



STABILIREA UNOR CORELAȚII ÎNTRE CARACTERISTICILE DE COMPACTARE ALE LOESSURILOR, REZISTENȚA LA PENETRARE STATICĂ ȘI INDICELE CBR

Eugeniu BRAGUȚA ^{1*},
Cornelia-Florentina DOBRESCU ²,
Andrei BURAGA ³,
Olga HAREA ⁴

¹ Departamentul Ingineria Infrastructurii Transporturilor, Facultatea Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

² Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare în Construcții, Urbanism și Dezvoltare Teritorială Durabilă URBAN-INCERC, București, România

³ Departamentul Ingineria Infrastructurii Transporturilor, Facultatea Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

⁴ Departamentul Urbanism și Design Urban, Facultatea Urbanism și Arhitectură, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Eugeniu BRAGUȚA, eugeniu.braguta@fua.utm.md

Rezumat. În cadrul acestui articol, pe baza încercărilor experimentale de laborator și teren efectuate pe probe de loess din zona Fetești, sunt stabilite corelații între rezistența la penetrare statică, indicele CBR și caracteristicile de compactare (umiditatea optimă de compactare și densitatea maximă în stare uscată).

O economie de timp și resurse poate fi obținută prin utilizarea pe scară largă a acestor corelații între indicii fizici, care definesc natura și starea solurilor, și caracteristicile mecanice implicate în evaluarea tasării fundațiilor sau în estimarea capacității portante a terenului de fundare.

Cuvinte cheie: caracteristici de compactare, rezistență, capacitate portantă, corelații.

Introducere

Pentru proiectarea și realizarea lucrărilor de construcții cu caracter definitiv, este necesară o cercetare detaliată a terenului de fundare pe amplasamentul dat, precum și în zona de influență a viitoarei construcții.

Cercetarea geotehnică are ca scop obținerea de date relevante despre terenul de fundare, necesare pentru:

- definirea amplasamentului construcției;
- identificarea succesiunii și a caracteristicilor fizico-mecanice ale straturilor care compun terenul de fundare și, în funcție de portanța acestora, stabilirea sistemului de fundare și adâncimea de fundare;
- determinarea influenței apei subterane asupra procedeele de execuție a fundațiilor, asupra fundațiilor propriu-zise și a construcției;
- determinarea rezervelor de materiale locale de construcții;
- semnalarea condițiilor speciale ale terenului de fundare care pot influența desfășurarea normală a lucrărilor de fundare și exploatarea construcțiilor;
- identificarea prezenței unor pământuri dificile de fundare (pământuri sensibile la umezire, pământuri cu umflări și contracții mari, pământuri organice), care pot genera fenomene active de tasare în timp sub greutatea proprie;



- identificarea terenurilor în pantă, cu potențial de alunecare sau susceptibilitate la instabilitate prin degradare, eroziune etc.

În fazele finale de proiectare, cercetarea geotehnică se realizează în principal prin lucrări de prospectare, încercări asupra terenului de fundare efectuate atât în laborator, cât și „in situ”, precum și prin lucrări experimentale.

Pe baza acestor investigații, se definitivează soluțiile de fundare și caracteristicile geotehnice necesare pentru dimensionarea fundațiilor și pentru calculul terenului de fundare la starea limită ultimă (SLU) și starea limită de exploatare (SLE).

În vederea stabilirii unor corelații între rezultatele încercării CBR și cele ale penetrării statice (metodă mai operativă decât prima), au fost utilizate rezultatele unor încercări de laborator efectuate în cadrul INCERC București, care au constatat în:

- încercarea Proctor normală, pe loess din zona Fetești;
- încercarea CBR pe aceleași tipuri de pământuri;
- penetrare statică.

Încercări de laborator. Rezultate obținute.

Încercările de laborator au fost efectuate pe probe de loess recoltate de pe amplasamente situate în Municipiul Fetești. Pământul analizat, în funcție de compoziția granulometrică, este caracterizat ca fiind un praf argilos nisipos.

Încercările au fost realizate conform STAS 1913/5-85 „Teren de fundare. Determinarea granulozității”, iar identificarea și clasificarea pământurilor au fost efectuate conform SR EN ISO 14688-2: 2018.

Rezultatele obținute din aceste încercări oferă informații esențiale despre caracteristicile fizico-mecanice ale loessurilor și contribuie la evaluarea adecvată a terenului de fundare.

- argilă 18 %;
- praf 64 %
- nisip 18 %.

De asemenea, starea pământului este caracterizată prin următoarele limite de plasticitate:

- Limita inferioară de plasticitate $w_p = 14,8 \%$
- Limita de curgere sau limita superioară de plasticitate $w_L = 30,0 \%$
- Umiditatea naturală $w = 4,52 \%$
- Indicele de plasticitate $I_p = 15,2 \%$
- Indice de consistență $I_C = 1,676$

În funcție de valorile indicelui de plasticitate și ale indicelui de consistență, se pot trage următoarele concluzii:

- Plasticitate redusă: Indicele de plasticitate I_p sugerează o plasticitate redusă a pământului, ceea ce indică faptul că materialul nu este foarte sensibil la variațiile de umiditate.
- Consistență tare: Indicele de consistență I_C sugerează o consistență tare a pământului, ceea ce înseamnă că materialul are o rezistență relativ mare la deformare și este mai puțin susceptibil la deformări semnificative sub sarcină.

Pentru determinarea caracteristicilor de compactare în laborator a fost utilizată încercarea Proctor normală, efectuată conform STAS 1913/13-83. Rezultatele încercării Proctor sunt prezentate în Tabelul nr. 1, iar curba Proctor $\rho_d = f(w)$ care reprezintă variația densității în stare uscată în funcție de umiditate, este prezentată în Figura nr. 1.



Tabelul 1

Rezultate ale încercărilor Proctor, CBR și Penetrare statică

Proba nr.	Tip încercare Proctor	ρ (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	w (%)	CBR (%)	Penetrare statică R _p (daN/cm ²)
1.	Normală	1,62	1,51	7,00	21,10	143
2.	Normală	1,73	1,57	10,30	22,30	146
3.	Normală	1,84	1,64	12,14	29,10	170
4.	Normală	1,92	1,69	13,27	29,10	158
5.	Normală	2,01	1,70	18,1	2,75	1,87
6.	Normală	2,04	1,78	14,8	18,60	75
7.	Normală	2,08	1,79	16,00	16,50	53

Reprezentarea rezultatelor încercărilor Proctor normal

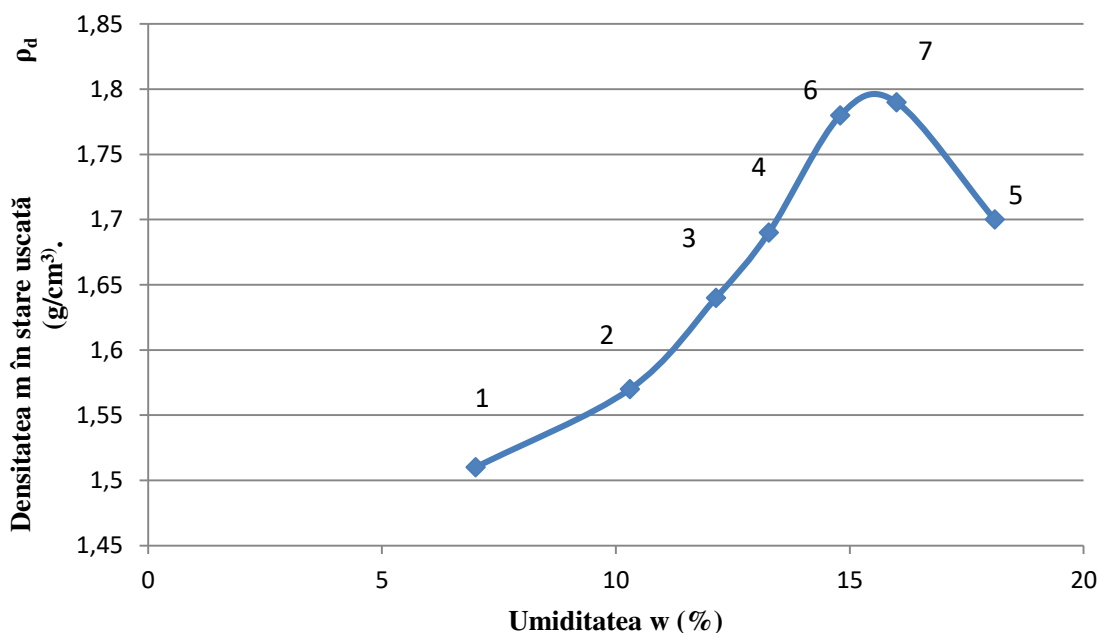


Figura 1. Variația densității în stare uscată cu umiditatea

Caracteristicile de compactare obținute din încercarea Proctor normal sunt următoarele: umiditatea optimă de compactare $w_{opt} = 16\%$ și densitatea maximă în stare uscată $\rho_{dmax} = 1,79$ g/cm³. Fiecare dintre cele 7 probe de pământ compactat, obținute la diferite valori ale umidității, au fost testate în aparatul CBR pentru determinarea Indicelui Californian de Capacitate Portantă. Rezultatele încercării CBR sunt prezentate în Tabelul nr. 1.

Valoarea indicelui californian de capacitate portantă (CBR) s-a calcul pentru cele două valori de calcul 2,54 mm respectiv 5,00 mm, reprezentând penetrarea pistonului în proba. Valoarea din tabelul 1, conform prescripțiilor tehnice, este valoarea superioară dintre cele două.

După efectuarea încercării CBR, pe aceeași față a probei s-a efectuat un număr de 5-7 încercări de penetrare statică utilizând un penetrometru static hidraulic și rezultatele încercării sunt prezentate în tabelul 1. În figura 2 sunt prezentate diagramele de corelație după cum urmează:

a/. $R_p = f(\rho_d, w)$

b/. $CBR = f(\rho_d, w)$

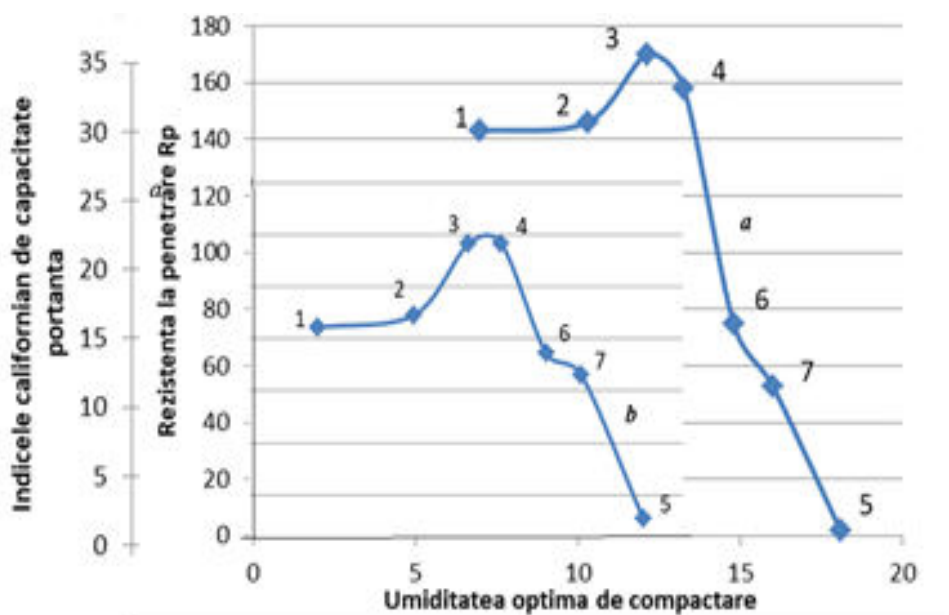


Figura 2. Corelație

Din examinarea celor trei diagrame se constată următoarele:

- rezistența la penetrare statică variază în funcție de umiditate și implicit de densitatea în stare uscată, după o curbă;
- valoarea maximă $R_p = 170 \text{ daN/cm}^2$ corespunde la perechea de valori $w = 12, 14 \%$ și $\rho_d = 1,70 \text{ g/cm}^3$;
- față de valoarea umidității $w = 12, 14 \%$, valorile R_p sunt simetric egale, într-un interval $\pm 1,5 \%$, apoi scad continuu;
- valoarea minimă $R_p = 2,75 \text{ daN/cm}^2$ corespunde la perechea de valori $w = 18,1 \%$ și $\rho_d = 1,70 \text{ g/cm}^3$.

În mod asemănător evoluează și valorile indicelui CBR în funcție de perechile de valori ρ_d și w . Se constată un paralelism al celor doua diagrame $R_p = f(\rho_d, w)$ și $CBR = f(\rho_d, w)$.

Valoarea maximă pentru indicele CBR se situează în intervalul de valori $w = 12-13\%$ și este egala cu 29, 1%. Valoarea minimă CBR = 2,75 % corespunde umidității $w = 18,1 \%$ (proba nr. 5).

Concluzii

Din examinarea curbelor de corelație Proctor, R_p și CBR stabilite pentru loessul de Fetești (praf argilos nisipos), rezultă următoarele:

- valorile maxime R_p și CBR sunt obținute pe probe cu umiditatea $w < w_{opt}$ la aproximativ 1-3% sub umiditatea optimă de compactare;
- paralelismul diagramelor R_p și CBR: Curbele R_p și CBR prezintă un comportament similar și sunt paralele, ceea ce sugerează că ambele metode reflectă caracteristicile de rezistență ale pământurilor coezive într-o manieră comparabilă.
- cele doua metode de încercare, penetrarea statică și CBR, pun în evidență caracteristicile de rezistență ale pământurilor coezive. Ele sunt metode similare, rezultatele lor sunt paralele și pot fi corelate între ele, precum și rezultatele diagramei Proctor.

Depinzând de cei doi parametri (ρ_d și w), caracterizarea acestor corelații prin ecuații este dificilă și presupune multe încercări și o prelucrarea statistică a valorilor obținute.



Utilizarea celor două metode pentru verificarea straturilor rutiere sau a pernelor de pământ realizate prin cilindrare pe strat trebuie făcută cu precauție, stabilind o corelare directă cu încercarea Proctor în laborator, de fiecare dată când se schimbă natura pământului coeziv utilizat (compoziția granulometrică și limitele de plasticitate).

Referințe:

- [1] Barden L., Sides G.R. (1970), Engineering Behavior and Structure of Compacted Clay, Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 96 (SM4): 1171-1200.
- [2] Basherr L. (2001), Empirical modeling of the compaction curve of cohesive soils, Canadian Geotechnical Journal, 38 (1): 29-45.
- [3] Batey T. (2009), Soil Compaction and Soil Management-A Review, Soil Use and Manage, 25: 335-345.
- [4] Bratu, P. (2011). Dynamic parameters optimization for the vibrating sieve with two granular material sizing units, working in resonance, Revista de Chimie, 62 (8), pp. 832-836.
- [5] Dobrescu C.F., (2020), The Dynamic Response of the Vibrating Compactor Roller, depending on the Viscoelastic Properties of the Soil, Applied System Innovation 2020, 3(2),25; <https://doi.org/10.3390/asi3020025>, Special Issue Transport Systems and Infrastructures.
- [6] Dobrescu C.F, Brăguță E., (2018), Optimization of Vibro-Compaction Technological Process Considering Rheological Properties, Acoustics and Vibration of Mechanical Structures - AVMS-2017, pag 287-293, Springer Proceedings in Physics, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69823-6_34.
- [7] Dobrescu C.F., (2017), Study concerning bearing assessment of natural and stabilized soils using binders with ecological benefits based on parametric correlations, Romanian Journal of Materials 2017, 47 (1), 112 -116; <https://solacolu.chim.upb.ro/cup12017.htm>. Factor de impact 0,612 (2017).
- [8] Pinard M.I. (1999), Innovative developments in compaction technology using high energy impact compactors, Proceedings, 8th Australia New Zealand Conference on Geomechanics, Hobart, Australian Geomechanics Society, 2: 775-781.
- [9] Ramasubbarao G.V., Siva Sankar G. (2013), Predicting soaked CBR value of fine grained soils using index and compaction characteristics, Jordan Journal of Civil Engineering, 7(3): 354-360.
- [10] Roy T.K, Chattapadhyay B. C., Roy S. K. (2010), California Bearing Ratio, Evaluation and Estimation: A Study of Comparison, IGC-2010, IIT, Mumbai, pp. 19-22.
- [11] Stephens D. J. (1990), Prediction of the California bearing ratio, Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 32 (12): 523–527.
- [12] Townsend F. C., Anderson J. B. (2004), A compendium of ground modification techniques, report submitted to Florida Department of Transportation, 350 pp.
- *** ASTM D698-12e2, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³)).
- *** ASTM D1557 - 12e1, Standard Test Methods for Laboratory Compaction.
- ***SR EN ISO/CEI 17025 : 2005 Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări.
- ***IM 003-96 Metodologie pentru determinarea indicelui californian de capacitate portanta (CBR).
- ***STAS 1913/13-83 Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor de compactare. Încercarea Proctor.
- ***STAS 1913/1-82 Teren de fundare. Determinarea umidității.
- ***STAS 1913/3-76 Teren de fundare. Determinarea densității pământurilor.
- ***STAS 1913/5-85 Teren de fundare. Determinarea granulozității.
- ***STAS 1913/4-86 Teren de fundare. Determinarea limitelor de plasticitate.