de extracție (*13*) și prinderea lui de manta;
— după extragerea completă a unui tronson de 1 m (cu ajutorul verinei), se înlătură extractorul și se deșurubează tronsonul, în prealabil împiedicînd, printr-un dispozitiv, căderea coloanei în gaura sondajului (în special în pămînturile slabe);
— se procedează la fel pentru extragerea întregii coloane de penetrare.

d. Pregătirea aparatului pentru transport, constă în:
— coborîrea pistonului verinei în poziția inferioară;
— decuplarea grupului de pompare;
— desfacerea piulițelor de la burghiele de ancorare laterale și îndepărtarea celor două juguri de fixare;
— slăbirea șuruburilor bolț din șasiu pînă ies din găurile fuzetelor;
— slăbirea piulițelor de la burghiele longitudinale;
— coborîrea verinei la orizontală cu ajutorul troliului, apoi slăbirea șurubului (*7*), împingerea verinei între montanți și fixarea din nou a șurubului;
— desfacerea piulițelor de la burghiele longitudinale și scoaterea penetrometrului de pe acestea;

— montarea roții pivotante (*4*) și prinderea verinei de șasiu cu ajutorul brățării;
— scoaterea burghielor din pământ.

Prelucrarea și interpretarea rezultatelor

2.3. Rezultatele din teren ale încercării de penetrare statică, înregistrate pe formularul tip A (ANEXA I) se prelucrează pe baza formularului B (ANEXA II) și a diagramei C(ANEXA III).

a. Formularul B se întocmește pe baza rezultatelor înregistrate pe formularul A, ținînd cont de diagramele de etalonare a dozelor de presiune cu care se determină forța de înfigere a conului (col. 4) și forța totală de înfigere a penetrometrului (col. 5).

În coloana 8 se înscrie rezistența la penetrare R_p, calculată cu relația:

$$R_p = \frac{F_c + G_{ct}}{A} \qquad (1)$$

în care:

F_c — forța de înfigere a conului;
G_{ct} — greutatea coloanei de tije și a conului de penetrare;
A — aria secțiunii transversale a conului.

Forța de frecare pe manta F_l (col. 9) se determină cu relația

$$F_l = F_t + G_m - F_c \qquad (2)$$

în care:

F_t — forța totală de înfigere a penetrometrului;
G_m — greutatea mantalei.

Pe baza datelor din teren înregistrate în formularul tip A, pot fi determinate rezistența la penetrare R_p și frecarea laterală F_l, prin calcul automat, utilizînd programul de calcul a cărui schemă logică este prezentată în ANEXA IV.

b. Diagrama C(ANEXA III) se întocmește pe baza datelor din coloanele 8 și 9 ale formularului B, diagramă ce constituie

forma de bază sub care se prezintă rezultatul sondajului de penetrare statică.

2.4. Parametri încercării de penetrare statică, rezistența pe con R_p, în *MPa* sau *kPa* și forța de frecare laterală F_l, în *kN* sau *daN*, permit estimarea următoarelor elemente referitoare la condițiile de fundare a construcțiilor:

— stratificația terenului, pe baza corelării stratificației întîlnită în forajele de referință cu orizonturile semnificative după criteriul rezistenței R_p, inclusiv gradul de neuniformitate a depozitelor întîlnite, și adîncimea la care se găsesc straturile cu portanță mare;

— caracteristicile fizico-mecanice ale pămînturilor ce intră în alcătuirea terenului de fundare, pe baza corelațiilor statistice între rezultatele analizelor de laborator și valorile R_p; corelațiile cu caracteristicile pămînturilor avînd un caracter aproximativ se recomandă „tararea" încercării pentru condițiile concrete din amplasamentul studiat;

— alegerea sistemului de fundare, în funcție de natura și particularitățile terenului de fundare și ale construcției;

— valorile orientative ale presiunii convenționale de bază p_{conv} a terenurilor de fundare și ale tasării fundațiilor de suprafață; care rezultă indirect prin evaluarea indicilor geotehnici în funcție de rezultatele penetrării.

— capacitatea portantă a piloților izolați.

2.5. Stabilirea orientativă a stratificației terenului de fundare se face în funcție de valorile și alura diagramelor de variație cu adîncimea a rezistenței pe con R_p și a frecării laterale F_l, după indicațiile din tabelul 1.

Pe baza rezultatelor obținute se pot întocmi profile de stratificație sau bloc-diagrame, din care să rezulte:

— grosimea diferitelor straturi de pămînt întîlnite;

— adîncimea la care se găsește stratul cu portanță mare;

— gradul de neuniformitate al masivului de pămînt pe adîncime și în plan orizontal.

2.6. Caracteristicile fizico-mecanice ale pămînturilor ce alcătuiesc terenul de fundare se estimează orientativ pe baza rezistenței la penetrare pe con R_p, după cum urmează:

a) Starea de îndesare a nisipurilor se apreciază pe baza rezistenței R_p, conform tabelului 2.

Tabelul 2

STAREA DE ÎNDESARE APRECIATĂ PE BAZA REZISTENȚEI R_p (MPa.)

Categorii de nisip	Adîncimea de penetrare (m)	Afînat $I_D < 0,33$	Îndesare medie $0,33 \geqslant I_D \geqslant 0,67$	Îndesat $I_D > 0,67$
Nisip mare	5	< 10,0	10,0...15,0	> 15,0
	10	< 15,0	15,0...22,0	> 22,0
Nisip mijlociu	5	< 6,0	6,0...10,0	> 10,0
	10	< 9,0	6,0...10,0	> 15,0
Nisip fin	5	< 3,0	3,0... 6,0	> 6,0
	10	< 4,0	4,0... 9,0	> 9,0

b) Greutatea volumică în stare uscată γ_d, în kN/m³, porozitatea $n\%$ și indicele porilor e pentru pămînturile nisipoase, în condiții naturale, se poate aprecia, în funcție de rezistența R_p, în MPa, pe baza graficului din figura 3 sau cu ajutorul relației:

$$e = 0,9916 - 0,36 \lg R_p \pm 0,13 \qquad (3)$$

c) Unghiul de frecare interioară al nisipurilor se poate aprecia în funcție de rezistența la penetrare pe con R_p cu ajutorul abacelor din figura A.

d) Coeziunea c a argilelor moi, a mîlurilor etc., pentru care unghiul de frecare interioară este neglijabil ($\varnothing \simeq 0$), se poate aprecia în funcție de rezistența pe con R_p, exprimată în (MPa), pe baza relației:

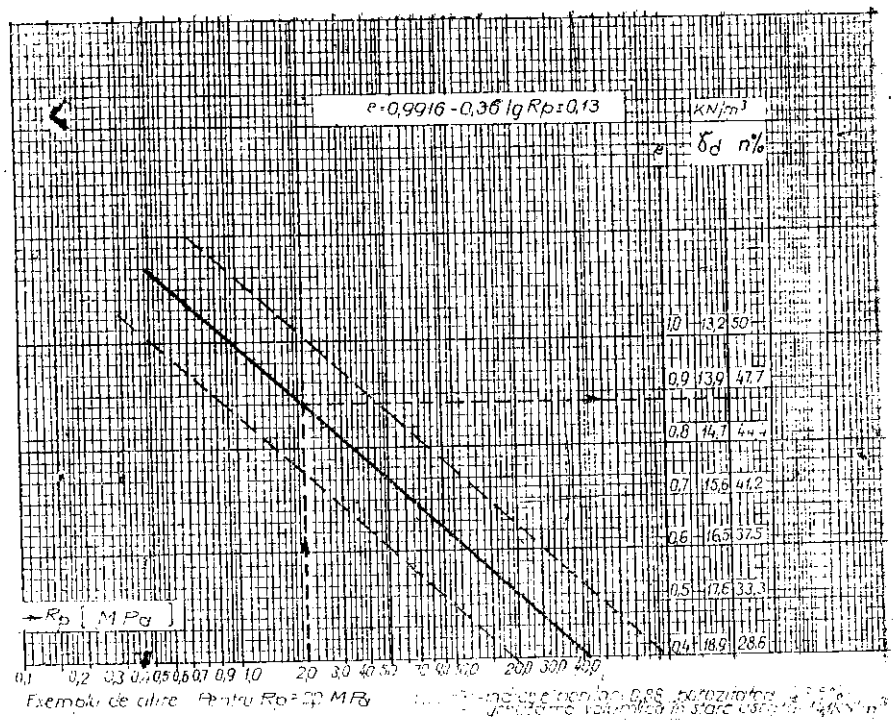
$$c = \frac{R_p}{14} \qquad (4)$$

e) Modulul de deformație edometrică M_{2-3} al pămînturilor se stabilește în mod orientativ, astfel:

Tabelul 1

MODIFICAREA REZISTENȚELOR LA PENETRARE ÎN FUNCȚIE DE NATURA STRATURILOR

Rezistența pe con (R_p)	Fîșcarea laterală (F_l)		
	scade	rămîne constantă	crește
1	2	3	4
scade	1. Conul pătrunde într-un pămînt sfărîmicios, antrenînd din straturile superioare nisip sau argile moi. 2. Conul pătrunde într-o argilă sensibilă antrenînd straturile superioare.	1. Pămînturi prăfoase cu porozitate ridicată care cedează ușor apa. 2. Nisipuri și pietrișuri în stare afînată.	Conul pătrunde într-un pămînt puțin contactat care nu cedează ușor apa.
rămîne constant	Pămînturi nisipoase, relativ compacte, în care pătrunderea conului se face prin deznodarea unor suprafețe de alunecare care se închid pe fețele de pro-tecție.	Mîluri și prafuri care cedează ușor apa fără a-și modifica porozitatea.	1. Pămînturi argiloase care nu cedează apa ușor. 2. Pămînturi nisipoase compresibile (nisipuri) fine, nesaturate.
crește moderat	Pămînturi nisipoase compacte, în care pătrunderea conului se face prin deznodarea unor suprafețe de alunecare care se închid pe fețele de protecție.	Mîluri și prafuri cu porozitate scăzută care cedează apa.	1. Pămînturi argiloase sau nisipoase cu porozitate scăzută. 2. Cedarea pămîntului sub vîrful conului se face prin apariția unor suprafețe de alunecare care se dezvoltă de-a lungul fețelor de protecție.
crește foarte repede	Pămînturi necoezive ce conțin pietriș sau bolovăniș ce pot fi antrenate de con, tinzînd a crea goluri.		



— pe baza relației:

$$M_{2-3} = \alpha R_p \qquad (5)$$

unde:

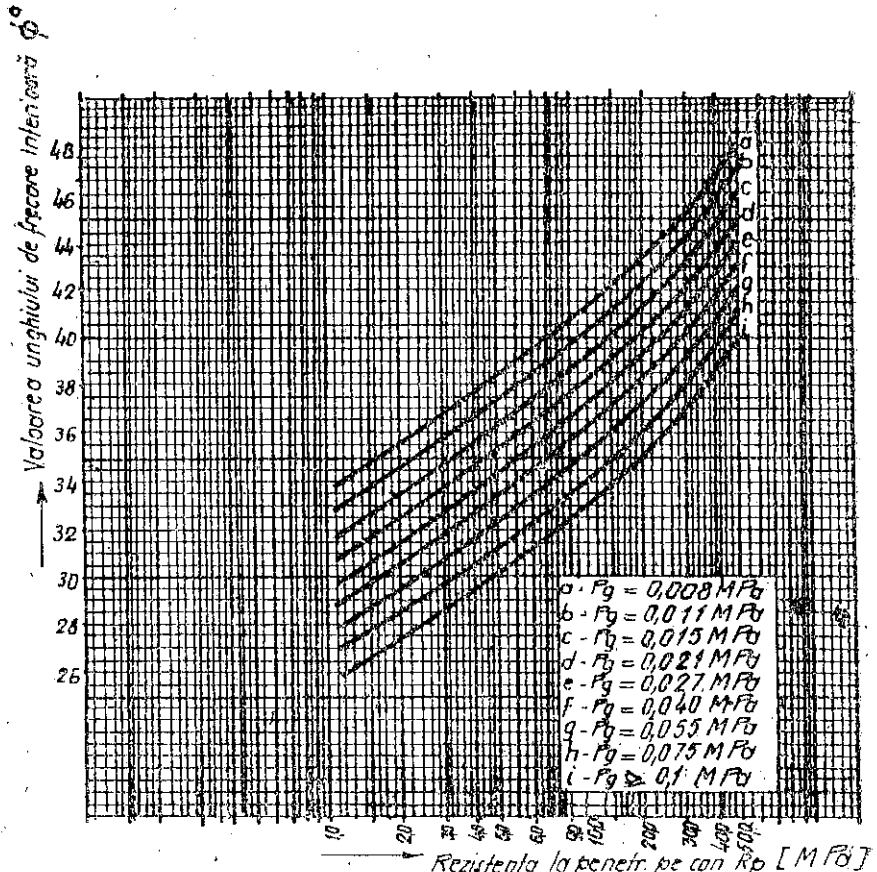
$\alpha = 1{,}5$ pentru nisipuri cu $R_p > 4{,}5\ MPa$;

$2 < \alpha < 5$ pentru nisipuri argiloase și argile compacte cu $1{,}5 < R_p < 3{,}0\ MPa$;

$5 < \alpha < 10$ pentru argile moi cu $R_p > 1{,}0\ MPa$;

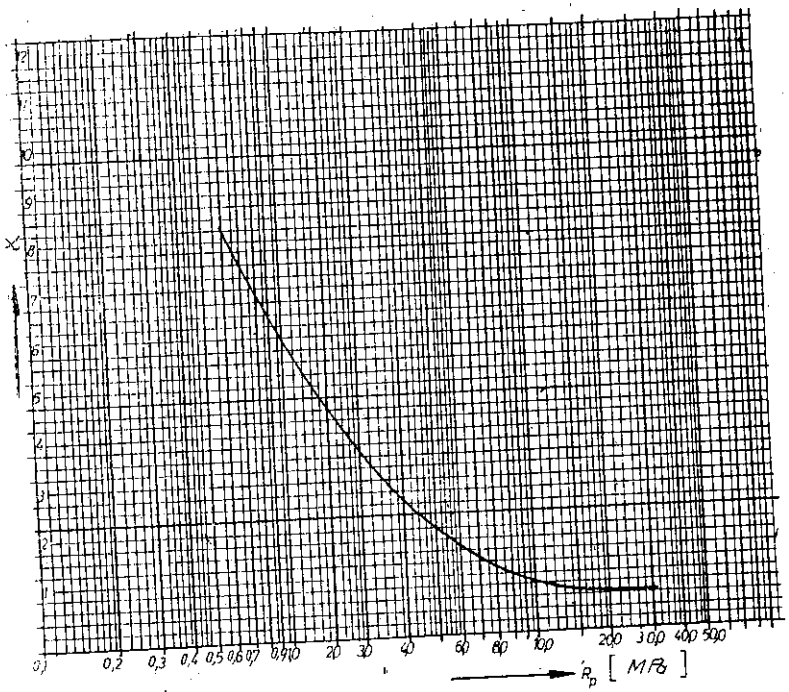
— sau, pe baza graficului din figura 5

Cu programul de calcul din ANEXA IV se obțin caracteristicile geotehnice menționate la literele *b*, *c*, *d* și *e*.



pg - presiunea geologică la nivelul conului

Fig. 4



f) Valorile orientative ale modulului de deformație liniară E și ale unghiului de frecare interioară $\varnothing$ recomandate de STAS 3300/1-85 pentru pământuri nisipoase, pot fi estimate pe baza abacelor din ANEXA V., funcție de rezistența pe con R_p și presiunea de împingere în stare de repaus p_0 exprimate în MPa; în calculul abacelor, pe cale teoretică, s-a adoptat pentru coeficientul de deformație laterală valoarea $\nu = 0{,}30$ (conform STAS 3300/2-85).

De asemenea, valoarea modulului de deformație liniară E poate fi estimată și pe baza următoarelor corelații:

— pentru nisipuri,

$$E = 2(1 + I_D^2)\, R_p \qquad (6)$$

— pentru pământuri coezive,

$$E = 3{,}8 R_p - 0{,}55\, n - 26 \qquad (7)$$

sau

$$E \simeq 4{,}8\, R_p \qquad (8)$$

în care:

I_D — gradul de îndesare;
n — porozitatea în procente;
E și R_p — se exprimă în MPa.

Pot fi utilizate și alte corelații care au fost verificate în prealabil prin încercări paralele cum se prevede la punctul 2.4.

2.7. Calculul capacității portante a fundațiilor de suprafață și verificarea tasărilor probabile se poate face informativ, pe baza datelor penetrării statice în conformitate cu prevederile din STAS 3300/2-85 „TEREN DE FUNDARE. Calculul terenului de fundare în cazul fundării directe", pe baza valorilor medii ale caracteristicilor fizico-mecanice ale pământurilor, stabilite conform punctului 2.6.

În ANEXA VII se prezintă un exemplu de stabilire a capacității portante a terenului și a presiunii convenționale de bază pentru o construcție dată.

2.8. Capacitatea portantă a unui pilot, izolat prefabricat, introdus prin batere și solicitat la compresiune se determină pe baza datelor de penetrare statică cu relația:

$$R = k \cdot m \left(\frac{R_p}{2} A + F_l \frac{U}{U_p} \right) \; kN \qquad (9)$$

în care:

k este coeficient de omogenitate, egal cu 0,7;
m — coeficient al condițiilor de lucru, egal cu 1;
R_p — rezistența convențională pe conul penetrometrului calculată cu relația:

$$R_p = \frac{R_p 1 + R_p 2}{2} \; kPa$$

$R_p 1$ — media rezistențelor pe con, înregistrare în straturile situate de la nivelul vîrfului pilotului pînă la o adîncime egală cu 4 de sub acest nivel, în kilopascali;

R_{p2} — media rezistențelor pe con, înregistrate de la nivelul vîrfului pilotului pînă la o înălțime egală cu $\beta \cdot d$, deasupra acestui nivel, în kilopascali;

d — diametrul sau dimensiunea maximă a secțiunii în cazul piloților dreptunghiulari, în centimetri;

β — coeficient, care se adoptă conform tabelului 3;

A — Aria secțiunii transversale a pilotului, în metri pătrați;

F_l — Forța de frecare pe suprafața laterală a penetrometrului, introdus pînă la nivelul vîrfului pilotului, în kilonewtoni;

U — perimetrul secțiunii transversale a pilotului în metri;

u_p — perimetrul secțiunii coloanei penetrometrului, în metri.

Tabelul 3

VALORILE COEFICIENTULUI

Stratul în care se execută penetrarea	β
Pămînturi coezive, nisipuri afînate	3
Nisipuri de îndesare medie	8
Nisipuri îndesate și nisipuri cu pietriș	15

a) Capacitatea portantă a pilotului izolat, prefabricat introdus prin batere și solicitat la compresiune, determinată cu relația (9) are un caracter orientativ, pentru construcțiile ce transmit solicitări mari fundației, la definitivarea valorii capacității portante se va ține seama și de rezultatele încercărilor de probă pe piloți, conform STAS 2561/2-81.

În ANEXA VII se prezintă un exemplu de stabilire a capacității portante a unui pilot izolat pe baza rezultatelor penetrării statice.

b) Stabilirea capacității portante a unui pilot care lucrează în grup, precum și calculul la deformații al fundațiilor pe piloți flotanți se face în conformitate cu STAS 2561/3-83.

2.9. La verificarea capacității rambleurilor sau a pernelor din materiale granulare (pămînt, balast, zgură etc.), se utilizează o diagramă de penetrare etalon, obținută prin executarea unor penetrări într-un material identic cu cel din care se execută rambleul (aceeași umiditate, granulometrie etc.) realizat în condițiile de compactare impuse prin proiect.

Prin compararea diagramelor de penetrare, obținute în diferite puncte ale rambleului, cu diagrama etalon, se evidențiază zonele slabe insuficient compactate.

În ANEXA VI se prezintă o metodă de verificare prin sondaje de penetrare a compactării rambleurilor cu volumul peste 5000 m³, avînd grosimea de minim 1 m.

2.10. Penetrarea statică poate fi utilizată pentru verificarea calității lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare (necoezive sau slab coezive) și pentru stabilirea adîncimii pînă la care se manifestă efectul acestor lucrări; în acest sens se execută două serii de sondaje de penetrare:

— penetrări martor în teren natural;

— penetrări de control în teren îmbunătățit.

Numărul sondajelor de penetrare martor și control, dispunerea lor pe amplasament și adîncimea pînă la care se execută, pentru a depăși zona de influență, sînt în funcție de procedeul utilizat pentru îmbunătățirea terenului și vor fi stabilite de proiectant, cu respectarea normelor și prescripțiilor în vigoare, specifice lucrărilor de îmbunătățire.

În cazul îmbunătățirii terenurilor slabe prin procedee mecanice, la stabilirea numărului sondajelor de penetrare martor și control, la dispunerea și interpretarea acestora se vor respecta prevederile corespunzătoare din „Normativul privind consolidarea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice" indicativ C 29-85.

Prin compararea diagramelor de penetrare martor și de control se determină adîncimea pînă la care terenul a suferit modificări datorită lucrării de îmbunătățire.

Creșterea rezistenței pe con R_p în terenul îmbunătățit față de rezistența R_p în terenul natural, indică sporirea capacității portante datorită modificării caracteristicilor geotehnice ale terenului.

Verificarea calității lucrărilor de îmbunătățire se poate face prin compararea valorilor R_p cu cele obținute în cadrul lucrărilor de compactare experimentală pe baza cărora se întocmesc diagramele etalon.

3. ÎNCERCAREA DE PENETRARE DINAMICĂ CU CON

Aparatura

3.1. Penetrometrul dinamic ușor cu acționare manuală, *PDU* (fig. 6) are următoarele părți principale:

— dispozitivul de batere;
— coloana de tije;
— vîrful conic.

Dispozitivul de batere (fig. 6a) constă din: berbec (*1*), nicovală (2), tija de ghidaj(*3*) și limitator de cursă (*4*), cu care se fixează înălțimea de cădere a berbecului.

Coloana de tije (*5*) se realizează din tronsoane de țevi de oțel superior de 1,0 m lungime îmbinate de regulă prin înfiletare, îmbinate care trebuie astfel realizată încît să reziste la șoc. Peretele țevii trebuie să fie suficient de gros pentru a prelua în condiții bune sarcinile dinamice și pentru a permite executarea filetului.

La primul tronson de tije este montat conul de penetrare (6) (fig. 6, detaliul A).

Penetrometrul se echipează cu o placă de bază (7) prevăzută în partea centrală cu un cilindru de ghidaj, avînd înălțimea de minimum 20 cm, prin care trece tija penetrometrului. Rolul plăcii de bază este de a asigura verticalitatea penetrometrului.

Pentru înregistrarea numărului de lovituri la înaintarea conului cu adîncimea constantă „*z*", pe tije sînt marcate repere la echidistanțe „*z*" în același scop, în placa de bază se poate înfileta o tijă gradată la echidistanțe „*z*" (*11*), penetrometrul fiind prevăzut în acest caz cu un ac indicator (*12*).

Extractorul pentru recuperarea coloanei de tije (fig. 6.b), caracterizat prin prinderea tijelor într-o singură direcție (de jos în sus), este format din dispozitivul de prindere cu bile (*8*), corpul propriu-zis al extractorului (*9*) și pîrghia de acționare (*10*).

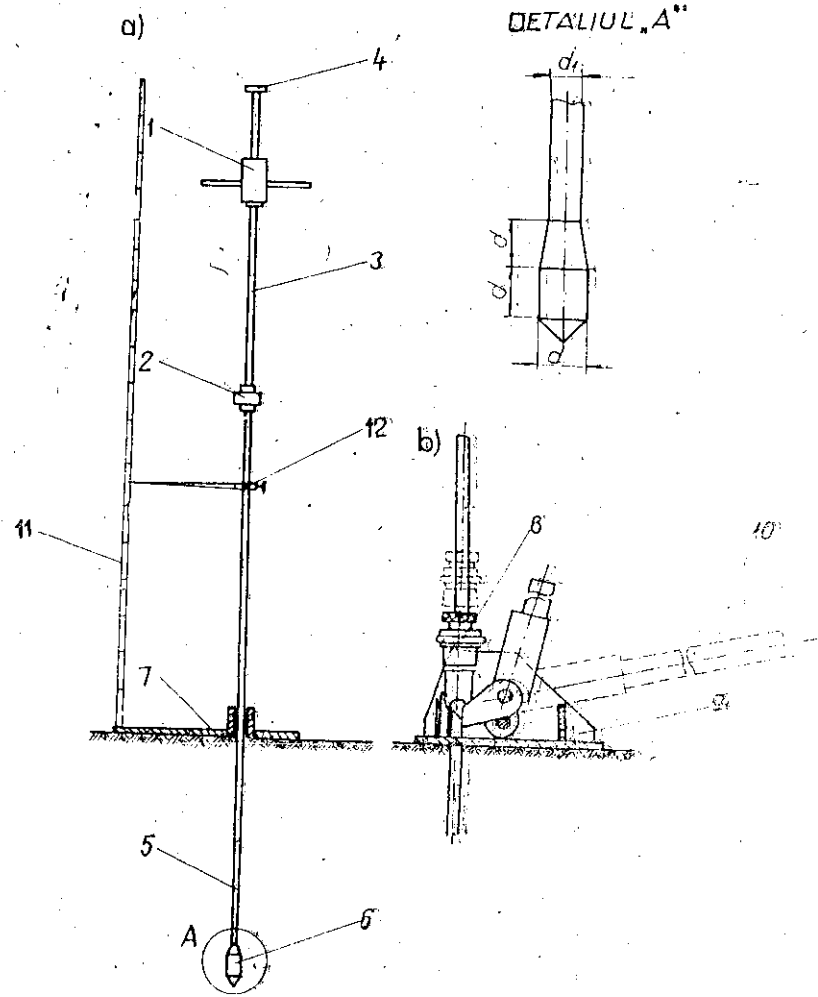


Fig. 6

3.2. Penetrometrul dinamic mijlociu și greu cu acționare mecanică *PDM-G* prezentat în figura 7 poate fi antrenat cu motor termic sau motor electric (pentru cazul în care pe amplasamentul respectiv există surse de energie electrică), trecerea de la o acționare la alta realizîndu-se prin schimbarea curelelor trapezoidale care fac legătura între reductor și motorul de antrenare termic sau electric.

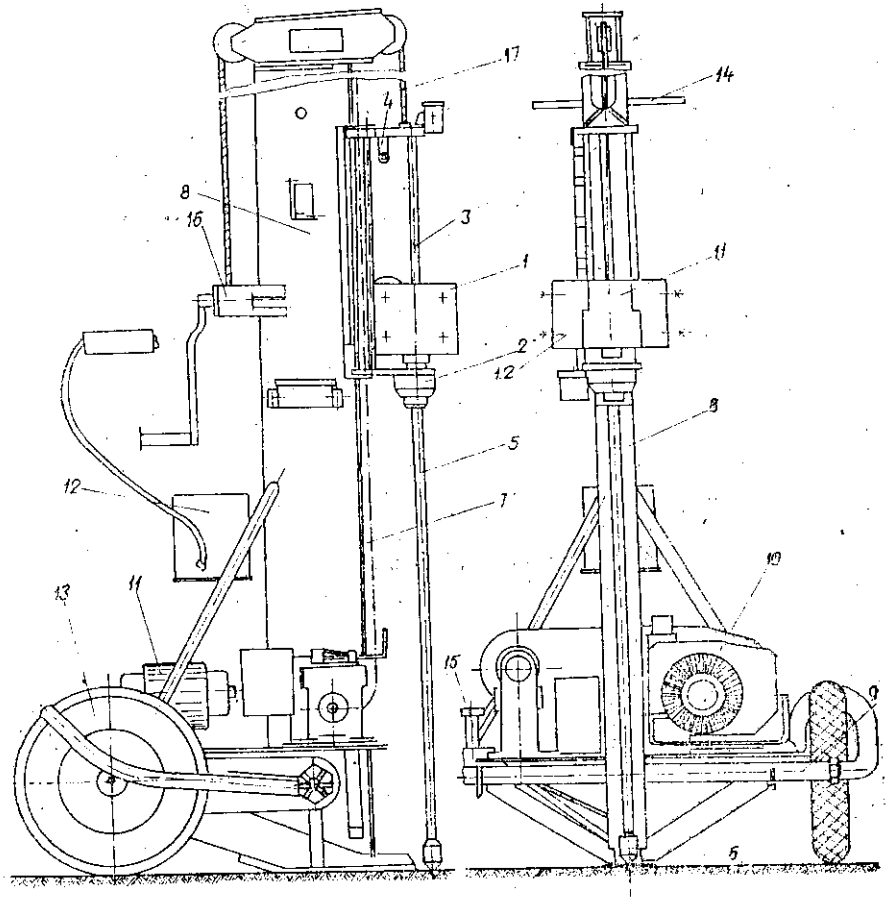


Fig. 7

Aparatul este conceput să poată lucra în două variante:
— penetrometru dinamic mijlociu (*PDM*),
— penetrometru dinamic greu (*PDG*).

Trecerea de la o variantă la cealaltă se face prin adăugarea sau îndepărtarea a două greutăți adiționale la berbecul corespunzător penetrometrului mijlociu.

Părțile principale ale penetrometrului dinamic cu acționare mecanică sînt similare cu cele ale penetrometrului *PDU* la care se mai adaugă:

— catargul metalic (*8*) care ghidează dispozitivul de batere, susține lanțul de antrenare (*7*) a berbecului și asigură verticalitatea aparatului în timpul efectuării sondajului de penetrare;

— talpa de rezemare (*9*) alcătuită din profile metalice, constituie suportul pentru catarg și pe ca sînt fixate motoarele de acționare, precum și cele două roți prin care se asigură transportul și calarea verticală a aparatului;

— motorul termic (*10*) de tip METROM Brașov AI-75-B;

— motor electric (*11*) de tip ELECTROMOTOR-Timișoara 33-Ba×l', 1×3000 A;

— instalația de înregistrare a numărului de lovituri (*12*) care este alimentată de la rețea în cazul utilizării motorului electric sau de la o sursă de baterii în cazul acționării termice.

Penetrometrul dinamic cu acționare mecanică, în varianta *PDG*, produs de IMEC București este prevăzut numai cu motor termic, care acționează un ansamblu hidraulic ce antrenează lanțul de ridicare a berbecului.

3.3. Caracteristicile principale ale celor trei tipuri de penetrometre descrise la punctele 3.1 și 3.2 sînt prezentate în tabelul 4.

Efectuarea încercării de penetrare dinamică

3.4. Încercarea începe în general de la suprafața terenului, mai rar de la talpa săpăturii de fundație sau de la pardoseala subsolului, în funcție de scopul pentru care se execută cercetarea (prospectarea, verificarea rezistenței terenului de fundare în groapa de fundație sau în subsolul unei construcții existente).

Tabelul 4

PRINCIPALELE CARACTERISTICI ALE PENETROMETRELOR DINAMICE CU CON FOLOSITE ÎN ROMANIA

Tipul penetrometrului	Simbol	Conul			Tija	Berbecul	
		Diam. d mm	Sect. A cm²	Unghi la vîrf grade	Diam. d_1 mm	Masa M_1 kg	Înălț. de cădere h cm
Ușor	PDU	35,6	10	90	22	10	50
Mijlociu	PDM	43,7	15	90	32	35	50
Greu	PDG	43,7	15	90	32	50	50

Încercarea se poate executa și în gaura de foraj, penetrarea efectuîndu-se sub cota la care s-a oprit forajul. Este indicat ca forajul să fie tubat iar diametrul să permită introducerea penetrometrului chiar și în cazul unor eventuale abateri ale axei forajului față de verticală.

Efectuarea încercării de penetrare dinamică cu con comportă următoarele operații:

a) Pregătirea încercării de penetrare, care constă în:

— nivelarea (orizontalizarea) terenului pe o suprafață de cca. 1,0 m² în zona de încercare;

— pichetarea punctelor unde urmează a se efectua sondajele de penetrare și apoi aducerea în poziția de lucru a aparatului;

În cazul *PDU*, pentru asigurarea verticalității sondajului de penetrare, se așează la nivelul terenului placa de bază (7) (fig. 6), prima tijă introducîndu-se de la partea inferioară a acesteia.

În cazul *PDM-G* cu acționare mecanică, aparatul trebuie pregătit pentru varianta solicitată și pentru transportul la locul de efectuare a încercării.

Penetrometrul are din construcție montat berbecul pentru varianta *PDM*; pentru a trece la varianta *PDG* se montează cele două greutăți adiționale care se fixează cu ajutorul a două șuruburi.

Pregătirea aparatului pentru deplasare se face prin înclinare acestuia spre spate pînă se sprijină numai pe cele două roți pe pneuri (*13*), folosind în acest scop cele două mînere (*14*) plasate la partea superioară a catargului (fig. 7).

La punctul de lucru se realizează operația de calare prin acționarea rozetelor (*15*).

b) Efectuarea încercării propriu-zise constă din:

— aplicarea loviturilor cu frecvența de 15—30 lovituri pe minut prin căderea liberă a berbecului, de la înălțime constantă, pe nicovala aparatului. Ridicarea berbecului se face manual, pînă în dreptul limitatorului de cursă, la *PDU* și cu ajutorul lanțului cu eclise pînă la atingerea declanșatorului automat, la *PDM-G*;

— înregistrarea numărului de lovituri necesare pentru înaintarea conului cu 10 sau 200 cm. Se poate înregistra și adîncimea de înfigere sub un număr constant de lovituri;

— prelungirea coloanei de tije pe măsura înfigerii conului penetrometrului în teren, prin introducerea a cîte un tronson de tije, între nicovală și tija parțial înfiptă în teren.

c) Extragerea echipamentului de sondare constă din:

— desfacerea legăturii dintre ultima tijă înfiptă în teren și nicovala penetrometrului;

— îndepărtarea penetrometrului;

— estragerea din teren a coloanei de tije a penetrometrului cu ajutorul extractorului manual (fig. 6,b) sau a extractorului hidraulic în varianta utilizării unui motor hidraulic;

— demontarea tijelor pe măsura extragerii lor din teren;

— curățirea și conservarea tijelor (în special a filetelor de îmbinare).

Prelucrarea și interpretarea rezultatelor

8.5. Datele încercării de penetrare dinamică cu con (numărul de lovituri „N_z" necesar pentru parcurgerea unei adîncimi „z" de către conul de penetrare) se înregistrează în fișa din ANEXA VIII. În coloana „Observații" se vor nota în mod obligatoriu, durata întreruperilor sau alte evenimente care pot modifica rezistența la penetrare.

Pe baza datelor înscrise în coloana 2 a fișei de înregistrare a datelor (ANEXA VIII) se întocmește diagrama de penetrare (ANEXA IX,) în care pe abscisă se trece numărul de lovituri „N_z" („z" fiind 10 sau 20 cm), iar pe ordonată adîncimea în metri. În stînga diagramei se reprezintă stratificația terenului.

În funcție de pătrunderea penetrometrului sub o lovitură a berbecului se determină rezistența la penetrare dinamică pe con R_d, care reprezintă rezistența opusă de teren la înaintarea conului de penetrare sub acțiunea lucrului mecanic constant realizat prin căderea berbecului. Se calculează cu relația:

$$R_d = \frac{1}{A} \cdot \frac{G_1{}^2 h}{e(G_1 + G_2)} \quad \text{kPa} \qquad (10)$$

unde:

G_1 este greutatea berbecului (kN);

G_2 — greutatea tijelor (inclusiv nicovala, tija de ghidaj și con) la adîncimea respectivă (kN);

h — înălțimea de cădere a berbecului (m);

e — pătrunderea conului sub o singură lovitură (m);

A — aria secțiunii transversale a conului (m²).

Diagrama de variație a rezistenței dinamice se poate reprezenta prin suprapunere peste diagrama de penetrare notînd pe abscisă valorile R_d.

Rezultatele sondajelor de penetrare dinamică pot fi utilizate sub aspect calitativ sau cantitativ conform celor prezentate în capitolul 1, punctele 1.11 ... 1.14.

3.6. Datele obținute prin sondaje de penetrare dinamică cu con efectuate în cadrul lucrărilor de cercetare a unui amplasament permit reducerea cantitativă a lucrărilor clasice de investigație. Diagrama obținută pe baza datelor sondajelor de penetrare, efectuate într-un punct al amplasamentului se compară cu diagrama de penetrare etalon stabilit conform pct. 1.9. În cazul în care cele două diagrame au alura asemănătoare, semnalîndu-se diferențe nesemnificative între numărul de lovituri „N_z", penetrarea efectuată în punctul respectiv poate înlocui forajul, deoarece terenul prezintă uniformitate.

Se va executa un nou foraj, acolo unde alura diagramei diferă de cea a diagramei etalon.

3.7. Penetrarea dinamică cu con fiind o metodă de investigație continuă, permite detectarea și controlul stratificației terenului de fundare, deoarece rezistența la penetrare pe vîrf, exprimată prin numărul de lovituri „N_z", variază în funcție de natura terenului. Prin această metodă pot fi sesizate chiar și intercalațiile subțiri, care se diferențiază de pachetul în care se găsesc.

La stabilirea diferitelor orizonturi litologice, trebuie să se țină seama de influența alternanței straturilor (pct. 1.17.d). În cazul în care diagrama de penetrare nu delimitează chiar orizonturile litologice sau cînd apar neconcordanțe cu stratificația din forajul de referință, se recomandă utilizarea diagramei integrale sau diferențiale (fig. 8).

Diagrama integrală reprezintă variația numărului de lovituri însumat (ΣN_z) cu adîncimea. Diagrama prezintă puncte de frîngere între care se acceptă o variație liniară (fig. 8b).

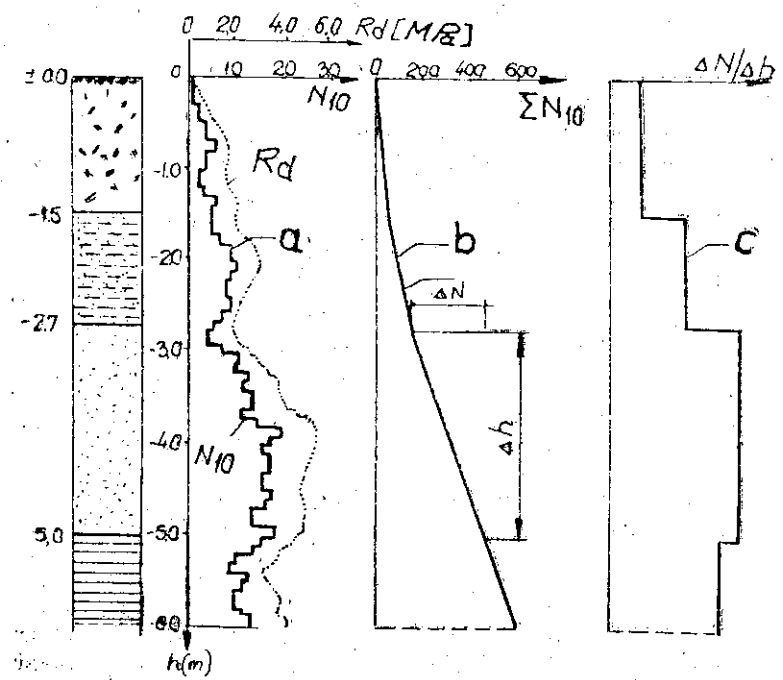


Fig. 8

Diagrama diferențială (fig. 8c) reprezintă variația $\Delta N/\Delta h$ cu adîncimea.

Punctele de frîngere (de schimbare de pantă) în diagrama integrală și salturile din cea diferențială, indică cota delimitării dintre straturile cu caracteristici diferite.

Pe baza penetrărilor și a unui număr limitat de foraje se pot întocmi profile litologice sau bloc diagrame, din care să rezulte grosimea diferitelor straturi, adîncimea la care se găsesc straturile de portanță ridicată, gradul de uniformitate litologică pe suprafața unui

3.8. În cazul unor depozite naturale de pămînturi nisipoase se poate efectua, prin metoda penetrării, verificarea uniformității îndesării, prin executarea unor sondaje de penetrare în diferite puncte ale amplasamentului. Pe verticala penetrărilor dispuse după diferite profile se reprezintă curbele de egal număr de lovituri obținute prin unirea absciselor egale din diagramele integrale.

Curbele care se mențin aproximativ echidistante și paralele cu suprafața terenului, pun în evidență îndesarea uniformă pe zona respectivă și în adîncime. În zona în care curbele se apropie, se semnalează creșterea gradului de îndesare a terenului, respectiv acolo unde se îndepărtează, scăderea lui (ANEXA XI.c).

Pentru verificarea capacității rambleurilor sau a pernelor din materiale granulare (pămînt, balast, zgură etc.) se procedează conform celor prezentate la punctul 2.9.

Gradul de îndesare a nisipurilor mijlocii și fine din depozite naturale sau rambleuri se poate aprecia orientativ în funcție de numărul de lovituri „N_{10}" corespunzător penetrometrului dinamic ușor, cu relația:

$$\lg I_D\% = 0{,}554 \lg N_{10\text{-}PDU} + 0{,}98 \qquad (11)$$

reprezentată prin diagrama din figura 9.

Greutatea volumică în stare uscată „γ_d", indicele porilor „e" și modulul de deformație edometric „$M_{2\text{-}3}$" pentru nisipuri se pot aprecia cu relațiile date la punctul 2.6, utilizînd în acest scop rezistența la penetrare statică pe con „R_p", determinată cu relațiile:

— pentru nisipuri mijlocii și fine, în cazul utilizării penetrometrului dinamic ușor,

$$R_p = 0{,}203\ N_{10\text{-}PDU}\ \text{MPa} \qquad (12)$$

— pentru nisipuri fine, în cazul utilizării penetrometrului dinamic greu,

$$R_p = 0{,}28\ N_{20\text{-}PDG}\ \text{MPa} \qquad (13)$$

— pentru nisipuri medii și grosiere, în cazul utilizării penetrometrului dinamic greu,

$$R_p = 0{,}66\ N_{20\text{-}PDG}\ \text{MPa} \qquad (14)$$

Relațiile 11 ... 14 sînt valabile pentru penetrometrele cu caracteristicile prezentate în tabelul 4. De asemenea N_{10}, respectiv N_{20} reprezintă valoarea corectată a numărului de lovituri în funcție de factorii de influență prezentați la punctele 1,17 și 1.18. Pînă la adîncimi de 3,0 .. 4,0 m se pot utiliza valorile N_z înregistrate (necorectate), după depășirea adîncimii critice (pct. 1.17. f).

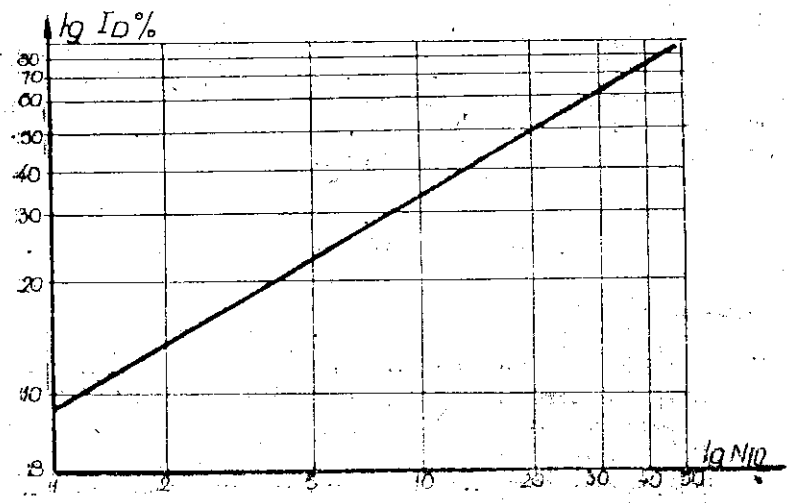


Fig. 9

3.9. Penetrarea dinamică cu con se poate utiliza pentru verificarea calității lucrărilor de îmbunătățire ale terenurilor slabe de fundare (necoezive sau slab coezive) și pentru stabilirea adîncimii pînă la care se manifestă efectul acestor lucrări, principiul verificării fiind cel prezentat la punctul 2.10.

3.10. Pentru identificarea pămînturilor sensibile la umezire diagramele obținute pe baza sondajelor de penetrare efectuate în terenuri cu umiditate naturală se compară cu diagramele de penetrare obținute în terenul umezit în adîncime cu ajutorul unor puțuri-dren. Reducerea pronunțată a numărului de lovituri semnalează evident sensibilitatea terenului la umezire.

3.11. Metoda penetrării dinamice cu con poate da informații asupra fișei necesare și capacității portante a piloților. În acest sens în vecinătatea piloților încercați în conformitate cu STAS 2561/2-81 „Fundații pe piloți. Încercarea în teren a piloților de probă și din fundații", se execută sondaje de penetrare pe baza cărora se construiesc diagrame etalon cu care se compară diagramele obținute din sondajele de penetrare efectuate lîngă piloții a căror capacitate portantă se impune a fi evaluată. Diferențe evidente între diagrama de penetrare executată lîngă un pilot de pe amplasament și diagrama etalon vor semnala modificări ale capacității portante care impun, de regulă, efectuarea unor încercări de probă.

Pe baza datelor penetrării dinamice se poate determina capacitatea portantă a unui pilot izolat prin utilizarea relației (9) corespunzătoare penetrării statice, cap. 2 punctul 2.8. Rezistența la penetrare statică „R_p" necesară calculului capacității portante, se determină cu relațiile 12 ... 14 d: la punctul 3.8.

4. ÎNCERCAREA DE VIBROPENETRARE

Aparatura

4.1. Părțile principale ale instalației de vibropenetrare sînt:
— instalația mobilă de vibrare;
— coloana de tije;
— vîrful conic;
— dispozitivele electronice și mecanice de măsurare a parametrilor de vibroînfigere.

a) Instalația mobilă de vibrare se compune din următoarele elemente principale:
— vibroregenerator cu mase excentrice;
— motor electric de acționare a vibrogeneratorului;
— cadru metalic al vibrogeneratorului;
— grindă pentru ghidarea cadrului vibratorului;
— troliu cu cablu și scripete fix pentru manevrarea pe verticală a cadrului, împreună cu vibrogeneratorul;
— platforma mobilă pentru deplasarea instalației.

b) Coloana de tije tubulare se realizează din tronsoane de țevi de oțel cu diametrul 22 mm și lungimea de 1 m, îmbinate prin înfiletare. Ansamblul de tije este prins rigid de vibrator.

c) Vîrful conic are diametrul $d = 3{,}60$ cm, suprafața bazei $A = 10$ cm², unghiul la vîrf $\alpha = 90°$.

d) Echipamentul de măsurare a parametrilor de înfigere este format din elemente mecanice și electrice prezentat în schema bloc din fig. 10.

Dispozitivul mecano-electric (*1*) are rolul de măsurare a deplasării în jos a cadrului vibratorului și implicit a coloanei de tije cu vîrful conic. Acest dispozitiv este montat lateral grinzii de ghidare a instalației mobile de vibrare iar subansamblurile componente ale acestui dispozitiv sînt prezentate în fig. 11.

Discul cu came (*4*) al dispozitivului mecano-electric are forma unui poligon convex și este pus în mișcare de rotație numai la deplasarea în jos a cadrului vibratorului. La o rotație completă a discului, deplasarea verticală a coloanei de tije este Δh și se realizează un număr prestabilit „n" de acționări asupra întreru-

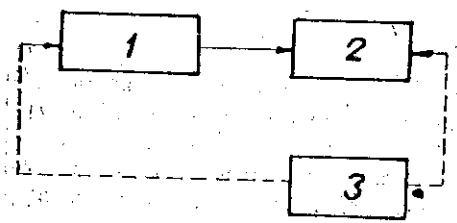
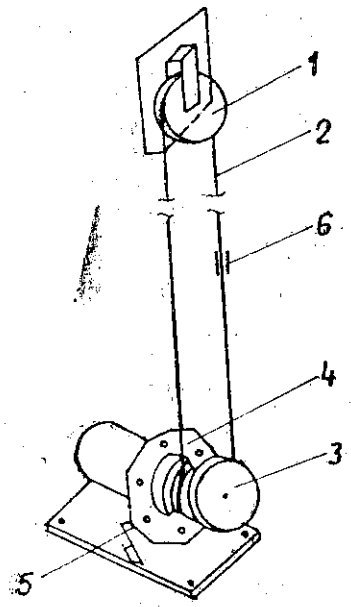
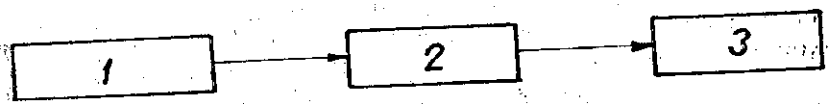


Fig. 10



1. Rolă
2. Cablu inextensibil
3. Tambur
4. Disc cu came
5. Intrerupător electric
6. Bridă

Fig. 11



1. Captator cu traductor rezistiv
2. Punte tensiometrică
3. Inregistrator TSS

Fig. 12

pătorului (5) sub forma unor semnale treaptă a căror lungime în timp este funcție directă de viteza de rotație a discului cu came (4) și implicit de viteza de deplasare a coloanei de tije.

Deoarece, în încercarea vibrodinamică, înregistrarea forței dinamice de răspuns a terenului pe vîrful conic este opțională, pentru acest scop se folosește echipamentul a cărui schemă bloc este prezentată în figura 12.

Modul de efectuare a încercării de vibropenetrare

4.2. Încercarea începe în general, de la suprafața terenului și mai rar de la talpa săpăturii de fundație sau de la pardoseala subsolului, în funcție de scopul pentru care se execută cercetarea (prospectarea, verificarea rezistenței terenului de fundare etc.).

Efectuarea încercării de vibropenetrare constă în următoarele faze:

— lucrări pregătitoare;
— efectuarea încercării propriu-zise;
— extragerea coloanei de tije.

a) Lucrările pregătitoare constau în nivelarea (orizontalizarea) terenului în zona de încercare, pichetarea punctelor unde urmează să se facă sondaje de vibropenetrare, pregătirea instalației de vibropenetrare. Pregătirea instalației de vibropenetrare presupune următoarele operații:

— verificarea rezervei de hîrtie și indigou a înregistratorului și a mecanismului de antrenare a hîrtiei pentru a nu fi blocat;
— aducerea în poziția dorită a schimbătorului vitezei de derulare a hîrtiei (de preferat pentru prima tijă poziția maximă 50 mm/s).
— verificarea acului înregistrator să nu fie agățat de cel al bazei de timp;
— conectarea înregistratorului la sursa de alimentare electrică (acumulator 12 V);
— racordarea microîntrerupătorului dispozitivului de măsurare a deplasării verticale la priza bazei de timp a înregistratorului;
— verificarea funcționării înregistratorului;

În cazul înregistrării forței dinamice pe vîrful conic se fac conexiunile cablului traductorului de forță la puntea tensometrică.

b) Efectuarea încercării propriu-zise:

— se montează prima tijă cu vîrful conic;
— se conectează înregistratorul și apoi motorul vibratorului prin releu, efectuînd înfigerea primei tije;
— după oprirea automată a motorului (prin limitatorul de cursă al cadrului) se oprește înregistratorul;

— se desprinde vibratorul de prima tijă, deplasîndu-l în sus prin intermediul troliului;

— se montează tija 2, 3... cu reluarea ciclurilor conectare-deconectare a înregistratorului și motorului electric.

c) Extragerea echipamentului de sondare constă din:

— deconectarea înregistratorului și desfacerea conexiunilor;

— extragerea tijelor din teren sub acțiunea concomitentă a vibrațiilor și forței statice realizate prin intermediul troliului;

— trecerea pe o nouă poziție de lucru.

La efectuarea încercărilor de vibropenetrare se vor respecta măsurile generale și specifice de protecții prevăzute în capitolul 5.

Prelucrarea și interpretarea rezultatelor

4.3. Înregistrarea datelor primare ale încercărilor de vibropenetrare; adîncimea de penetrare (h) și timpul corespunzător t (și opțional rezistența dinamică pe vîrful conic R_{dz}) se face grafic pe hîrtia înregistratorului rapid cu 2 peniță de tip TSS-102 sub forma unor semnale treaptă pentru adîncimea de penetrare, respectiv sub forma unei vibrograme pentru forța dinamică (fig. 13.)

4.4. Prelucrarea datelor primare, pe baza înregistrărilor grafice constă în determinarea timpului și a vitezei de vibropenetrare pe echidistanța „z" a cărei mărime se stabilește de către specialistul care efectuează cercetarea.

Echidistanța z se stabilește astfel încît să fie un multiplu sau un submultiplu a lui Δh, care este deplasarea pe verticală a coloanei de tije corespunzătoare unei rotații complete a discului

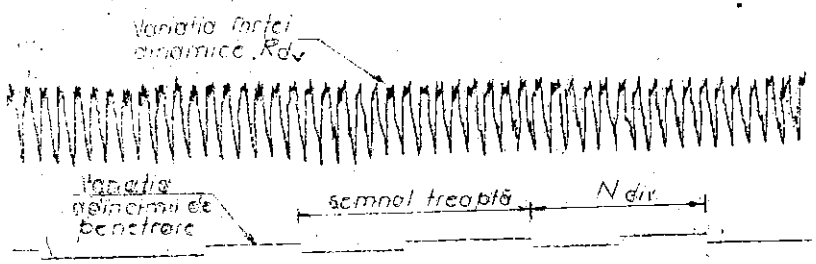


Fig. 13

cu came (4) (fig. 12). În acest fel echidistanța z corespunde la n semnale treaptă (n-nr. de vîrfuri ale discului 4) sau a unui multiplu (sau submultiplu) de n. Viteza medie de pătrundere a coloanei de tije (v_z) pe echidistanța „z" se determină cu relația:

$$v_z = \frac{z}{t} \tag{15}$$

Timpul „t" de pătrundere a coloanei pe echidistanța „z" se determină direct pe hîrtia înregistratorului, fiind funcție de viteza de antrenare a hîrtiei acestuia.

Datele primare și cele rezultate pe baza prelucrării acestora se prezintă tabelar (ANEXA XII), și sub forma unor diagrame ale vitezelor medii de vibropenetrare (ANEXA XIII).

4.5. În prelucrările de interes geotehnic se recomandă utilizarea funcțiilor următoare:

— pentru viteza de penetrare

$$v_h = \alpha \cdot e^{-\beta h} \tag{16}$$

— pentru timpul de penetrare

$$t = t'_0 \cdot e^{\psi' h} \tag{17}$$

a cărei formă liniarizată este:

$$\ln t = \ln t'_0 + \beta' h \tag{18}$$

Parametrii formei liniarizate (t'_0, β') se determină aproximativ grafic ($\ln \Sigma t$; h) sau analitic prin metoda celor mai mici pătrate.

4.6. Datele obținute prin sondajele de penetrare pot servi la extrapolarea identificării litologice făcute prin foraje. În acest scop pe lîngă un foraj se efectuează un sondaj de vibropenetrare și se corelează datele furnizate de foraj cu variația vitezei de vibropenetrare pe adîncime. Acest sondaj se consideră o diagramă etalon. Diagramele de penetrare efectuate în diverse puncte ale amplasamentului se compară cu diagrama etalon. În cazul în care între acestea și diagrama etalon nu apar diferențe semnificative, se consideră că terenul are uniformitate nemaifiind necesare și alte foraje.

Se vor executa noi foraje numai în zonele în care alura diagramei de vibropenetrare diferă de cea a diagramei de penetrare etalon.

4.7. Vibropenetrarea permite detectarea și controlul stratificației terenului de fundare, deoarece rezistența de penetrare pe vîrf, exprimată prin viteza v_z, variază în funcție de natura terenului. Variațiile vitezelor medii v_z și a celor momentane v_h și schimbările de alură în diagrama de variație a acestora pe adîncime, pun în evidență orizonturile de separație dintre straturile litologice (vezi figurile XIV_1 și XIV_2 din ANEXA XIV).

4.8. Verificarea îndesării depozitelor naturale și a celor artificiale se poate efectua prin metoda vibropenetrării prin execuția unor sondaje în diferite puncte ale amplasamentului. Variația vitezei medii de penetrare v_z pe echidistanța z (de exemplu, 10 sau 20 cm) dă informații asupra uniformității îndesării. Variații mici ale vitezei de vibropenetrare indică o îndesare uniformă pe zona respectivă, în timp ce creșteri sau scăderi accentuate ale acesteia indică scăderea respectiv creșterea gradului de îndesare.

Pentru verificarea compactității rambleurilor sau pernelor din materiale granulare, se utilizează o diagramă etalon, obținută prin executarea unor vibropenetrări într-un material identic cu cel din care se execută rambleul (aceiași umiditate, granulometrie etc.) aflat într-o stare de îndesare impusă și controlată.

Prin compararea diagramei de vibropenetrare obținută în diverse puncte ale rambleului, cu diagrama etalon se evidențiază zonele slabe, insuficient compactate.

Evaluări orientative ale gradului de îndesare și a unor caracteristici geotehnice (γ_d, e, M_{2-3}) se pot face prin stabilirea unor corelații între încercarea de vibropenetrare și penetrarea statică sau dinamică cu con.

Parametrii pe baza cărora se fac corelările sînt v_z, viteza de pătrundere pe echidistanțe z de la vibropenetrare și R_p, rezistența pe con de la penetrarea statică, respectiv N_z, numărul de lovituri pentru pătrunderea coloanei de tije la penetrarea dinamică.

4.9. Încercarea de vibropenetrare poate fi folosită pentru verificarea calității lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe. În acest scop se execută două serii de sondaje de vibropenetrare: vibropenetrări martor în teren natural și vibropenetrări de control

în teren îmbunătățit. Se trasează diagramele de variație ale vitezei medii de vibropenetrare v pe adîncimea de vibropenetrare. La stabilirea numărului de sondaje de vibropenetrare se adoptă recomandările prevăzute la punctul 2.10.

Prin compararea diagramelor de vibropenetrare martor cu cele de control, se determină adîncimea pînă la care terenul a suferit modificări datorită lucrărilor de îmbunătățire. Scăderea vitezei medii de penetrare v_z în teren îmbunătățit comparativ cu cea în teren natural, indică sporirea capacității portante a terenului.

5. MĂSURI DE PROTECȚIA MUNCII

5.1. La efectuarea sondajelor de penetrare cu con, se vor respecta prevederile din:

— Norme republicane de protecția muncii, aprobate de Ministerul Muncii și Ministerul Sănătății cu Ordinul nr. 34/1975 și respectiv 60/1975.

— Normele de protecția muncii în activitatea de construcții montaj, aprobate de Ministerul Construcțiilor industriale cu ordinul nr. 1233/D-1980.

5.2. Pe lîngă prevederile din norme, se vor respecta și măsurile suplimentare de protecția muncii, specifice fiecărui tip de încercare de penetrare.

5.3. La penetrarea statică, în funcție de fazele de încercări se vor respecta:

a) La pregătirea încercării:

— Aparatura nu va fi adusă în poziție de lucru decît după nivelarea și orizontalizarea amplasamentului și înfigerea în teren a burghielor de ancorare;

— bascularea verinei se va face cu atenție; pe lîngă acționarea cu troliul ea va fi sprijinită și de un număr corespunzător de muncitori; înainte de începerea basculării se va verifica rotirea șuruburilor-bolț;

— cuplarea furtunurilor de presiune la grupul de pompare se va face cu atenție, asigurîndu-se o prindere corectă și numai

după o verificare prealabilă a stării acestora (prinderea pieselor de racordare, aspectul îmbrăcămintei etc.).

b) La efectuarea încercării propriu-zise:

— se va verifica în permanență calarea aparatului și fixarea acestuia de burghiele de ancorare;

— la apariția tendinței evidente de smulgere a burghielor, încercarea se va sista;

— maneta distribuitorului de presiune se va acționa doar după montarea unei noi tije și manta;

— funcționarea grupului de pompare va fi supravegheată continuu de un muncitor calificat, care va interveni imediat în cazul în care se observă apariția fenomenului de smulgere a burghielor sau în orice altă situație în care se consideră că ar fi periclitată buna funcționare a aparatului sau securitatea personalului de deservire.

c) La extragerea echipamentului de sondare:

— se vor respecta măsurile recomandate de efectuarea încercării,

— se va utiliza un dispozitiv de blocare a coloanei de tije pe durata demontării unui tronson și a remontării extractorului.

d) La pregătirea aparatului pentru transport:

— slăbirea șuruburilor-bolț în vederea basculării verinei la orizontală, se face numai după aducerea pistonului acesteia în poziția inferioară și prinderea ei de către un număr corespunzător de muncitori;

— decuplarea furtunurilor de presiune de la verină și de la grupul de pompare, se va face numai cînd grupul este oprit.

5.4. La penetrarea dinamică cu con se vor respecta și următoarele măsuri suplimentare:

a) La pregătirea încercării:

— aparatura nu va fi adusă în poziția de lucru decît după nivelarea terenului și orizontalizarea suprafeței pecare se așează placa de bază;

— se va ridica cu atenție în poziție verticală catargul PDM-G acesta trebuind să fie susținut de un număr corespunzător de muncitori;

b) La efectuarea încercării propriu-zise:

— se va verifica în permanență calarea aparatului;

— se va asigura la PDM-G fixarea la troliu a berbecului în timpul operațiilor de prelungire a coloanei de tije;

— sînt interzise intervenții asupra ansamblului berbec-nicovală-tijă în timpul funcționării aparatului, sau asupra altor piese în mișcare;

— se interzice punerea în funcțiune a penetrometrului cu acționare mecanică, fără apărătoare la dispozitivul de batere, curelele de transmisie și cupla electrică;

— la pornirea motorului termic deservantul va înfășura coect funia pe șaibă, astfel ca ea să se poată desprinde. Este inerzisă înfășurarea funiei pe mînă;

— la penetrometrul acționat cu motor hidraulic, se interzice cuplarea sau decuplarea furtunurilor de presiune în timpul funcționării motorului;

— la penetrometrele acționate cu motor electric, se interzic depanări ale instalației electrice cînd aceasta este sub tensiune;

— nu se vor efectua penetrări în medii explozive sau în puncte unde există gospodărie subterană (cabluri electrice, conducte de gaze, cabluri telefonice etc.).

c) La extragerea echipamentului de sondare:

— se vor demonta, la penetrometrul ușor, tija de ghidaj cu berbecul, după care se începe extragerea coloanei de tije;

— se va desface îmbinarea dintre nicovală și coloana de tije și se va îndepărta penetrometrul PDM-G, după care se recuperează coloana de tije;

— în vederea transportului, berbecul trebuie coborît la partea inferioară a penetrometrului și asigurat cu cîrligul său.

5.5. La încercările de vibropenetrare vor trebui luate următoarele măsuri suplimentare:

— aparatura nu va fi adusă în poziția de lucru decît după nivelarea terenului și orizontalizarea suprafeței;

— nu se pune în funcțiune instalația de vibropenetrare decît după ce toate legăturile electrice de racord la rețea și la aparatele de înregistrare a parametrilor au fost verificate;

— se interzice staționarea personalului lîngă instalație în timpul funcționării acesteia;

— se interzic depănări ale instalației în timpul funcționării și cînd aceasta este racordată la rețea;

— nu se vor efectua vibropenetrări în medii explozive sau în punctele în care există gospodărie subterană (cabluri electrice, conducte de gaz, cabluri telefonice etc.).

Unitatea
Șantierul

ANEXA I

Formular A
Comanda nr.

PENETRARE STATICĂ

Aparat nr. _____ Doza de presiune: _____

Nr. de tije înfipte	Adîncime (m)	Citiri doză presiune (bar) Con	Manta	Observații	Nr. de tije înfipte	Adîncime (m)	Citiri doză presiune (bar) Con	Manta	Observații
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	,00					,10			
	,10					,20			
	,20					,30			
	,30					,40			
	,40					,50			
	,50					,60			
	,60					,70			
	,70					,80			
	,80					,90			
	,90					,00			
	,00					,10			
	,10					,20			
	,20					,30			
	,30					,40			
	,40					,50			
	,50					,60			
	,60					,70			
	,70					,80			
	,80					,90			
	,90					,00			
	,00					,10			
	,10					,20			
	,20					,30			
	,30					,40			
	,40					,50			
	,50					,60			
	,60					,70			
	,70					,80			
	,80					,90			
	,90					,00			
	,00								

Lucrat de
Semnătura:

Vizat șef laborator:
Numele și prenumele
Semnătura:

ANEXA II
Formularul B

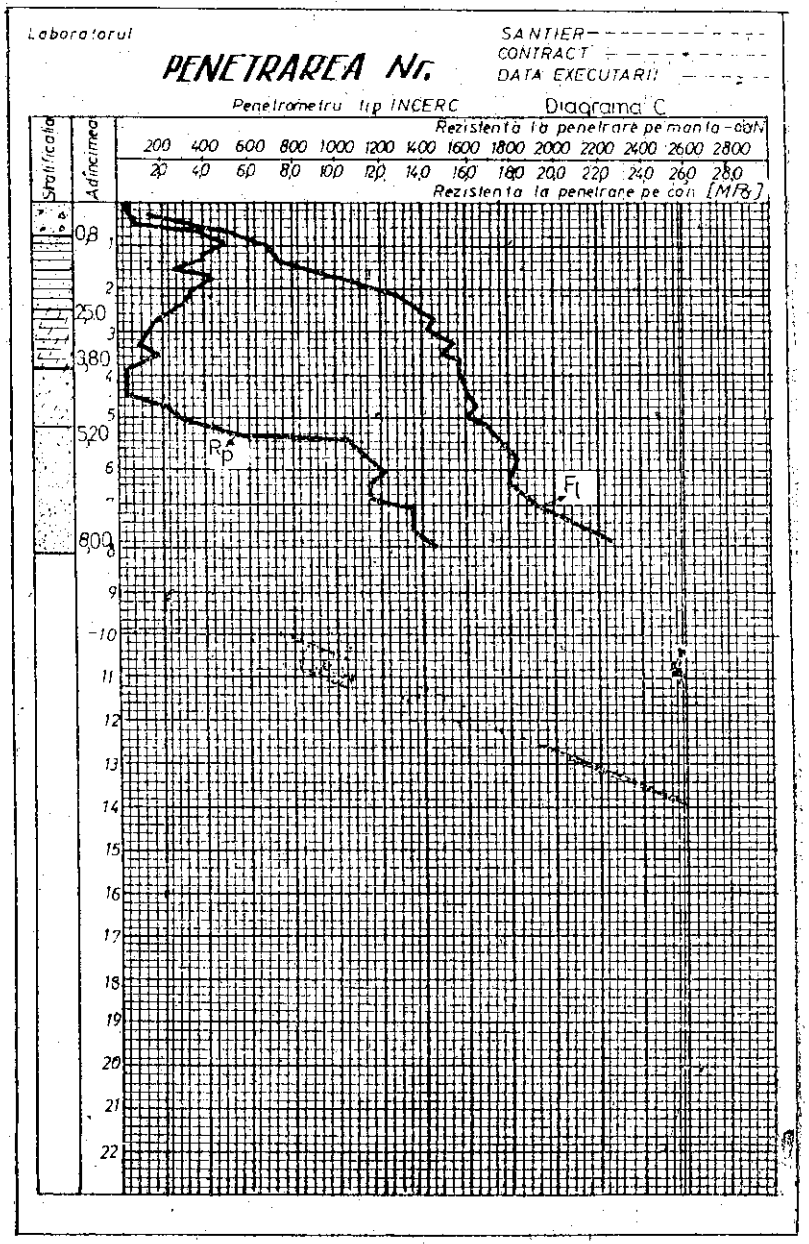
PENETRARE STATICĂ

P_S Nr.

$R_p = \frac{F_c + G_{ct}}{A}$ $\qquad F_l = F_t + G_m - F_c$

Sectiune, con. A =

Rezistenta la penetrare pe con R_p	Greutatea coloanei de tije G_{ct}	Forta de infigere a conului F_c	Citire doză presiune con	Adîncimea de penetrare	Citire doză presiune manta con	Forta totală de infigere F_t	Greutatea mantalei G_m	Forta de frecare pe manta F_l
8	6	4	2	1	3	5	7	9



ANEXA IV

SCHEMA LOGICĂ A PROGRAMULUI DE CALCUL PENTRU PRELUCRAREA DATELOR PENETRĂRII STATICE

Programul avînd schema logică din fig. IV/1 servește la prelucrarea datelor primare pentru un număr „NR" de sondaje de penetrare statică, pe baza relațiilor din prezentele instrucțiuni tehnice, în care pentru simplificare se utilizează notații simbolice.

Rezistența la penetrare pe con „R" și frecarea pe manta „F" se calculează cu relațiile:

$$R = \frac{PC(I) \times 10{,}3 + A(J)}{S} \qquad \text{IV.1}$$

$$F = PM(I) \times 39{,}0 - PC(I) \times 10{,}3 + B(J) \qquad \text{IV.2}$$

unde:

$PC(I)$ — presiunea doză con la nivelul I;

$PM(I)$ — presiunea doză manta + con la nivelul I;

$A(J)$ — greutatea coloanei de tije la nivelul J;

$B(J)$ — greutatea coloanei de tije cu manta la nivelul J;

S — suprafața conului de penetrare;

I — 1, L, reprezintă intervalele la care se înregistrează datele primare;

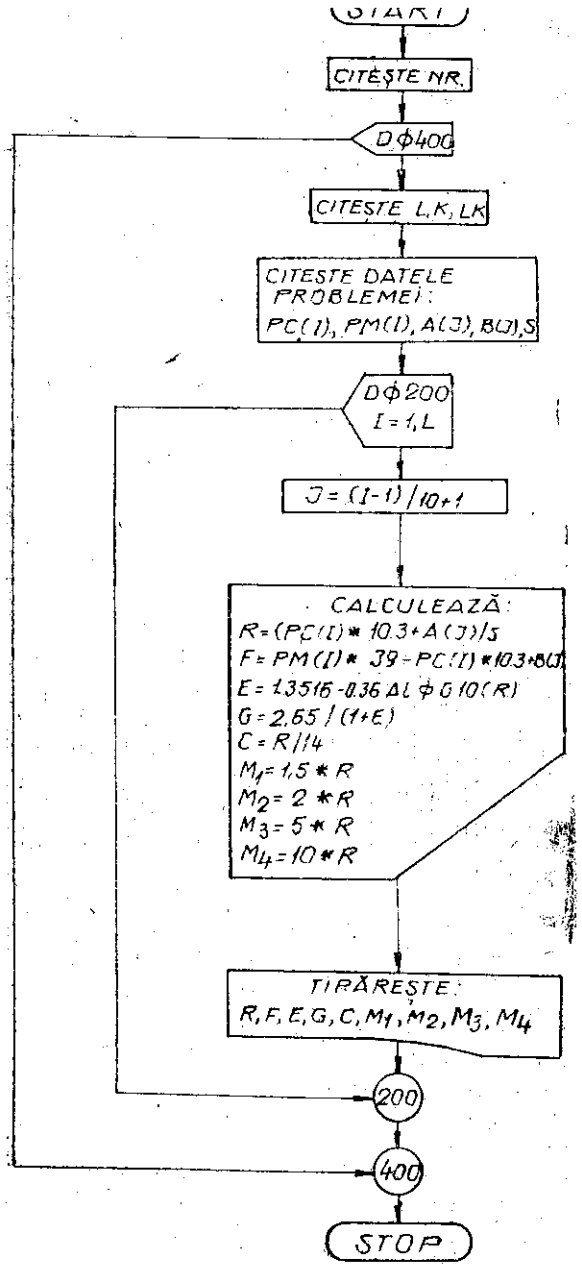
J = 1, K, reprezintă intervalele de 0,1 m la care se prelungesc tijele;

10,3 și 39,0 reprezintă valorile $tg\beta_1$ respectiv $tg\beta_2$ din graficele de etalonare a dozelor de presiune, fig. IV. 2 cu care este echipat penetrometrul static al I.P. „Traian Vuia" Timișoara.

La pămînturile nisipoase, cu valoarea rezistenței la penetrare pe con, se calculează indicele porilor „E" porozitatea „N" și greutatea volumică în stare uscată „G", pentru care s-a considerat greutatea specifică a scheletului $\gamma_s = 2{,}65$ cN/cm³.

În funcție de rezistența la penetrare se determină coeziunea „C" a argilelor moi, a mîlurilor etc., pentru care unghiul de frecare interioară este neglijabilă ($\varnothing \cong 0$).

În cadrul programului se calculează toate caracteristicile susmenționate, respectiv modul edometric pentru toți coeficienții α (rel. 5) urmînd ca la interpretarea rezultatelor, din „Tabelul valorilor calculate" să se utilizeze axele valori care sînt concludente pentru pămîntul în care s-a realizat sondajul de penetrare.



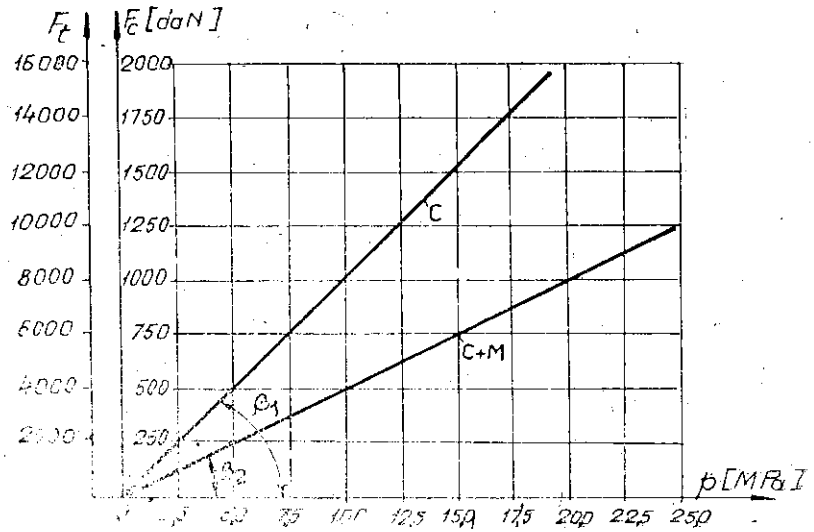
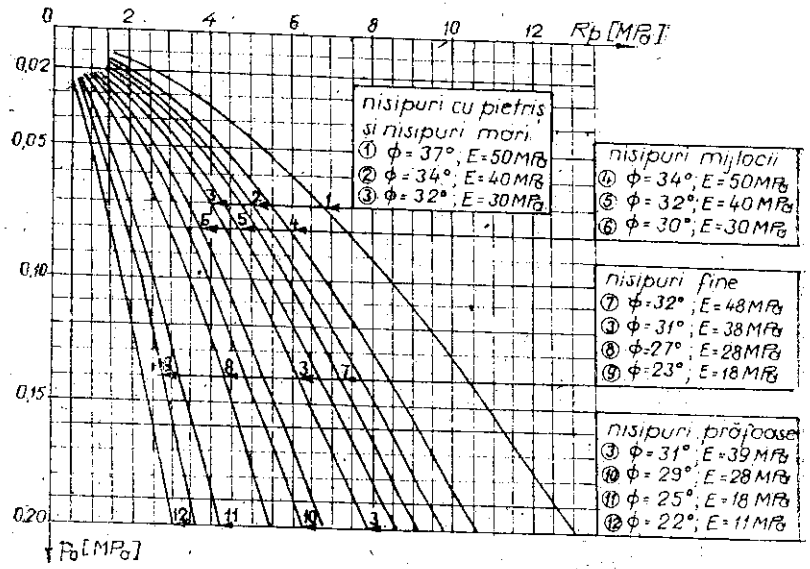


Fig. IV.2

ANEXA V. - *Determinarea valorilor E și φ STAS 3300/1-85 pe baza datelor de penetrare statică*



Presiunea de împingere în stare de repaus p_0, se calculează cu relația

$$p_0 = p_g K_0 = p_g \frac{\nu}{1-\nu} \qquad (V.1)$$

în care

p_g - presiunea geologică la nivelul conului, MPa;

ν - coeficientul deformației laterale

NOTĂ: Pentru nisipuri s-a adoptat $\nu = 0,30$ (conform STAS 3300/2-85)

ANEXA VI

VERIFICAREA COMPACTĂRII RAMBLEURILOR PRIN SONDAJE DE PENETRARE CU CON

Calitatea rambleurilor realizate în straturi succesive din pămînturi coezive, necoezive sau alte materiale granulare a căror particule nu depășesc 20 mm poate fi verificată prin sondaje de penetrare cu con (statică, dinamică, vibropenetrare) utilizînd în acest scop diagrame etalon obținute pe platformă experimentală cuprinsă în ampriza lucrării și realizată în paralel cu aceasta.

Verificarea compactării prin sondaje de penetrare este indicată la rambleuri concentrate (pe zone restrînse) sau de întindere mare, cu volumul peste 5.000 m³ și grosimea cel puțin 1 m.

Utilizarea sondajelor de penetrare la verificarea compactării rambleuri reduce volumul lucrărilor de control prin gradul de compactare sau gradul de îndesare determinate pe probe prelevate sau prin măsurători radiometrice, care se efectuează doar pe platforma experimentală și în număr minim în lucrare, conform prescripțiilor tehnice corespunzătoare specificului lucrării executate lucrări de îmbunătățire funciare, terasamente de cale ferată etc.).

Verificarea compactării fiecărui strat din care se execută rambleul se obține prin corelarea gradului de compactare sau a gradului de îndesare obținut pe un număr minim de probe prelevate sau verificate prin metode radiometrice, cu rezistența la penetrare obținută pe un număr minim de sondaje de penetrare dispuse în nodurile unei rețele și conduse pînă la adîncimea corespunzătoare diagramei etalon, stabilită pe baza sondajelor de penetrare de pe platforma experimentală. Calitatea compactării fiecărui strat rezultă din compararea diagramei de penetrare cu diagrama etalon corespunzătoare. Diagrama etalon stabilită pentru grosimea maximă a rambleului de pe platforma experimentală (2...3 m) permite verificarea unor rambleuri cu înălțimea nelimitată, prin dispunerea sondajelor de penetrare în alte puncte ale rețelei în conformitate cu o schemă stabilită de la începutul lucrării.

Verificarea compactării rambleurilor prin sondaje de penetrare cuprin de două faze:

— faza 1, stabilirea diagramelor de penetrare etalon prin sondaje de penetrare pe platforma experimentală, efectuată în paralel cu verificarea gradului de compactare, respectiv de îndesare pe probe, prelevate;

— faza 2, verificarea compactării rambleului din lucrarea propriuzisă

Cele două faze ale verificării compactării se expun pe baza unui exemplu

Faza 1.

Diagramele de penetrare etalon se stabilesc pe baza sondajelor de penetrare efectuate pe platforma experimentală. Numărul sondajelor de penetrare rezultă din raportul dintre adîncimea maximă pe care se execută sondajul de penetrare pe platforma experimentală și grosimea stratului de material după compactare.

La rambleuri cu înălțimea cuprinsă între 1 și 3 m platforma experimentală se menține pe toată grosimea rambleului, obținîndu-se cîte o diagramă de penetrare etalon pentru fiecare strat de material pus în lucrare (fig. VI.1 A...J).

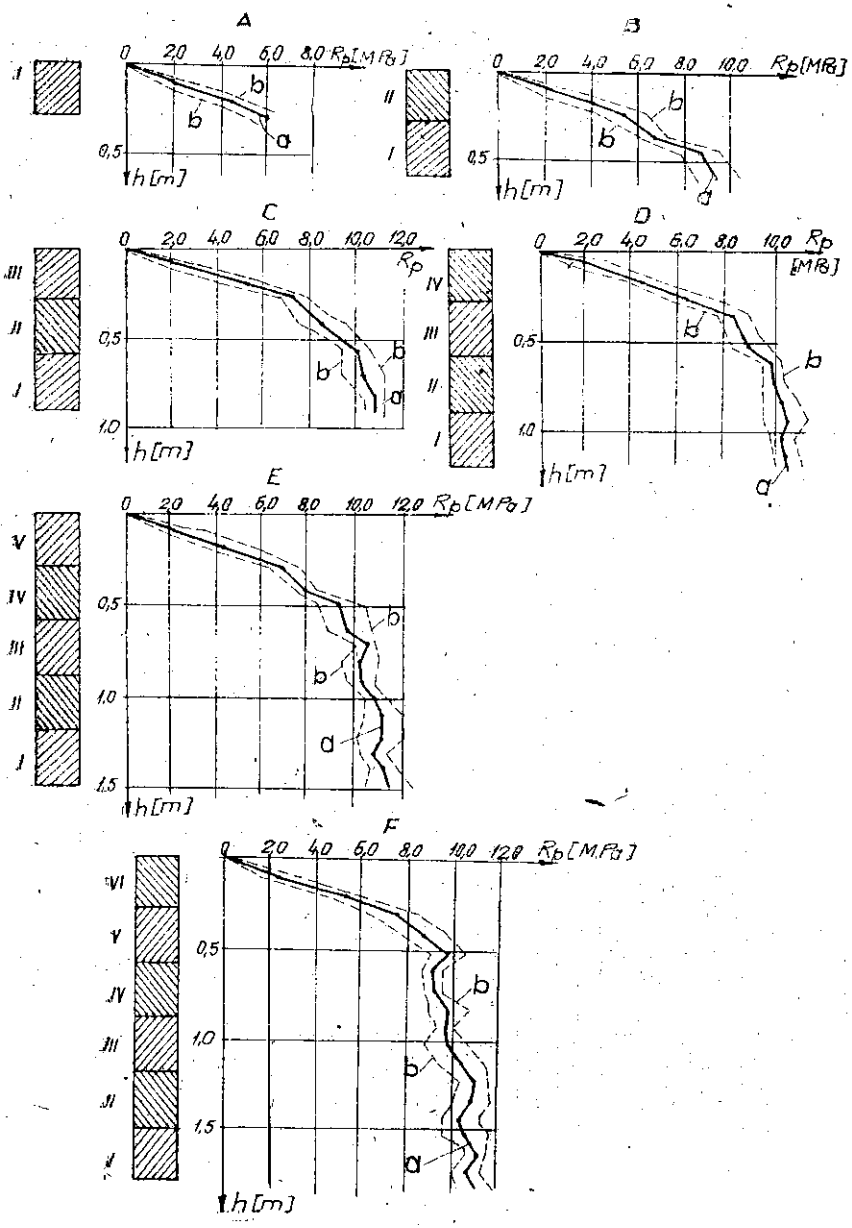


Fig. VI.1

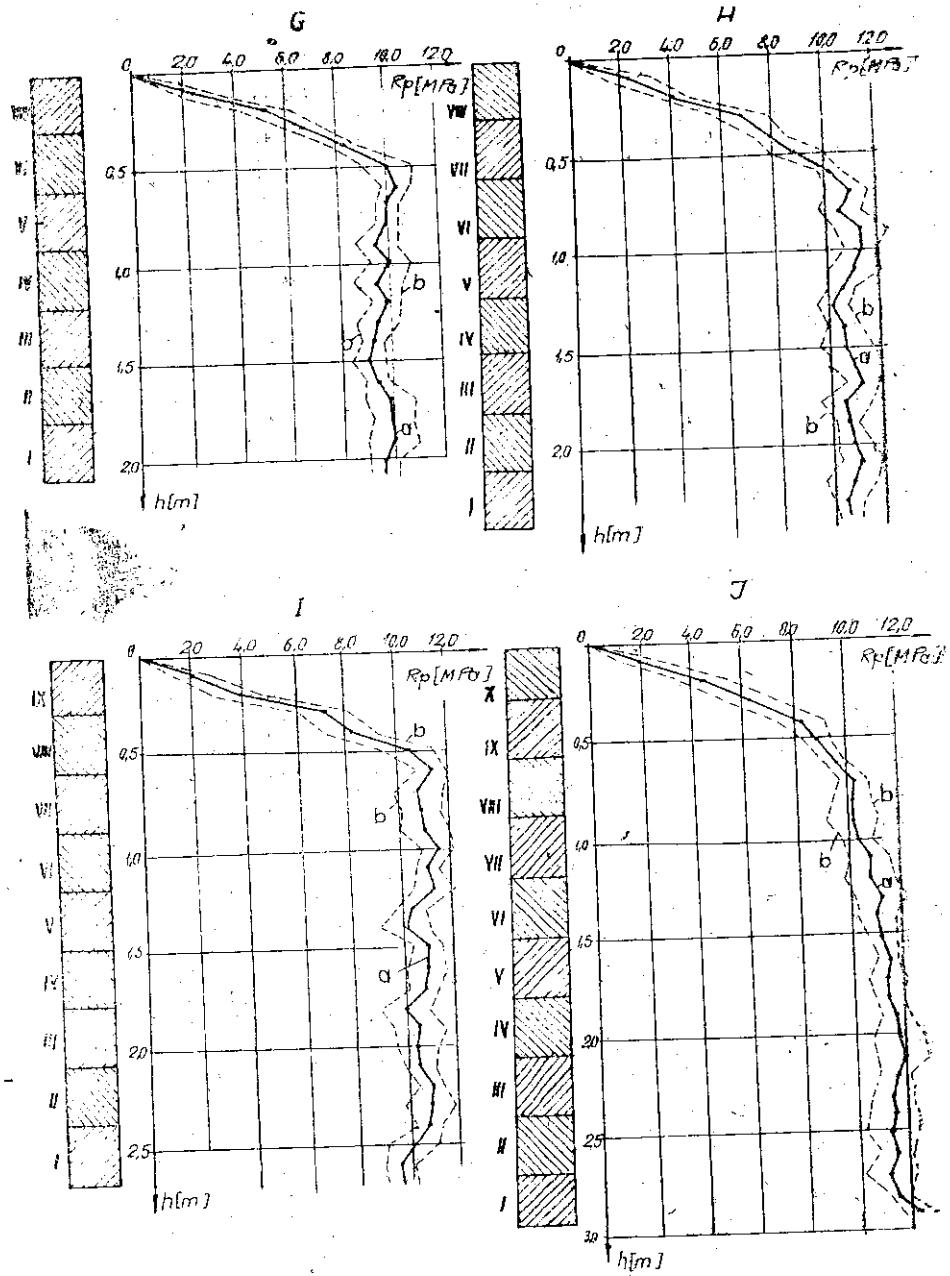


Fig. VI.1

La rambleuri cu înălțimea mai mare de 3 m, platforma experimentală se menține pe o grosime de rambleu identică cu adîncimea maximă pe care se execută sondaje de penetrare, cuprinsă între 2 la 3 m, ultima diagramă de penetrare obținută (fig. VI.1 J) fiind utilizată în continuare pentru verificarea compactării straturilor următoare.

Pentru obținerea diagramei etalon se execută minimum zece sondaje de penetrare pentru fiecare strat, dispuse pe cît posibil uniform pe suprafața platformei experimentale (fig. VI.2). Pentru mărirea preciziei, în funcție de importanța lucrării, numărul sondajelor de penetrare poate fi sporit.

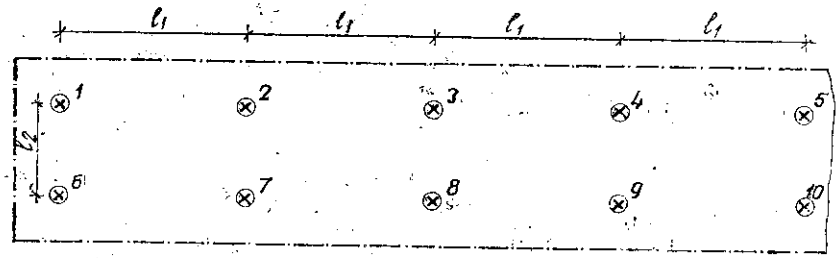


Fig. VI.2

În paralel cu sondajele de penetrare se verifică compactarea fiecărui strat de pe platforma experimentală pe probe prelevate din cel puțin trei puncte alese în vecinătatea sondajelor la care s-au înregistrat valorile cele mai scăzute ale rezistenței la penetrare. Dacă media valorilor și valoarea minimă corespunzătoare gradului de compactare, respectiv gradului de îndesare se înscriu în limitele admise de prescripțiile tehnice specifice lucrării executate, sondajele de penetrare respective se păstrează pentru calculul diagramei etalon. În caz contrar se renunță la aceste sondaje și se execută altele după compactarea suplimentară a stratului din zona respectivă.

Pe baza datelor din sondajele de penetrare se calculează:

— valorile medii ale rezistenței la penetrare la echidistanțe de 10 cm cu care se reprezintă diagrama medie de penetrare etalon (fig. VI.1 „diagrama a");

— abaterea medie pătratică pentru fiecare orizont (fig. VI.1. „diagrama b").

Faza 2

Verificarea compactării fiecărui strat de material pus în lucrare se face prin executarea unui număr minim de sondaje de penetrare, și prin verificarea gradului de compactare sau de îndesare pe un număr minim de probe prelevate stabilit de prescripțiile tehnice în vigoare, referitoare la verificarea compactării rambleurilor din diverse ramuri ale construcțiilor.

Sondajele de penetrare se execută în nodurile unei rețele, ca în exemplul din fig. VI.3, pe adîncimea corespunzătoare diagramei de penetrare etalon. La fiecare strat de material compactat sondajele de penetrare se execută în alte

puncte ale rețelei, astfel ca la realizarea unui număr de „n_s" straturi, egal cu raportul dintre lungimea maximă a diagramei etalon și grosimea unui strat după compactare, în toate nodurile rețelei să fie executate sondaje de penetrare. Cifrele romane din figura VI.3 indică poziția sondajelor de penetrare pentru situația în care $n_s = 10$.

La următoarele „n_s" straturi puse în lucrare, ciclul de sondaje de penetrare se repetă păstrînd aceeași ordine de efectuare a acestora, ceea ce permite

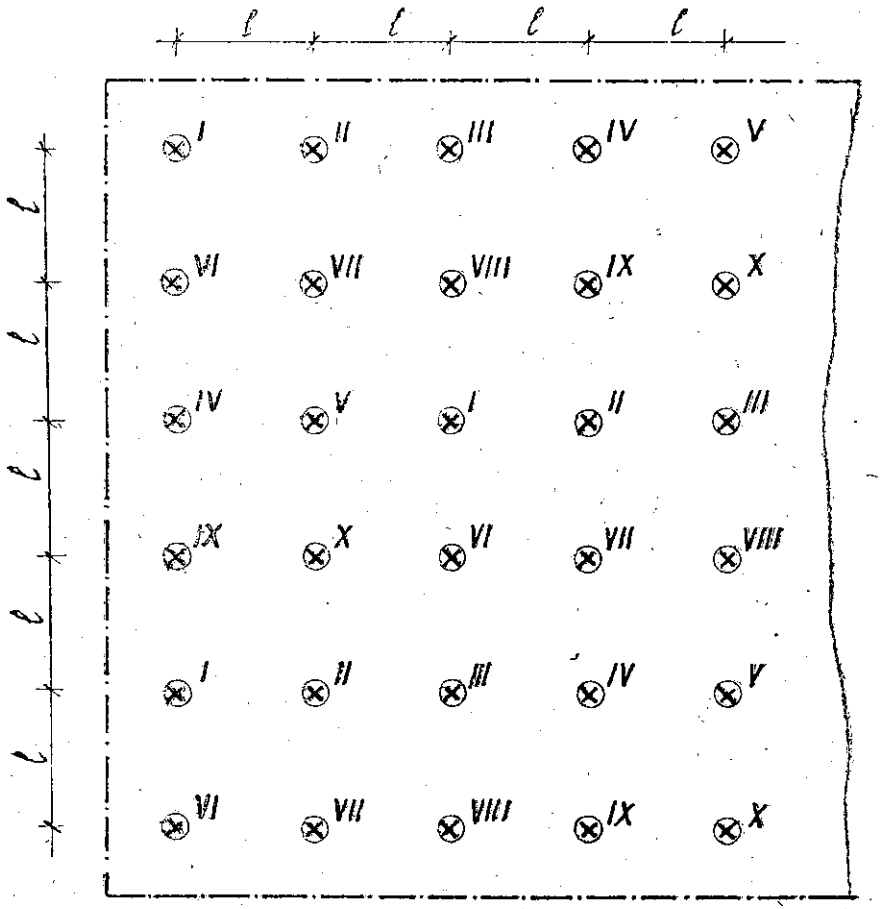


Fig. VI.3

ca în final, în toate punctele rețelei să existe diagrame de penetrare pe toată grosimea rambleului (fig. VI.4).

Compactarea fiecărui strat de pămînt și implicit a grosimii de rambleu corespunzătoare adîncimii pentru care s-a construit diagrama etalon se verifică prin compararea diagramelor de penetrare, efectuate de la nivelul stratului respectiv, cu diagrame etalon.

Diagrama de penetrare din care rezultă rezistențe mai scăzute decît cele corespunzătoare diagramei etalon, indică zona insuficient compactată. După compactarea suplimentară se execută un nou sondaj de penetrare.

Probele pentru stabilirea gradului de compactare sau de îndesare se prelevează din vecinătatea sondajelor în care s-au obținut cele mai scăzute rezistențe la penetrare, dar cel puțin egale cu cele corespunzătoare diagramei „b" situată în stînga diagramei „a" din fig. VI.1.

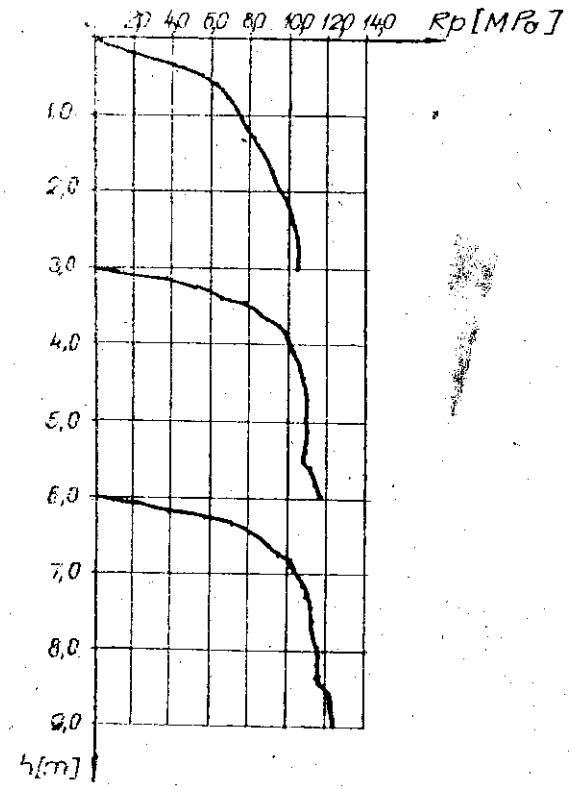


Fig. VI.4

La recepția preliminară sau definitivă se execută sondaje de penetrare pe toată grosimea rambleului în condițiile în care penetrometrul utilizat permite acest lucru.

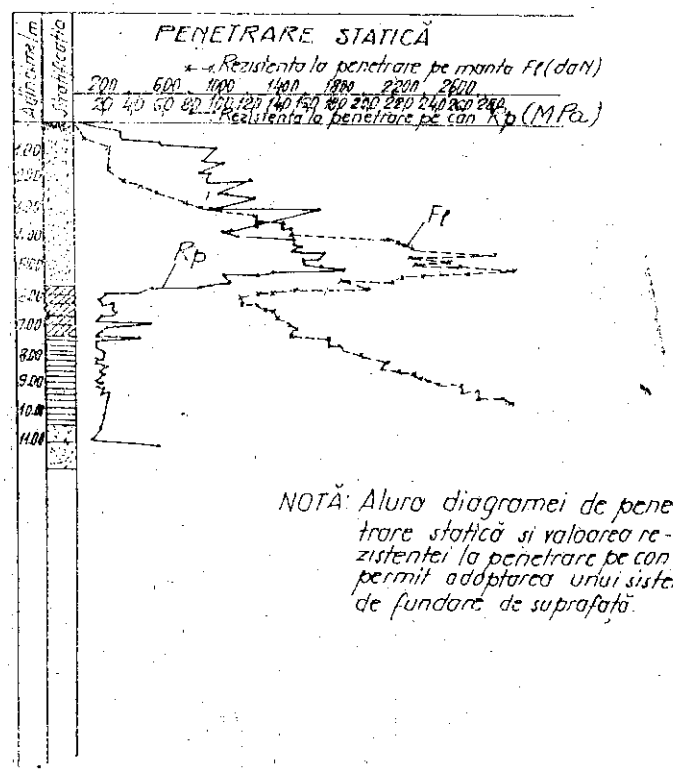
Pentru controlul operativ al compactării rambleurilor prin sondaje de penetrare statică în locul diagramei de variație a rezistenței la penetrare pe con (R_p) se poate utiliza diagrama de variație a presiunii citită pe manometrul corespunzător rezistenței la înaintarea conului.

EXEMPLE PRIVIND INTERPRETAREA REZULTATELOR PENETRĂRII STATICE

I. Fundații de suprafață

Pentru exemplificarea modului de determinare a caracteristicilor fizico-mecanice ale pământului și stabilirea orientativă a capacității portante de calcul a terenului de fundare se consideră diagrama de penetrare statică din figura VII. 1 obținută pe unul din amplasamentele cercetate.

a) Din examinarea diagramei se constată că între 0,00 și 6,00 m atît rezistența la penetrare pe con (R_p) cît și frecarea laterală (F_l) cresc cu adîncimea, ceea ce indică existența unui pământ nisipos (tabelul 1).



NOTĂ: Alura diagramei de penetrare statică și valoarea rezistenței la penetrare pe con permit adoptarea unui sistem de fundare de suprafață.

Fig. VII. 1

Între 6,00...11,00 m rezistența la penetrare pe con se menține constantă în jurul valorii de 2 MPa, în timp ce frecarea laterală crește cu adîncimea; aceasta indică prezența unui pămînt argilos.

b) Pentru o construcție cu structură de rezistență din zidărie portantă, se adoptă fundații continue și se alege o adîncime de fundare $D_f = 1$ m și o lățime $B = 1$ m.

La nivelul cotei de fundare ($D_f = 1$ m) pentru $R_p = 10$ MPa se obțin următoarele valori,, informative ale caracteristicilor fizico-mecanice:

$\gamma_d = 16{,}3$ kN/m³ (cf. diagramei din fig. 3);

$n = 38\%$;

$e = 0{,}62$.

Cu o umiditate $w = 8\%$ determinată în laborator se obține greutatea volumică a pămîntului.

$$\gamma = 16{,}3(1 + 0{,}08) = 17{,}3 \text{ kgN/m}^3$$

Pe baza tabelului 2, se apreciază că la nivelul cotei de fundare stratul de nisip se află în stare de îndesare medie.

Unghiul de frecare interioară se apreciază folosind abacele din fig. 4.

Pentru sarcina geologică $p_g = \gamma \cdot D_f = 17{,}3 \cdot 1 = 17{,}3$ kPa (0.17 daN/cm²) se obține un unghi de frecare interioară $\varnothing = 38°$.

Adoptînd un coeficient de omogenitate $k = 0{,}8$ pentru valorile caracteristicilor fizico-mecanice ale pămînturilor, astfel determinate, se obțin următoarele valori de calcul:

$$\gamma^* = 13{,}8 \text{ kN/m}^3$$
$$p_g^* = 1{,}38 \text{ kPa}$$
$$\varnothing^* = 30°30'$$

c) După STAS 3300/2-85 valoarea orientativă a capacității portante de calcul a terenului de fundare se obține cu ajutorul relației:

$$P_{cr} = \gamma^* \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot \lambda_\gamma + c^* \cdot Nc \cdot \lambda_c + q \cdot N_v \cdot \lambda_b$$

unde:

B' este lățimea redusă a tălpii fundației, în m;

N_γ, N_c, N_b coeficienți de capacitate portantă care depind de valoarea de calcul a unghiului de frecare interioară $\varnothing$;

λ_γ, λ_c, λ_v — coeficienții de formă ai tălpii fundației.

Sarcina fiind centrică se ia: $B' = B = 1$ m, rezultă:

$p_{cf} = 13{,}8 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 1 + 0 + 13{,}8 \cdot 20 \cdot 1$

$p_{cr} = 414$ kPa

d) Pentru starea de îndesare medie a nisipului, stabilită conform tabelului 2 pentru $R_p = 10$ MPa, se poate determina presiunea convențională de bază după tabelul 16 din STAS 3300/2-85.

$\bar{p}_{conv} = 300$ kPa.

II. Calculul capacității portante a piloților

În cadrul acestui exemplu de calcul se ia în considerare diagrama din fig. VII.2 obținută pe șantierul Institutului Politehnic București.

a) Din analiza alurei diagramei de penetrare statică rezultă că pînă la adîncimea de 4,00 m rezistența la penetrare pe con prezintă valori scăzute (0,8...1,5 MPa) în timp ce frecarea laterală crește ușor cu adîncimea, indicînd existența unor strate constituite din prafuri argiloase sau argile prăfoase. În continuare, rezistența la penetrare pe con și frecarea laterală cresc, prezentînd o serie de maxime și minime (alură în dinți de fierăstrău), indicînd existența unor pămînturi nisipoase cu rare elemente de pietriș. După o ușoară scădere a rezistenței la penetrare pe con și a frecării laterale în jurul adîncimii de 9,00 m, atît rezistența la penetrare pe con cît și frecarea laterală cresc continuu fără a mai prezenta aspectul în dinți de fierăstrău, indicînd un pămînt argilos consolidat.

b) Se consideră o construcție cu fundații pe piloți bătuți din beton armat, cu latura de 35 cm, înfipți la o adîncime de 6,96 m, cu vîrful oprit în nisip.

Pe baza relației (9) funcție de rezultatele încercării de penetrare se determină capacitatea portantă:

$$R = k \cdot m \cdot \left(\frac{Rp}{2} \cdot A + F \cdot \frac{U}{U_p} \right),$$

unde: $R_p = \dfrac{R_{p1} + R_{p2}}{2}$

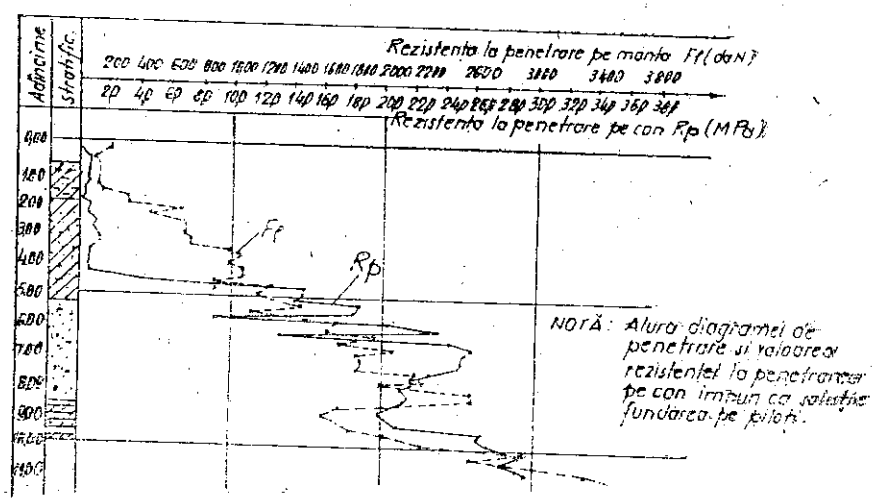


Fig. VII.2

R_{p1} determinat ca medie aritmetică pe adîncimea 4 . 0,35 = 1,40 m este:

$$R_{p1} = \frac{25 + 24 + 24 = 23 + 22 + 22 + 21}{7} = 23 \text{ MPa} = 23\,000 \text{ kPa}$$

R_{p2} determinat ca medie aritmetică, de la planul vîrfului în sus, pe înălțimea 8 · 0,35 = 2,80 m este:

$$R_{p2} = \frac{26 + 24 + 13 + 24 + 21 + 9 + 18 + 19 + 13 + 15 + 15 + 3 + 1 + 1}{14} =$$

$$= 13{,}5 \text{ MPa} = 13\,500 \text{ kPa}$$

$$R_p = \frac{23\,000 + 13\,500}{2} = \frac{36\,500}{2} = 18\,250 \text{ kPa}$$

Forța de frecare F pe suprafața laterală a penetrometrului introdus pînă la nivelul vîrfului pilotului este 18,5 kN.

Raportul perimetrelor $U/up = 12{,}5$.

Capacitatea portantă a pilotului este:

$$R = 0{,}7 \cdot 1 \left(\frac{18\,250}{2} \cdot 0{,}1225 + 18{,}5 \cdot 12{,}5 \right) = 944 \text{ kN}$$

NOTĂ: Anexele VIII, IX și XII se găsesc la sfîrșitul buletinului

ÎNCERCAREA DE PENETRARE DINAMICĂ CU MANTA

Pentru eliminarea efectului parazit a frecării laterale pe coloana de tije, penetrometrele dinamice pot fi echipate cu manta de protecție, care se introduc în teren sub efectul lucrului mecanic dezvoltat de berbecul penetrometrului în cădere liberă.

În fig. X.1 se prezintă schema tehnologică pentru efectuatea încercării propriu-zise în cazul penetrometrului dinamic ușor PDU; primul tronson de manta are lungimea de 70 cm și este prevăzut cu cuțit la bază pentru facilitarea înaintării în teren și împiedicarea pătrunderii pămîntului între coloana de tije și manta.

Pentru reducerea forței de frecare pe mantaua de protecție, ceea ce asigură o introducere mai ușoară în teren, primul tronson poate avea diametrul majorat la partea inferioară pe cca 80 mm.

Din schema tehnologică prezentată în fig. X.1 rezultă că introducerea coloanei de tije și a mantalei de protecție se face succesiv pe echidistanțe de 10 cm.

Încercarea de penetrare dinamică cu manta de protecție este greoaie, cu randament mult mai redus decît încercarea de penetrare dinamică, fără manta, motiv pentru care se recomandă efectuarea acestor încercări pe amplasamentele unor obiective importante, cînd pe adîncimea cercetată se interceptează straturi de nisipuri cu grad de îndesare redus situate sub nivelul apei subterane, sau argile cu consistență scăzută, pămînturi susceptibile de a da forța de frecare însemnate pe coloana de tije a penetrometrului. De asemenea, sondajele de penetrare cu manta sînt indicate a se executa indiferent de natura terenului, dacă adîncimea cercetată depășește 5...6 m la PDU și 10 m la PDM și PDG.

Pentru evidențierea influenței frecării pe coloana de tije a penetrometrului fără manta de protecție, se execută în paralel sondaje, penetrare cu și fără manta, lîngă forajele de referință de pe amplasament. Se recomandă ca numărul celor două tipuri de sondaje de penetrare să fie de min. 3, diagramele etalon construite reprezentînd media rezistențelor la penetrare pe echidistanțe „z".

Pe baza diagramelor de penetrare etalon construite pentru cele două tipuri de sondaje de penetrare se calculează coeficienții η și C_f cu relațiile:

$$\eta = \frac{N_z}{N_{z(m)}}, \text{ respectiv, } \quad \eta_i = \frac{R_d}{R_{d(m)}} \tag{X.1}$$

$$C_f = \frac{N_{z(m)}}{N_z}, \text{ respectiv, } \quad C_f = \frac{R_{d(m)}}{R_d}, \tag{X.2}$$

în care:

N_z — numărul de lovituri pentru înaintarea conului pe adîncimea z, la penetrometrul dinamic fără manta;

$N_{z(m)}$ — numărul de lovituri pentru înaintarea conului pe adîncimea z, la penetrometrul dinamic cu manta;

R_d — rezistența dinamică calculată cu relația (10) pentru penetrometrul dinamic fără manta;

$R_{d\,(m)}$ — rezistența dinamică, calculată cu relația (10) pentru penetrometrul dinamic cu manta.

Diagrama de variație a coeficientului η indică sporul artificial a rezistenței la penetrare exprimată prin N_z sau R_d, iar diagrama de variație a coeficientului C_f este necesară pentru corectarea valorilor rezistențelor de penetrare obținute cu penetrometrul fără manta în diverse puncte ale amplasamentului, în care stratificația terenului este sensibil egală cu cea interceptată în forajul de referință. Valorile corectate se calculează cu relația:

$$N_{10\,(m)} = C_f \cdot N_{10}, \text{ respectiv } R_{d\,(m)} = C_f R_d \qquad \text{(X.3)}$$

în care $N_{10(m)}$ și $R_{d(m)}$ reprezintă numărul de lovituri, respectiv rezistența la penetrare degrevate de influența frecării pe coloana de tije a penetrometrului.

În exemplul din figura X.2 sînt prezentate diagramele de penetrare cu și fără manta de protecție, diagramele de variație a rezistențelor dinamice la penetrare R_d și p_d și diagramele η și C_f.

Pe lîngă rezistența dinamică de penetrare R_d s-a calculat cu relația (X.4) și rezistența dinamică notată cu p_d, care ține seama de caracterul percuției și de frecare laterală pe coloana de tije a penetrometrului.

$$p_d = \frac{K \cdot L_0 \cdot C_f \cdot N_z}{z} \quad \text{kPa} \qquad \text{(X.4)}$$

unde:

K — coeficient care ține seama de pierderea de energie la o lovitură;

L_0 — lucrul mecanic specific;

C_f — coeficientul prin care se ține seama de influența frecării pe coloana de tije;

N_z — numărul de lovituri pentru pătrunderea pe adîncimea z a penetrometrului dinamic fără manta;

z — intervalul de pătrundere considerat.

Coeficientul de pierdere a energiei se calculează cu relația:

$$K = \frac{M_1 + \varepsilon^2 \cdot M_2}{M_1 + M_2}$$

unde:

M_1 — masa berbecului (kg);

M_2 — masa tijelor (inclusiv nicovala, tija de ghidaj și con) la adîncimea respectivă, (kg);

ε — coeficient de restituire datorat caracterului elastoplastic al percuției, egal cu 0,56.

Lucrul mecanic specific, L_0 se calculează cu relația:

$$L_0 = \frac{G_1 \cdot h}{A}$$

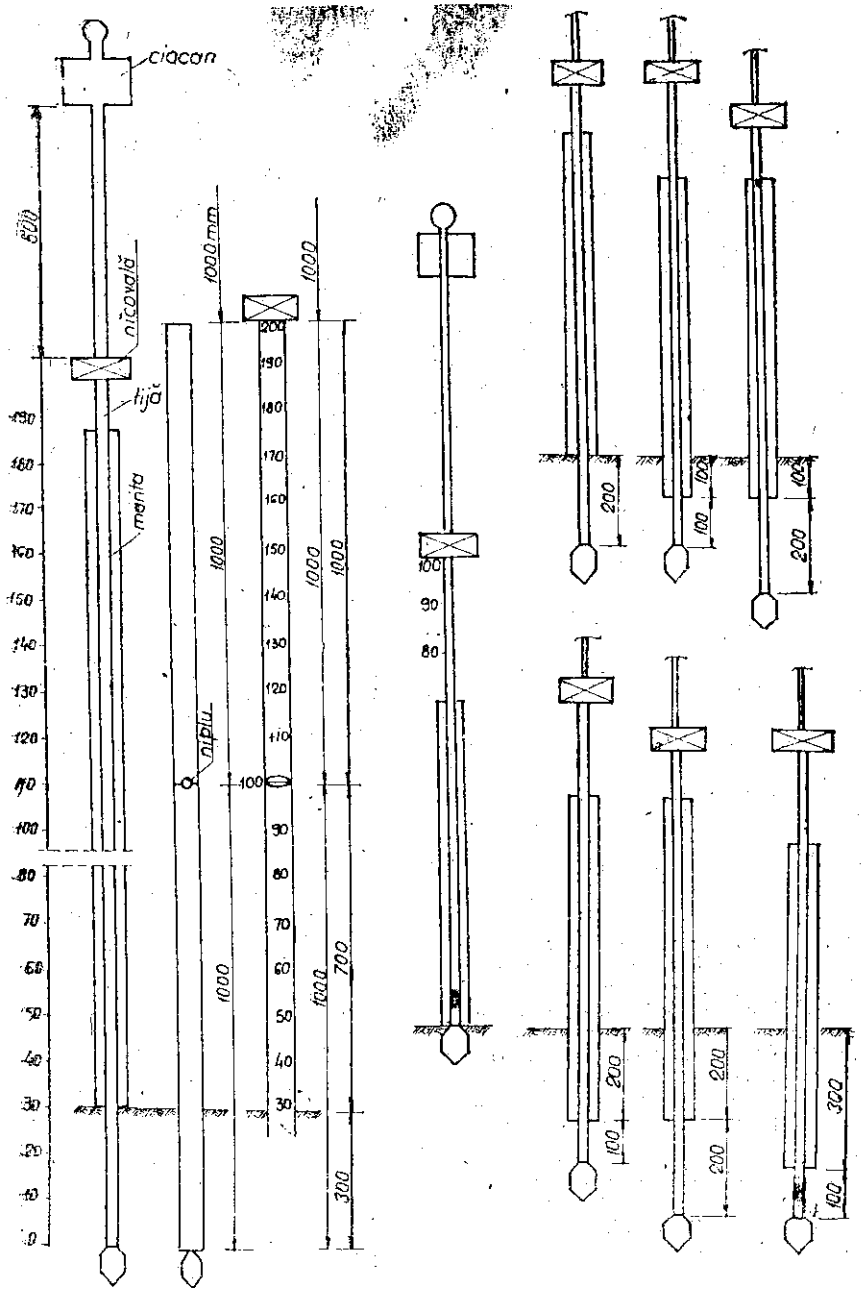


Fig. X.1

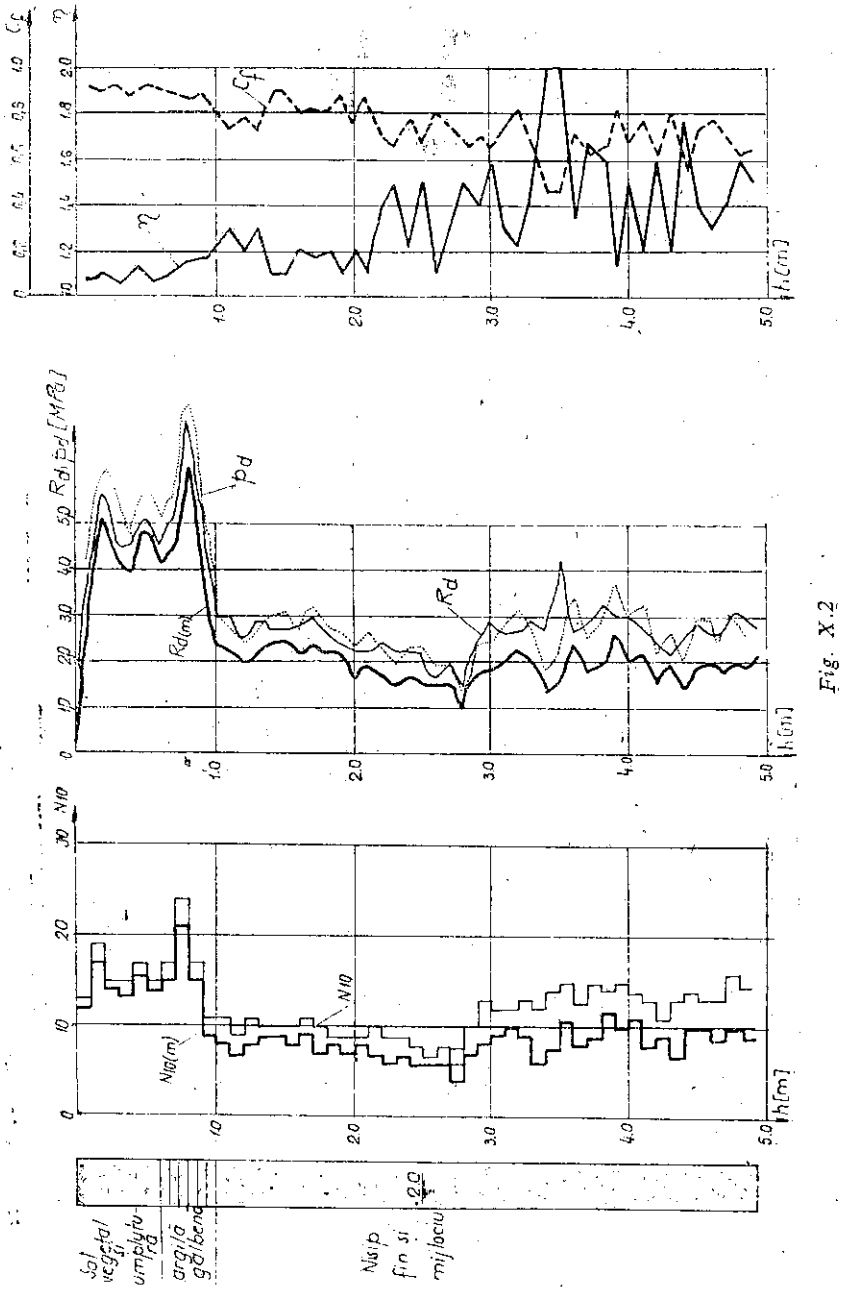


Fig. X.2

în care:

G_1 — greutatea berbecului (kN);
G_2 — greutatea tijelor, corespunzătoare masei M_2 (kN);
h — înălțimea de cădere a berbecului (m);
A — aria secțiunii transversale a conului, (m²).

Rezistențele dinamice p_d obținute cu relația X.4 sînt mai mari decît rezistențele $R_{d\,(m)}$ motiv pentru care rezistența dinamică calculată cu relația (10) din cap. 3 poate fi considerată satisfăcătoare.

EXEMPLE PRIVIND INTERPRETAREA REZULTATELOR PENETRĂRII DINAMICE CU CON

a. Pentru exemplificarea modului în care factorii menționați în cadrul pct. 1.17 și 1.18 pot influența asupra rezultatelor penetrării vor fi analizate diagramele din fig. XI.1.

Diagrama „a" din fig. XI.1 s-a întocmit pe baza datelor unui sondaj de penetrare efectuat într-un teren în care s-au interceptat mai multe straturi în forajul de control.

În diagramă se evidențiază o influență redusă a adîncimii critice, pînă la aproximativ 0,50 m de la nivelul terenului, din cauza crustei tari a solului vegetal.

De la cota — 1,50 m se semnalează creșterea rezistenței de penetrare în stratul de praf argilos plastic consistent, din cauza stratului de nisip cu urme de pietriș cu îndesare medie care apare de la cota — 1,80 m și care are rezistență mai mare decît stratul superior.

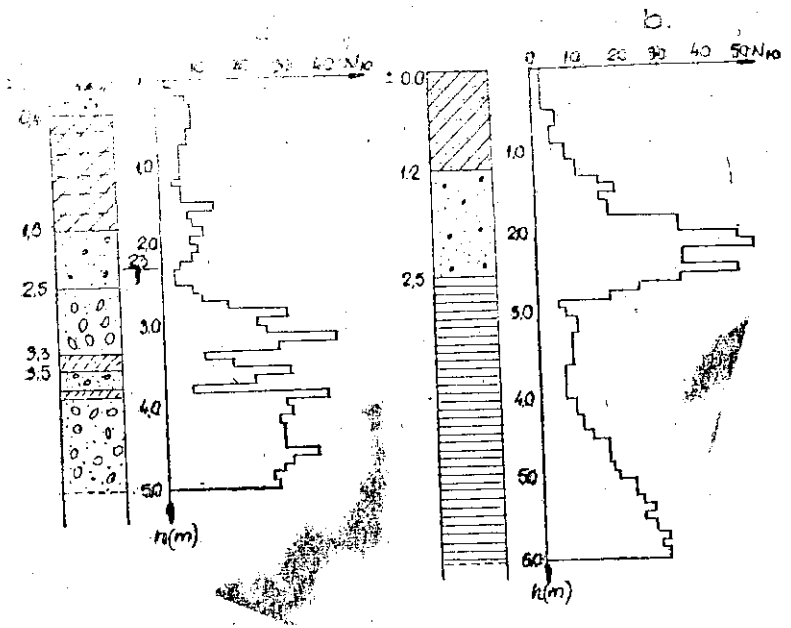


Fig. XI.1

Apa subterană cantonată în pachetul de pămînturi nisipoase a dus la scăderea rezistenței de penetrare, semnalată la cota —2,00 m, deși apa apare la —2,30 m. Scăderea rezistenței la penetrare deasupra nivelului apei subterane este consecința creșterii accentuată a umidității în zona respectivă, datorită capilarității (zona de franjuri capilare).

În stratul de pietriș cu nisip, care apare de la —2,5 m, sînt interceptate lentile de nisip prăfos, în dreptul cărora se observă scăderea accentuată a rezistenței la penetrare.

Rezistențele sporite în diagramă, evidențiate prin valori mari ale numărului de lovituri „N_{10}", sînt datorate particulelor mari cuprinse în strat. La interpretarea diagramei aceste valori sînt eliminate.

Diagrama „b" din fig. XI.1 evidențiază influența trecerii de la stratul superficial de praf nisipos cu rezistența la penetrare scăzută la stratul mai rezistent, de nisip cu pietriș, prin creșterea rezistenței la penetrare de la cota —0,90 m, cu cca 30 cm deasupra limitei de separație dintre straturi.

Îm diagramă, pe grosimea stratului de nisip cu pietriș apar salturi bruște, datorită fragmentelor mari, valori care se elimină la interpretarea diagramei.

În stratul de argilă plastic moale, de la cota —4,0 m se manifestă influența frecării pămîntului pe tija penetrometrului, prin creșterea continuă a rezistenței de penetrare (aproximată prin numărul de lovituri „N_{10}"), fără a se fi modificat caracteristicile pămîntului în strat. Neluarea în considerare a efectului frecării ar atrage după sine concluzii eronate legate de rezistența argilei.

b. Pentru delimitarea unor umpluturi afinate, s-au executat foraje și penetrări dinamice cu PDU. În fig. XI.2 este reprezentat un profil executat prin 2 foraje și 5 penetrări. În dreptul penetrărilor sînt reprezentate diagrame de penetrare și diagrama integrală. Punctele de frîngere din diagrama integrală indicată schimbările de strat.

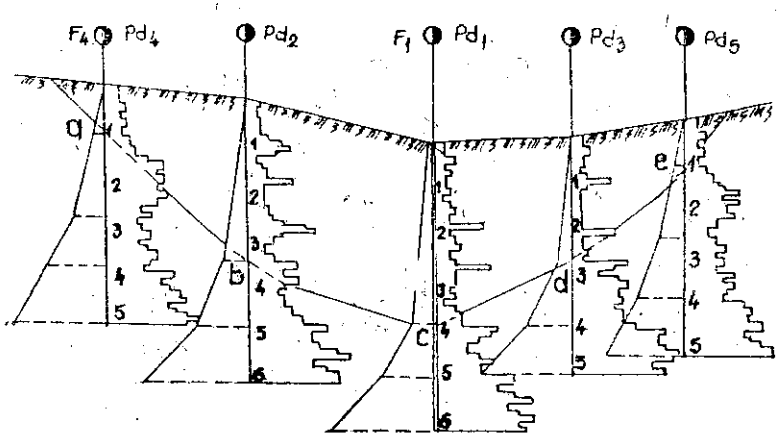


Fig. XI.2

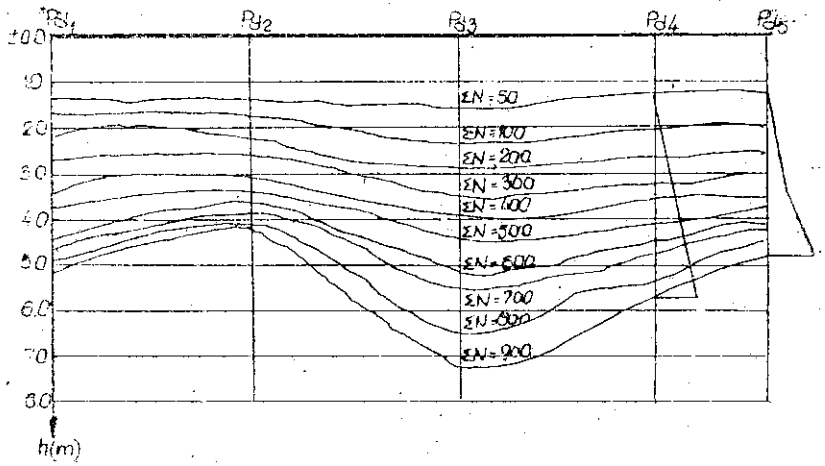


Fig. XI.3

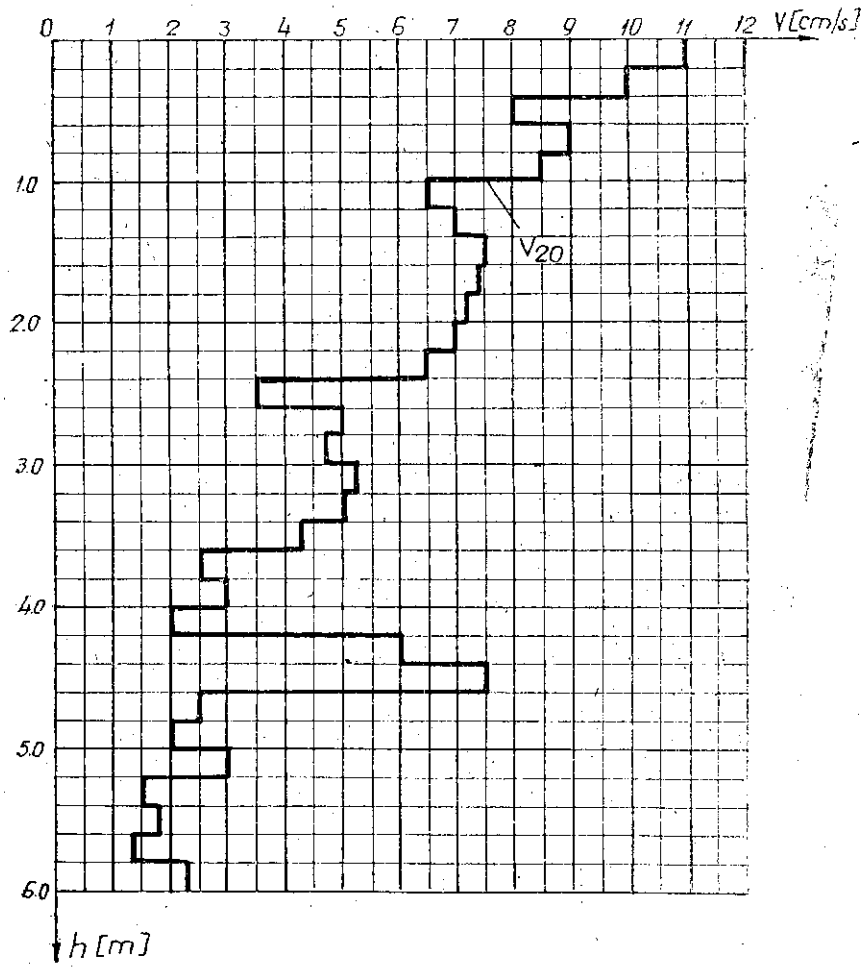
Pentru delimitarea umpluturii afinate, depusă peste o stratificație formată din praf argilos, nisip argilos și nisip cu pietriș, s-au unit punctele a, b, d, c și e, care reprezintă primele puncte de frîngere din diagramele integrale. Prin unirea celorlalte puncte de frîngere se obține limita de separație dintre straturile de sub umplutură.

c. Verificarea îndesării nisipurilor s-a efectuat cu ajutorul rezultatelor penetrării dinamice. Pentru semnalarea zonelor mai puțin îndesate, s-au construit curbele de egal număr de lovituri.

În fig. XI.3 sînt prezentate curbele de egal număr de lovituri însumat pe verticala penetrărilor dispuse după un profil bine definit.

În dreptul penetrării P_{d3} s-au semnalat sub adîncimea de 3,5 m un orizont mai puțin îndesat, într-un depozit de nisipuri mijlocii fine. Îndesarea redusă a fost evidențiată de mărimea distanțelor dintre curbele de egal număr de lovituri, obținute prin unirea absciselor egale din diagramele integrale. Pentru asigurarea clarității desenului în fig. XI.3 s-au reprezentat numai două diagrame integrale din dreptul penetrărilor P_{d1} și P_{d5}.

DIAGRAMA DE VIBROPENETRARE
ÎNCERCARE NR.



ANEXA XIV

EXEMPLU DE IDENTIFICARE A NIVELURILOR DE SEPARAȚIE ÎNTRE STRATURI PRIN VIBROPENETRARE

Stratificația stabilită prin foraj este următoarea:

0,00 — 1,20 m — umplutură neomogenă

1,20 — 2,20 m — argilă nisipoasă

2,20 — 3,30 m — nisip mijlociu

2,30 — 5,00 m — nisip mare cu pietriș

Datele primare ale încercării de vibropenetrare și datele obținute prin prelucrare sînt prezentate în tabelul XIV.1.

Tabelul XIV.1.

DATE PRIMARE ȘI DATE PRELUCRATE ALE VIBROPENETRĂRII

h (cm)	t (s)	Σt (s)	lnΣt	v_{20} (cm/s)	$v_{calc.}$ (cm/s)	nr. ec.
20	4,3	4,3	1,458	4,651	6,45	1
40	3,2	7,5	2,014	6,25	3,70	1
60	10,2	17,7	2,893	1,96	1,04	2
80	28,2	45,9	3,862	0,71	0,42	2
100	30,2	76,1	4,332	0,66	0,53	3
120	18,3	94,4	4,547	1,092	1,04	4
140	19,2	113,4	4,732	1,042	0,95	4
160	16,2	19,8	4,865	1,234	1,46	5
180	22,2	152,0	5,023	0,900	1,29	5
200	28,3	180,3	5,194	0,707	1,14	5
220	23,2	203,5	5,315	0,862	1,01	5
240	17,1	220,6	5,396	1,170	1,17	6
260	9,30	229,9	5,437	2,15	3,16	7
280	7,20	237,1	5,468	2,777	3,065	7
300	7,30	244,4	5,498	2,739	2,98	7
320	7,00	251,4	5,527	2,857	2,89	7
340	3,30	254,7	5,540	6,06	5,36	8
360	3,30	258,0	5,550	6,06	5,29	8
380	3,30	261,3	5,565	6,06	5,21	8
400	3,30	264,6	5,578	6,06	5,14	8
420	3,30	267,9	5,590	6,061	5,07	8
440	3,30	271,2	5,602	6,06	5,00	8
460	4,20	275,4	5,618	4,672	4,93	8
480	4,00	279,4	5,632	5,00	4,86	8
500	4,00	283,4	5,646	5,00	4,79	8

Datele primare ale încercării de vibropenetrare s-au calculat Σt și ln Σt și viteza medie v_{20} de pătrundere pe echidistanță de 20 cm. Timpul s-a aproximat exponențial cu relația $t = t'_0 \exp.(\beta' \cdot h)$ cu $\beta' = 1/V'_0 \cdot t'_0$ (V'_0 — viteza inițială; t'_0 — timpul inițial). În reprezentarea semilogaritmică (ln Σ,t h) se obține o succesiune de drepte de forma $\ln \Sigma t = \ln t'_0 + \beta' \cdot h$ (figura XIV.1). Viteza de penetrare de calcul v_{calc} s-a determinat utilizînd relația de aproximare $v = \alpha e^{-\beta h}$.

Din reprezentarea grafică au rezultat 8 drepte, cu configurația din fig. XV.1. Pe figură sînt trecute ecuațiile exponențiale ale timpilor și ale vitezelor momentane de vibropenetrare. Din variația calitativă a unghiurilor de înclinare a dreptelor față de verticală, ca și din figurile mai accentuate pe care le reprezintă diagrama la cotele: —1,00 m (—1,40 m); —2,20 m și —3,20 m, rezultă nivelurile de separație între straturi, care concordă foarte bine cu cele stabilite prin forajul geotehnic.

În fig. XIV.2. se prezintă variațiile vitezelor medii v_{20} și a celor momentane. Din figură reiese că ultima nuanțează mai bine nivelurile de separație dintre straturi.

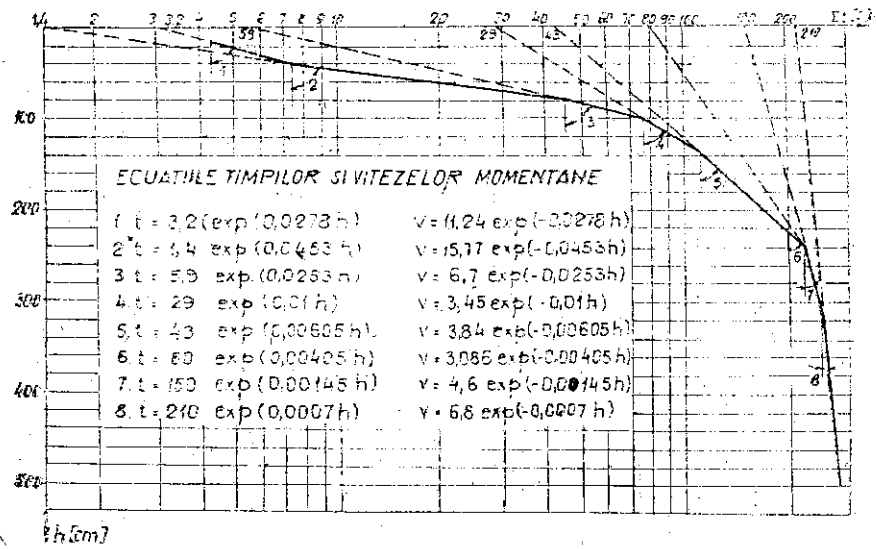


Fig. XIV.1.

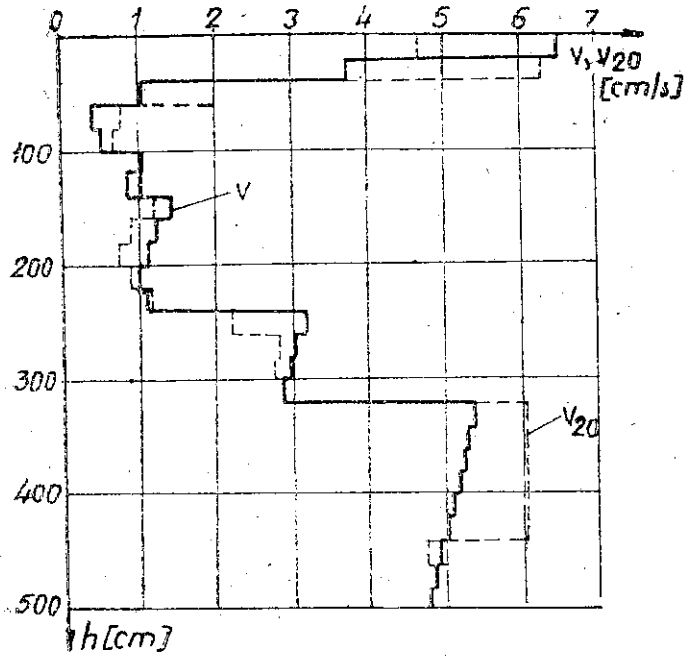


Fig. XIV.2.

CUPRINS

Cap. 1. GENERALITĂȚI 68
— Domeniul de utilizare a sondajelor de penetrare 71
— Domeniul de utilizare a rezultatelor încercărilor de penetrare cu con 72
— Factorii care influențează rezultatele încercării de penetrare cu con 74

Cap. 2. ÎNCERCAREA DE PENETRARE STATICĂ 77
— Aparatură 77
— Modul de efectuare a încercării de penetrare statică . . . 81
— Prelucrarea și interpretarea rezultatelor 84

Cap. 3. ÎNCERCAREA DE PENETRARE DINAMICĂ CU CON . . 94
— Aparatură 94
— Efectuarea încercării de penetrare dinamică 97
— Prelucrarea și interpretarea rezultatelor 99

Cap. 4. ÎNCERCAREA DE VIBROPENETRARE 104
— Aparatură 104
— Modul de efectuare a încercării de vibropenetrare 107
— Prelucrarea și interpretarea rezultatelor 108

Cap. 5. MĂSURI DE PROTECȚIA MUNCII 111

ANEXE

I. — Formularul A — PENETRARE STATICĂ 115
II. — Formularul B — PENETRARE STATICĂ 116
III. — Diagrama C — PENETRAREA Nr.A. 117
IV. — SCHEMA LOGICĂ A PROGRAMULUI DE CALCUL PENTRU PRELUCRAREA DATELOR PENETRĂRII STATICE 118

V. — DETERMINAREA VALORILOR E ŞI Ø STAS 3300/1-85 PE BAZA DATELOR DE PENETRARE STATICĂ 121
VI. — VERIFICAREA COMPACTĂRII PRÍN SONDAJE DE PENETRARE CU CON 122
VII. — EXEMPLE PRIVIND INTERPRETAREA REZULTATELOR PENETRĂRII STATICE 129
VII. — FIŞA DE ÎNREGISTRARE A REZULTATELOR PENETRĂRII DINAMICE CU CON 133
IX. — DIAGRAMA DE PENETRARE LA FIŞA NR. . 134
X. — ÎNCERCAREA DE PENETRARE DINAMICĂ CU MANTA 135
XI. — EXEMPLE PRIVIND INTERPRETAREA REZULTATELOR PENETRĂRII DINAMICE CU CON 140
XII. — FIŞA DE ÎNREGISTRARE A REZULTATELOR VIBROPENETRĂRII Nr. 143
XIII. — DIAGRAMA DE VIBROPENETRARE. ÎNCERCARE Nr. 144
XIV. — EXEMPLU DE IDENTIFICARE A NIVELURILOR DE SEPARAŢIE ÎNTRE STRATURI . . . 145