

ANEXA 3 - Determinarea capacității portante a terasamentelor

1. Verificarea capacității portante cu placa statică (Lucas)

1.1. Scopul încercării și domeniul de aplicare

Scopul încercării cu placa Lucas este acela de a aprecia deformabilitatea respectiv capacitatea portantă a terenului testat prin intermediul modulilor statici de deformare E_V sau a modulului de reacție K_0 . Tot cu ajutorul acestei metode se poate estima gradul de compactare al terenului (D) prin intermediul raportului E_{V2}/E_{V1} .

1.2. Principiul metodei

Încercarea la compresiune cu placa statică este o metodă de control prin care se măsoară tasarea terasamentului sub o placă circulară rigidă care este încărcată și descărcată treptat, în mod repetat, cu ajutorul unui dispozitiv de compresiune (presă hidraulică). Tensiunile normale medii de sub placă " σ " și tasările " s " respective ale fiecărei trepte de încărcare sunt reprezentate într-o diagramă de compresiune - tasare.

1.3. Modul de executare al testului

1.3.1. Condiții

Încercarea la compresiune cu placa se poate face pe pământuri coezive sau pe pământuri necoezive. După caz testul cu placa Lucas poate fi efectuat și pe pământuri îmbunătățite (tratate cu diverși lianți). Este necesar însă ca bolovanii (blocurile) mai mari de circa $\frac{1}{4}$ din diametrul plăcii să nu se afle direct sub placă.

În cazul nisipurilor foarte uniforme care se usucă repede, a pământurilor acoperite cu crustă sau temporar înmuiate la suprafață precum și a pământurilor deranjate într-un alt mod în zona de suprafață, încercarea la compresiune cu placa se execută sub zona deranjată.

În cazul argilelor încercarea la compresiune cu placa se poate face și evalua în condiții optime numai atunci când acestea se află în domeniul "plastic consistent - tare". În cazul în care este posibil ca umiditatea pământului, care influențează în mod hotărâtor rezultatul încercărilor, să varieze foarte mult pe zona de influență a încercării, aceasta se va determina sub suprafața locului de măsurare, la diferite adâncimi până la adâncimea $h = 2 \times r$ (r = raza plăcii de încărcare).

În cazul în care este necesar ca încercarea să se efectueze la un nivel inferior față de nivelul terenului, în sondaje deschise, acestea se execută astfel încât între pereții verticali și marginea plăcii să fie cel puțin 35 cm (de ex. în cazul folosirii unei plăci cu $\phi 300$ mm sondajul deschis va avea dimensiunile 100 x 100 cm).

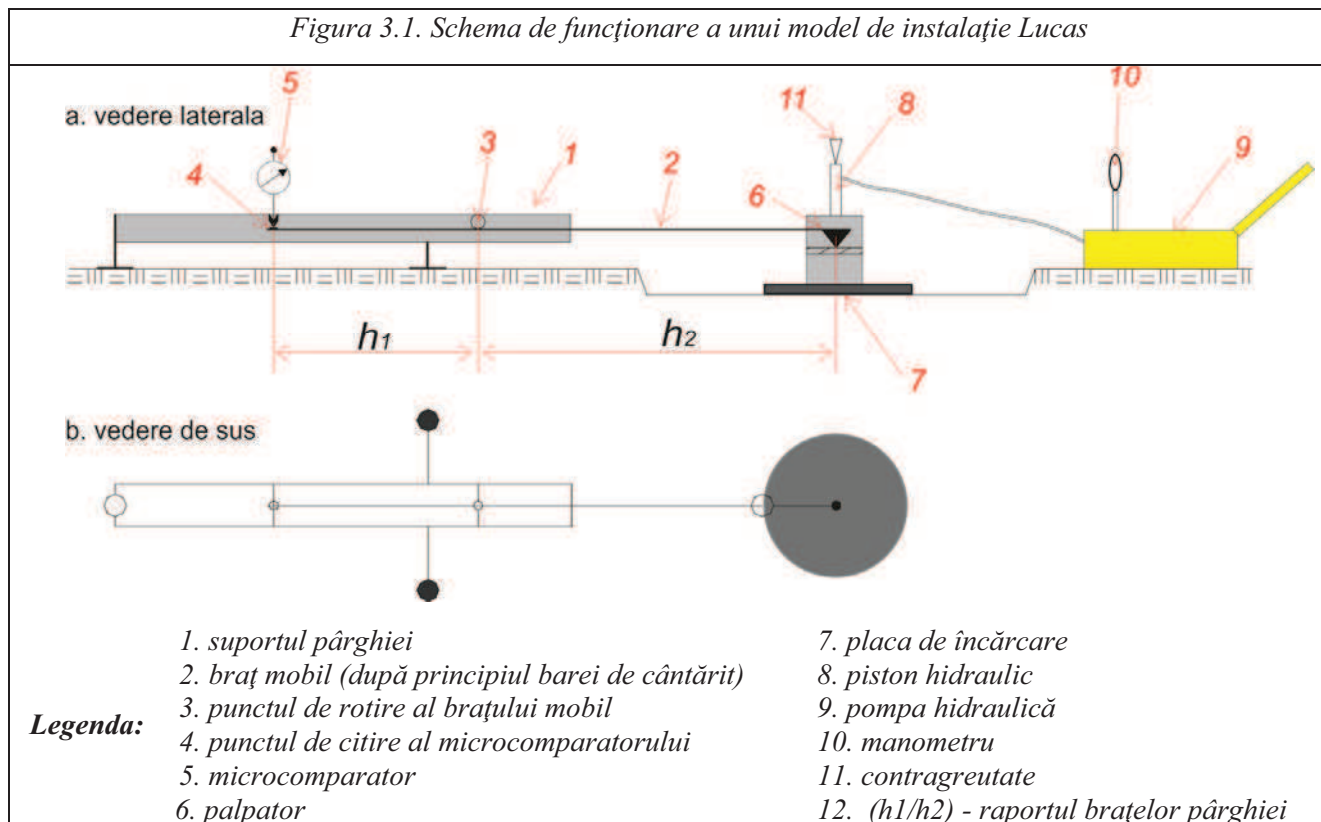
1.3.2 Pregătirea suprafeței de măsurare

Suprafața de măsurare (pe care va fi așezată placa) se va pregăti cât se poate de neted cu ajutorul unei rigle de oțel sau mistrie. Bucățile de pământ desprinse se vor îndepărta iar placa va fi astfel așezată astfel încât la contactul cu terenul să nu existe spații goale. Pentru egalizarea denivelărilor se poate aplica un strat de câțiva milimetri grosime din nisip monogranular uscat

Modul de așezare a plăcii pe suprafața ce urmează a fi încercată se reglează prin rotirea plăcii și prin ușoare lovituri pe suprafața ei. Deasemenea orizontalitatea plăcii este verificată cu ajutorul unei nivele.

Un model de instalație Lucas este prezentat în *figura 3.1*. Modelul prezentat funcționează după principiul barei de cântărit, ca și pârgăia Benkelman, unde foarte important este raportul brațelor pârgăiei (h_1/h_2). În cazul utilizării pe șantier a altor modele de instalație Lucas, diferite față de cel prezentat, pentru efectuarea încercării, vor fi respectate prevederile din manualul producătorului și procedurile de lucru specifice.

Figura 3.1. Schema de funcționare a unui model de instalație Lucas



1.3.3. Executarea încercării

Pistonul hidraulic (8) și eventualele prelungitoare ale acestuia se așează sub o contragreutate (11), în centrul plăcii (7) și în unghi drept față de aceasta, asigurându-se împotriva răsturnării. Contragreutatea (camion încărcat, utilaj greu, etc) trebuie să fie astfel aleasă încât să asigure greutatea necesară pentru ca forța aplicată pe suprafața plăcii să nu o deplaseze.

Pentru executarea încercării placa se încarcă în prealabil, pentru un timp de cca. 30 secunde, cu $0,01 \text{ MN/m}^2$ (0,1 bari) după care se descarcă din nou iar ceasul micromparator se va regla la zero.

1.3.3.1. Determinarea modurilor statice de deformație liniară E_V

Pentru determinarea modurilor de deformație E_V încercarea se face, de regulă, cu o placă cu diametrul de 300 mm iar încărcarea se mărește până la un efort normal sub placa $\sigma_{\max} = 0,5 \text{ MN/m}^2$.

Treptele de încărcare necesare sunt realizate cu ajutorul instalației hidraulice (8 - piston hidraulic, 9 - pompă hidraulică) și controlate cu ajutorul manometrului (10).

În controlul presiunii pe suprafața plăcii cu ajutorul manometrului se va ține cont dacă scala acestuia respectă raportul dintre diametrul pistonului (8) și diametrul plăcii (7).

Primul ciclu de încărcare se va aplica în minim șase trepte cu intervale de încărcare de aproximativ de aceeași mărime până la o sarcină maximă $\sigma_{\max} = 0.50 \text{ MN/m}^2$. Cu ajutorul pompei hidraulice pe fiecare treaptă de încărcare sarcina aplicată se va menține constantă. Dacă din greșeală la

încărcare se aplică o sarcină mai mare decât cea prevăzută aceasta nu mai are voie să fie redusă și va trebui consemnată în protocolul încercării.

Timpul de așteptare pe fiecare treaptă de încărcare va fi de minimum 3 minute dar în cazul în care tasarea nu s-a stabilizat (sporul de tasare înregistrat după fiecare minut este mai mare de 0,05 mm) treapta de încărcare se menține până la stabilizare.

Placa se va descărca în 3 trepte – 50%, 25% și 0% din sarcina maximă (σ_{max}). După descărcarea completă se va efectua un alt ciclu de încărcări în aceleași condiții de aplicare a sarcinii, dar numai până la penultima treaptă de sarcină a primului ciclu de încărcări, pentru a rămâne în domeniul preîncărcat.

În cazul în care terenul pe care se efectuează încercarea are o stabilitate redusă (care poate conduce la instabilitatea instalației) sau dacă, la creșterea sarcinii, tasările devin mai mari de 5 mm (se indică apropierea stării de rupere) încercarea se poate întrerupe înainte de a ajunge la sarcina maximă.

În tabelul 3.1. este prezentat un model de calcul, unde pentru fiecare ciclu de încărcare, în coloana 1, este trecut numărul treptei de încărcare/descărcare, în coloana 2 - efortul normal σ_0 (MN/m^2) aplicat pe placă la fiecare treaptă de încărcare/descărcare iar în coloana 3 tasările în centrul plăcii s (mm).

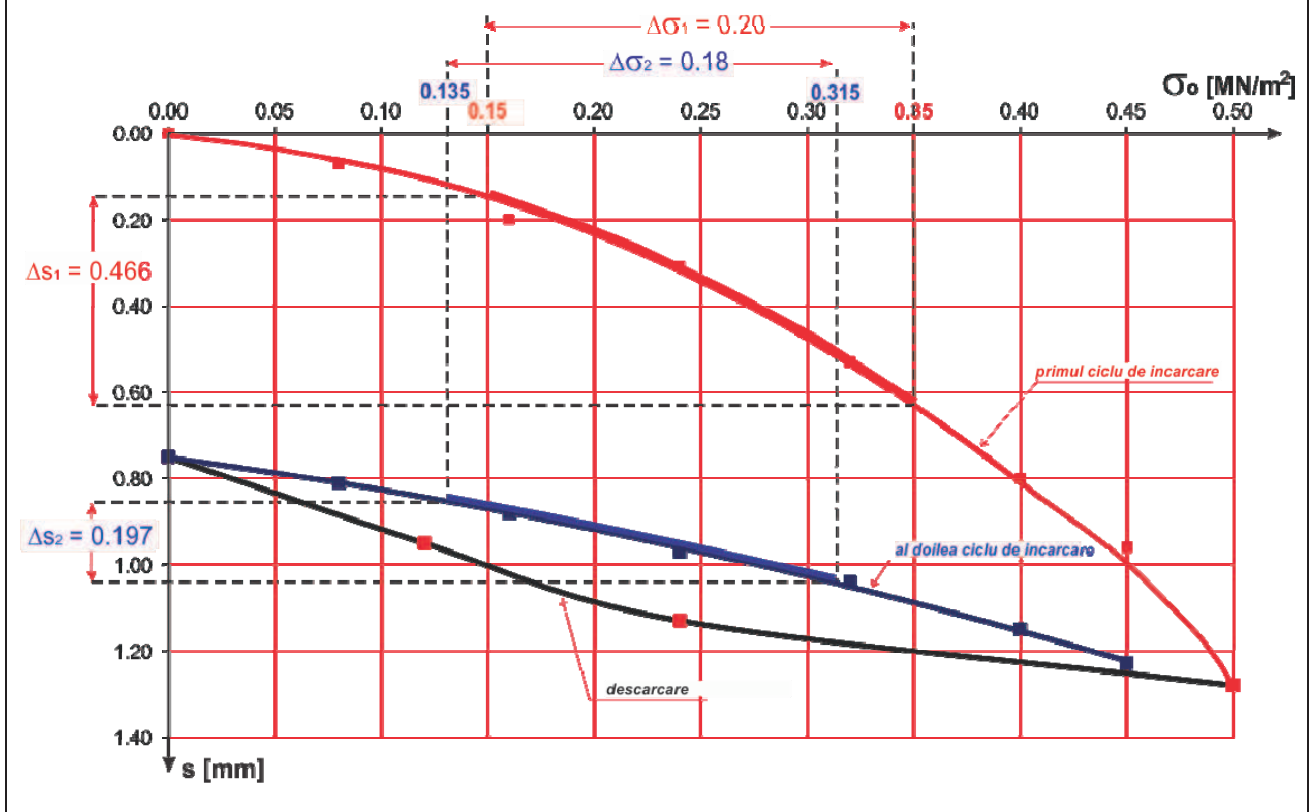
La calculul efortului normal σ_0 (MN/m^2) aplicat pe placă se va ține cont de raportul dintre diametrul pistonului hidraulic și diametrul plăcii iar la calculul tasării în centrul plăcii se va ține cont de raportul brațelor pârghiei h_1 și h_2 (în cazul folosirii unui model de instalație Lucas tip pârghie).

Cu valorile înscrise în Tabelul 3.1 s-a realizat curba de compresiune - tasare prezentată în fig.3.2

Tabelul 3.1 Exemplu de valori de măsurare a modurilor de deformație E_v

Primul ciclu de încărcare/descărcare			Al doilea ciclu de încărcare			
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	
Nr. treapta	Efortul normal σ_0 (MN/m^2)	Tasarea în centrul plăcii s (mm)	Nr. treapta	Efortul normal σ_0 (MN/m^2)	Tasarea în centrul plăcii s (mm)	
încărcare	0	0,00	încărcare	10	0,00	0,75
	1	0,08		11	0,08	0,81
	2	0,16		12	0,16	0,88
	3	0,24		13	0,24	0,97
	4	0,32		14	0,32	1,04
	5	0,40		15	0,40	1,15
	6	0,45		0,96	16	0,45
	7	0,50	1,28	-	-	-
descărcare	8	0,24	1,13	-	-	-
	9	0,12	0,95	-	-	-
	10	0,00	0,75	-	-	-

Figura 3.2. Model de calcul a modurilor de deformare E_{v1} și E_{v2} cu ajutorul curbei de compresie - tasare



1.3.3.2. Calculul modurilor statice de deformare liniară E_v

La baza stabilirii modurilor de deformare E_{v1} și E_{v2} stau curbele de compresie - tasare ale celor două cicluri de încărcare (fig. 3.2). Acestea pot fi descrise printr-un polinom de gradul 2 :

$$s = a_0 + a_1 \times \sigma_0 + a_2 \times \sigma_0^2 \text{ [mm]} \quad (1)$$

unde: s [mm] - tasarea în centrul plăcii
 σ_0 [MN/m²] - efortul normal sub placă
 a_0, a_1, a_2 - constantele polinomului de gradul 2.

Modulul de deformare se calculează cu ajutorul curbei de compresie - tasare între punctele 0,3 și 0,7 din $\sigma_{1\max}$ respectiv $\sigma_{2\max}$ după relația:

$$E_v = \frac{\pi \times D}{4} \times \frac{\Delta\sigma}{\Delta s} \times (1 - \nu^2) \quad (2)^{10} \text{ unde:}$$

E_v [MN/m²] = modulul de deformare (notat cu 1 pt. primul ciclu de încărcare și cu 2 pt. cel de-al doilea ciclu); D [mm] = diametrul plăcii; ν [-] = coeficientul lui Poisson

Exemplu de calcul:

Conform datelor din Tabelul 3.1 și figura 3.2 rezultă: $\Delta\sigma$ [MN/m²] = $0.7 \times \sigma_{\max} - 0.3 \times \sigma_{\max}$

⇓

¹⁰ conform SR EN 1997-2:2007. Eurocod 7: Proiectarea geotehnică. Partea 2: Încercarea și investigarea terenului.

pentru primul ciclu de încărcare: $\sigma_{1\max} = 0.5 \text{ MN/m}^2 \Rightarrow \Delta\sigma_1 = (0.7 - 0.3) \times 0.50 = 0.2 \text{ MN/m}^2$

pentru al doilea ciclu de încărcare: $\sigma_{2\max} = 0.45 \text{ MN/m}^2 \Rightarrow \Delta\sigma_2 = (0.7 - 0.3) \times 0.45 = 0.18 \text{ MN/m}^2$

$\Delta s \text{ [mm]} = s_{0.7\sigma_{\max}} - s_{0.3\sigma_{\max}}$; Pentru o placa cu $\phi = 300 \text{ mm}$ și un pamant cu $\nu = 0.40$ rezulta:

$E_{v1} = \frac{3.14 \times 300}{4} \times \frac{0.2}{0.466} \times (1 - 0.40^2) = 84.90 \text{ MN/m}^2$	$\frac{E_{v2}}{E_{v1}} = 2.13$
$E_{v2} = \frac{3.14 \times 300}{4} \times \frac{0.18}{0.197} \times (1 - 0.40^2) = 180.75 \text{ MN/m}^2$	

1.3.3.3. Determinarea modulului de reacție K_0

Pentru determinarea modulului de reacție K_0 , parametru necesar pentru dimensionarea structurilor rutiere rigide, încercarea se face de regulă cu o placa de încărcare circulară cu diametrul de 762 mm. Preîncărcarea de $0,01 \text{ MN/m}^2$ se menține până ce modificarea tasării plăcii este mai mică de $0,02 \text{ mm/min}$. Acum încărcarea este mărită pe treptele de încărcare $0,04 \text{ MN/m}^2$; $0,08 \text{ MN/m}^2$; $0,14 \text{ MN/m}^2$ și $0,20 \text{ MN/m}^2$ (vezi modelul din figura 3.3). La fiecare treaptă de încărcare se așteaptă până ce modificarea tasării nu este mai mare de $0,02 \text{ mm/min}$. La descărcare este suficientă introducerea unei trepte intermediare la $0,08 \text{ MN/m}^2$.

Eforturile de compresiune și tasările se vor reprezenta ca în fig.3.3 obținându-se astfel curba de compresiune - tasare caracteristică.

Modulul de reacție se calculează cu ajutorul curbei de compresiune - tasare (fig.3.3) cu relația:

$$K_0 = \frac{\sigma}{s} \text{ [MN/m}^3\text{]} \quad (3)$$

unde: $\sigma \text{ [MN/m}^2\text{]}$ este efortul corespunzător unei tasări de $s = 1,25 \text{ mm}$.

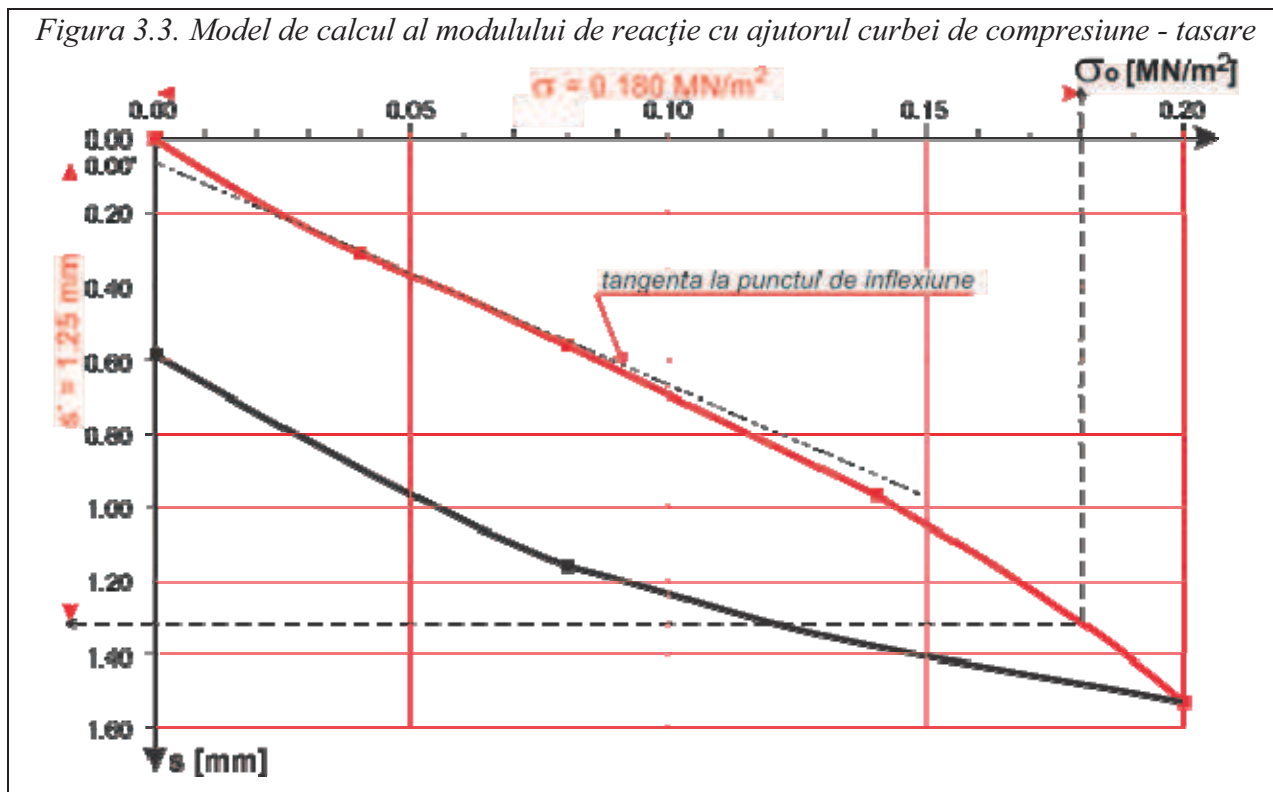
În cazul în care nu se atinge tasarea maximă propusă ($s = 1,25 \text{ mm}$) modulul de reacție poate fi calculat prin raportul între sarcina $\sigma = 0.07 \text{ MN/m}^2$ și tasarea corespunzătoare acestei sarcini.

Notă: În funcție de forma curbei de compresiune - tasare, prin tangenta la punctul de inflexiune al acestei curbe, se poate face o corecție a punctului zero. În acest caz tasarea se va raporta la punctul zero corectat (vezi fig. 3.3 unde $0.00'$ este valoarea corectată a originii)

Aplicând datele din figura 3.3 în formula 3, cu originea corectată, rezultă:

$$K_0 = \frac{\sigma}{s'} = \frac{0.180}{0.00125} = 144 \text{ MN/m}^3$$

Figura 3.3. Model de calcul al modului de reacție cu ajutorul curbei de compresiune - tasare



1.4. Prezentarea datelor

Formularul încercării trebuie să cuprindă următoarele date:

- Datele de identificare ale Laboratorului care a efectuat încercarea;
- Datele de identificare ale lucrării (denumire lucrare, contract, beneficiar);
- Datele de identificare ale locului unde s-a făcut încercarea (coordonate X,Y,Z);
- Denumirea încercării și prescripția tehnică în conformitate cu care a fost efectuat testul;
- Date privind materialul încercat (denumire, stare de consistență/îndesare, etc);
- Date privind vremea cu menționarea temperaturii;
- Data încercării;
- Ora la începerea încercării și la sfârșitul încercării și timpul de aplicare a fiecărei trepte de încărcare;
- Date privind aparatura utilizată (diametrul plăcii de încărcare; felul dispozitivului de măsurare a tasării, resp. cu factor de transformare);
- Rezultatele citirilor facute pe ceasul comparator cu sarcinile normale aferente;
- Curba de compresiune – tasare;
- Personalul care a efectuat testul pe teren și care a efectuat verificarea;
- Alte observații (de ex. abaterile de la metoda stabilită, evenimente neobișnuite, etc);

La sfârșitul anexei este prezentat un model de formular pentru înregistrarea valorilor de calcul ale modurilor E_v .

1. 5. Relații de legătură:

1.5.1. Relația între gradul de compactare D (%) și raportul E_{v2}/E_{v1} :(Tabelul)

Tabelul 3.2. Relația între gradul de compactare și raportul E_{v2}/E_{v1} (după "Wirtgen Road Construction Manual Internal Training Brochure for Sales Managers and Service Engineers")

Pământuri coezive		Pământuri necoezive	
Gradul de compactare D (%)	Raportul E_{v2}/E_{v1}	Gradul de compactare D (%)	Raportul E_{v2}/E_{v1}
>100 %	<2.3	>100 %	<2.3
>97 %	<2.5	>98 %	<2.5
>95 %	<2.6	>97 %	<2.6

1.5.2. Relația între modulul de deformație E_{v2} și modulul dinamic de deflecție E_{vd} (obținut cu deflectometrul dinamic ușor LWD tip ZFG)

Între modulii statici de deformație E_{v1} și E_{v2} și modulul dinamic de deflecție E_{vd} (obținut cu deflectometrul dinamic ușor LWD tip ZFG) există o legătură calitativă (odată cu creșterea coeficienților E_{v1} și E_{v2} crește și modulul de deflecție dinamică E_{vd}). Dar raportul E_{v2}/E_{vd} nu este constant el depinzând atât de tipul pământului testat cât și de starea lui de compactare / îndesare. Din aceste motive relația de legătură între cei doi parametri a fost estimată de producătorul deflectometrului dinamic ușor în următoarele limite:

$$\frac{E_{v2}}{E_{vd}} \in (1.0 - 4.0) \quad (1)$$

acesta recomandând folosirea în general a următoarei relații: $E_{v2} \approx 600 \times \ln \frac{300}{300 - E_{vd}}$ (2)

În cazul utilizării unor alte modele de deflectometru dinamic ușor (realizate de alți producători) relațiile 1.5.2. (1) și 1.5.2. (2) nu mai sunt valabile, pentru acestea utilizându-se, cu acordul beneficiarului, relațiile de legătură recomandate de producătorul deflectometrului utilizat

NOTĂ: Utilizarea deflectometrului dinamic ușor (LWD) – vezi anexa 4, indiferent de producătorul acestuia, nu se poate face decât pentru o estimare calitativă a uniformității zonei testate, efectuată de către executant cu scopul unei verificări interne, rezultatele obținute și buletinele emise neputând fi folosite ca documente de certificare a calității execuției.

2. Verificarea capacității portante cu aparatul CBR

2.1. Scopul încercării și domeniul de aplicare

Definiție: Indicele californian de capacitate portantă (californian bearing ratio - CBR) reprezintă raportul, exprimat în procente, între presiunea necesară pentru penetrarea unei probe (strat) de pământ și presiunea necesară pentru a se obține aceeași penetrare într-un macadam tip.

Indicele californian de capacitate portantă (CBR) se determină cu relația:

$$CBR = \frac{\text{Valoarea corectată a forței}}{\text{Forța standard}} \times 100 (\%) \quad 2.1.$$

Prezenta metodologie stabilește modul de determinare a indicelui CBR utilizând aparatura de laborator și de teren.

Valorile indicelui californian de capacitate portantă, obținute prin încercări de laborator, sau de teren sunt folosite pentru verificarea calității portanței și implicit a calității execuției straturilor rutiere. Deasemenea indicele CBR corelat cu alți parametri geotehnici poate fi folosit și pentru dimensionarea structurilor rutiere.

Metodologia permite și determinarea capacității portante (indicele CBR) a straturilor rutiere (în timpul exploatarei) plecând de la densitatea pământului în stare uscată măsurată în teren și folosind dreapta intrinsecă – CBR (figura 3.8) a pământului din strat.

De regulă, determinarea CBR se execută pe probe de pământ sau din material granular compactate în laborator la umiditatea optimă și apoi imersate timp de 4 zile în apă pentru a se realiza condițiile cele mai defavorabile ce se pot întâlni în exploatarea drumului când acesta poate fi inundat pentru o anumită perioadă. În cazul în care se apreciază că astfel de situații nu pot apare pentru anumite sectoare încercarea CBR se recomandă să se facă pe probe având aceeași umiditatea maximă cu cea care poate fi întâlnită în exploatarea drumului.

În teren, determinările indicelui californian de capacitate portantă (CBR) dau indicații privind capacitatea portantă a terasamentului aflat în starea de umiditate din momentul punerii în opera (efectuării testului).

Metoda are însă anumite limite și anume:

- procesul operator de laborator prevede eliminarea fracțiunilor mai mari de 20 mm și înlocuirea acestora cu o cantitate egală de material cu fracțiunea 5 - 20 mm ceea ce conduce la o anumită alterare a rezultatelor încercărilor

- metoda nu poate simula perfect situația din teren deoarece, deși în condițiile solicitărilor reale din teren intervine poansonarea pământului din patul drumului aceasta nu are loc cu viteza constantă așa cum se întâmplă în cazul testului CBR.

- încercarea CBR se aplică la pământurile din subclasele A1 - A3 și B1 - B4, conform anexei 3 din normativul C 182-87. *Normativ departamental privind executarea mecanizată a terasamentelor de drumuri* (Tabelul).

Tabelul 3.3. Clasificarea pământurilor (după C 182-87)

Tipuri de pământ conf. STAS 1243-83	Criterii de indentificarea pământurilor										Clasificarea pământurilor	
	Granulozitatea								Ip	EN (echivalent de nisip)	Clasa	Sub-clasa
	fracț < 0.005 mm	fracț. 0.05-0.025 mm	fracț 0.05-2 mm	fracț 2-20 mm	fracț 20-200 mm	fracț. >200 mm	Dmax mm	Conținut in fracț. <0.08 mm				
<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>
Praf Praf nisipos Nisip prăfos Nisip slab prăfos Pietrișuri praf	< 15%	> argilă > nisip < nisip	< 30 % > 30% > praf > 50 %	> 50 %	-	-	<50 <50	> 35% 12-35%	< 10	-	Pământuri coezive A	A1
Praf argilos Praf argilos nisip. Nisip argilos	15 - 30%	> nisip > nisip < nisip	< 30% > 30% > praf	-	-	-	< 50	> 35%	5 - 20	-		A2
Argilă Argilă prăfoasă Argilă nisipoasă Argilă praf. nisipoasă	30-60 %	<argilă >argilă <argilă >argilă	< 30% < praf > 30% > 30%	-	-	-	< 50	> 35%	15 - 50	-		A3
Nisip și pietrișuri cu un conținut mic sau mediu de părți fine prafoase	-	-	> 50% > 50%	25 -50% < 30%	-	-	< 50	< 5% 5-12%	-	> 35	Pământuri necoezive B	B1
Nisipuri și pietrișuri argiloase	-	-	> 50%	< 30% > 50%	-	-	< 50	5 - 12%	-	< 35 < 25		B2
Balasturi cu un conținut redus sau mediu de părți fine	-	-	-	> 50% > 50%	-	-	< 50 < 50	5-12% 5%	-	> 25 -		B3
Balasturi argiloase	-	-	> 50%	25-50%	-	-	< 50	12-35%	> 10	-		B4
Bolovănișuri argiloase	-	-	-	-	> 50%	15-35%	> 50	12-35%	-	-		E5
Bolovăniș slab argilos	-	-	-	-	> 50%	-	< 250	5-12%	-	-		B6
Blocuri slab argiloase	-	-	-	-	-	> 50%	> 250	5-12%	-	-		B7
Bolovănișuri	-	-	-	-	> 50%	-	> 50 < 250	< 5%	-	-		B8
Blocuri	-	-	-	-	-	> 50%	> 250	< 5%	-	-		B9

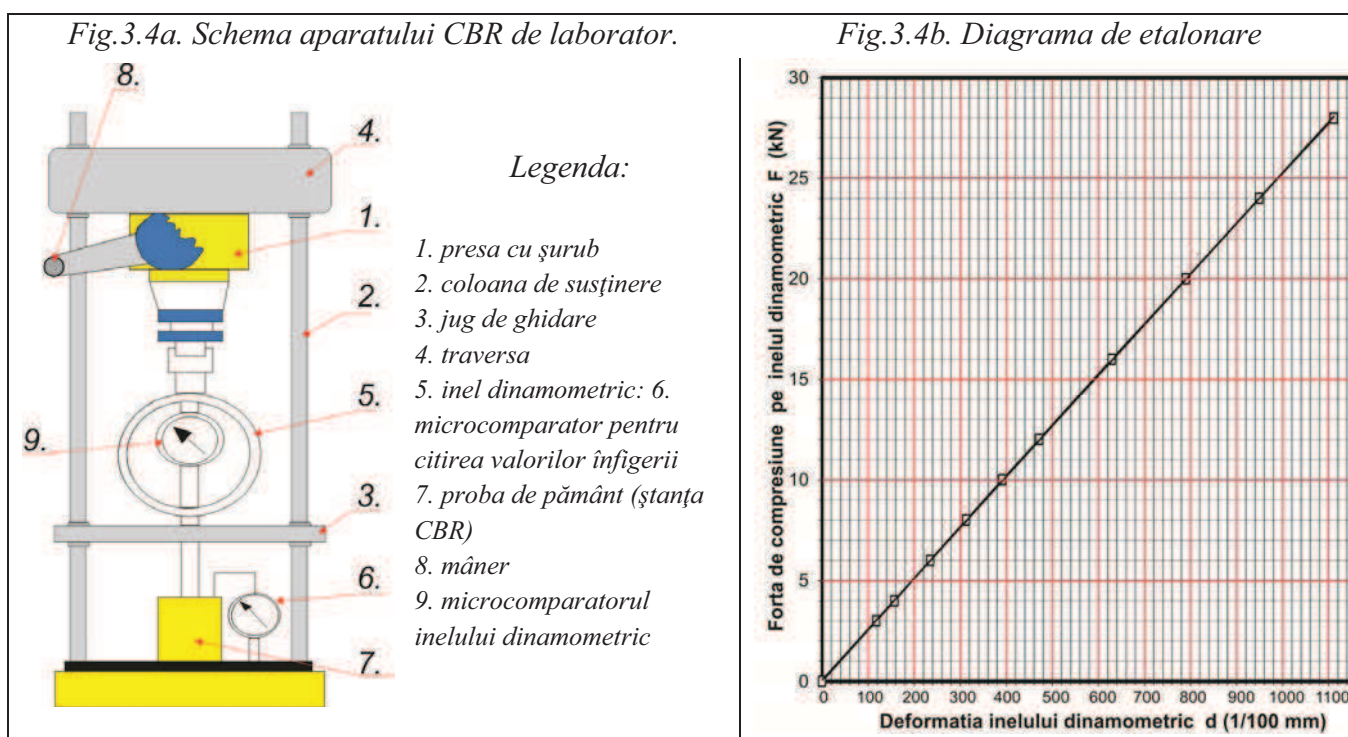
2.2. Principiul metodei

Metoda constă în a înfige în teren (stanța), prin intermediul aparatului CBR (fig.3.4.a), cu o viteză constantă de 1,3 mm pe minut un piston cilindric cu diametrul de 49,6 mm (aria bazei = 1932 mm²) și a măsura și înregistra forțele de încărcare pe piston în KN corespunzătoare pătrunderii acestuia la valori fixe de adâncime: 0,64 mm, 1,27 mm, 1,91 mm, 2,54 mm, 7,62 mm

2.3. Modul de executare al testului

2.3.1. Etalonarea dinamometrelor

Pentru o utilizare corectă inelele dinamometrice trebuie etalonate și certificate. Pe baza datelor obținute la etalonare se întocmesc diagramele care stabilesc legătura dintre deformația inelelor dinamometrice d (1/100 mm) și forța de compresiune F (KN) corespunzătoare, exercitată asupra lor (fig.3.4.b). Aceste diagrame sunt utilizate la determinarea forței de compresiune exercitată în timpul încercării prin citirea deformațiilor la microcomparatorul inelului dinamometric (9).



2.3.2. Determinarea în laborator

Această încercare se poate face atât pe probe tulburate, cât și pe probe netulburate recoltate din teren în stanța CBR.

Încercarea pe probe tulburate se poate face pe probe aduse, prin compactare în aparatul Proctor, la densitatea volumică în stare uscată maximă (ρ_{dmax}) sau în orice altă stare de densitate (de ex. densitatea naturală - ρ) sau pe probe compactate la densitatea volumică în stare uscată maximă (ρ_{dmax}) și saturate timp de 4 zile.

Procedura va descrie determinarea în laborator a indicelui CBR pe probe tulburate, aduse în aparatul Proctor, prin compactare, la starea de densitate maximă (ρ_{dmax}) și imersate timp de 4 zile.

Determinarea indicelui de portanță californian în laborator, pe probe de pământ aflate în alte stări de densitate decât cea obținută după imersarea de 4 zile, se face urmând "IM 003-96 - Metodologie pentru determinarea indicelui californian de capacitate portantă"

2.3.2.1. Saturarea probelor

După aducerea probei în starea de densitate uscată maximă, în aparatul Proctor, conform procedurii specifice acestui test (STAS 1913/13-83) respectiv instrucțiunilor din IM 003-96 se trece la saturarea probei într-un dispozitiv special (fig. 3.5)

- se așează pe probă placa perforată, prevăzută cu șurub reglabil, împreună cu greutatea de lestare corespunzătoare sarcinii geologice (determinată în funcție de stratele aflate deasupra locului de recoltare)

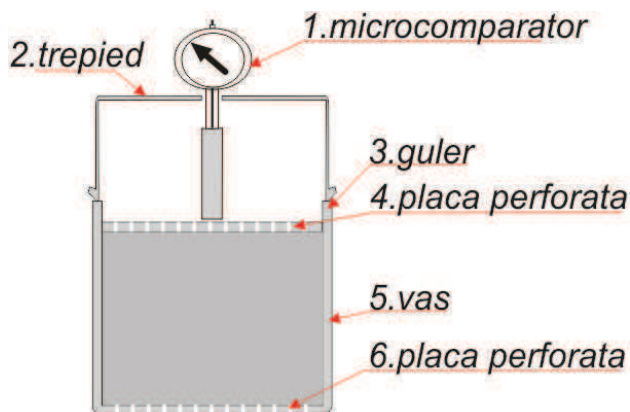


Figura 3.5 Dispozitiv pentru măsurarea umflării probei pe timpul inundării

- se așează trepiedul cu microcomparator pe gulerul ștanței CBR în care se află proba compactată și se face o citire inițială la microcomparator.

- se imersează în totalitate ștanța CBR cu proba într-un vas (tanc de umezire) cu apă pentru a permite accesul apei atât pe la partea de sus cât și de jos a probei. În timpul imersării se menține nivelul apei în tancul de umezire aproximativ 25,4 mm deasupra părții superioare a probei. Imersarea probei va fi de 96 ore (4 zile).

2.3.2.2. Determinarea umflării relative

- la sfârșitul celor 96 de ore, se face o măsurătoare finală la microcomparator pe proba imersată și se calculează umflarea ca un procentaj din înălțimea inițială a probei (119mm).

$$\text{Umflarea relativă} = \frac{\text{Umflarea totală a probei în mm}}{119 \text{ mm}} \times 100 (\%) \quad (2.2)$$

Se scoate proba din tancul de umezire, se scurge apa de pe probă și apoi se lasă să se dreneze apa timp de 15 minute. După aceea se îndepărtează greutatea de supraîncărcare și placa perforată. Se cântărește și se determină valoarea densității probei de pământ inundate și drenate.

2.3.2.3. Testul de penetrare

Se pune suprasarcina sub formă de inel sau greutatea cu fantă pe probă, egală cu cea din timpul inundării. Pentru a preveni refularea materialului moale în golul greutateilor de suprasarcină, se așează pistonul de penetrare după ce a fost pusă o greutate de suprasarcină de proba de pământ.

După așezarea pistonului, restul de greutatea de suprasarcină va fi plasat în jurul pistonului.

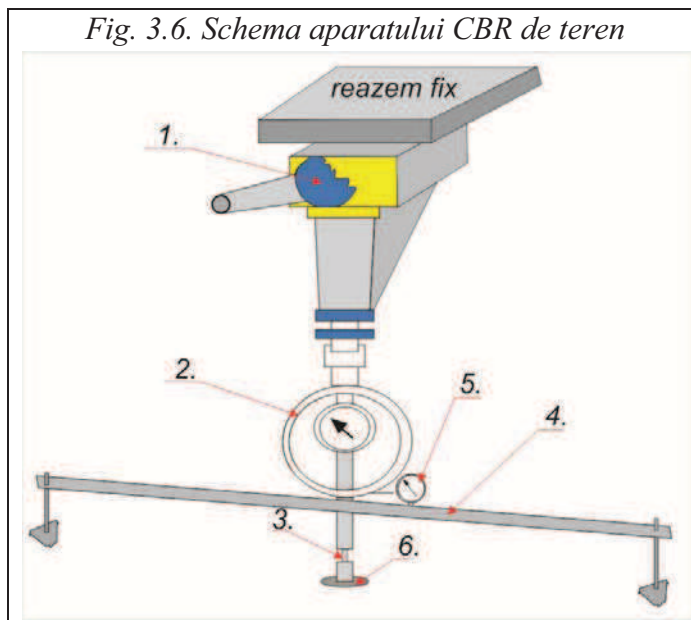
Se așează pistonul de penetrare sub o încărcare inițială de 4,54 kg, apoi ambele indicatoare, ale pistonului de penetrare și al inelului dinamometric se aduc la zero. Această preîncărcare se realizează citind la dinamometru utilizat o deformație corespunzătoare forței de 4,54 kgf.

Se aplică forța de încărcare pe pistonul de penetrare, astfel ca viteza de penetrare să fie de 1,3 mm pe minut. Se înregistrează forța când penetrarea este la valorile : 0,64 mm ; 1,27 mm ; 1,91 mm; 2,54 mm; 5,08 mm; și 7,62 mm. Opțional se pot face citiri ale forței și la valorile penetrării de la 10,16 mm și 12,70 mm.

2.3.3. Determinarea indicelui portant californian (CBR) pe teren

Aparatura de teren pentru determinarea indicelui californian de capacitate portantă (fig.3.6), se compune din următoarele părți principale:

- presă cu șurub;
- set dinamometric: 5 KN, 10 KN, 20 KN, 30 KN;
- piston de penetrare;
- cadru de referință pentru măsurarea adâncimii de penetrare (poansonare);
- microcomparator 0,01 mm și cursa 0 – 30 mm;
- inele de lezare



Determinarea indicelui CBR se efectuează și pe teren ținându-se seama la interpretarea rezultatelor de faptul că pământul în momentul încercării, poate avea o altă umiditate decât cea prevăzută în condițiile încercării în laborator.

2.3.1. Modul de lucru

Suprafața de pământ pe care se efectuează încercarea se netezește pe o întindere suficient de mare pentru a avea loc operatorul și aparatul. Suprafața se va feri de umezire din precipitații și de uscare intensă prin evaporare. Se scot pietrele proeminente de la suprafața pământului și se umplu golurile lăsate de ele cu nisip sau gips.

Se fixează presa cu șurub de un reazem fix (de ex. grinda din spate a unui utilaj) care poate permite centrarea verticală a aparatului de teren și efectuarea încercării. Prinderea presei de reazem se realizează astfel încât cele două fețe în contact să fie perfect plane.

Se prinde pistonul de penetrare la dinamometru prin intermediul unui element de legătură, prin înșurubare. Pe elementul respectiv se prinde colierul de susținere a microcomparatorului de citire a penetrării.

Se aduce acest subansamblu sub presa cu șurub, se pune suprasarcina necesară sub formă de inel sau greutate cu fantă în jurul pistonului, se centrează și se articulează vertical prin intermediul bilei de centrare de la presă. Se ține cu mâna vertical, de către operator, în timp ce un al doilea încarcă ansamblul realizat la 4,54 kg prin intermediul presei cu șurub.

Se prinde microcomparatorul pistonului de penetrare la colier, iar acesta se reglează pe verticală la o înălțime care să permită sprijinirea palpatorului microcomparatorului pe cadrul de referință. Se reglează cele două microcomparatoare, aducându-se la zero.

Se aplică forța de încărcare pe pistonul de penetrare, astfel ca viteza de penetrare să fie de 1,3 mm/minut. Se înregistrează forța când penetrarea este la valorile: 0,64 mm; 1,27 mm; 1,91 mm; 2,54 mm; 5,08 mm și 7,62 mm.

2.4. Calculul indicelui de capacitate portantă californian (CBR)

Forma inițială și cea corectată a curbei "forță pe piston - penetrare piston" sunt prezentate în fig. 3.7. În unele cazuri penetrarea inițială are loc fără o creștere a forței la penetrare și curba poate fi și concavă (test 2 din figura 3.7). În aceste situații curbele vor fi corectate conform "Ghid practic pentru construcția terasamentelor 1991, ing. Radu Andrei"

Indicile californian de capacitate portantă (CBR) se calculează pentru fiecare probă, pentru valorile corectate ale forței la 2,54 mm și 5,08 mm penetrare. Valorile (CBR) se obțin prin raportarea valorilor corectate ale forței pentru 2,54 mm și 5,08 mm, la valorile standard (pentru piatră spartă) 13,24 KN respectiv 19,96 KN și înmulțit cu 100. În general indicele (CBR) se calculează pentru penetrarea de 2,54 mm.

$$CBR = \frac{\text{Valoarea corectată a forței}}{\text{Forța standard}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dacă acest indice calculat pentru 5,08 mm penetrare este mai mare decât indicele calculat pentru 2,54 mm penetrare se reface încercarea. Dacă încercarea de control dă rezultat similar, va fi folosit indicele obținut pentru penetrarea de 5,08 mm.

În laborator se determină dreapta intrinsecă (CBR) a unui pământ (fig 3.8) sau material granular adică dreapta care exprimă legătura dintre (CBR) și densitatea pământului în stare uscată (ρ_d). Valorile CBR se determină pe minim trei probe de pământ prelevate din patul drumului, compactate la umiditățile optime stabilite în prealabil și specifice la trei energii de compactare diferite. Dreapta permite determinarea CBR proiectat la procentul dorit din densitatea în stare uscată (ρ_d), corespunzătoare gradului de compactare permis în specificațiile de compactare. Cu aceeași dreaptă se poate determina grafic indicele de capacitate portantă californian (CBR) al patului drumului în timpul exploatării, plecând de la densitatea pământului respectiv în stare uscată măsurată în teren.

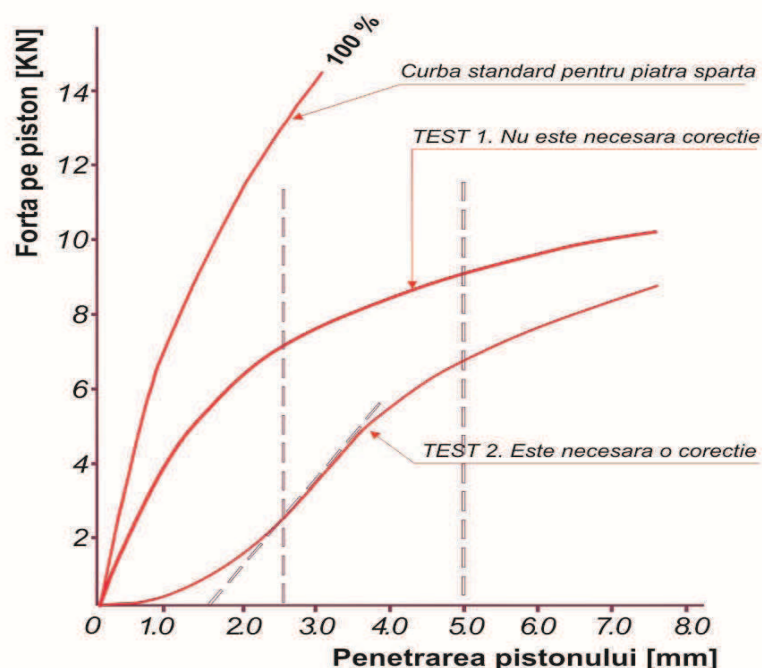


Figura 3.7. CBR - Graficul forță - penetrare

2.5. Relații de legătură

2.5.1. Relația de legătură între indicele de portanță californian CBR și modulul dinamic de deformare al pământului E_p (conform NP 081/2002)

$$E_p = 10 \times CBR \quad (2.4.)$$

2.5.2. Relația dintre modulul de reacție și indicele de portanță californian CBR

- conform NP 081/2002:

$$K_0 = 874 + 6.75 \times CBR + 0.20238 \times (CBR)^2 \quad (2.5.)$$

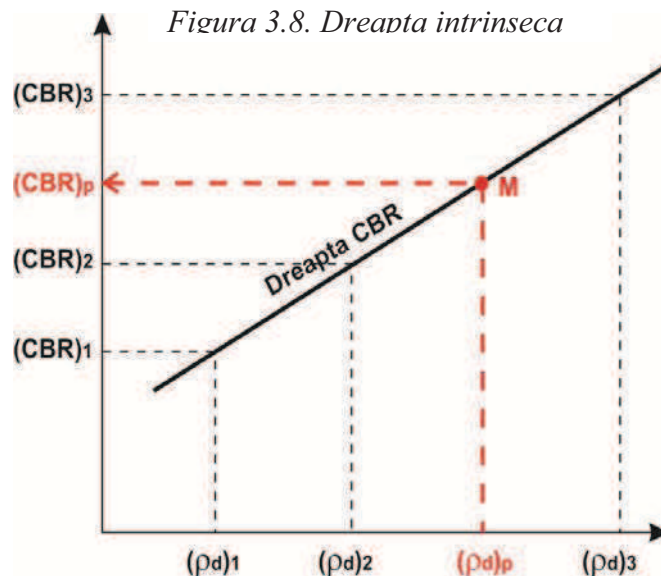
2.5.3. Valori informative ale indicelui de portanță californian CBR și ale modulului de reacție K_0 pentru diferite tipuri de pământuri sunt prezentate în Tabelul .

Tabelul 3.4 Valori informative ale CBR și K_0 (după "Supplement for AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Part II - Rigid Pavement Design & Rigid Pavement Road Design")

Descrierea pământului	Clasificare pământurilor conform			Densitatea în stare uscată ρ_d [g/cm ³]	CBR [%]	Modul de reacție *) K_0 [MN/m ³]
	PD 177/2001	SRENISO 14688-1	Sistem unificat			
gravel (pietriș / balast)	P1	Gr saGr	GW GP	2.00 - 2.24	60 - 80	81.3 - 122.0
				1.92 - 2.08	35 - 60	81.3 - 108.4
coarse sand (nisip mare)	P1,	Sa	SW	1.76 - 2.08	20 - 40	54.2 - 108.4
fine sand (nisip fin)	P2	grSa	SP	1.68 - 1.92	15 - 25	40.7 - 81.3
silty gravel (pietriș prafos)	P2	siGr	GM	2.08 - 2.32	40 - 80	81.3 - 135.5
silty sandy gravel (pietriș prafos nisipos)		sisGr				
silty sand (nisip prafos)	P3	siSa	SM	1.92 - 2.16	20 - 40	81.3 - 108.4
silty gravelly sand (nisip prafos cu pietriș)						
clayey gravel (pietriș argilos)	P2	clGr	GC	1.92 - 2.24	20 - 40	54.2 - 122.0
clayey sandy gravel (pietriș argilos nisipos)		clsaGr				
clayey sand (nisip argilos)	P3	clSa clgrSa	SC	1.68 - 2.08	10 - 20	40.7 - 94.9
clayey gravelly sand (nisip argilos cu pietriș)						
silt (praf)	P3	Si	ML, OL	1.44 - 1.68	4 - 8	6.8 - 44.7
silt / sand/ gravel micxture (amestec de praf cu nisip si pietriș)		grsaSi		1.60 - 2.00	5 - 15	10.8 - 59.6
poorly graded silt (praf organic/ argilă prăfoasă)	P4	siCl	MH	1.28 - 1.60	4 - 8	6.8 - 51.5
plastic clay (argilă grasă)	P5	Cl	CL	1.60 - 2.00	5 - 15	6.8 - 61.0
moderately plastic elastic clay (argilă/argilă prăfoasă)	P5	siCl	CL, OL	1.44 - 2.00	4 - 15	6.8 - 58.3
highly plastic elastic clay (argilă / argilă grasă)	P5	Cl	CH, OH	1.28 - 1.76	3 - 5	10.8 - 59.6

*) Modulul de reacție al pământurilor coezive - fine depinde în mare măsură de gradul de saturație

Figura 3.8. Dreapta intrinseca



Model de formular pentru prezentarea rezultatelor testului cu placa statică

LOGO LABORATOR			Contract: Lucrarea:							
DETERMINAREA MODULULUI DE DEFORMAȚIE LINIARĂ PRIN ÎNCERCĂRI DIRECTE PE TEREN CU PLACA LUCAS conform										
LOCUL TESTAT				APARATURA FOLOSITĂ						
Coordonate: X =		; Y =		; Z =						
Materialul:		Vremea:		D _{placă} (cm) =						
				S _{pist} / S _{placă} = ; h ₁ /h ₂ =						
Trea pta	Timp de aplicare a sarcinii		Presiunea pe suprafața piston (citiri pe manometru)		Presiunea normală pe placa de încărcare σ_0	Tasarea citita s'	Tasarea reala s		CICLURI	OBSERVAȚII
	ora	min	bari	MN/m ²	MN/m ²	0,01xmm	0,01xmm	m		
-										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

DIAGRAMA PRESIUNE - DEFORMATIE

Presiunea σ_0 [MN/m²]

Calcul	ciclul I	$\Delta\sigma_1 =$	$;\Delta s_1 =$	$E_{v1} =$	MN/m ²	$E_{v2}/E_{v1} =$
	Ev:	ciclul II	$\Delta\sigma_2 =$	$;\Delta s_2 =$	MN/m ²	

DATA: _____ OPERATOR: _____ VERIFICAT: _____

Nota: 1 bar = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

Model de formular pentru prezentarea rezultatelor testului CBR

LOGO LABORATOR	Contract: Lucrarea:
----------------	------------------------

DETERMINAREA INDICELUI CALIFORNIAN DE CAPACITATE PORTANTA

conform IM 003-96

LOCUL TESTAT

Coordonate: X = ; Y = ; Z =

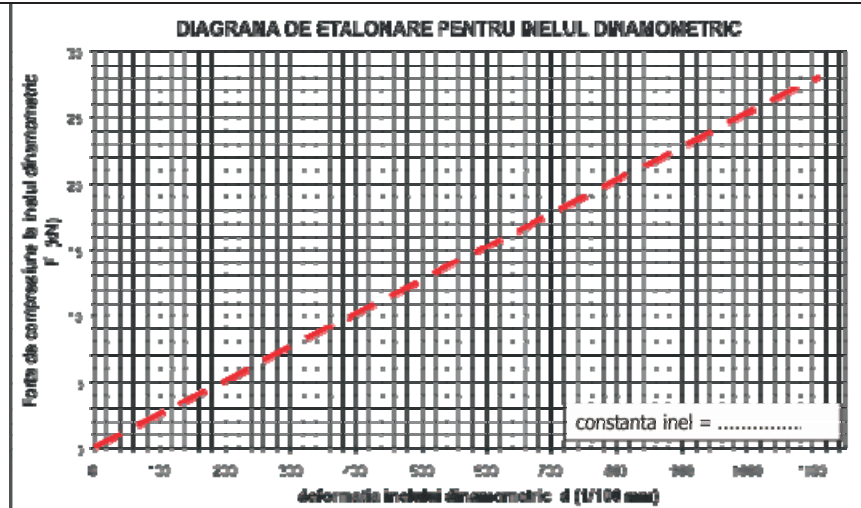
Materialul:

Aparatura folosită:

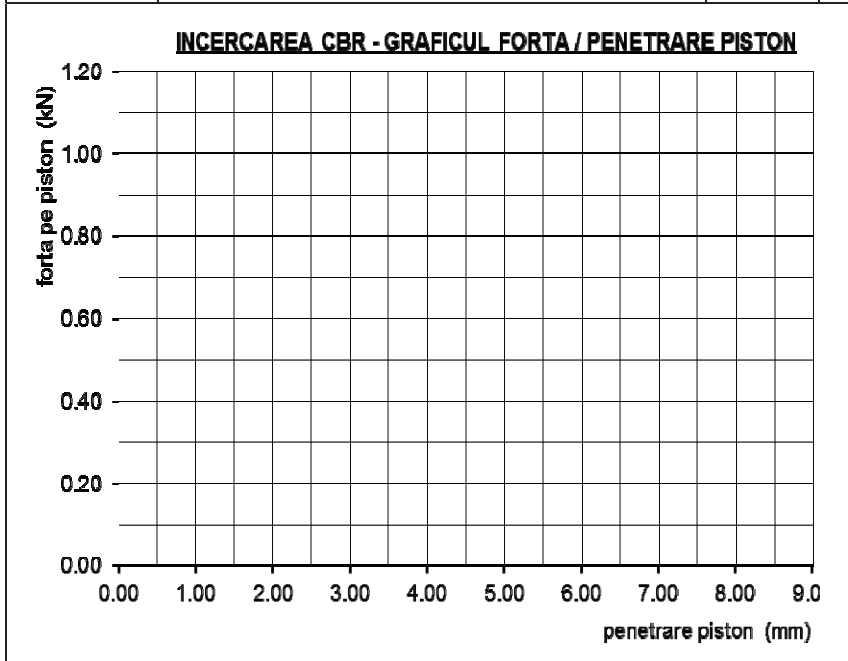
Tipul încercării:

Data:

Vremea:



Penetrare piston (mm)		0.64	1.27	1.91	2.54	5.08	7.62
PROBA I	Deformația inel dinamometric (1/100 mm)						
	Forța de compresiune a inelului (kN)						
PROBA II	Deformația inel dinamometric (1/100 mm)						
	Forța de compresiune a inelului (kN)						



VALOAREA CBR OBTINUTA:		
	CBR (2,54)	CBR (5,08)
PR. I		
PR. II		
MEDIA		
CBR =	%	

OPERATOR:	VERIFICAT: ing.
-----------	----------------------