

ISSN 1584-5958

REVISTA ROMÂNĂ DE GEOTEHNICĂ ȘI FUNDAȚII

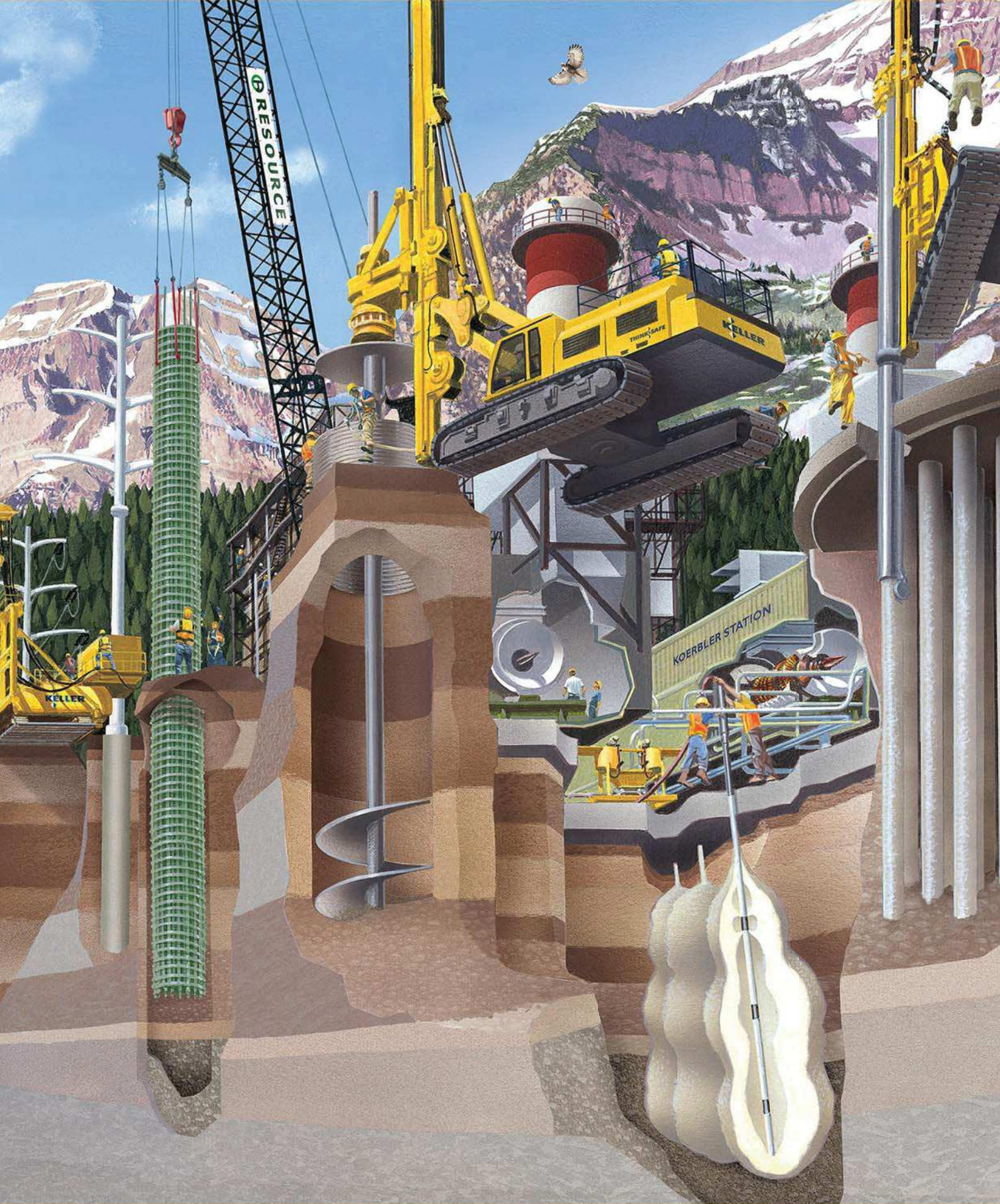
Nr. 2
2014

Revistă bianuală editată de:



SOCIETATEA ROMÂNĂ DE GEOTEHNICĂ ȘI FUNDAȚII

ROMANIAN SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



www.KellerGeotechnica.ro



EDITORIAL

Anul 2014 a fost un an al unor activități fructuoase în domeniul Ingineriei Geotehnice.

Pe plan național se poate afirma ca s-a încheiat acțiunea actualizării normelor tehnice specifice racodate la EUROCODURI, prin editarea în Monitorul Oficial.

- NP 074 - 2014 "Normativ privind documentatiile geotehnice pentru constructii"
- NP 112 - 2014 "Normativ privind proiectarea fundațiilor de suprafață"
- NP 114 - 2014 "Normativ privind proiectarea geotehnica a ancorajelor în teren"
- NP 120 - 2014 "Proiectarea, execuția și monitorizarea excavațiilor adânci în zone urbane"
- NP 134 - 2014 "Normativ privind proiectarea geotehnica a lucrarilor de epuizmente"
- GT 067 - 2014 "Ghid privind controlul lucrărilor de compactare a pământurilor necoezive"
- GP 129 - 2014 "Ghid privind proiectarea geotehnică"

La elaborarea acestor normative membrii SRGF și-au adus un aport definitoriu sub coordonarea nemijlocită a Profesorului Iacint Manoliu. Este necesară diseminarea în cadrul comunității noastre profesionale a prevederilor acestor norme și urmărirea aplicării acestora în practică. În acest sens se remarcă acțiunea Filialei SRGF București care a organizat cu succes cursurile de aplicare.

De asemenea, de aprecieri unanime s-a bucurat acțiunea de noutate națională organizată de Filiala Cluj prin Tabăra de vară SRGF. Apuseni 2014 unde s-au dezbătut teme legate de Metoda Elementului Finit în Ingineria Geotehnica, Geologie, Monitorizare, Alunecări de teren, Cercetarea terenului de fundare, Încercări de laborator.

Sperăm că astfel de activități să continue în scopul creșterii vizibilității domeniului de Inginerie Geotehnică ca și pentru perfecționarea pregătirii membrilor SRGF.

Un mare impact în lumea specialiștilor din domeniu (proiectanți, executanți) dar și a viitorilor specialiști, studenții de astăzi, a avut expoziția „Din secretele Ingineriei Geotehnice” – organizată în cadrul UTCB – Facultatea de Hidrotehnică – de către Filiala București a SRGF.

Timp de o săptămână, zilnic, în holul principal al Facultății de Hidrotehnică s-au auzit numai termeni de Geotehnică și Fundații, s-au exemplificat noi tehnologii, s-au schimbat impresii și date din experiența diferiților participanți – toți membrii colectivi și individuali ai SRGF.

Recomandăm perpetuarea unei astfel de expoziții, ce poate deveni intinerantă, deși implică eforturi de organizare deosebite.

Remarcăm totodata activitățile locale (București, Iași, Cluj, Timișoara) organizate de membrii colectivi ai SRGF cu sprijinul SRGF: Geosond, Geobrugg, Soldata, Teratest, SBR, Keler și al Filialelor locale de tipul unor Seminarii științifice cu prezentari concrete de tehnologii, produse, programe de calcul, lucrări specifice realizate.

Prilejuri deosebite de trecerea în revistă a evoluției domeniului de Inginerie Geotehnică, de întâlnire în cadru festiv a specialiștilor l-au constituit aniversările anului 2014:

- aprilie București – Sărbătorirea Profesorului Iacint Manoliu la 80 de ani
- septembrie Iași - sărbătorirea Profesorului Anghel Stanciu la 65 ani .
- iunie 2014 – Sărbătorirea Societății Geosond – 25 de ani de activitate.

Pentru recunoașterea meritelor și activităților aniversaților, SRGF a înmănat Diplome și Plachete de onoare. Sperăm în existența a cât mai multe astfel de momente frumoase.

Gânduri pioase pentru cei care ne-au părăsit în anul 2014: Dr. ing. Coșovliu Octavian, Ing. Ilnițchi Roman.

Pe plan internațional evenimentele anului 2014 la care SRGF a participat activ prin prezența unor membrii individuali și colectivi, cât și prin articole și prezentări, au fost:

- La "XXIIIrd European Young Geotechnical Engineers Conference", Barcelona, 2-5 septembrie 2014, din partea României au participat Anca Hotineanu și Liviu Bugea.
- O delegație de cca. 20 persoane a participat la „XVth Danube-European Conference on Geotechnical Engineering” (a doua delegație ca număr de participanți, după țara gazdă). Prof. Iacint Manoliu și Prof. Sanda Manea au fost președinți de secțiune, iar Mihai Stănescu a susținut o prezentare orală. Membrii SRGF au publicat 26 de articole în volumele conferinței.
- La „Xth International Conference on Geosynthetics – Berlin, 2014” România a fost prezentă printr-o delegație de cca. 10 persoane. Prof. Loretta Batali a fost președinte de secțiune, Prof. Loretta Batali și Conf. Ernest Olinic au susținut articolele publicate prin prezentări orale.

Prezența și activitatea românească a fost apreciată de comunitatea internațională de Inginerie Geotehnică astfel încât SRGF i-a fost încredințată organizarea Conferinței tinerilor Geotehnicieni din anul 2016 și i-a fost acceptată candidatura pentru organizarea Conferinței Dunărene din anul 2022, ceea ce implică eforturi organizatorice deosebite pentru a ne păstra și onora pozițiile câștigate.

Ne dorim ca și în anii ce urmează să ne continuăm și dezvoltăm activitățile specifice domeniului în care muncim cu toții ca într-o mare familie.

Revista Română de Geotehnică și Fundații prin aparițiile sale periodice și continue ca și pagina de internet www.srgf.ro trebuie să constituie instrumentele noastre tehnice și active pentru a ne împărtăși experiența și pentru a menține contactele permanente în această familie - SRGF.

Prof. Univ. Dr. Ing. Sanda MANEA

Președintele Societății Române de Geotehnică și Fundații

CUPRINS

Editorial

Sanda Manea.....	1
------------------	---

Articole

Colț Oana, Stanciu A. <i>Elemente de calcul a structurilor de sprijin din pământ armat – forma suprafeței de cedare</i>	7
--	---

Cioară Șt., Stanciu A., Lungu Irina <i>Determinarea rezistenței la forfecare a pământurilor în stare plană de deformății..</i>	13
---	----

Hotineanu Anca, Stanciu A., Lungu Irina <i>Sensibilitatea la îngheț a argilei de Bahlui în stare naturală și tratată cu lianți minerali</i>	19
--	----

Chirilă Daniela, Mușat, V., Boțu N. <i>Investigarea și monitorizarea fenomenelor de instabilitate</i>	27
--	----

Chirilă R., Stanciu A., Mușat, V. <i>Metode de analiza a stabilității versanților ce țin cont de cedarea progresivă</i>	31
--	----

Bitir Andreea Cristina, Mușat, V. <i>Metode de stabilizare în adâncime a pământurilor prin malaxare</i>	37
--	----

Corbescu G., Bucur M. <i>Măsuri de protecție împotriva hazardelor naturale pe DJ105G</i>	41
---	----

<i>Teze de doctorat</i>	43
-------------------------------	----

<i>Cărți</i>	47
--------------------	----

<i>Evenimente</i>	48
-------------------------	----

<i>Comemorări</i>	51
-------------------------	----

Revista Română de Geotehnică și Fundații este editată de Societatea Română de Geotehnică și Fundații, sub îngrijirea Colegiului de Redacție format din: președinte SRGF, vice-președinți, secretar, secretar filiale și un membru din fiecare filială. Acest număr este editat de filiala Iași a SRGF sub îngrijirea colectivului de redacție: Prof.univ.dr.ing. Sanda MANEA (Președinte), Prof.univ.dhc.dr.ing. Anghel STANCIU (Președinte Filiala Iași), șef lucrări dr.ing. Ernest OLINIC (Secretar SRGF), Prof.univ.dr.ing. Irina LUNGU (Secretar Filiala Iași), șef lucrări dr.ing. Iancu-Bogdan TEODORU.

În atenția autorilor

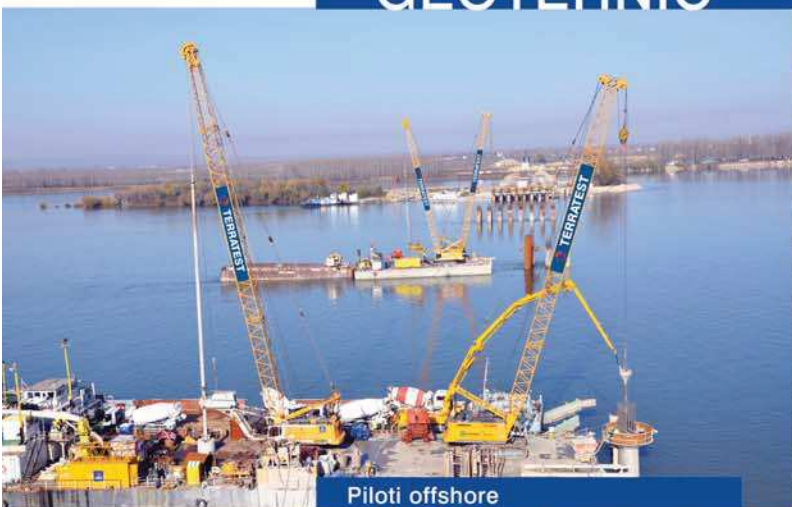
Revista Română de Geotehnică și Fundații, publicație semestrială tehnico-științifică, așteaptă articole în domeniile mecanicii pământurilor, ingineriei geotehnice, fundațiilor și procedeelor de fundare, geologiei inginerești aplicată la construcții precum și contribuții pentru rubricile cu caracter permanent. Articolul va avea 4, 6 și eventual 8 pagini (număr par) și va conține un rezumat de maxim 150 cuvinte în limba română și unul în limba engleză. Articolele se vor expedia în format electronic la adresa de email srgf@utcb.ro. Articolele sunt examinate de un comitet de lectură desemnat de Colegiul de Redacție.

Revista va conține și publicitate prin articole tehnice semnalate cu simbolul „®”.

Articolele publicate în revistă nu angajează decât răspunderea autorilor.

TERRATEST

GEOTEHNIC



Piloti offshore



Piloti prefabricati



Piloti "in-situ" de mare diametru



Pereti mulati

Fundatii speciale si lucrari de mediu

Terratest este un Grup de Construcții Internațional, lider în Fundații Speciale, Îmbunătățirea Terenului, Microtunele și Lucrări de Mediu. Fondată în 1959, suntem una dintre puținele companii din lume care acoperă gama completă de Lucrări Geotehnice, drept urmare avem plăcerea de a vă oferi soluții complete pentru probleme geotehnice de orice tip și anvergură.

Obiectivul companiei noastre este de a furniza clienților soluții adecvate, cu seriozitate și eficiență, adaptând cunoștințele și resursele de care dispunem la specificațiile fiecărui proiect și oferind mai multe soluții avantajoase ca opțiuni.

Activitati

- Piloti prefabricati armati si precomprimati • Piloti "in-situ" • Pereti mulati • Pereti plastici
- Micropiloti • Ancore • Injectii • Jet Grouting • Super Jet • Injectii de compensatie
- Lucrari de monitorizare • Lucrari de impermeabilizare • Sisteme medioambientale
- Decontaminarea terenului si a apelor subterane • Tunele si microtunele • Foraje orizontale



TERRATEST
GEOTEHNIC





SC PROEXROM SRL este o societate cu capital integral privat, înființată în anul 2000. Domeniul principal de activitate al societății este cel de proiectare și execuție în domeniul geotehnicii și fundațiilor construcțiilor ingineresti.

Specializările societății **SC PROEXROM SRL** sunt:

PROIECTARE VERIFICARE EXPERTIZARE

- Analize, referate și studii geotehnice
- Studii de stabilitate a versanților, utilizând programe specializate de calcul;
- Documentații complete de proiectare pentru Construcții civile, industriale și agricole; Căi ferate, drumuri și poduri; Consolidări de versanți; Fundații de suprafață și de adâncime; Fundatii speciale; Incinte subterane în medii urbane; Îmbunătățiri funciare;
- Verificari domeniul Af pentru studii geotehnice si proiecte tehnice;
- Expertize tehnice elaborate de expert tehnic atestat MLPAT - cerința Af.

ÎNCERCĂRI ȘI TESTE PE TEREN MONITORIZARE

- Realizare de foraje geotehnice la diferite adâncimi, cu prelevări de probe de pământ;
- Încercări de penetrare standard (S.P.T.), dinamică (P.D.), cu con (C.P.T.), cu piezocon (C.P.T.U.); Încercări cu placa (P.L.T.);
- Încercări pentru minipiloți metalici și beton armat; Încercări la smulgere pentru ancoraje; extragere, fasonare și încercări carote din beton; Încercări nedistructive cu sclerometru; controlul calității betonului la construcții îngropate prin metoda carotajului sonic.
- Măsurători inclinometrice; Măsurători piezometrice; Urmăriri topografice; Înregistrarea precipitațiilor;
- Întocmire rapoarte de monitorizare.

ANALIZE GEOTEHNICE DE LABORATOR

- PROEXROM SRL asigură prin Laboratorul în construcții autorizat (autorizație laborator grad II nr. 2725/18.04.2013 pentru profilul GTF), realizarea tuturor încercărilor și analizelor fizice, mecanice și chimice pe probe de pământ.

EXECUȚIE

- Drenaj de adâncime gravitațional cu drenuri Sifon®;
- Drenaj de adâncime cu drenuri Electropneumatice®;
- Utilizarea ancorelor și minipiloților CHANCE® și a piloților din fontă ductila TIROL®;
- Realizarea structurilor de sprijin din beton armat, pământ armat, gabioane, minipiloți din beton armat.



SC „GEOTER” SRL – un deceniu de experiență în domeniul ingineriei geotehnice

Oferta de servicii cuprinde:

- studii geotehnice pentru construcții civile, industriale, infrastructuri de poduri, drumuri, rețele de canalizare și stații de epurare, rețele de alimentare cu apă; studii de analiză a stabilității versanților, studii hidrogeologice;
- încercări fizico-mecanice de laborator în domeniul geotehnică și teren de fundare;
- foraje mecanice, cu prelevare de probe netulburate (instalație Beretta);
- sondaje de penetrare dinamică continuă: DPU, DPM, DPH, DPSH-A/B (GEOTOOLLMSR/SPT-Hk);
- sondaje de penetrare statică cu con electric și piezocon (CPTU); teste de disipare a presiunii apei din pori (instalație GEOMIL);
- foraje pentru evaluarea calității apei și urmărirea nivelului piezometric;
- puțuri forate, de mică - medie adâncime;
- consultanță și asistență tehnică pe parcursul implementării diferitelor proiecte de construcții.



Ne puteți contacta la:
pmihaisv@yahoo.com
tel/fax 0330/401561,
tel. 0745/104992



Firma dispune de un „Laborator de analize și încercări în construcții Suceava - grad II - SC GEOTER SRL”- în profilul G.T.F. (autorizat de ISC), de personal competent, specialiști pentru sisteme de management al laboratoarelor de încercări și ingineri specializați în domeniul ingineriei geotehnice prin studii de masterat.

SC GEOTER SRL a implementat și certificat un Sistem de Management al Calității conform Standardului **SR EN ISO 9001/2008** iar pentru Laboratorul de încercări a implementat și menține aplicarea standardului de referință - **SR EN ISO 17025:2005**.



ELEMENTE DE CALCUL A STRUCTURILOR DE SPRIJIN DIN PĂMÂNT ARMAT – FORMA SUPRAFEȚEI DE CEDARE

Oana COLȚ

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Anghel STANCIU

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Rezumat

Structurile de sprijin din pământ armat sunt utilizate cu succes ca o metodă alternativă la soluțiile clasice de sprijinire cu ziduri de sprijin de greutate sau ziduri de sprijin flexibile. Proiectarea acestor tipuri de structuri, respectiv metodele de calcul ce stau la baza proiectării au încercat să țină cont cât mai mult de modul real de lucru al structurilor de sprijin din pământ armat, de conlucrarea dintre armături și pământ și bineînțeles de modul de cedare. Un element important din acest punct de vedere îl reprezintă forma suprafeței de cedare considerată în calculul de proiectare, în calculul de determinare a forțelor de întindere din armături. Lucrarea prezintă rezultate ale cercetărilor asupra formei suprafeței de cedare și influenței acestei forme asupra calculului de evaluare a forțelor de întindere din armăturile structurilor de sprijin din pământ armat.

1. INTRODUCERE

De-a lungul timpului, în metodele de calcul dezvoltate pentru determinarea forțelor de întindere din armăturile structurilor de sprijin din pământ armat, pentru suprafața de cedare au fost considerate diferite directoare (liniară, curbă sau suprafețe compuse).

În ceea ce privește stabilirea formei și poziției suprafeței de cedare, în structurile de sprijin din pământ armat, există preocupări și astăzi. În acest sens amintim de studiile teoretice și experimentale efectuate de Leshchinsky în 2013 pentru determinarea liniei forțelor de întindere maxime din fiecare armătură, Figura 1, respectiv studiile experimentale realizate de Rimoldi în 2013 pentru stabilirea suprafeței reale de cedare, Figura 2.

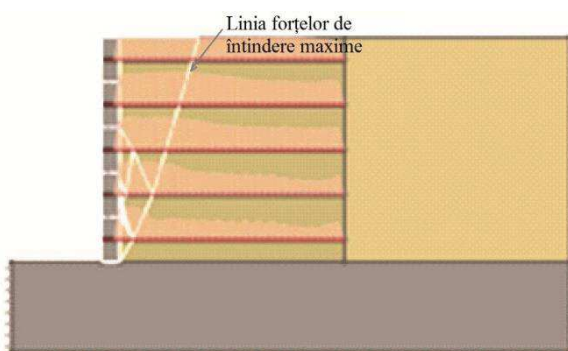


Figura 1 - Suprafața de cedare specifică unui masiv de pământ armat (Leshchinsky 2013)

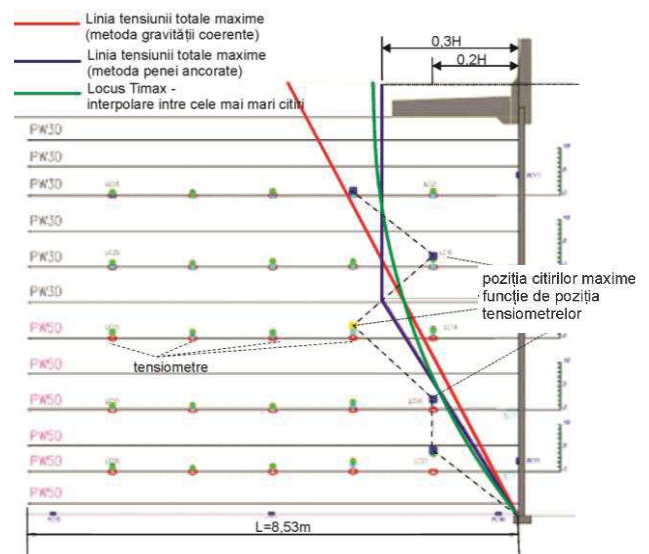


Figura 2 - Linia lui T_{max} (Rimoldi 2013)

Asupra formei suprafeței de cedare a masivelor de pământ armat s-a aplecat și prof. Stanciu în teza sa de doctorat, arătând că suprafața reală de cedare nu este plană, așa cum consideră unele metode de calcul teoretic, ci este curbă, tangenta la această suprafață la partea superioară fiind apropiată de verticală, zona activă fiind mai mică decât prismul lui Coulomb. Pe baza studiilor comparative realizate, prof. Stanciu (Stanciu 1981) concluzionează că pentru considerarea unei suprafețe de cedare cu directoare cerc, cu o distribuție Meyerhof a tensiunilor, rezultatele obținute pentru calculul forțelor de întindere din armături sunt

acoperitoare față de cele determinate pe cale experimentală, dar mai mici decât cele determinate prin alte metode de proiectare cunoscute și utilizate până la acel moment.

Chiar dacă rezultatele cercetării arată că suprafața de cedare este una curbilinie, în proiectare curentă a structurilor de sprijin din pământ armat se utilizează ca suprafață de cedare o suprafață plană înclinată cu unghiul $45 + \phi/2$ față de orizontală, (GP093 - 2006), (BS8006/1 – 2010).

Utilizarea în calculele de proiectare, a structurilor de sprijin din pământ armat, a suprafeței reale de cedare a acestor tipuri de structuri poate determina o evaluare mai exactă a valorilor forțelor de întindere din armături și astfel o proiectare economică.

Pentru aceasta, pe lângă alegerea unei metode de calcul adecvate structurilor de sprijin din pământ armat, care să introducă în calcul toți factorii care influențează evaluarea forțelor de întindere din armături, este necesară și stabilirea formei specifice a suprafeței de cedare.

Din punct de vedere a metodei de calcul utilizată, plecând de la rezultatele analizei comparative asupra metodelor de calcul a structurilor de sprijin din pământ armat (Donciu 2014), se poate spune că metoda de calcul la rupere (MCR) ține cont de toți factorii care influențează modul de lucru a acestor tipuri de structuri și bineînțeles valoarea forțelor de întindere din armături depinde și de forma și poziția suprafeței de cedare.

Pentru a determina forma suprafeței de cedare specifică evaluării forțelor de întindere din armături prin metoda de calcul la rupere (MCR) s-a analizat influența formei și poziției suprafeței de cedare asupra valorilor forțelor de întindere din fiecare armătură a unor structuri de sprijin din pământ armat și asupra distribuției în lungul armăturii, precum și a forței totale de întindere din masivul armat.

S-au realizat pentru aceasta calcule comparative asupra valorilor forțelor de întindere din armături pentru ziduri de sprijin din pământ armat cu caracteristici diferite atât din punct vedere geometric și geotehnic cât și al încărcării, considerând diferite tipuri de suprafețe de cedare.

2. SUPRAFEȚE DE CEDARE PLANE

În primul rând, pentru analiza comparativă, s-au considerat suprafețele de cedare plane cu directoare o dreaptă, a cărei poziție a fost variată prin modificarea unghiului de înclinare față de orizontală.

Din calculele efectuate s-a observat că, analog altor metode de calcul a structurilor de

sprijin din pământ armat, care consideră suprafețe de cedare plane, și pentru MCR, dacă se consideră drept criteriu suprafața de cedare specifică forței totale maxime din armături, poziția acesteia este dată de o dreaptă înclinată față de orizontală cu un unghi egal cu $45 + \phi/2$, unde ϕ este unghiul de frecare internă a pământului de umplutură din structura zidului de sprijin din pământ armat. Această poziție nu este dependentă de existența unei suprasarcini la suprafața structurii de sprijin.

Aceste lucru se poate pune în evidență prin trasarea curbelor de variație ale forțelor totale de întindere din armături în funcție de modificarea poziției suprafeței de cedare plane, având ca axă de referință distanța față de parament, Figura 3. Din această reprezentare se poate observa că maximum curbelor de variație a forțelor totale de întindere din armături este aferent, așa cum s-a stabilit anterior, poziției suprafeței de cedare plană înclinată cu unghiul $45 + \phi/2$ față de orizontală, atât pentru varianta cu suprasarcină cât și în cazul fără suprasarcină.

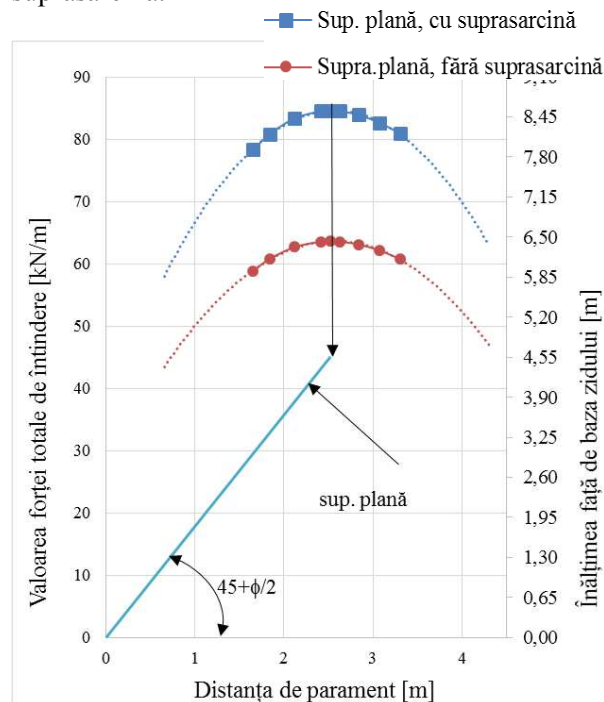


Figura 3 - Determinarea poziției suprafeței de cedare din condiția sumei maxime a forțelor de întindere din armături – pentru suprafețe de cedare plane (Donciu 2014)

Un alt criteriu în stabilirea formei suprafeței de cedare specifică a fost identificarea valorilor maxime ale forțelor de întindere din fiecare armătură. Pentru aceasta s-a variat poziția suprafeței de cedare plane și s-au înregistrat valorile forțelor de întindere în lungul armăturilor, valori corespunzătoare fiecărei poziții a suprafeței de cedare considerate. Pe baza acestor înregistrări s-au trasat graficele de evoluție a forțelor de

întindere în lungul fiecărei armături, funcție de distanța față de parament a intersecțiilor suprafeței de cedare cu fiecare armătură în parte (pentru suprafețe de cedare ce au abscisa la partea superioară a masivului mai mică decât lungimea armăturilor), Figura 4.

Pe baza acestor grafice se observă o evoluție a valorilor forțelor de întindere în lungul fiecărei

armături, în funcție de poziția suprafeței de cedare. Dacă se are în vedere locul geometric al absciselor corespunzătoare forțelor maxime de întindere din fiecare armătură s-a observat că acesta se poate reprezenta ca o curbă care la partea inferioară se apropie de o suprafață plană iar la partea superioară este aproximativ tangentă la o dreaptă verticală.

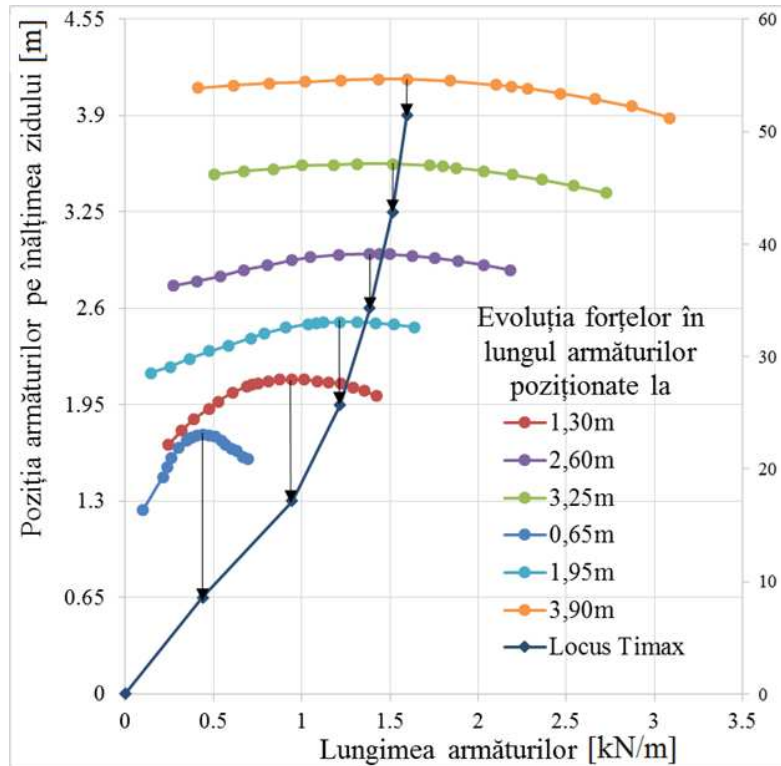


Figura 4 - Evoluția forțelor de întindere în lungul armăturilor și locul geometric al forțelor de întindere maxime din fiecare armături (Donciu 2014)

Centralizând, pentru un zid de sprijin dat, rezultatele obținute pentru considerarea suprafețelor de cedare plane s-au putut trasa suprafețele de cedare corespunzătoare celor două criterii considerate: suma maximă a forțelor de întindere din armături, forța maximă de întindere din armături în fiecare armătură, Figura 5.

S-au avut în vedere atât rezultatele obținute pentru varianta fără suprasarcină cât și pentru varianta cu suprasarcină uniform distribuită la partea superioară.

Se observă că atât în varianta cu suprasarcină cât și în varianta fără suprasarcină, locul geometric al forțelor maxime de întindere din fiecare armătură poate fi reprezentat printr-o curbă, care la partea inferioară (treimea inferioară) este apropiată de dreapta lui Coulomb (suprafață de cedare specifică pentru considerarea drept criteriu suma maximă a forțelor de întindere din armături), iar la partea superioară se apropie de verticală, tăind masivul la distanța de aproximativ $H/3$ de parament.

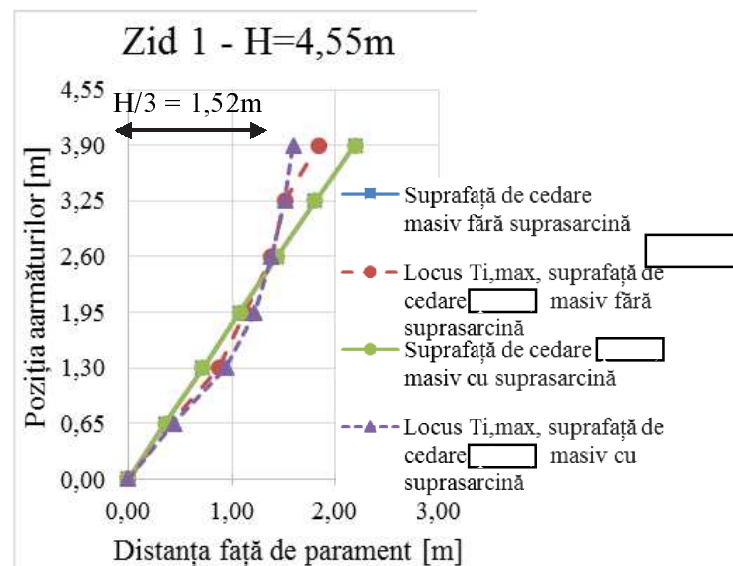


Figura 5 – Rezultate centralizate aferente suprafeței de cedare plane (Donciu 2014)

Directoarea acestei curbe poate fi aproximată cu o parabolă, sau cu un cerc cu centrul

foarte depărtat de masiv, confirmând astfel ideea considerării ca suprafață de cedare a unei suprafețe curbe.

3. SUPRAFEȚE DE CEDARE CILINDRO - CIRCULARE

În ceea ce privește suprafețele de cedare cilindro-circulare s-au considerat suprafețe de cedare cu directoarea arc de cerc ce trec prin piciorul structurii armate.

Pornind de la rezultatele stabilite anterior, dublate de rezultatele experimentale care arată că suprafața de cedare specifică ruperii pământului armat este aproape verticală la partea superioară a masivului, pentru poziția centrelor cercurilor s-a considerat dreapta orizontală situată la înălțimea H (înălțimea structurii armate) față de baza zidului

astfel încât să se păstreze această condiție de verticalitate a suprafeței de cedare.

Pentru modificarea poziției suprafeței de cedare cilindro-circulare cu directoare cerc, s-a ținut cont atât de rezultatele experimentale (Leshchinsky 2013) cât și de cele stabilite anterior, Figura 5, și s-a impus ca la partea superioară suprafața de cedare să nu se depărteze de fața zidului cu mai mult de $H/3$.

Analog suprafețelor de cedare plane și pentru suprafețele de cedare cilindro-circulare s-au trasat graficele de evoluție a sumei forțelor de întindere din armături în funcție de modificarea poziției suprafeței de cedare, având ca axă de referință distanța față de parament, Figura 6, poziționarea suprafeței de cedare făcându-se prin modificarea poziției centrului cercului față de fața / paramentul structurii de sprijin din pământ armat.

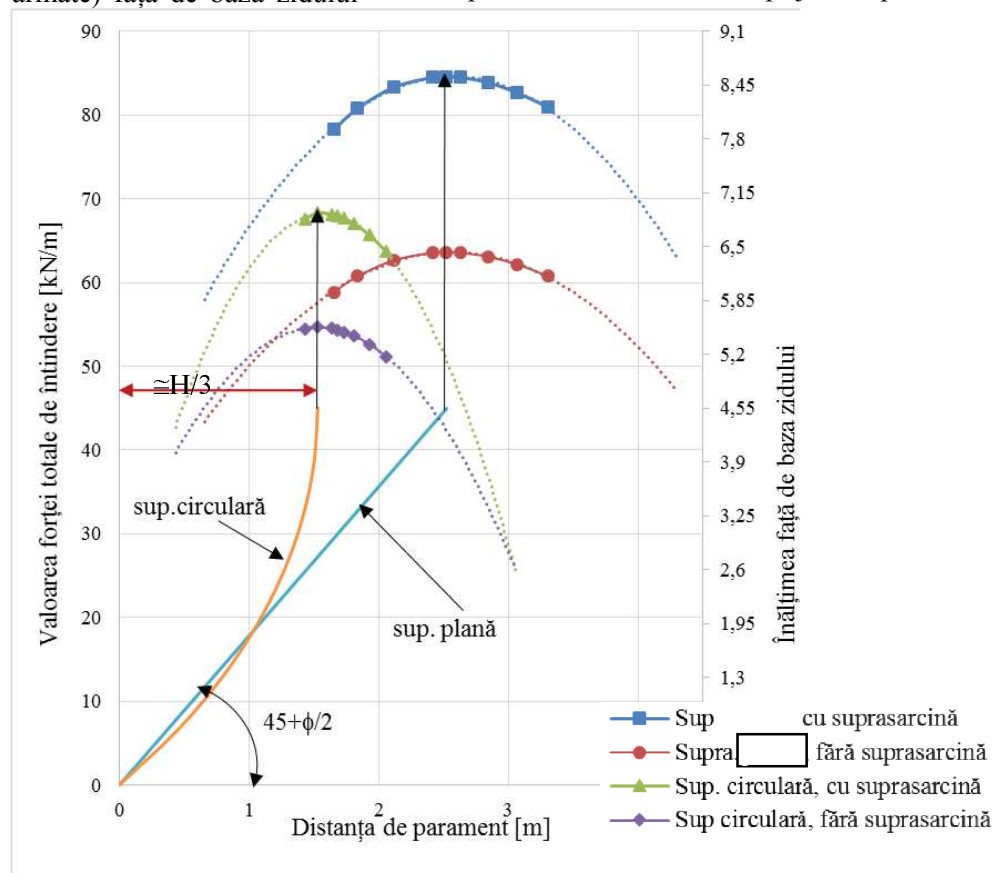


Figura 6 - Determinarea poziției suprafeței de cedare din condiția sumei maxime a forțelor de întindere din armături (suprafețe circulare și suprafețe plane) (Donciu 2014)

Analizând aceste grafice se observă că în cazul suprafețelor de cedare circulare cu directoarea cerc poziția suprafeței de cedare corespunzătoare valorii maxime a sumei forțelor de întindere din armături este mai bine evidențiată printr-o curbă mai accentuată a graficelor de evoluție a acestor forțe, iar această suprafață taie masivul de pământ armat la partea superioară la aproximativ $H/3$ de parament.

Totodată, se observă că valorile sumelor forțelor de întindere din armături aferente suprafețelor de cedare circulare cu directoarea cerc sunt inferioare celor obținute pentru suprafața de cedare plană, atât în varianta cu suprasarcină cât și în varianta fără suprasarcină, remarcă ce se menține, așa cum se va arăta în continuare, și la nivelul forțelor de întindere din fiecare armătură.

Considerând drept criteriu pentru determinarea suprafeței de cedare valorile maxime

ale forțelor de întindere din fiecare armătură, s-a observat că și de această dată, locul geometric este reprezentat de o curbă care la partea inferioară (treimea inferioară) este apropiată de dreapta lui Coulomb iar la partea superioară se apropie de verticală, Figura 7.

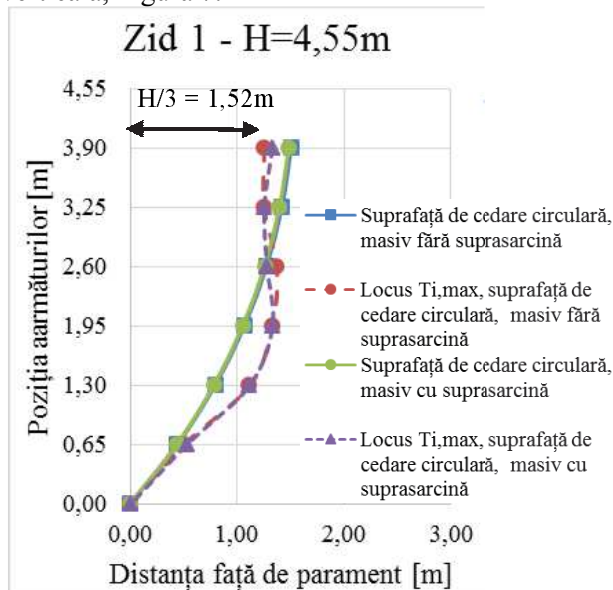


Figura 7 – Rezultate centralizate aferente suprafeței de cedare cilindrico-circulare cu directoarea cerc (Donciu 2014)

Trasând pe același grafic atât suprafețele de cedare corespunzătoare forței totale maxime de întindere din armături cât și locul geometric al forțelor de întindere maxime din fiecare armătură se observă că în cazul armăturii plasată la partea superioară a zidului, distanța de aproximativ $H/3$ față de zidul este definitorie pentru evaluarea forței de întindere pentru ambele criterii de considerare a suprafeței de cedare specifice.

4. INFLUENȚA FORMEI SUPRAFEȚEI DE CEDARE ASUPRA VALORILOR FORȚELOR DE ÎNTINDERE

Pentru o analiză cât mai concludentă asupra evoluției valorilor forțelor de întindere din armături și a influenței formei suprafeței de cedare în proiectare, în evaluarea acestor forțe s-a realizat o analiză comparativă și între valorile forțelor de întindere din fiecare armătură în parte (T_i din $T_{totalmax}$ și T_{imax}) obținute pentru considerarea suprafețelor de cedare plane cu cele aferente suprafețelor de cedare circulare, pentru zidurile de sprijin analizate, atât în varianta cu suprasarcină cât și fără suprasarcină.

În urma acestor analize s-a observat că pentru fiecare armătură în parte atât valori forțelor maxime cât și valorile forțele de întindere corespunzătoare forței totale maxime sunt mai mari în cazul considerării suprafețelor de cedare plane

comparativ cu cele circulare cu directoarea cerc. Cele mai mici diferențe apar în armăturile de la baza zidului, iar cele mai mari pentru cele de la partea superioară. Acest aspect provine din faptul că suprafața de cedare plană taie partea superioară a masivului armat la o distanță mult mai mare decât aproximativ $H/3$ cât s-a înregistrat la suprafețe de cedare circulare cu directoarea cerc, astfel încât zona activă devine mai mică, Figura 6.

Totodată cu cât zidul este mai înalt cu atât diferențele înregistrate sunt mai mari, acest lucru fiind în concordanță și cu caracteristicile pământului de umplutură dintre armături, deoarece suprafața de cedare liniară depinde de unghiul de frecare internă a acestuia.

Analizându-se și rezultatele obținute pe baza criteriului forțelor maxime de întindere din lungul fiecărei armături (Figura 8) s-a observat că forma suprafeței specifice locului geometric al acestor forțe asemănătoare pentru toate zidurile de sprijin considerate în calcul, cu sau fără suprasarcină, atât pentru considerarea suprafețelor de cedare circulare cu directoarea cerc cât și pentru cele plane.

Aceste suprafețe specifice sunt curbilini, fiind apropiate de dreapta lui Coulomb la partea inferioară (treimea inferioară), iar la partea superioară taie structura de sprijin aproape vertical, directoarea acestor curbe putând fi aproximată cu o parabolă sau cu un cerc cu centrul foarte depărtat de masiv (de rază mare) ce trece prin piciorul zidului și taie partea superioară a zidului la aproximativ $H/3$ de față zidului.

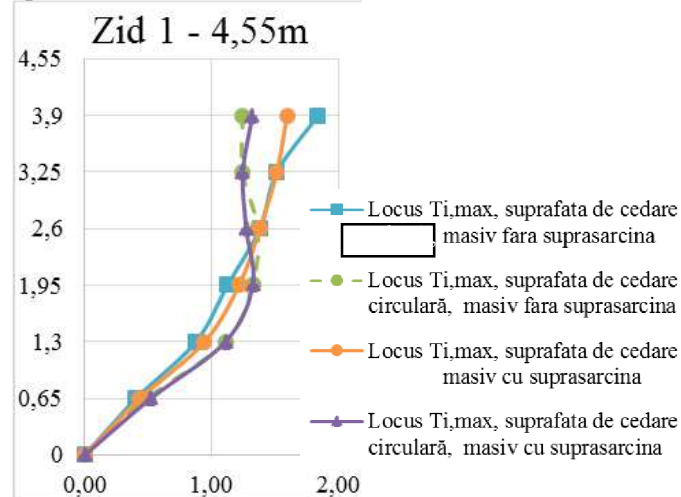


Figura 8 - Suprafețe specifice forțelor maxime de întindere din armături (Donciu 2014)

La concluzii asemănătoare s-a ajuns și pe cale experimentală și se pot aminti în acest sens rezultatele obținute la LCPC sub conducerea profesorului Jean Pierre Magnan, care au pus în evidență suprafața critică de cedare, Figura 9, (Amidou 1995). Pe baza acelor studii

experimentale se concluzionează că suprafața de cedare poate fi aproximată cu un cerc cu rază foarte mare, care trece prin piciorul zidului de sprijin (A) și iese la suprafața acestuia în zona punctelor (între punctele) C'' și C.

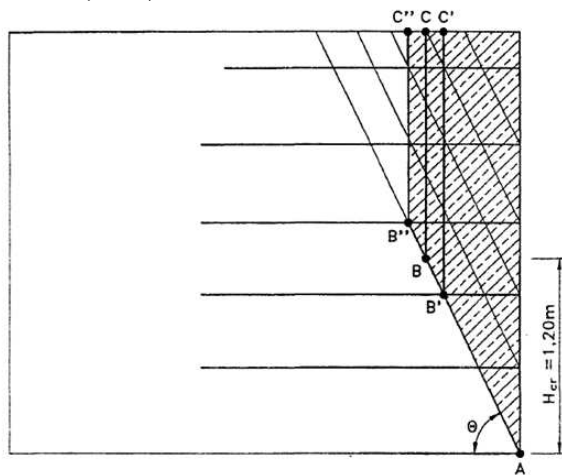


Figura 9 - Suprafața critică de cedare determinată experimental (Amidou 1995)

5. CONCLUZII

Considerarea calculului de evaluare a forțelor de întindere din armăturile structurilor de sprijin din pământ armat, a unor suprafețe de cedare circulare este în concordanță cu rezultatele încercărilor experimentale realizate de-a lungul timpului.

Efectul considerării în proiectare a unor suprafețe de cedare fidele modului real de lucru a structurilor de sprijin din pământ armat se reflectă în valoarea forțelor de întindere din armături, respectiv se va reflecta în posibilitatea utilizării pentru preluarea acestor forțe de întindere a unor armături de rezistență mai mică – creând astfel avantaje economice.

Pornind de la rezultatele cercetărilor prezentate, se poate concluzionează că forma și poziția suprafeței de cedare cilindro-circulare poate crea avantaje economice în ceea ce privește stabilirea

necesarului de armătură în proiectarea structurilor de sprijin din pământ armat, în raport cu suprafața de cedare plană, acceptată în unele norme de proiectare, inclusiv în normativul românesc.

BIBLIOGRAFIE

Leshchinsky B. [2013] "Mechanically Stabilized Earth Walls: Parametric Study of reinforcement Tensile Loads Under Limit State", article in Design and Practice of Geosynthetic - Reinforced Soil Structure, Hoe I. Ling și Guido Gottardi, Destech Publications, Inc, Bologna, Italy, 2013.

Rimoldi P., Leshchinsky D., Arrigoni M., Bortolussi, A. [2013] "Vertical Wall with Concrete Panels Facing and Geostrips Reinforcement. Design and Practice of Geosynthetic - Reinforced Soil Structure", Hoe I. Ling și Guido Gottardi, Destech Publications, Inc, Bologna, Italy, 2013.

Stanciu A. [1981] "Contribuții la dimensionarea lucrărilor din pământ armat", Teză de doctorat. Institutul Politehnic Iași, Iași, 1981.

GP093 - 2006, Ghid privind proiectarea structurilor de pământ armat cu armături geosintetice și metalice;

BS8006/1 - 2010, Code of practice for strengthened / reinforced soils and other fills.

Donciu (Colț) O.E. [2014] "Contribuții privind concepția și proiectarea structurilor de sprijin din pământ armat, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" Iași, 2014.

Amidou S. [1995] "Ouvrages Renforcés par géotextiles charges en tête: comportement et dimensionnement", Thèse de Doctorat, Paris: L.C.P.C., 1995.

DESIGN ELEMENTS FOR THE REINFORCED EARTH RETAINING STRUCTURES – FAILURE SURFACE SHAPE

Abstract

Reinforced earth retaining structures are successfully used as an alternative to classical retaining solutions as gravity or flexible retaining walls. The design of these types of structures and the corresponding calculation methods used for their design tried to take into account as much as possible the interaction between the reinforcement and the soil fill and of their failure mode as well. From this point of view, an important element is the shape of the failure surface considered in the design calculation, for determining the values of the tensile forces with in reinforcements. This paper presents the research output regarding the failure surface shape and the influence of the shape on the values of the tensile forces with in the reinforcements of the reinforced earth retaining structures.

DETERMINAREA REZISTENȚEI LA FORFECARE A PĂMÂNTURILOR ÎN STARE PLANĂ DE DEFORMAȚII

Ștefan CIOARĂ, Anghel STANCIU¹, Irina LUNGU¹

¹Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații

Rezumat

Pământul, fie ca suport al construcțiilor, fie ca material de construcție pentru terasamente, diguri, baraje, dictează prin caracteristicile sale mecanice dimensiunile fundațiilor, panta taluzurilor sau dimensiunile lucrărilor de consolidare a versanților. Totodată, ținând cont de faptul că pământul nu posedă practic rezistență la întindere, iar la compresiune eforturile care se transmit masivelor de pământ sunt prea mici pentru a provoca strivirea particulelor materiale, se poate concluziona că rezistența la forfecare a este principala proprietate care guvernează stabilitatea și rezistența masivelor de pământ. Din aceste motive studiul comportării pământului prin încercări de forfecare este esențial în activitatea inginerilor geotehnicieni. În practica curentă se folosește forfecarea directă sau aparatul triaxial cu toate că, în multe situații, deformațiile in situ ale masivelor de pământ sunt mai apropiate de o stare plană de deformații. De exemplu, în cazul problemelor de stabilitate a taluzurilor, a zidurilor de sprijin sau a fundațiilor continue deformațiile pământului în lungul acestora (ϵ_2) sunt nule. Se impune deci necesitatea de a se crea aparate capabile să testeze pământul în stare plană de deformații.

1. INTRODUCERE

Prin încercările de laborator se determină parametrii rezistenței la forfecare (ϕ , c) care intră în structura formulei stabilite de Coulomb(1776), iar rezultatele astfel obținute sunt ulterior utilizate pentru a realiza calcule de stabilitate sau capacitate portantă a pământului din cuprinsul zonei de influență a construcției. Totodată, este general acceptat faptul că valorile parametrilor rezistenței la forfecare (ϕ, c) pentru pământuri sunt dependente atât de drumul de efort impus cât și de starea de deformații. Această concluzie este justificată prin numeroase studii teoretice și experimentale referitoare la acest subiect prezentate în literatura de specialitate (Leussink, 1963; Campanella, 1973; Alshibli, 2003). Rezultă deci că în fiecare caz în parte trebuie considerat mecanismul specific de cedare și apoi selectate încercările de laborator potrivite pentru a reproduce stările de tensiuni și deformații corespunzător situației din teren. În acest context, remarcăm că determinarea parametrilor rezistenței la forfecare (ϕ, c) pentru pământuri se realizează în mod curent prin încercări în caseta de forfecare directă sau în aparatul triaxial.

În privința încercărilor la forfecare pe plan obligat (forfecare directă și forfecare prin torsiune), se știe faptul că valorile tensiunilor principale care duc la cedarea probelor de pământ nu pot fi

impuse și, în consecință, nu se poate controla în timpul determinării drumul de efort. Mai mult, în timpul determinărilor, stările de tensiuni și deformații care iau naștere în corpul probelor sunt neuniforme, drept urmare cedarea probelor se produce treptat și nu respectă direcțiile tensiunilor principale. (Păunescu *et al.*, 1982).

O parte din problemele amintite anterior sunt rezolvate prin aparatele de compresiune triaxială. În acest caz, tensiunile principale pot fi impuse și, în consecință, se poate realiza o gamă largă de drumuri de efort, limitate însă de starea de tensiuni care nu poate fi decât axial simetrică, fapt ce nu corespunde situațiilor din teren. Mai mult, prin studii numerice și experimentale, s-a demonstrat ca pentru acest tip de încercare cedarea probelor nu se produce prin formarea unui plan de forfecare (Peters *et al.*, 1981). Având în vedere faptul că acest plan este de fapt cel ce dictează comportarea întregului masiv de pământ supus la forfecare, se poate spune că parametrii corespunzători compresiunii triaxiale nu sunt reprezentativi pentru anumite situații întâlnite în situ.

Din cele prezentate anterior se constată că prin aceste tipuri de încercări nu pot fi reproduse realist stările de tensiuni și evoluția acestora până în momentul cedării. Așadar devine necesară elaborarea de noi aparate care să permită conturarea unei imagini cât mai clare în ceea ce

privește comportarea pământurilor sub sarcini în tot spațiul tensiunilor principale.

Încercările la compresiune biaxială pot fi mai potrivite de exemplu în cazul problemelor de stabilitate a taluzurilor, a zidurilor de sprijin sau a fundațiilor continue. În astfel de situații, deformațiile axiale sunt aproape nule și, în consecință, pământul lucrează în stare plană de deformații. Prin numeroase studii comparative s-a demonstrat că, în aceste cazuri, parametrii rezistenței la forfecare au valori mai mari decât cele obținute prin încercări de compresiune în stare axial simetrică de tensiuni. Diferențele constatate sunt, în general, puse pe seama influenței tensiunii intermediare (σ_2), aspect ce nu poate fi considerat și simulat prin încercări triaxiale clasice (Bishop, 1966; Vaid, 1968; El-Nasrallah, 1976).

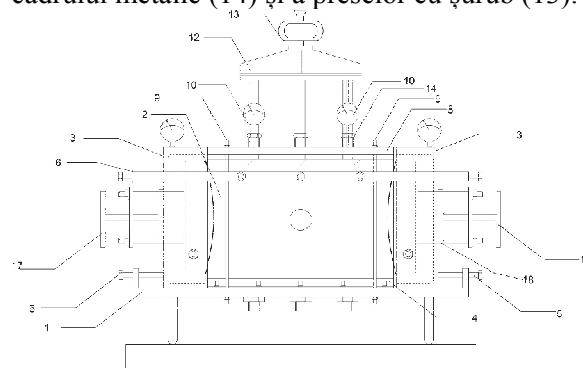
2. APARAT DE COMPRESIUNE BIAXIALĂ

În cadrul Facultății de Construcții din Iași a fost realizat un aparat de încercare a pământurilor la compresiune biaxială care a fost inițial folosit pentru determinarea caracteristicilor mecanice ale probelor de pământ armat (Stanciu, 1981). Instalația de încercare (figura 1) este alcătuită în principal din celula biaxială și sisteme de încărcare verticală și longitudinală.



Figura 1 – Aparat de compresiune în stare plană de deformații-Facultatea de Construcții și Instalații din Iași

Celula biaxială (figura 2) este realizată dintr-o placă de bază metalică (1), dispusă la partea inferioară, pe care sunt așezate două plăci laterale din plexiglas (2) de 20 mm grosime și celulele de presiune (3). Poziția plăcilor din plexiglas este asigurată prin montarea lor în canelurile special prevăzute la nivelul plăcii de bază precum și cu ajutorul cornierelor (16). Celulele de presiune sunt montate prin presare pe canturile plăcilor de plexiglas cu ajutorul unor prese cu șurub (13). La partea superioară a celulei biaxiale este dispusă o placă metalică (8), prevăzută cu trei orificii cu piese de trecere (9), care au rolul de a permite culisarea pistonului de încărcare verticală (10). Unitatea celulei astfel alcătuită este asigurată pe direcție verticală prin patru tiranți (15), care prin strângere presează placa de bază și placa superioară pe canturile plăcilor de plexiglas. Pe direcție longitudinală, folosind același principiu, se asigură poziția celulelor de presiune cu ajutorul cadrului metalic (14) și a preselor cu șurub (13).



dezaerarea instalației. La partea posterioară a celulelor de presiune se găsesc două orificii cu piese de trecere și etanșare (4) prin care culisează tijele pistoanelor mobile perforate (6). Mișcarea acestor pistoane este realizată prin rotirea levierului (5).

Frecările care apar la interfața dintre probă și elementele celulei biaxiale (pereții laterali din plexiglas, placa de bază și pistonul celulei) au fost reduse prin gresarea tuturor suprafețelor cu vaselină. Înainte de așezarea membranei, în interiorul căreia se va confecționa proba de pământ, în celula biaxială, a fost așternută o folie de polietilenă care are rolul de a preveni absorbția lubrifiantului de către latex.

3. ÎNCERCĂRI DE COMPRESIUNE BIAxIALĂ

Încercările pentru determinarea parametrilor rezistenței la forfecare ce vor fi descrise în continuare au fost efectuate folosind aparatul de concepție originală prezentat anterior.

Se face precizarea că se vor folosi următoarele notații:

- σ_L – tensiunea normală longitudinală din corpul probei,
- σ_V – tensiunea normală verticală din corpul probei,
- ε_V – deformația axială specifică pe direcția verticală a probei.

Aceste notații au fost adoptate deoarece tensiunile principale ce iau naștere în corpul probei în timpul încercării, precum și direcțiile lor sunt practic necunoscute, din cauza frecărilor ce apar pe interfața probă-aparat.

Totodată menționăm că în calculul tensiunilor verticale nu s-a ținut cont de modificarea secțiunii probei în timpul încercării. Acest aspect ar afecta precizia rezultatelor obținute în special după înregistrarea valorii maxime a forței de compresie verticale, deoarece apare tendința de refulare laterală, iar secțiunea probelor s-ar modifica considerabil. Totuși, până în acest punct, s-a considerat că proba nu se deformează semnificativ și, în consecință corecția ariei secțiunii probei nu este necesară.

3.1. Încercări de compresie biaxială pentru un pământ necoeziv

În efectuarea încercărilor pentru determinarea proprietăților fizice și mecanice ale unui pământ necoeziv, s-a folosit un nisip cuarțos.

Caracteristicile acestuia au fost determinate, în prealabil, prin încercări de laborator, în conformitate cu standardele și normativele românești în vigoare.

Rezultatele astfel obținute indică faptul că materialul considerat intră în categoria nisipurilor cu capacitate de îndesare mijlocie ($C_i=0,439$), iar din analiza distribuției granulometrice a acestui pământ necoeziv, s-a observat că predomină fracțiunea nisip mare (cu diametre între 0,5 și 1,0 mm) în proporție de 72,24%, coeficientul de neuniformitate, U_n , fiind egal cu 1,936.

Pentru determinarea caracteristicilor acestui pământ s-au efectuat un număr de trei încercări în stare plană de deformații, diferențiate între ele prin valoarea presiunii longitudinale σ_L impuse în timpul încercării. Astfel pentru prima probă, s-a considerat o presiune σ_L de 50 kPa, pentru a doua 80 kPa, iar pentru a treia probă valoarea presiunii longitudinale a fost de 110 kPa.

Probele au fost confecționate în interiorul celulei de compresie biaxială, nisipul fiind așternut în straturi succesive și fiecare strat a fost compactat prin tamponare cu ajutorul unui piston.

Încercările au început prin impunerea presiunii σ_L la valoarea dorită în interiorul celulei de presiune ale aparatului biaxial. Presiunea se menține timp de 30 de minute pentru a asigura consumarea frecărilor înainte de a porni presa pentru realizarea încărcării verticale.

În figura 3 este redat modul de cedare pentru probele încercate. Se poate observa faptul că cedările sunt însoțite de formarea unor planuri de cedare ce cuprind întreaga masă de nisip. Referitor la înclinarea planurilor de forfecare, în urma măsurărilor efectuate s-a constatat că unghiul format cu orizontala este constant în jurul valorii de 60°. Rezultatul prezentat aici confirmă afirmația făcută de Desrues (1989), care în urma unor teste similare constată că pe interfețele probei cu aparatul de încercare planurile de cedare se reflectă sub același unghi.

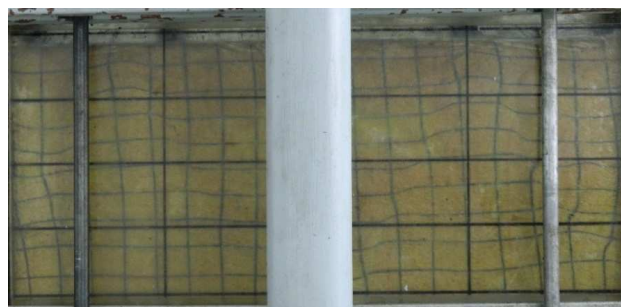


Figura 3 – Cedarea probei 2 ($\sigma_L=80\text{kPa}$)

În urma analizei filmărilor și a fotografiilor efectuate în timpul încercărilor se poate constata că probele încercate cedează prin același mecanism. Astfel, după apariția planurilor de

forfecare, în corpul probelor se formează prismuri de îndesare. Odată cu avansarea încercării se observă că în aceste zone nu apar modificări semnificative, deformațiile probei datorându-se aproape exclusiv alunecărilor ce se produc în lungul planurilor de forfecare. Ca urmare, sub acțiunea constantă a pistonului de încărcare verticală, prismurile laterale alunecă pe laturile prismului central rezultând o tendință de expulzare pe direcție longitudinală.

În ceea ce privește evoluția raportului tensiunilor principale, R_f , prezentată în figura 4 observăm că proba 1 prezintă o deviere mare în raport cu probele 2 și 3. O posibilă cauză pentru aceste anomalii ar putea fi lubrifierea insuficientă a suprafețelor celulei.

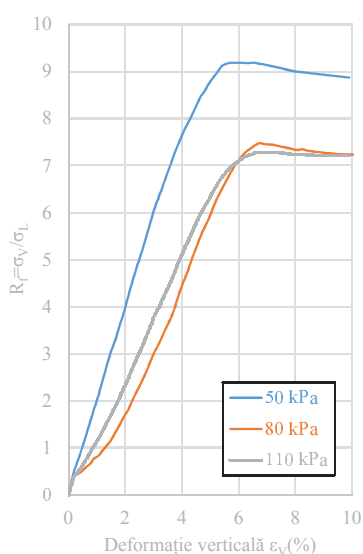


Figura 4 – Evoluția raportului R_f în funcție de deformația axială ε_v

Curbele de mobilizare prezentate în continuare s-au obținut, folosind următoarea formula :

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{\sigma_v - \sigma_L}{\sigma_v + \sigma_L} \right), \text{ unde :}$$

- σ_v -tensiunea verticală,

- σ_L -tensiunea longitudinală.

Astfel, se admite implicit că tensiunile verticale și cele longitudinale sunt tensiuni principale, iar direcțiile acestora nu sunt afectate de frecări. Totodată, prin structura formulei se acceptă faptul că σ_v este tensiunea principală maximă, iar σ_L este tensiunea principală minimă. Această ipoteză nu este valabilă în partea de început a încercării, pe parcursul căreia tensiunea principală maximă apare pe direcția longitudinală a probei. După ce se începe acționarea probei prin deplasarea pistonului de încărcare verticală, tensiunile principale se rotesc și, la un moment dat, tensiunea principală maximă se stabilește după direcție verticală, iar tensiunea principală minimă după direcție longitudinală. În consecință, formula

utilizată este valabilă numai după stabilirea în probă a tensiunii principale maxime pe direcție verticală.

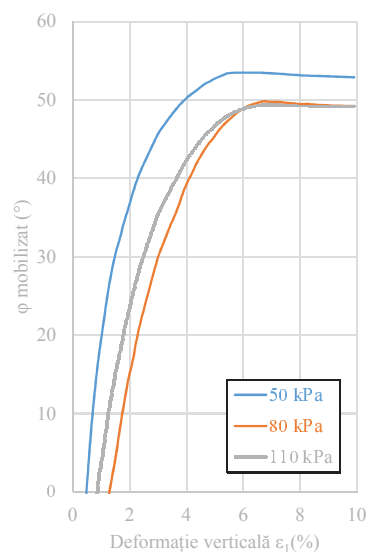


Figura 5 – Mobilizarea unghiului de frecare interioară în raport cu deformația verticală

În tabelul 1 sunt centralizate datele obținute în urma încercărilor biaxiale. Astfel, pentru nisipul încercat s-a obținut o valoare a unghiului de frecare interioară de 50.14°.

Tabelul 1– Rezultate obținute în urma efectuării încercărilor de compresiune biaxială pentru pământul necoeziv

σ_L (kPa)	$F_{\max}$ (daN)	ε_v (%)	σ_v (kPa)	$\varphi_{\text{mobilizat}}$ (°)
50	1836,693	6,45	459,1733	53,475
80	2392,284	6,75	598,079	49,821
110	3206,348	6,9	801,587	49,346

Totodată menționăm faptul că pentru nisipul considerat s-au efectuat și determinări de forfecare directă și încercări triaxiale, obținându-se valori de 35° respectiv 33° pentru unghiul de frecare interioară.

3.2. Încercări de compresiune biaxială pentru un pământ coeziv

Pentru efectuarea încercărilor experimentale descrise în cele ce urmează s-a folosit un pământ coeziv, ale cărui caracteristici fizice au fost determinate în prealabil respectând specificațiile standardelor și normativelor românești în vigoare. A rezultat astfel, că în acest pământ predomină fracțiunea de praf (48,62%). De asemenea pământul conține urme de nisip fin în proporție de 14,47% iar argila este prezentă în compoziția pământului în procent de 36,92%.

Determinarea caracteristicilor optime de compactare a rezultat în urma aplicării metodei Proctor. Acestea au fost: $w_{opt}=20,3\%$, respectiv $\rho_d=1,63 \text{ g/cm}^3$.

Cu aceste caracteristici au fost ulterior confecționate probe pentru determinarea rezistenței la forfecare prin încercări triaxiale și biaxiale.

Pentru determinarea unghiului de frecare interioară prin încercări biaxiale, s-au confecționat 2 probe. Valorile presiunilor longitudinale σ_v impuse în timpul încercărilor au fost de 50, respectiv 110 kPa.

Pentru confecționarea probelor (figura 6) s-a procedat după cum urmează:

- pământul uscat a fost adus la umiditatea optimă de compactare (a cărei valoare a fost determinată anterior) și apoi depozitat timp de 24 ore într-un mediu închis ermetic în vederea uniformizării umidității în masa acestuia;
- pământul a fost compactat cu maiul, în 6 straturi. În timpul compactării, maiul a fost acționat pe o plăcuță metalică, cu o suprafață de secțiune pătrată, având latura de 9 cm (figura 6);
- după compactarea pământului, s-au montat pistonul și placa superioară a celulei de compresiune biaxială.



Figura 6 – Compactare pământului coeziv în interiorul celulei biaxiale

După efectuarea încercărilor de compresiune biaxială în aparatul de concepție originală din laboratorul de geotehnică al Facultății de Construcții și Instalații din Iași, probele de pământ coeziv au cedat plastic, fără evidențierea unor planuri de forfecare (figura 7).

În figura 8 sunt redate evoluțiile raportului R_f în timpul încercărilor efectuate. Cu toate că nu se distinge o valoare maximă, pentru ambele probe se disting clar două paliere ce descriu comportarea epruvetei.



Figura 7 – Proba de pământ coeziv, după efectuarea încercării biaxiale

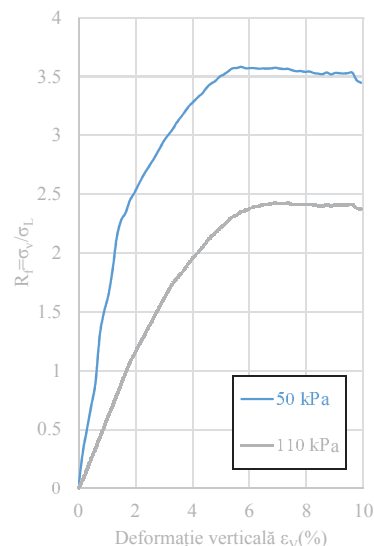


Figura 8 – Variația raportului R_f în funcție de deformația verticală ϵ_v

Valorile parametrilor rezistenței la forfecare ϕ și c , rezultate în urma prelucrării datelor experimentale obținute prin încercări biaxiale au fost de $11,54^\circ$, respectiv 42,87 kPa. Pentru același pământ, prin determinări în aparatul triaxial, valorile parametrilor ϕ și c au rezultat $7,77^\circ$, respectiv 50,81 kPa. Datele experimentale obținute sunt centralizate în tabelul 2:

Tabelul 2– Rezultate obținute în urma efectuării încercărilor de compresiune biaxială pentru pământul coeziv

σ_L (kPa)	$\sigma_{V \text{ maxim}}$ (kPa)	$R_f = \sigma_v / \sigma_L$	ϵ_v (%)
50	179,1776	3,58	5,7
110	266,57	2,42	6,9

4. CONCLUZII

După cum s-a menționat anterior, rezultatele încercărilor pentru determinarea parametrilor rezistenței la forfecare diferă între ele prin prisma mai multor aspecte. În urma efectuării determinărilor prin cele trei metode constatăm că rezultatele nu coincid în ceea ce privește valoarea

unghiului de frecare interioară sau a curbelor de mobilizare.

În cazul pământului necoeziv studiat, prin încercările de forfecare directă și compresiune triaxială cu stare axial simetrică de tensiuni s-au obținut valori ale unghiului de frecare interioară foarte apropiate. Încercările de compresiune biaxială au furnizat, prin prelucrarea datelor obținute, valori cu 50% mai mari decât cele anterior obținute pentru unghiul de frecare interioară.

Pentru pământul coeziv, valorile unghiului de frecare interioară obținute prin încercările la compresiune triaxială și la cea biaxială sunt, de asemenea, diferite. Astfel, în cazul încercărilor triaxiale, parametri rezistenței la forfecare ϕ și c au obținut valori de $7,77^\circ$, respectiv 50,81 kPa, față de $11,50^\circ$, respectiv 42,87 kPa în cazul celor biaxiale. Se poate remarca faptul că diferența procentuală dintre cele două valori ale unghiului de frecare interioară este de 48,5%. Privitor la valorile coeziunii, se poate afirma că acestea sunt sensibil egale.

Aceste diferențe pot fi puse pe seama influenței tensiunii intermediare σ_2 . Nu trebuie însă neglijat nici aportul frecărilor care apar între proba de pământ și piesele componente ale celulei biaxiale. Totodată, se remarcă faptul că, în cazul rezultatelor prezentate în aceasta lucrare, starea de tensiuni și deformații nu afectează semnificativ valoarea coeziunii.

BIBLIOGRAFIE

- Alshibli A.K., Batiste S.N. și Sture S. *Strain localization in sand: plane strain versus triaxial compression*. J. Geotech. Geoenviron. Engng, *ASCE* **129**, No.6, 483-494 (2003).
- Bishop A.W., *Strength of soil as engineering materials* (6 Rankine Lecture). *Géotechnique* **16**, No.2, pp. 89-130 (1966).

Campanella R.G. și Vaid Y.P., *Influence of stress path on the plane strain behavior of a sensitive clay*. în Proc. Of the 8th Int. Conf. Soil Mech. Found. Engng, Moscow, **1**, pp. 85-92 (1973).

Cioară Ș., Teză de doctorat, *Aspecte privind determinarea rezistenței la forfecare a pământurilor*, Institutul Politehnic Iași, Facultatea de Construcții și Instalații (2014).

El-Nasrallah N. S., Disertație „*Shear Strength of A Cohesionless Soil Under Plane Strain and Triaxial Conditions*”, McMaster University, Ontario (1976).

Leussink H. și Witke, W., *Diference in triaxial and plane strain shear strength*, ASTM Special Technical Publications 361, pp. 77-89 (1963)

Păunescu M., Pop V. și Silion T., *Geotehnică și fundații*, Editura Didactică și Pedagogică, București (1982).

Peters J.F., Lade P.V. și Bro A., *Shear band formation in triaxial and plane strain tests*, Advanced Triaxial Testing of Soil and Rock, ASTM STP **977**, 604-627 (1988).

Stanciu A., Teză de doctorat *Contribuții la dimensionarea lucrărilor din pământ armat*, Institutul Politehnic Iași, Facultatea de Construcții (1981).

Stanciu A., Cioară Ș., Cerere de brevet de invenție nr. a 201400465 *Aparat pentru determinarea caracteristicilor mecanice*

Vaid Y.P., Disertație „*A plane strain apparatus for soils*”, University of British Columbia, Vancouver, Canada (1968)

SHEAR STRENGTH OF SOILS IN PLANE STRAIN CONDITIONS

As support for construction, or as a building material (for embankments, dams,) the soil dictates the size of foundations or the slope of embankments through its mechanical characteristics. Also, given the fact that soils have no tensile strength, and that compressive stresses are usually too small to cause crushing of particles one can conclude that shear strength is the main characteristic that governs the stability and strength of soil massifs. For these reasons the study of soils behavior through shear testing is essential in geotechnical engineering work. The use of direct shear or triaxial apparatus is common practice although in many cases, in situ deformation of soil massifs are closer to plane strain condition. Examples in this regard are the problems related to the stability of embankments, retaining walls or continuous foundations. For all of these cases, the deformation corresponding to the intermediate principal stresses are null. Therefore it is imperative to create devices able to simulate the behavior of soils in plane strain condition.

SENSIBILITATEA LA ÎNGHEȚ A ARGILEI DE BAHLUI ÎN STARE NATURALĂ ȘI TRATATĂ CU LIANȚI MINERALI

Anca HOTINEANU¹, Anghel STANCIU², Irina LUNGU²

¹C.N.A.D.N.R. – S.A., Direcția Regională de Drumuri și Poduri Iași

²Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații

Rezumat

În această lucrare este analizată comportarea fizică și mecanică a unei argile în stare naturală și tratată cu lianți minerali în vederea utilizării la infrastructuri de drumuri și autostrăzi.

Argila de Bahlui (din albia râului Bahlui, Iași, România) a fost caracterizată ca fiind o argilă activă/expansivă cu o activitate foarte mare la variații de umiditate. Pentru a minimaliza efectele defavorabile asupra construcțiilor cauzate de variațiile de volum ca urmare a variațiilor de umiditate sau ca urmare a reducerii capacității portante la dezgheț, s-a recurs la stabilizarea chimică a acestor pământuri. Comportamentul fizic și mecanic al materialelor rezultate este prezentat prin modificările apărute la distribuția granulometrică, la limitele de consistență Atterberg, sensibilitatea la îngheț și rezistența la compresiune monoaxială, în vederea utilizării lor la construcția de drumuri, autostrăzi și piste de aeroport care sunt localizate deasupra izotermei zero și, drept urmare, sunt influențate de variațiile de temperatură sezoniere.

1. INTRODUCERE

Efectele nefavorabile ale acțiunii înghețului asupra geomaterialelor utilizate deasupra adâncimii maxime de îngheț se manifestă prin umflări neuniforme pe timpul iernii și prin reducerea rezistenței pământurilor afectate pe durata perioadei dezghețului. Aceasta este însoțită de o extindere a fisurilor și crăpăturilor structurii, deci conduce la deteriorări ample. Alte asemenea efecte ale înghețului pot fi: scăderea gradului de compactare, dezvoltarea de asperități cu caracter permanent, restricționarea drenării prin stratul înghețat, fisurarea și deteriorarea/distrugerea suprafeței drumului [1] [2].

În regiunile cu îngheț sezonier, acțiunea temperaturilor negative asupra drumurilor și infrastructurii acestora poate cauza umflări din îngheț (Figura 1) iar dezghețul poate duce la slăbirea sistemelor suport (Figura 2). De aceea, sensibilitatea la îngheț este un factor foarte important considerat în proiectarea sistemelor rutiere [3]. Evaluarea acțiunii îngheț-dezghețului trebuie realizată nu numai la construcții de pământ sau la straturi din alcătuirea sistemelor rutiere, ci și asupra pământului ce înconjoară conducte îngropate etc [2] [4].

Discutând despre proiectarea și executarea de structuri și infrastructuri rutiere, trebuie adus în discuție termenul de strat activ [5] ca fiind partea superioară a terenului în care

temperaturile fluctuează peste și sub 0 °C pe parcursul unui an, fiind de asemenea și mediul în care se dezvoltă umflarea din îngheț și segregarea gheții [2].

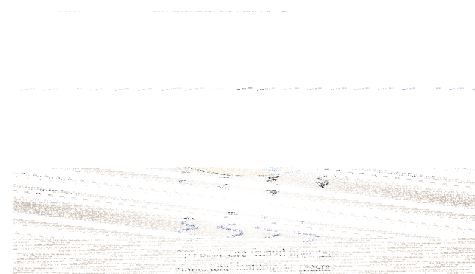


Figura 1 - Efectele ciclurilor de îngheț-dezgheț asupra unui sistem rutier: Umflarea din îngheț [2]



Figura 2 – Efectele ciclurilor de îngheț-dezgheț asupra unui sistem rutier: Reducerea capacității portante la dezgheț [2]

Complexitatea fenomenului de îngheț la pământuri este dată de faptul că se desfășoară în pământuri puternic desaturate, ca urmare a transformării apei interstițiale în cristale de gheață, sucțiunea capilară provocată de către

această desaturare ducând la aspirarea apei conținute în pământul din vecinătatea neînghețată, apă ce se transformă de asemenea în lentile de gheață. Locul producerii acestui fenomen într-un teren este în funcție de poziția izotermei $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ care fluctuează în pământ [2] [6].

Pământurile predispuse la umflare sunt suficient de fine pentru a reține o cantitate de apă considerabilă deasupra pânzei de apă freatică și suficient de permeabile pentru a permite migrația apei către frontul înghețului [2]. Având în vedere că pământurile stabilizate chimic au o structură modificată față de cea a pământurilor în stare naturală, este necesar studiul acestora sub influența ciclurilor de îngheț-dezghet în scopul utilizării lor la construcții cu fundații de suprafață. Înainte însă de a aborda efectul ciclurilor de îngheț-dezghet asupra unor pământuri în stare naturală ori stabilizate chimic cu lianți minerali, este important a se cunoaște mecanismul fenomenului înghețului în pământ care duce la degradări mari ale structurilor și infrastructurilor de la suprafața terenului. Degradările din îngheț apar la pământurile cu o sensibilitate ridicată la această acțiune, ca urmare a apariției lentilelor de gheață în structura terasamentului și, drept urmare, a umflărilor din îngheț.

Apariția acestor lentile de gheață este rezultatul unui proces ce se dezvoltă pe măsura înaintării în adâncime a izotermei zero, intensitatea acestuia depinzând de factori precum gradul de gelivitate al materialului, durata de acțiune a înghețului, posibilitatea de alimentare cu apă etc. Acest fenomen al apariției umflărilor din îngheț conduce la apariția denivelărilor și fisurilor de la suprafața drumului, pe direcția de efort maxim.

Sensibilitatea la îngheț a unui pământ se materializează prin umflări din îngheț importante în perioada rece și o capacitate portantă redusă în timpul primăverii/dezghetului [7]. Umflările din îngheț sunt o consecință a segregării gheții și a avansării apei neînghețate către frontul înghețului din stratul/zona activă. Umflarea din îngheț nu este însă o condiție a apariției degradărilor cauzate de dezghet, aducând ca exemplu anumite argile în care se dezvoltă lentile de gheață (fenomen urmat de alterarea proprietăților pământului), fără a dezvolta însă umflări [8].

Luând în considerare faptul că structura și textura unui pământ sunt modificate prin stabilizare, acesta transformându-se din pământ activ într-unul de tip agregat, este important a evalua în ce măsură îngheț-dezghetul afectează durabilitatea sa.

2. MATERIALE ȘI METODE

Probele de argilă de Bahlui în stare naturală sau stabilizată au fost compactate static (la umiditatea optimă de compactare de 24,8% rezultând o densitate maximă în stare uscată de $15,6\text{ kN/m}^3$ – valori obținute folosind încercarea Proctor pentru pământul nestabilizat) la o viteză de înaintare a pistonului de 1 mm/min .

Probele cilindrice pentru încercarea la compresiune monoaxială au fost confecționate la dimensiuni prestabilite, diametrul fiind de 40 mm și înălțimea de 80 mm (conform celor indicate în ASTM D 2166/2166M-13, pentru determinarea rezistenței la compresiune monoaxială (UCS) la pământuri coezive, probele trebuie să aibă un diametru de minim 30 mm și o înălțime de $2\div 2,5$ ori diametrul). Probele cilindrice pentru încercarea edometrică au fost realizate la diametrul de $71,4\text{ mm}$ și înălțimea de 20 mm . Imediat după compactarea probelor, acestea au fost protejate cu folie de plastic (pentru a evita pierderile de umiditate ori carbonatarea varului) și depozitate pentru maturare (7, 28 sau 180 zile) la o temperatură de $20\div 22\text{ }^{\circ}\text{C}$. La finalul fiecărei perioade de maturare, probele au fost încercate în edometru și la compresiune monoaxială.

Influența cantității de var și a timpului de maturare a fost evaluată prin determinarea rezistenței la compresiune monoaxială pe epruvetele confecționate conform protocolului menționat anterior. Principiul încercării constă în aplicarea unei forțe axiale (până la ruperea probei) cu ajutorul unei prese hidraulice și la o viteză de încercare de $0,1\text{ mm/min}$, conform – ASTM D2166/D2166M-13 și ASTM D5102-09.

Având în vedere că pământurile studiate în această lucrare sunt argile (pământuri practic im-permeabile), pentru supunerea probelor la cicluri de îngheț-dezghet, probele au fost protejate de acțiunea factorilor exteriori cu folie de parafină sau de plastic pentru simularea unui sistem închis. În ceea ce privește supunerea probelor la cicluri de îngheț-dezghet, s-au utilizat timpii indicați în ASTM D560-03, astfel: pentru 24 ore probele protejate cu folie au fost supuse unei temperaturi de $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$, urmată de o perioadă de 23 ore la o temperatură de $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, trecerea de la o temperatură la alta făcându-se timp de o oră. Aceste trei perioade constituie un ciclu de îngheț-dezghet (48 ore). Pentru realizarea testului, câte două probe din fiecare amestec realizat și maturat o anumită perioadă de timp, au fost supuse la 0, 1, 2, 5 și 10 cicluri de îngheț-dezghet.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

3.1. Granulometria și limitele de consistență Atterberg

Analizând variația indicatorilor plasticității în raport de conținutul de argilă coloidală al argilei (Tabelul 1), se constată că limita superioară de plasticitate și indicele de plasticitate scad odată cu diminuarea acestuia.

Din Figura 3 și Tabelul 1 se observă că, pe măsură ce crește cantitatea de var adăugată, scade conținutul de argilă ($C_{2\mu}$) din proba de pământ (maturată timp de 7 zile) de la 45,47% în stare naturală la 7,86% în cazul stabilizării cu 5% var (AB 5% L) și la 5,92% în cazul adăugării unui procent de 10% var nestins (AB 10% L), drept urmare este argumentat fenomenul prin care se modifică structura pământului argilos prin floculare/aglomerare, rezultând un material de tip granular. Referitor la limitele de consistență Atterberg, este de asemenea observată o descreștere considerabilă a valorilor, indicele de plasticitate scăzând până la aproximativ de trei ori, în ambele cazuri.

Tabelul 1 – Valorile conținutului de argilă, a limitelor de consistență Atterberg și a indicelui de plasticitate

Material	$C_{2\mu}$ [%]	w_L [%]	w_P [%]	I_P [%]
ABnat	61,3	69,6	24	45,6
AB 5% L	8,4	50,3	35,8	14,5
AB 7,5% L	7,6	50,1	35	15,1
AB 10% L	5,2	49,7	36,7	13
AB 5% C	9,6	61,6	27,1	34,5
AB 7,5% C	5,4	59,5	29,7	31,8
AB 10% C	5,1	56,3	30,3	26
AB 5% LC	8,9	51,6	33,1	18,5
AB 7,5% LC	7	50,1	33,2	16,9
AB 10% LC	3,8	49,2	34,6	14,6

Din analizarea variației procentului de argilă coloidală în urma stabilizării, este interesantă de remarcat variația procentului de fracțiune nisipoasă din compoziția probelor de argilă tratată..

Pornind de la un procent destul de mic de nisip – 10,4% în cazul argilei nestabilizate, acesta ajunge chiar și la 67,47% când i se adaugă 10% var. Dacă se compară acțiunea agenților stabilizatori din punct de vedere a „producerii” de fracțiune granulară, cea mai favorabilă contribuție o are varul, deși nici cimentul Portland sau amestecul de var și ciment Portland nu sunt cu mult mai puțin eficiente (în cazul cărora, asemănător cazului stabilizării cu var, procentele

de fracțiune granulară ajung la valori de 66,20% și, respectiv, 63,8%). Procente de nisip sub 40% au fost obținute la stabilizarea cu 5% ciment Portland și cu 5% din amestecul de var și ciment, valorile atingând nu mai mult de 39% în cazul primului și 34,8% în cel de-al doilea caz. Minimul obținut în cazul stabilizării cu var a fost în cazul adăugării de 5% liant, valoarea ajungând la 54%, de altfel considerabilă dacă este să comparăm eficacitatea celor trei agenți stabilizatori.

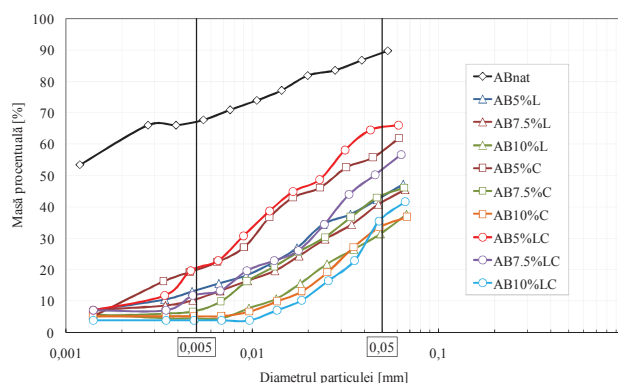


Figura 3 – Variația distribuției granulometrice a argilei de Bahlui (AB) în stare naturală, respectiv stabilizată cu var (L), ciment (C) și amestec de var și ciment (LC)

Foarte interesantă este și variația procentului de praf, care inițial crește prin adăugarea a 5% liant, ulterior scăzând la adăugarea a câte 2,5% liant în plus. Acest lucru are loc în timp ce procentul de nisip crește continuu, fără a înregistra un prag asemănător ca al fracțiunii praf (cel de argilă scăzând tot în mod continuu).

3.2. Sensibilitatea la îngheț

Argila de Bahlui (argilă activă, smectitică [2]) este frecvent supusă la cicluri de îngheț-dezghet atunci când este situată deasupra izotermei 0°C. În primă fază, pământul trebuie stabilizat pentru a-i inhiba sau chiar anula caracterul activ și pentru a-i îmbunătăți lucrabilitatea, proprietățile mecanice și durabilitatea. Este necesar, apoi, să i se analizeze comportamentul la acțiunea îngheț-dezghetului pentru folosirea ulterioară a acestui material la construcții de drumuri. Obiectivele acestei cercetări sunt acelea de a stabili care agent de stabilizare este mai potrivit pentru tratarea acestui tip de pământ (prin analizarea caracteristicilor privind plasticitatea, activitatea și compresibilitatea) și în ce măsură stabilizarea influențează durabilitatea (printr-o serie de cicluri repetate de îngheț-dezghet asupra pământului stabilizat, urmate de încercări ale acestuia la compresiune monoaxială).

Luând în considerare criteriile indirecte de identificare a sensibilității la îngheț a pământurilor, s-au utilizat curbele granulometrice ale argilei de Bahlui în stare naturală, respectiv stabilizată cu lianți minerali, în figurile de mai jos acestea fiind numerotate astfel (Figura 4): 1 – ABnat, 2 – AB5%L, 3 – AB7,5%L, 4 – AB10%L, 5 – AB5%C, 6 – AB7,5%C, 7 – AB10%C, 8 – AB5%LC, 9 – AB7,5%LC, 10 – AB10%LC.

Pentru identificarea gelivității argilei de Bahlui în stare naturală sau stabilizată cu var, ciment Portland sau amestecul de var și ciment Portland, s-au ales anumite criterii internaționale care au fost considerate mai relevante. Astfel, folosind criteriul canadian (Figura 4), se observă că argila în stare naturală se încadrează în categoria pământurilor cu sensibilitate scăzută la îngheț, fără a se lua în calcul alți factori care influențează acest parametru (precum expunerea la factori exteriori – argila, când este expusă la variații de temperatură într-un sistem deschis și aerat, la variații de temperatură se destrucurează). În urma stabilizării, această caracteristică s-a schimbat radical, toate materialele rezultate și asupra cărora s-au efectuat încercări în acest studiu încadrându-se, pe diagrama prezentată, în categoria pământurilor sensibile la îngheț.

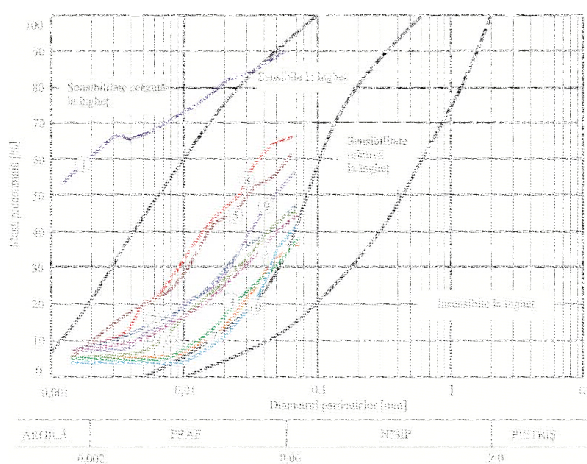


Figura 4 – Sensibilitatea la îngheț a AB naturală, respectiv stabilizată conform criteriului canadian

Aceași concluzie ca cea de mai sus se poate considera analizând și Figura 5, argila de Bahlui stabilizată cu 7,5% LC trecând în categoria pământurilor inacceptabile, argila de Bahlui cu 5% LC regăsindu-se la frontiera dintre inacceptabil și acceptabil la limită, argila de Bahlui stabilizată cu 10% ciment și cea cu 10% var la frontiera dintre materiale acceptabile și cele acceptabile la limită iar celelalte materiale stabilizate având o sensibilitate la îngheț acceptabilă la limită. Demn de menționat este, însă, faptul că această caracterizare s-a realizat doar pe baza analizei distribuției granulometrice,

materialul fiind măcinat și legăturile de cimentare dintre particule distruse. În paragrafele următoare se va analiza și din punct de vedere mecanic influența îngheț-dezghețului asupra pământului stabilizat.

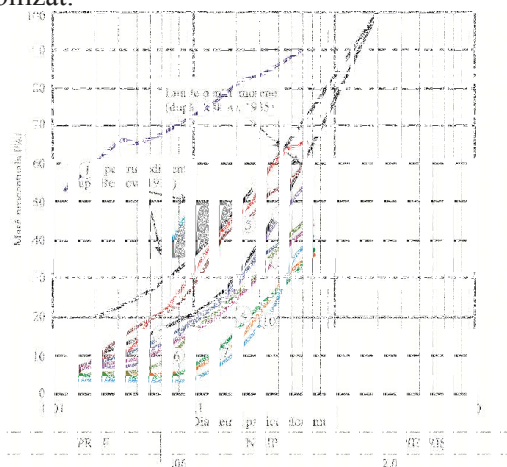


Figura 6 – Sensibilitatea la îngheț a AB naturală, respectiv stabilizată, conform criteriului danez

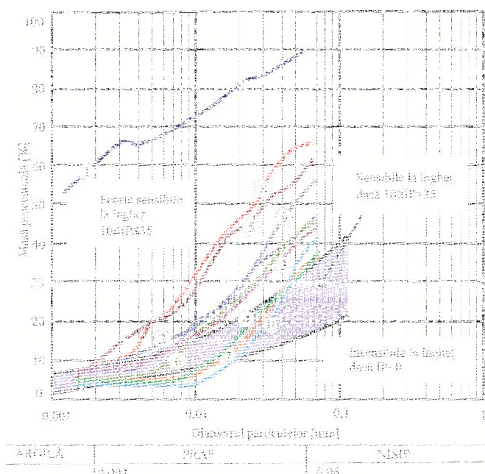


Figura 7 – Sensibilitatea la îngheț a AB naturală, respectiv stabilizată conform criteriului românesc

Aplicând argilei de Bahlui criteriul granulometric danez (Figura 5) de apreciere a gelivității, se poate observa că majoritatea amestecurilor de argilă de Bahlui cu diferite procente de lianți trec din categoria pământurilor insensibile la îngheț în cea a pământurilor gelive, cu repercusiuni, desigur, asupra comportării amestecurilor în perioada sezonului rece și la trecerea de la temperaturi de îngheț la temperaturi de degheț. De menționat, din nou, este faptul că această comportare depinde foarte mult de condițiile din teren (sistem închis sau deschis, expunere etc).

După analizarea argilei de Bahlui în stare naturală, respectiv stabilizată cu var, ciment sau var și ciment utilizând încadrarea conform criteriului românesc (Figura 6), și anume că amestecurile trec din zona pământurilor negelive în cea a celor sensibile la îngheț. În zona din

stânga-sus a diagramei, criteriul românesc încadrează pământurile ca fiind foarte sensibile în cazul în care indicii de plasticitate se încadrează, ca valoare, în intervalul [10,35]. Această ultimă specificație nu se aplică argilei de Bahlui în stare naturală, al cărei indice are o valoare de 45,6%, drept urmare se consideră ca fiind negelivă.

3.3. Rezistența la compresiune monoaxială

Determinarea rezistenței la compresiune monoaxială (UCS) este una din cele mai utilizate încercări de laborator privind efectele stabilizării chimice a pământurilor, fiind folosită ca indicator care cuantifică îmbunătățirea proprietăților mecanice ale pământurilor tratate.

După încercare, proba de argilă stabilizată a cedat prin decoeziune laterală – după direcția alungirii maxime (asemănător probelor de beton care, supuse compresiunii, cedează din cauza eforturilor de întindere apărute pe direcție perpendiculară direcției forței aplicate), cu fisuri orientate normal pe direcția tensiunilor de întindere/paralel cu direcția de aplicare a forței de compresiune, la bază rămânând un con relativ bine definit – Figura 10. Ca urmare a aplicării forței axiale, apare scurtarea longitudinală și alungirea transversală a probei, creându-se concentrări de tensiuni de întindere în jurul microfisurilor din îngheț-dezgheț sau în jurul defectelor de structură (concentrări de tensiuni care se dezvoltă și se unesc în fisuri macroscopice). Rezistența la compresiune monoaxială ar putea, deci, fi mărită dacă ar exista posibilitatea împiedicării alungirilor transversale, astfel încât cedarea să apară prin strivire.

După o perioadă de maturare mai îndelungată se poate observa foarte bine efectul reacției puzzolanice descris și evidențiat prin creșterea foarte mare a rezistenței la compresiune monoaxială UCS, ajungând, după 180 zile de maturare, la valori de peste 1500 kPa în cazul argilei tratate cu 5% și, respectiv, 10% var nestins, valori de peste 11 ori mai mari decât cele inițiale ale argilei netratate.

Argila de Bahlui netratată dezvoltă o UCS inițială de 134,8 kPa; în momentul când acest pământ este supus acțiunii de îngheț-dezgheț, rezistența descrește pe măsură ce numărul de cicluri crește (atingând, la finalul celui de-al 10-lea ciclu, o valoare de 30 kPa, deci la o valoare reprezentând aprox. 22% din cea inițială). Această reducere a rezistenței argumentează crearea lentilelor de gheață în interiorul probei, dispersând particulele de pământ și determinând formarea de micro-fisuri (fenomen asemănător afânării),

modificând astfel structura și textura pământului ce conduce la formarea unui material mai slab, cu rezistențe scăzute și permeabilitate crescută [2]. Pericolul apare atunci când acest pământ se află în zone de delimitare, de exemplu în zonele de acostament și ampriză ale drumului, fiind direct expuse variațiilor climatice și deci supuse modificărilor în sens negativ. Drept urmare, soluțiile de îmbunătățire a pământului sunt de preferat și în aceste cazuri, nu numai în cadrul straturilor de infrastructură/rezistență.

Urmărind în succesiune **Error! Reference source not found.**8÷Figura 9, se poate observa influența nefavorabilă a acțiunii îngheț-dezgheț asupra reacției puzzolanice. Creșterile de rezistență ale pământului stabilizat depind de condițiile de maturare (timp și temperatură), afirmație ce urmează a fi demonstrată prin rezultatele experimentale obținute [9].

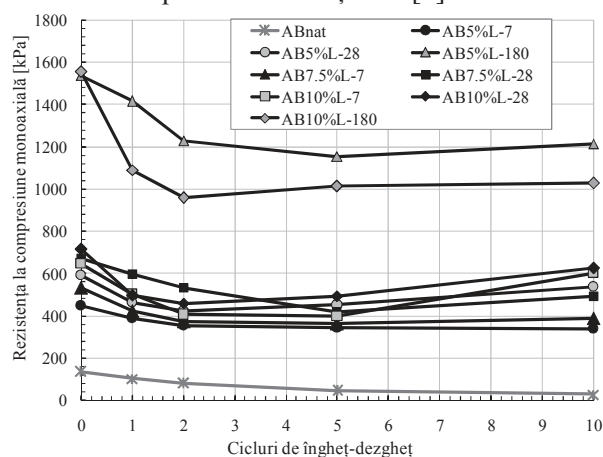


Figura 7 – Variația rezistenței la compresiune monoaxială a probelor de AB stabilizată cu var, în funcție de procentul adăugat, timpul de maturare și numărul de cicluri de îngheț-dezgheț

UCS crește semnificativ odată cu timpul de maturare și odată cu cantitatea de liant adăugată, demonstrând faptul că adiția de var și/sau ciment îmbunătățește proprietățile mecanice ale pământurilor argiloase. Cele mai mari creșteri ale UCS sunt observate în cazul amestecurilor de pământ cu var; după 28 zile de maturare, UCS atinge valori de până la 5,3 ori (713,5 kPa în cazul adăugării a 10% var față de cei 134,8 kPa în cazul argilei nestabilizate) mai mari decât cele inițiale. Cea mai mică UCS a probelor maturate timp de 28 zile și stabilizate cu 10% liant s-a înregistrat în cazul încercărilor pe amestecurile cu ciment, valorile fiind de doar 3,7 ori mai mari decât cele inițiale (507,2 kPa), această soluție nefiind însă de neglijat din punct de vedere al rezistenței.

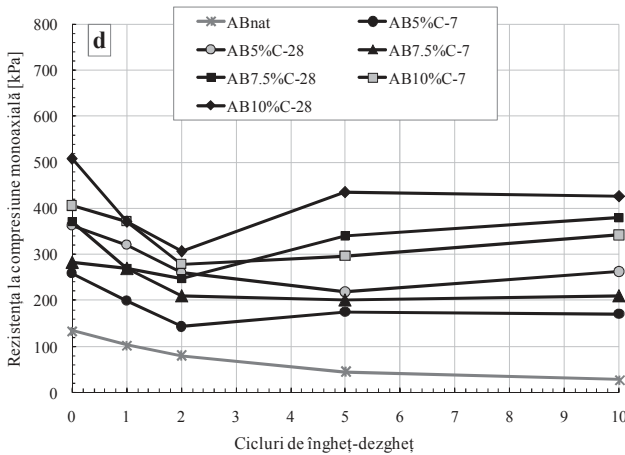


Figura 8 – Variația rezistenței la compresiune monoaxială a probelor de AB stabilizată cu ciment, în funcție de procentul adăugat, timpul de maturare și numărul de cicluri de îngheț-dezgheț

Creșterile de rezistență sunt atribuite reacției puzzolanice în urma căreia se formează legături de cimentare între particule. După supunerea probelor la compresiune monoaxială s-a observat, așa cum s-a mai menționat, că cedarea este de tip casant, creându-se fisuri verticale și nu o cedare plastică (cazul pământului nestabilizat).

Un comportament similar pământului nestabilizat și supus la acțiunea repetată de îngheț-dezgheț este observat și în cazul probelor tratate, însă numai pe parcursul primelor 2-3 cicluri când UCS descrește sensibil. După aceste prime cicluri, UCS a probelor de pământ stabilizat începe să crească. Această tendință poate fi observată în cazul tuturor mixturilor (argilă de Bahlui cu var, ciment sau amestec de var și ciment) și demonstrează faptul că reacția puzzolanică nu a fost dusă la bun sfârșit (ci întreruptă), fiind doar inhibată de către îngheț și, ulterior, reactivată pe parcursul dezghețului (când își întărește legăturile de cimentare).

Creșterile de rezistență de pe parcursul ultimelor cicluri de îngheț-dezgheț se datorează unei rearanjări a materialului stabilizat și a reluării reacției puzzolanice la dezgheț, aceasta fiind întreruptă pe perioada înghețului, fiind o reacție dependentă de temperaturi pozitive (cu cât temperatura este mai ridicată, cu atât această reacție este mai rapidă).

Comparativ cu variația UCS/nr. cicluri de îngheț-dezgheț a probelor stabilizate cu var (variație asemănătoare unei curbe), variația UCS/nr. cicluri de îngheț-dezgheț a probelor stabilizate cu ciment are alura unei linii frânte, cu o descreștere semnificativă (primul „salt”) după două cicluri de îngheț-dezgheț și creșteri ulterioare de rezistență (al doilea „salt”) – 9. Acest fenomen este mai pronunțat în cazul stabilizării cu ciment decât în cazul adăugării de

var și ciment, argument suplimentar în favoarea adăugării de var care modifică chimic complexul de adsorbție al particulei de argilă, facilitând ulterioara stabilizare cu ciment.

Primul salt apare după două cicluri de îngheț-dezgheț, UCS descrescând de la 1,4 până la 1,8 din valoarea inițială a rezistenței obținute pe amestecul de pământ corespunzător, nesupus la îngheț-dezgheț. Saltul favorabil, cel de-al doilea, se remarcă prin acele creșteri de rezistență menționate (mai mari atunci când procentul de liant este mai mare iar amestecul este lăsat la maturat mai mult timp, evidențiind astfel aportul benefic al cantității sporite de aditiv și deci posibilitatea creării de legături cimentoase puternice) și care se observă după cinci cicluri de îngheț-dezgheț. Din momentul finalizării a 5 cicluri de îngheț-dezgheț și până după 10 cicluri, UCS nu mai variază semnificativ, rămânând aproape constantă.

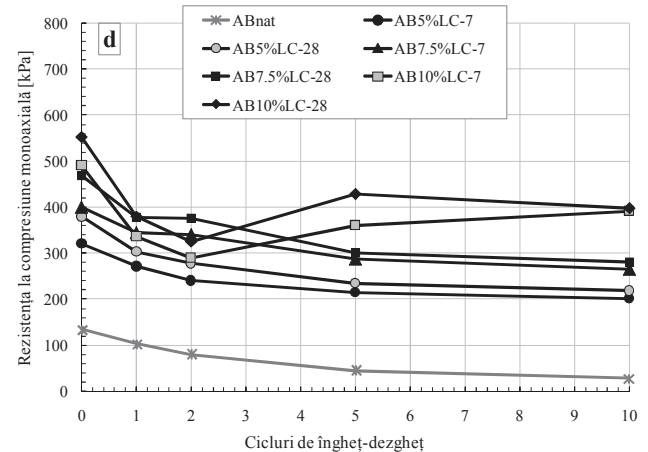


Figura 9 – Variația rezistenței la compresiune monoaxială a probelor de AB stabilizată cu var și ciment, în funcție de procentul adăugat, timpul de maturare și numărul de cicluri de îngheț-dezgheț

Variația rezistenței la compresiune monoaxială a probelor stabilizate întâi cu var și apoi fiind adăugat cimentul nu preia numai forma de linie frântă, oarecum asemănătoare ca în cazul probelor stabilizate numai cu ciment, variația fiind una ușor mai imprevizibilă decât în cazurile anterioare (alura de curbă în cazul probelor stabilizate cu var, alura „liniar-curbată” a materialului natural și cea de linie frântă cu două salturi în cazul probelor stabilizate cu ciment) – 10. Astfel, amestecurile de argilă de Bahlui cu 5% amestec de var și ciment prezintă o variație a rezistenței asemănătoare și relativ paralelă cu cea a materialului natural, și anume aproximativ „liniar-curbat”, pornind însă de la valori mai mari decât aceasta din urmă. Acest tip de variație se poate explica prin legăturile slabe formate ca urmare a cantității mici de var consumate rapid

pentru schimbul de ioni și „încurajarea” floclării, nemairămânând suficient liant pentru declanșarea reacției puzzolanice, fenomen însoțit de lipsa unei cantități suficiente și de ciment necesar formării unor legături puternice între agregatele nou formate (raportul dintre var și ciment fiind 1:1).

Oarecum diferit față de acest amestec (cu 2,5% var și 2,5% ciment – 5% LC) se comportă cel cu 7,5% LC (2,5% var și 5% ciment), variația rezistenței luând alura unei linii frânte (dar diferite față de alte cazuri anterioare) însoțită de formarea a două salturi descrescătoare. Primul salt este după un ciclu de îngheț-dezgheț când rezistența scade cu 13,7% din valoarea amestecului maturat timp de 7 zile și nesupus la îngheț-dezgheț și cu 18,9% în cazul celui maturat timp de 28 zile. Valoarea acestei rezistențe scăzute se menține până după cel de-al doilea ciclu, după care se înregistrează un al doilea salt descrescător după 5 cicluri (cu o scădere de 15,5% față de rezistența de după al doilea ciclu în cazul probelor maturate timp de 7 zile și de 19,6% în cazul unui timp de maturare de 28 zile), ulterior aceasta rămânând constantă până după al 10-lea ciclu. Așa cum se observă, însă, din 10, aceste salturi nu sunt atât de pronunțate ca în cazul stabilizării numai cu ciment, fapt pentru care această variație va fi considerată asemănătoare celei din cazul stabilizării cu 5% amestec de var și ciment, fiind explicația pentru descreșterea aproximativ continuă până după al 10-lea ciclu.

Altfel de variație, însă (în comparație cu amestecurile în care au fost adăugate același aditiv în proporție mai mică – 5% și 7,5%), prezintă mixtura cu 10% LC (2,5% var și 7,5% ciment). Procentul ridicat de ciment din acest al treilea amestec realizat cu LC, face ca variația UCS în acest caz să fie aproape identică cu cea a lotului 10%C (cu rezistențe ceva mai mari, însă).

Cu cât pământul prezintă modificări structural-texturale mai evidente și pe măsură ce particulele se aglomerează formând un material mai rigid, neplastic, cu atât se va modifica și modul de cedare. De la o cedare plastică, fără fisuri exterioare vizibile, pământul capătă un comportament casant ca urmare a stabilizării; în urma încercării la compresiune monoaxială, acesta va ceda prin crearea de fisuri paralele cu planul de aplicare a forței/normale pe secțiunea transversală a probei. La desprinderea probelor încercate se observă că la bază s-au format conuri a căror generatoare formează un unghi de aprox. 60° cu orizontala – Figura 10.



Figura 10 – Probă de argilă stabilizată după încercarea la compresiune monoaxială

4. CONCLUZII

Din cele expuse anterior se evidențiază, în primul rând, faptul că nu orice pământ este geliv și că sensibilitatea la îngheț depinde foarte mult atât de proprietățile sale chimice, fizice și mecanice cât și de condițiile din teren. Cel mai răspândit criteriu de clasificare a gelivității unui pământ rămâne cel granulometric, în anumite cazuri însă fiind necesară studierea mineralogiei, distribuției porilor și a umidității, condițiilor din *situ*, ale suprasarcinii etc.

Așa cum s-a precizat și în paragrafele anterioare, eficacitatea stabilizării chimice depinde de temperatură. În zonele în care pământul este expus temperaturilor negative, priza și întărirea (în cazul stabilizării cu lianți hidraulici) și, respectiv, reacția puzzolanică vor fi întrerupte în timpul înghețului. Un alt fenomen complementar va fi decoeziunea/îndepărtarea particulelor, ruperea legăturilor ca urmare a măririi volumului apei din pori. Recomandat este, deci, a se realiza stabili-zarea chimică în perioadele calde, de preferat primăvara.

Agentii/produșii de cimentare rezultați prin stabilizarea cu var sunt aceiași din tratarea cu ciment Portland, cu deosebirea că la cea din urmă aceștia provin din hidratarea silicaților de calciu, pe când în primul caz gelul se formează doar după atacul varului și eliberarea silicei și aluminei din mineralele argiloase. Aparenta ineficacitate a stabilizării cu lianți hidraulici de tip ciment a argilelor cu conținut bogat de smectite se poate pune pe seama caracterului lor activ și afinității pentru apă, împiedicând cristalizarea hidraților din ciment. Rezultă că este oportună tratarea acestui tip de argile întâi cu var, pentru un aport considerabil de ioni de calciu necesari modificării structurii, anterior adăugării de ciment.

După ce fenomenul chimic al stabilizării este inițiat, pământul activ începe să-și modifice

atât comportamentul fizic și mecanic cât și structura sa, devenind dintr-un pământ cu un conținut bogat de particule fine într-unul mai rezistent și cu o distribuție granulometrică diferită, mult mai puțin plastic (și deci cu caracteristici privind lucrabilitatea evident îmbunătățite), cu o rezistență ridicată la acțiunea apei prin scăderea presiunii de umflare și mult mai rezistent din punct de vedere mecanic prin scăderea compresibilității și sporirea rezistenței la compresiune monoaxială.

Conținutul de argilă coloidală a scăzut semnificativ după adăugarea lianților în argila de Bahlui. Materialul s-a transformat din argilă grasă, foarte plastică în echivalentul unui pământ nisipos. La fel ca în cazul distribuției granulometrice, s-au modificat proprietățile privind plasticitatea, semnificativ în cazul adăugării de var (L) și, respectiv, de var și ciment (LC), mai puțin în cazul stabilizării cu ciment. Aceste îmbunătățiri induse de lianții L și LC sunt urmare a primului stadiu al stabilizării (schimbul cationic și flocularea în prezența ionilor de calciu), în timp ce în cazul stabilizării cu ciment nu există schimb cationic ci doar interacțiunea ciment-apă.

Acțiunea îngheț-dezghețului afectează rezistența probelor stabilizate numai în primele 2-3 cicluri, comparativ cu a celor netratate, caz în care UCS descrește aproape liniar. Descreșterea provizorie de rezistență este semnul întreruperii reacției puzzolanice în timpul înghețului și de asemenea a timpului scurt de maturare. Un comportament îmbunătățit (prin valori ale UCS mult mai mari decât în cazul argilei naturale și chiar decât a amestecurilor maturate 7 sau 28 zile) s-a observat în cazul timpului mai mare de maturare (180 zile).

BIBLIOGRAFIE

- [1] ∴ EM1110-3-138: *Pavement criteria for seasonal frost conditions*, Department of the Army Corps of Engineers. (1984)
- [2] Hotineanu, A. Teză de doctorat: *Studiul comportării argilelor tratate cu lianți minerali ca teren de fundare, la variații de temperatură și umiditate*, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Iași, 2014
- [3] Chamberlain E., Janoo V. și Ketcham S. „*Material properties, specifications and testing for pavements in cold regions*”, în *Roads and Airfields in Cold Regions: A State of Practice Report*, Vinson T. et al., eds. American Society of Civil Engineers, pp. 289-318 (1996)
- [4] Bronfenbrener L., Bronfenbrener R. și Alafenish A., *A model of soils freezing with allowance for freezing zone*. Chemical Engineering and Processing, no. 73, pp. 38-49 (2013).
- [5] Andersland O. și Ladanyi B., *Frozen Ground Engineering*. New Jersey: American Society of Civil Engineering & John Wiley&Sons (2004).
- [6] Dysli M., Teză de doctorat „*Étude expérimentale du dégel d'un limon argileux: Application aux chaussées et pergélisols alpins*”, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, (2007).
- [7] Vlad N., Teză de doctorat „*Contribuții în problema studierii efectului înghețului asupra drumurilor*”, Institutul Politehnic Iași - Facultatea de Construcții, Iași, (1982).
- [8] Chamberlain E., „*Frost Susceptibility of Soil*”, Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, (1981).
- [9] Hotineanu A., Stanciu A. și Lungu I., *The effect of freeze-thaw cycles on the lime-stabilized active clays*, în *Proceedings of the XVth Danube-European Conference on Geotechnical Engineering (DECGE 2014)*, Vienna, 9-11 sept. 2014, pp. 641-646 (2014)

FROST SENSITIVITY OF NATURAL AND MINERAL BINDER TREATED BAHLOI CLAY

Abstract

In this paper, the physical and mechanical behavior of one clayey soil, in natural state and chemically stabilized, for its use in subgrade construction is analyzed.

The Bahlui clay (from the Bahlui plain river, Jassy, Romania) is characterized as being expansive clay with high activity at water content variations. To minimize the adverse effects caused by the volume changes due to water content variations or due to thaw weakening, mineral binders chemical stabilization was applied. The physical and mechanical behavior of the resulting materials is presented based on the alterations of the grain size distribution, Atterberg consistency limits, frost sensitivity and unconfined compressive strength, in order to use the material for roads, highways and airport runways infrastructures, which are located over the zero isotherm and, therefore, are affected by seasonal temperature variations.

INVESTIGAREA ȘI MONITORIZAREA FENOMENELOR DE INSTABILITATE

Daniela CHIRILĂ

S.C. PROEXROM S.R.L. Iași

Vasile MUȘAT

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Nicolae BOȚU

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Rezumat

Plecând de la informațiile din literatura de specialitate cu privire la planificarea lucrărilor de monitorizare, în articol sunt puse în evidență aspectele pe care aceasta le implică în cunoașterea fenomenului de alunecare și punerea sub control a zonelor afectate de instabilitate în scopul reducerii riscurilor. Situația adusă în discuție o reprezintă zona alunecărilor de teren ce afectează de mai mulți ani Șoseaua Ștefan cel Mare din Iași, între intersecțiile cu străzile Sărării și C.A. Rosetti. Pașii parcurși în activitatea de planificare implică: cunoașterea istoricului fenomenului de alunecare și a măsurilor implementate pentru limitarea manifestării lui, promovarea unor lucrări suplimentare de investigare și monitorizare pentru evidențierea dinamicii actuale a fenomenului, interpretarea și analiza informațiilor cumulate, formularea de recomandări și soluții tehnice și transmiterea spre beneficiari.

1. INTRODUCERE

Investigarea terenului de fundare din punct de vedere geotehnic reprezintă o activitate absolut necesară ce stă la baza oricărei lucrări de infrastructură. Preliminar programului de investigații geotehnice, se evaluează riscul geotehnic aferent lucrării și se încadrează în una din cele trei categorii geotehnice, conform normativului NP074. În funcție de încadrarea preliminară se vor stabili investigațiile geotehnice cu caracter minim.

Riscul geotehnic asociat lucrărilor de infrastructură în cazul căilor de comunicație trebuie apreciat corespunzător, astfel încât să se elimine apariția stărilor limită la nivelul terenului sau a structurii.

Versantul pe care îl traversează Șoseaua Ștefan cel Mare, situat în zona de nord-est a Municipiului Iași (figura 1), a suferit de ani de zile numeroase fenomene de alunecări de teren care au afectat platforma drumului în repetate rânduri, case și anexe gospodărești, rețele de alimentare cu apă, canalizare, etc.

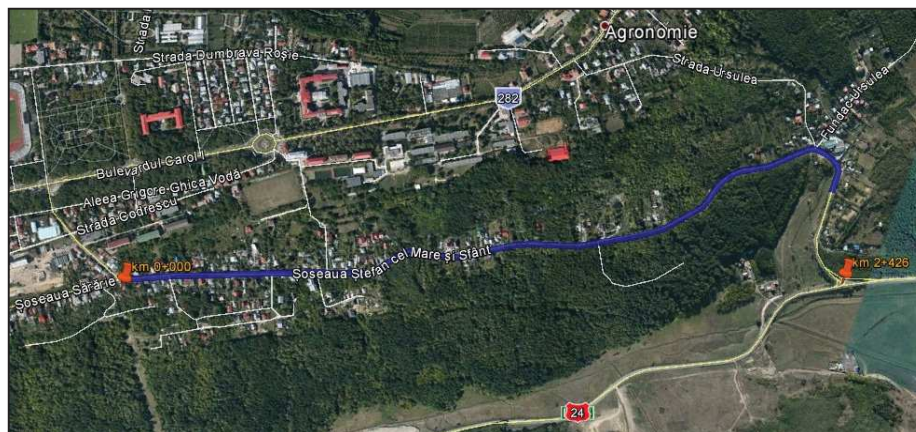


Figura 1 - Localizarea versantului afectat de fenomene de instabilitate

2. ISTORICUL FENOMENELOR DE ALUNECARE

Primele documente tehnice care atestă apariția alunecărilor de teren de pe versantul estic al dealului Copou sunt din anii 1940 – 1941, când partea din aval a șoselei Stefan cel Mare s-a deplasat, întrerupându-se circulația; drumul a fost consolidat cu piloți din lemn, după care s-au refăcut terasamentele, iar versantul din aval a fost drenat.

Alunecările în această zonă se reactivează apoi în perioadele următoare (1969 – 1970, 1974, 1976, 1977, 1980, 1981 și 1989) și de fiecare dată s-au proiectat și executat o serie de lucrări de consolidare ce au avut drept obiectiv asigurarea stabilității în punctele unde fenomenele s-au manifestat cu intensitate maximă: drenaj orizontal, chesoane, lucrări de captare a apelor de suprafață, ranforturi din beton armat fundați pe piloți și ziduri din gabioane.

Lucrările au fost executate etapizat, concepute inițial pentru limitarea fenomenului de la acea dată și au fost suplimentate ulterior în funcție de evoluția alunecărilor.

Din forajele executate s-a constatat următoarea succesiune litologică începând de la suprafață: sol vegetal și umpluturi până la 1-2 m adâncime, în zona străzii umpluturile ajungând până la 3.0-3.5 m; până la adâncimea de 3-7 m un complex prăfos – argilos cafeniu-cenușiu, plastic consistent; în acest pachet apar intercalații sau pungi de nisipuri fine, prăfoase galbene, saturate; argilă stratificată galbenă cu zone cenușii și ruginii, cu pungi de nisip plastic vârtoase, până la adâncimi de 13-15 m. De la adâncimea de 13-15 m apare argila marnoasă, cenușie, tare, stratificată.

Apele subterane s-au întâlnit la adâncimi cuprinse între 2.00 m în aval de drum, cantonate în stratul de argilă prăfoasă și până la 4.00 m în amonte, cantonate în intercalații nisipoase din argila galbenă;

În cadrul studiilor geotehnice din anii 1970-1980, planul de alunecare s-a determinat pe baza analizei manifestării fenomenului la suprafața terenului, a interpretării consistenței straturilor și a nivelurilor de apă subterană, conturându-se astfel două posibilități de cedare – una de profunzime, aflată la adâncime de până la 9.00 m și una de mai mică adâncime, de până la 5.0-6.0 m.

În decursul anului 2008 s-au realizat noi investigații asupra fenomenelor de instabilitate, naturii terenului și lucrărilor de consolidare existente pe teren, formulându-se următoarele concluzii: ranforturile din beton armat prezintă degradări de suprafață sau majore, o parte dintre ei fiind deplasați sau complet distruși (figura 2); chesoanele și căminele de vizitare sunt colmate, fără capace, cu crăpături și rupturi, în jurul lor observându-se izvoare de apă; rigolele pereate și din pământ sunt colmate cu vegetație, pământ sau resturi menajere și prezintă crăpături/rupturi.

Din toate drenurile executate în decursul timpului în zona Copou Est, aproximativ 30% funcționează în parametri normali. Restul fie drenează la o capacitate inferioară celei proiectate inițial, fie sunt colmate.

În urma analizelor de stabilitate s-au obținut valori subunitare ale factorului de siguranță, ceea ce indică un caracter activ al alunecărilor de teren în zona studiată.

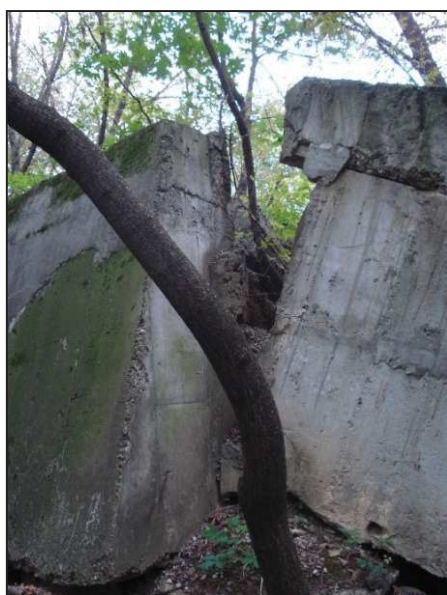


Figura 2 – Ranfort deplasat



Figura 3 – Cheson CV202 - km 0+820

3. PROPUNEREA INVESTIGĂRII GEOTEHNICE A TERENULUI

Din observațiile desfășurate pe teren au fost identificate 8 zone afectate vizibil de fenomene de instabilitate, cu planuri de desprindere ce cuprind $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ sau întreaga parte carosabilă (figura 4): km 0+480 – km 0+530 – L=50m; km 0+880 – km 0+960 – L=80m; km 1+000 – km 1+100 – L=100m; km 1+175 – km 1+215 – L=40m; km 1+280 – km 1+380 – L=100m; km 1+420 – km 1+490 – L=70m; km 1+650 – km 1+750 – L=100m; km 2+140 – km 2+190 – L=50m. Lungimea totală a tronsoanelor de drum pe care sunt vizibile fenomene de alunecări de teren este de 590 m.



Figura 4 – Degradări ale părții carosabile

În contextul situației actuale a versantului, se impune realizarea unui program de investigare și monitorizare a amplasamentului, având următoarele obiective:

- furnizarea informațiilor directe asupra amplitudinii fenomenelor de instabilitate ce afectează versantul;
- determinarea ordinului de mărime, vitezei și direcției de deplasare, precum și a adâncimii suprafeței de cedare;
- identificarea condițiilor de teren cu privire la nivelul freatic și presiunea apei din pori, funcție de condițiile climatice;
- determinarea parametrilor de funcționare a lucrărilor de susținere și de drenaj executate anterior;
- stabilirea cauzelor care au dus la declanșarea sau reactivarea alunecărilor de teren;
- stabilirea măsurilor de remediere necesare și posibilitatea etapizării lor în funcție de evoluția alunecărilor de teren.

Pentru îndeplinirea obiectivelor propuse este indicat să se efectueze următoarele tipuri de investigații:

o Ridicare topografică de detaliu pe întreaga zonă afectată, extinsă amonte și aval pe o cca.30 m față de conturul zonei. Prin suprapunerea cu planul de situație realizat în etapele anterioare, se pot

determina modificări ale pantelor și deplasări/rotiri ale lucrărilor de stabilizare executate în anii precedenți;

o Foraje geotehnice realizate cu utilaje mecanizate, cu prelevare de probe tulburate și netulburate și analize geotehnice de laborator, realizate cu scopul determinării caracteristicilor fizice și mecanice ale stratificației întâlnite;

o Prospekțiuni geofizice – neinvazive (electrometrice sau seismice), orientate longitudinal și transversal șoselei, care să ofere o imagine de ansamblu a versantului asupra limitei dintre formațiunea acoperitoare și roca de bază;

o Măsurători inclinometrice în foraje echipate cu tubulatură specifică pentru determinarea parametrilor de evoluție a alunecărilor de teren;

o Măsurători piezometrice în foraje, realizate în vederea stabilirii regimului hidrodinamic, în corelație cu condițiile climato-meteorologice;

o Înregistrarea precipitațiilor direct pe amplasament.



Figura 5. Sistem inclinometric [Dunnicliff]

Având în vedere necesitatea obținerii de informații privind evoluția fenomenelor de instabilitate, înregistrarea și achiziția de date trebuie să se realizeze:

- Periodic, la un interval de aproximativ 10 zile calendaristice;
- Obligatoriu după evenimente speciale (seism, explozii, precipitații însemnate cantitativ și ca durată).

În cadrul fiecărei măsurători trebuie să se verifice condițiile de integritate și încastrare a tubulaturii inclinometrice. Se recomandă folosirea aceleiași sonde inclinometrice și dispozitivului de citire a datelor pentru fiecare măsurătoare.

Dacă se înregistrează o evoluție critică a fenomenului, frecvența măsurătorilor poate fi mărită. De asemenea, pentru sistemele la care valorile înregistrate se situează sub limita pragului de atenție, se poate avea în vedere și o micșorare a frecvenței măsurătorilor.

Datele obținute în urma efectuării măsurătorilor, precum și precizia sistemului de achiziție de date și a echipamentelor folosite pot fi afectate de factori morfologici, climato-meteorologici sau antropici. În acest sens, pentru fiecare punct de investigare trebuie să se

întocmească jurnale de teren în care să se specifice următoarele informații: integritatea tubulaturii montate, temperatura atmosferică, grosimea stratului de zăpadă – dacă este cazul, apariția de izvoare de suprafață, modificări ale geometriei versantului, construcția unor lucrări în zona investigată, modificări ale gradului de acoperire cu vegetație a versantului, modificări privind gradul de degradare a lucrărilor de consolidare existente pe teren.

După fiecare etapă de măsurători se întocmesc raportări periodice, iar la terminarea programului de monitorizare rezultatele sunt sintetizate într-un raport de investigare, care va furniza informații legate de:

- Localizarea sistemelor de monitorizare pe amplasament;
- Descrierea procedurilor de lucru și echipamentele de investigare folosite;
- Rezultatele monitorizării și reprezentarea lor grafică;
- Înregistrarea factorilor ce au influențat măsurătorile;
- Concluzii cu privire la rezultatele obținute, evoluția deplasărilor în intervalul de timp în care s-a monitorizat, adâncimea planului de cedare, viteza de deplasare, etc.
- Recomandări cu privire la continuarea activității de monitorizare funcție de evoluția fenomenelor și recomandări cu privire la măsurile de intervenție ce se impun.

4. CONCLUZII

Fenomenele de instabilitate a pantelor, tot mai frecvente în ultimii ani în România, au generat preocupări intense ale specialiștilor, în scopul prevenirii, combaterii și stabilizării alunecărilor de teren. Alegerea soluțiilor optime pentru consolidarea și stabilizarea alunecărilor de teren presupune înțelegerea în detaliu a mecanismelor de producere și evoluție a acestora.

Activitățile de investigare și monitorizare a versanților afectați de alunecări de teren permit o diagnosticare corectă a fenomenului, identificarea tuturor factorilor ce influențează stabilitatea, alegerea ipotezelor de lucru și a modelelor de

calcul folosite, orientarea corectă în selecționarea valorilor pentru parametri utilizați în calcul și în final adoptarea măsurilor corecte de stabilizare.

Prin continuarea monitorizării unor anumiți parametri se permite evaluarea comportării versantului în urma realizării intervențiilor pentru stabilizare. Se permite astfel o reevaluare a caracteristicilor ce joacă un rol major în aprecierea nivelului de stabilitate, o adaptare a modelelor de calcul la condițiile reale de pe amplasament și, în final, corelarea acestora cu proiectarea geotehnică.

BIBLIOGRAFIE

Boțu N., Lungu I., Boți I. [2007] ” Evaluation of the geotechnical risk in the hilly zones within the city of Iași”, *Computation Civil Engineering*, pag. 299-307.

Dunnicliff J. [1988] ”Geotechnical Instrumentation for monitoring field performance”, John Wiley & Sons, Inc.

Grigore D. [2014] ”Studiu privind cercetarea și monitorizarea alunecărilor de teren”, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică ”Gheorghe Asachi” Iași.

Manea S. [1998] ”Evaluarea riscului de alunecare a versanților”, Editura Conspress, București.

Mușat V. [1988] ”Contribuții în problema stabilității versanților”, Teză de doctorat Institutul Politehnic Iași.

Purice D., Grigore D., Brânzilă M., Mușat V. [2012] ”Studiul alunecărilor de teren active din zona Copou Est, Municipiul Iași”, A XII-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Iași, pag. 171-176.

Răileanu P., Mușat V., Țibichi E. [2001] ”Alunecări de teren – Studiu și combatere”, Casa de Editură Venus, Iași.

S.C. PROEXROM S.R.L. Iași [2008] ”Studiu de stabilitate și fezabilitate Versant Copou Est, inclusiv zona Țicău.

INVESTIGATION AND MONITORING OF THE INSTABILITY PHENOMENON

Abstract

Based on information from the literature on planning monitoring work, in the article are highlighted issues that it involves knowledge of the landslide phenomenon and put under control of the affected areas to reduce risk of instability. The situation raised is the area of landslides affecting several years Stefan cel Mare street in Iași, between the intersections with Sărării and CA Rosetti streets. Steps taken in planning involves: knowing the landslide history and the measures implemented to limit his manifestation, promoting further work investigating and monitoring for evidence of actual dynamics of the phenomenon, interpretation and analysis of data accumulated, recommendations and technical solutions and transmission to beneficiaries.

METODE DE ANALIZA A STABILITĂȚII VERSANȚILOR CE ȚIN CONT DE CEDAREA PROGRESIVĂ

Răzvan CHIRILĂ

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Anghel STANCIU

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Vasile MUȘAT

Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Rezumat

Stabilitatea versanților a fost și prezintă în continuare interes având în vedere multitudinea de factori care conduc la riscul și posibilitatea ca un versant să alunece. Siguranța acestora este condiționată în principal de rezistența la forfecare și caracteristicile de deformabilitate. Mobilizarea parametrilor rezistenței la forfecare prin luarea în considerare a deplasării descrie comportamentul pământului bazat pe relația efort – deformare cu valori limită de maxim și rezidual. Ruperea progresivă a versanților ca mecanism este în strânsă legătură cu rezistența la forfecare mobilizată ca urmare a creșterii deformațiilor la nivelul unui plan posibil de alunecare. Articolul prezintă un model de analiză a stabilității versanților plecând de la conceptul de echilibru limită prin transpunere din termeni de forțe în termeni de deformații/deplasări. Dezvoltarea unor ecuații ce sunt în strânsă legătură cu funcțiile de mobilizare $\phi(\Delta)$, $c(\Delta)$ și cu modulul pământului $E(w)$ permit aproximarea gradului de stabilitate a versantului analizat. Prin metoda elementelor finite s-a modelat un versant cu stratificație omogenă, împărțit în blocuri și în care s-a evidențiat procesul de mobilizare a rezistenței funcție de deplasare.

1. INTRODUCERE

În evaluarea stabilității versanților factorul de siguranță rămâne în continuare un indice primar pentru a determina cât de aproape sau departe este pericolul ca un versant să alunece.

În prezent, metodele de proiectare bazate pe echilibru limită sunt curent utilizate în ingineria geotehnică. Aceste metode consideră masa alunecătoare ca rigid nedeformabil, pentru care starea de echilibru limită are loc simultan pe întreaga suprafață de cedare. Metodele numerice de analiză a stării de solicitare și deformare, reprezintă o alternativă de abordare prin care, în condițiile specifice unor proiecte de importanță deosebită, se poate modela efectul de reducere progresivă a rezistenței pământului până la atingerea stării limită critice, într-o problemă de stabilitate a versanților [6]. Acceptate în analiza stabilității taluzurilor și versanților, ele sunt un instrument eficient pentru definirea calitativă a comportării acestora înainte de rupere și pentru punere în evidență a zonelor în care începe cedarea masivului.

Metodele de calcul, indiferent de încadrarea lor, fac uz de rezistența la forfecare, prin parametrii

acesteia, caracteristică a pământului dependentă de deplasarea relativă ce determină mobilizarea ei.

Prin încercările de laborator și interpretarea datelor se poate observa că pentru descrierea în întregime a comportamentului pământului bazat pe relația efort-deformație, sunt necesare două valori limită de rezistență: rezistența de vârf $\tau_{f,max}$ și rezistența reziduală $\tau_{f,rez}$.

Cu referire la stabilitatea masivelor de pământ, constituite din astfel de pământuri în care după atingerea punctului de vârf se produce micșorarea limitei de rezistență prin cummul de deformații și dezvoltarea de deplasări relative la nivelul zona de cedare – asimilată ca suprafață de alunecare, punerea în lucru a rezistenței, definit ca mobilizare a acesteia, finalizată prin cedare, este cunoscut ca proces de rupere progresivă.

Cunoașterea doar a valorilor $\tau_{f,max}$ și $\tau_{f,rez}$ nu este suficientă pentru rezolvarea problemelor de stabilitate în care se produce ruperea progresivă. Relația efort-deformație trebuie cunoscută atât înainte de atingerea valorilor de vârf cât și după aceasta.

2. MODELE DE ANALIZĂ CU LUAREA ÎN CONSIDERARE A DEFORMABILITĂȚII

În încercarea de a lua în considerare mobilizarea rezistenței urmare a deformabilității și dezvoltării de deplasări relative la nivelul zonei de cedare-asimilată ca suprafață de alunecare, sunt de remarcat o serie de modele.

2.1. Mecanismul și modelarea ruperii progresive a versanților

Studiile arată că valorile rezistenței la forfecare mobilizate de-a lungul unui plan de alunecare prezintă mărimi diferite dacă se are în vedere poziția punctelor materiale ce o definesc. Aceste studii susțin mecanismul de cedare progresivă care este responsabil pentru modificările rezistenței la forfecare în spațiu și timp.

Conceptul de cedare progresivă poate explica dezvoltarea de suprafețe de alunecare și cedarea versanților, care prin analize de stabilitate, pe baza metodelor de echilibru limită, sunt confirmați ca stabili, dar în realitate efectul deformațiilor acumulate în timp a condus la cedarea acestora [8].

Mecanismul poate fi modelat conform figurii 2, care descrie procesul de cedare progresivă, odată cu mobilizarea rezistenței datorită creșterii deformațiilor materialului constituent.

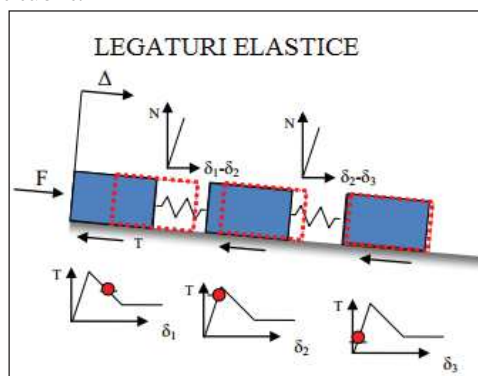


Figura 1 – Mobilizarea rezistenței la forfecare cu legături elastice între particule

Aplicarea unei încărcări la partea superioară a unui versant produce în interiorul acestuia, pe o suprafață potențială de alunecare, o stare de eforturi – deformații – rezistență. Sunt prezentate trei etape de încărcare sub forma unor diagrame de efort-deformație precum și distribuția efortului de forfecare în lungul suprafeței de alunecare.

În prima etapă, la momentul aplicării încărcării în punctul *a*, la o anumită distanță *x* față de aplicarea forței *N* rezistența la forfecare atinge rapid rezistența maximă mobilizată. În același timp în punctele *b* și *c* rezistența la forfecare se mobilizează printr-o comprimare a particulelor dar fără a atinge rezistența maximă (1 – portocaliu).

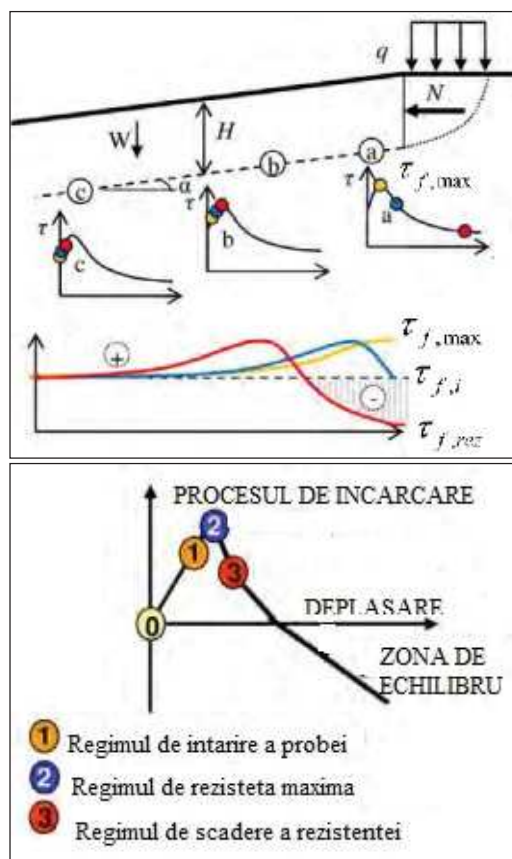


Figura 2. Dezvoltarea cedării progresive [4]

Odată cu creșterea încărcării, acest prim punct va trece de rezistența maximă (*a*), aflându-se în palierul de destindere odată cu creșterea deplasărilor (2 – albastru). De asemenea punctele *b* și *c* sunt încă în regimul de comprimare.

Prin încercarea de a crește încărcarea se poate observa că deplasările cresc (3- roșu), în punctul *a* se atinge zona rezistenței reziduale. Punctul *a* fără a mai putea prelua încărcări, transferă eforturile la nivelul punctelor *b* și *c* care ajung pe rând în situația punctului *a*.

În cazul în care s-ar considera legături rigide între particule (figura 3) se poate observa că în orice punct din masiv, pentru același stadiu evolutiv, rezistența la forfecare se mobilizează la fel. În toate punctele se atinge în același moment valori ale rezistenței de vârf, stare critică și reziduală.

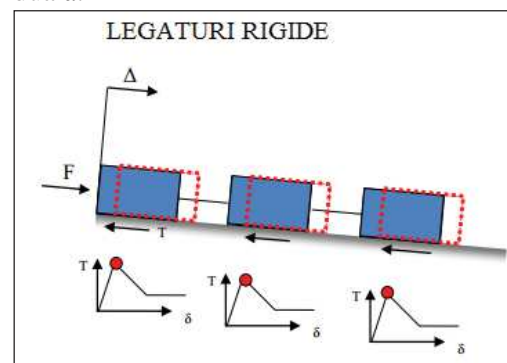


Figura 3–Mobilizarea rezistenței la forfecare cu legături rigide între particule

2.2. Model de analiză și procedură de corespondență pe baza deformabilității

Un astfel de model este dezvoltat de prof. dr. ing. Stanciu A., 1998 [9], având la bază conceptul de echilibru limită. Deficiența metodelor de echilibru limită constă în neglijarea efectului de deformabilitate a pământurilor în procesul de inițiere a alunecărilor. Prin modelul prezentat de autor, mobilizarea rezistenței, urmare a deformării și dezvoltarea de deplasări relative la nivelul suprafeței de cedare, este descrisă definirea unor indici de deplasare, drept caracteristici ai pământului, ce sunt în strânsă legătură cu funcțiile de mobilizare $\phi(\Delta)$, $c(\Delta)$ și cu modulul de deformare al pământului $E(w)$. Indicii de deplasare definiți de autor se bazează pe corespondența dintre procesul de deformare (figura 4.a) și cel de mobilizare a rezistenței (figura 4.b).

Aceștia pun în evidență stadiile de mobilizare a rezistenței urmare a deformării corpului alunecător, considerând:

Zona B de deformare, este o zona de deplasare – compresiune, datorită acțiunii fâșiilor din amonte, respectiv, deformarea pământului, până când o mobilizare graduală a rezistenței la forfecare este realizată.

Zona A corespunde corpului rigid, respectiv o deplasare similară cu o „patinare” pe planul de alunecare, caracterizată printr-o rezistență la forfecare constantă ($\tau_{f,max} \rightarrow \tau_{f,rezidual}$) în concordanță cu corpul rigid (Fig.3).

Zona C de tranziție între punctul A și punctul B, unde se produce o relaxare, decompresie, respectiv o eliberare a energiei acumulate ($\tau_{f,max} \rightarrow \tau_{f,rezidual}$).

În scopul de a evalua variația rezistenței la forfecare a pământului în concordanță cu variația compresibilității, respectiv cu deplasările, indicii de deplasare $I_{\Delta}(\sigma)$ și $I'_{\Delta}(\sigma)$ sunt:

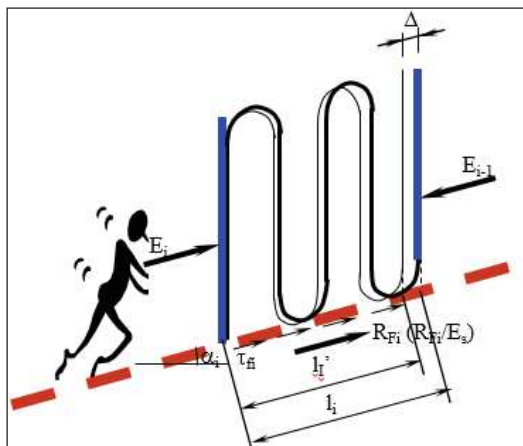


Figura 4.a – Procesul de deformare

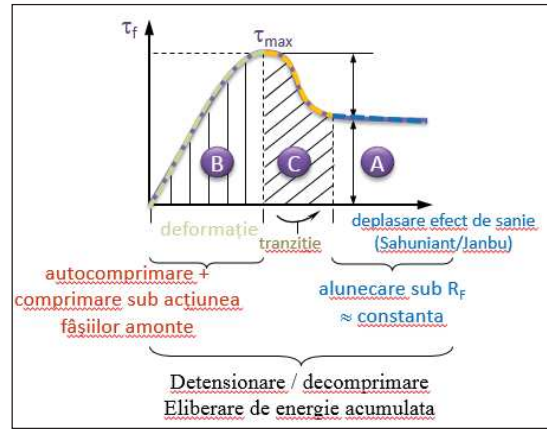


Figura 4.b – Procesul de mobilizare a rezistenței la forfecare

$$I_{\Delta}(\sigma) = \tan \beta = \frac{\tau_{\max}}{\Delta_{\max}} \quad (1)$$

$$I'_{\Delta}(\sigma) = \tan \beta = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\text{rezidual}}}{\Delta_{\text{rezidual}} - \Delta_{\max}} \quad (2)$$

Aceștia reflectă:

- Comportarea de corp rigid pentru $I_{\Delta}(\sigma) = 0$ și $\Delta_{\max} = 0$;
- alunecare fără a avea o frecare instantanee pentru $I_{\Delta}(\sigma) = 0, \Delta_{\max} \neq 0$;
- deplasări care induc o cedare graduală pentru $I_{\Delta}(\sigma) \neq 0, \Delta_{\max} \neq 0$;
- mobilizarea rezistenței în domeniul maxim – rezidual pentru $I'_{\Delta}(\sigma) \neq 0$ caz în care $\tau_{\max} - \tau_{\text{rezidual}}$ și $\Delta_{\text{rezidual}} - \Delta_{\max}$ sunt constante.

Ca abordare, se pleacă de la metoda blocurilor în care masa alunecătoare este împărțită în mai multe corpuri asimilate cu un convoi de vagoane localizați pe o suprafață curbă de cedare. Contactul dintre vagoane fiind modelat prin intermediul unor resoarte elastice comprimate. Prin considerarea unuia dintre vagoane asociat blocului i din metoda Sahuniant, figura 5, în scopul cuantificării deplasării ce duce la mobilizarea rezistenței la forfecare pot fi proiectate următoarele ecuații pe planul de alunecare:

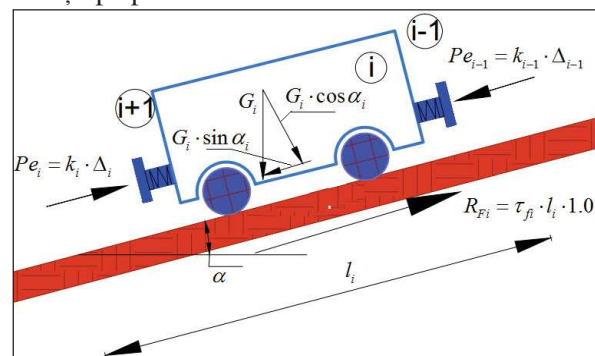


Figura 5- Forțele care acționează în prezent pe un bloc comun

Pentru $0 < \Delta_i < \Delta_{\max}$:

$$\Delta_i = \frac{G_i \cdot \sin \alpha_i + k_{i-1} \cdot \Delta_{i-1} \cdot \cos(\alpha_i - \alpha_{i-1})}{k_i + I_{\Delta_i} \cdot \Delta_i \cdot l_i \cdot 1.0} \quad (3)$$

Pentru: $\Delta_{\max} < \Delta_i < \Delta_{\text{rezidual}}$:

$$\Delta_i = \frac{G_i \cdot \sin \alpha_i + k_{i-1} \cdot \Delta_{i-1} \cdot \cos(\alpha_i - \alpha_{i-1})}{k_i + [\tau_{\max} - I_{\Delta}(\Delta_i - \Delta_{\max})] \cdot l_i \cdot 1.0} \quad (4)$$

Pentru $\Delta_i > \Delta_{\text{rezidual}}$:

$$\Delta_i = \frac{G_i \cdot \sin \alpha_i + k_{i-1} \cdot \Delta_{i-1} \cdot \cos(\alpha_i - \alpha_{i-1})}{k_i + \tau_{\text{rezidual}} \cdot l_i \cdot 1.0} \quad (5)$$

Contactul cu blocurile adiacente modelat prin resoarte elastice, poate fi descris prin coeficientul elastic k_s în consecință modulul de reacție k_i dat prin relația:

$$k_i = k_s \cdot h_i \cdot 1.0 \quad (6)$$

unde h_i – reprezintă înălțimea în partea de amonte respectiv aval.

Valoarea deplasării Δ_i poate fi cuantificată la nivelul fiecărei interfețe dintre blocurile deformabile, prin urmare, condițiile de stabilitate exprimate prin raportarea acestora la cele corespunzătoare mobilizării rezistenței la forfecare maximă sau reziduală.

3. ANALIZA PROCESULUI DE MOBILIZARE PRIN METODA ELEMENTELOR FINITE

Metoda elementelor finite, prin conceptul de modelare, poate aborda probleme implicând materiale neomogene, geometrii complexe, stratificație variată, oferind rezultate de încredere în cadrul proiectării.

Procedurile numerice încorporează o serie de metode dintre care face parte și Metoda Elementelor Finite (MEF). Majoritatea tehnicilor numerice sunt bazate pe principiul “discretizării”, [1], [4] conform căruia o problemă complexă de mare extindere este împărțită sau discretizată în unități echivalente reduse sau componente.

Pentru evidențierea mobilizării rezistenței la forfecare odată cu deplasarea s-a considerat un masiv de pământ omogen în care suprafața de alunecare este cunoscută, iar volumul de pământ aflat deasupra suprafeței de alunecare este împărțit în blocuri delimitate prin interfețe verticale.

Pe baza parametrilor de rezistență și deformabilitate s-au determinat deplasările și tensiunile ce apar la interfața fiecărui bloc în parte și s-a pus în evidență mecanismul de mobilizare a rezistenței la forfecare ținând cont de deformație în procesul de alunecare.

Tabel 1. Caracteristici IFD_CU_16 – argilă prăfoasă [3].

Material	Criteriul de cedare	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	$\phi_{\text{cu,max}}$ [°]	$\phi_{\text{cu,rez}}$ [°]	$c_{\text{cu,max}}$ [kPa]	$c_{\text{cu,rez}}$ [kPa]	ν [-]	E [kPa]
Argilă prăfoasă	Mohr - Coulomb	20.15	20.60	27.0 2	20.8 1	52.0 8	8.57	0.35	19500

Tabel 2. Rezultate privind încercarea de forfecare directă pentru IFD_CU_16[3]

Nr. proba	$L \cdot l$ [cm ²]	h [cm]	σ_i [kPa]	$\tau_{f,\max}$ [kPa]	$\Delta_{f,\max}$ [mm]	Δh [mm]	$\tau_{f,\text{rez}}$ [kPa]	$\Delta_{f,\text{rez}}$ [mm]
Proba 1	36.0	2.0	200	163.28	1.00	-0.013	79.21	8.50-12.0
Proba 2	36.0	2.0	300	193.16	1.50	-0.01	135.31	8.50-12.0
Proba 3	36.0	2.0	400	267.10	1.50	-0.015	155.78	8.50-12.0

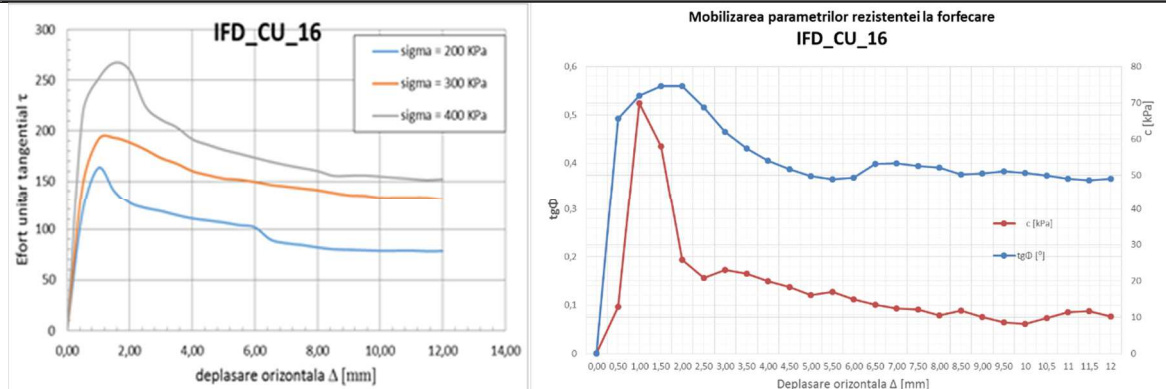


Figura 6. Graficul efort de forfecare – deplasare și mobilizare a parametrilor rezistenței la forfecare

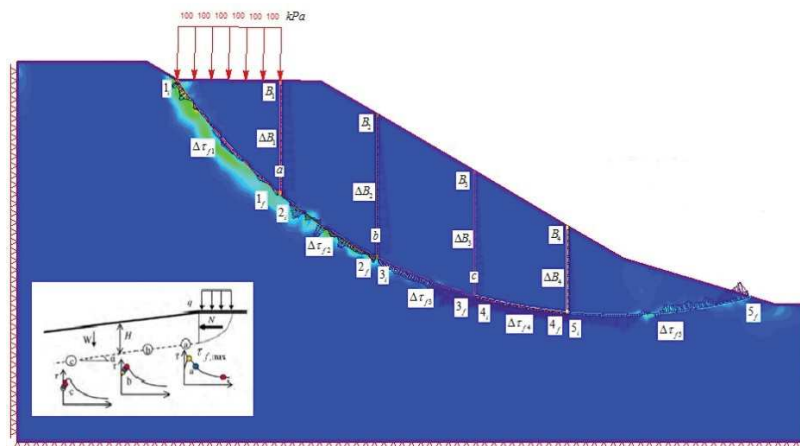


Figura 7. Evidențierea deplasărilor la nivelul suprafeței de forfecare și interfața dintre blocuri

Tabel 3. Rezultate la nivelul suprafeței de alunecare ale blocurilor

Denumire bloc	Lungime segment la nivelul suprafeței	Poziție punct pe segmentul analizat	Efort normal pe segmentul analizat	Deplasare aferentă efortului normal pe segmentul analizat	Efort de forfecare pe segmentul analizat $\tau_{f,mob}(\Delta_{mob})$	Deplasare aferentă efortului de forfecare pe segmentul analizat Δ_{mob}
	[m]		[kPa]	[mm]	[kPa]	[mm]
Bloc B1	0.0	1 _i	70.38	0.51	63.17	5.11
	10.06	1 _f	127.27	0.58	52.81	0.81
Bloc B2	0.0	2 _i	141.84	1.11	19.46	2.14
	7.59	3 _f	187.8	0.75	93.77	1.91
Bloc B3	0.0	4 _i	134.45	0.31	31.35	0.14
	6.79	5 _f	206.38	0.52	102.71	4.11
Bloc B4	0.0	6 _i	61.05	0.51	59.84	3.50
	6.16	7 _f	213.50	0.48	72.75	3.03
Bloc B5	0.0	8 _i	61.31	0.23	57.83	2.81
	12.04	9 _f	5.19	0.31	30.11	2.21

Tabel 4. Rezultate suprafețe verticale ale blocurilor (limita între blocuri)

Denumire bloc	Lungime segment la nivelul suprafeței	Poziție punct pe segmentul analizat	Efort normal pe segmentul analizat	Deplasare aferentă efortului normal pe segmentul analizat	Efort de forfecare pe segmentul analizat $\tau_{f,mob}(\Delta_{mob})$	Deplasare aferentă efortului de forfecare pe segmentul analizat Δ_{mob}
	[m]		[kPa]	[mm]	[kPa]	[mm]
Bloc B1	6.83	B ₁	4.40	62.13	29.53	3.41
		1 _f	129.71	0.71	47.85	4.63
Bloc B2	8.84	B ₂	0.15	0.0001	3.98	0.42
		2 _f	174.50	0.59	54.66	3.81
Bloc B3	7.58	B ₃	16.48	0.12	9.38	0.81
		3 _f	158.08	0.26	50.38	1.52
Bloc B4	5.13	B ₄	44.52	0.0001	28.15	0.62
		4 _f	146.06	0.004	45.51	0.83

Mobilizarea rezistenței și procesul de cedare progresivă a versanților poate fi modelată prin Metoda Elementelor Finite. Din analiza rezultatelor la interfața dintre blocuri (fâșii) se pot observa:

- Deformațiile la interfețele verticale dintre blocuri (tabel 4) sunt mai mari la partea superioară (4.63mm) și scad progresiv pe măsură ce crește distanța față de creasta versantului (0.83mm).
- De asemenea pe suprafața de alunecare a blocurilor (tabel 3) se poate observa că eforturile de forfecare mobilizate scad pe măsură ce crește distanța față de creasta versantului ($60.17 \div 30.11$).
- Problema de mobilizare progresivă admite că un versant supus unor încărcări creează în interiorul acestuia o stare diferențiată de eforturi și deplasări, funcție de caracteristicile mecanice (de vârf și reziduale) și de deformabilitate introduse.

- La interfața blocului B1 – B2 și B2 – B3, în punctele **a** și **b** deformația mobilizată se încadrează în palierul de scădere a rezistenței la forfecare (decomprimare, zona de tranziție către rezistența reziduală). În schimb în punctul **c** deformația mobilizată a ajuns în zona de maxim a rezistenței la forfecare.
- Metoda elementelor finite prin avantajul discretizării, poate permite vizualizarea informațiilor descrise mai sus în fiecare punct din interiorul masivului, deci pot fi analizate și alte suprafețe potențial alunecătoare.

4. CONCLUZII

Utilizarea în prezent a unor echipamente performante pentru determinarea rezistenței la forfecare și a celor de calcul, motivează aprofundarea mecanismelor ce guvernează mobilizarea rezistenței la forfecare, a componentelor acesteia, atât experimental cât și al redării în formulări analitice, în avantajul abordării problemelor geotehnice de analiză a stabilității taluzurilor și versanților.

Modelele prezentate constituie o nouă viziune în analiza stabilității masivelor de pământ prin luarea în considerare în primul rând a stării de eforturi inițiale și a caracteristicilor de deformabilitate a straturilor constituente și a parametrilor de rezistență mobilizați în lungul suprafeței de alunecare.

Din rezultatele calculelor prin MEF se poate observa că pe suprafața de alunecare considerată blocurile se comprimă sub acțiunea forțelor induse de greutate celor din amonte și a suprasarcinii. Se constată că compresibilitatea pământului constituie un factor ce trebuie considerat în analiza stabilității și respectiv un criteriu de atingere a deformațiilor/deplasărilor maxime – cedare.

Modelul prezentat se referă la alunecările progresive, pentru care cedarea începe să se

dezvolte din partea de amonte și nu de la bază.

BIBLIOGRAFIE

1. Chandrakant, D., Christian, John T., 2007 *Numerical Methods in Geotechnical Engineering*, McGraw-Hill Book Company
2. Chowdhury, R., (2010) *Geotechnical Slope Analysis* Taylor & Francis Group, ISBN: 978-0-415-46974-6 (Hbk), ISBN: 978-0-203-86420-3 (eBook). London, U.K.
3. Chirilă R. (2013) *Over the shear strength, mobilization, models and theories for ground failure*, Doctoral School Report, Gheorghe Asachi Technical University of Iasi;
4. Hans P. J., Anders S. G., Steinar N., (2012) *Numerical Modelling of Instability in Strain-Softening Soils* ICG Symposium Geohazards and Society
5. Law, T., Lumb, P., (1978) *A limited equilibrium analysis of progressive failure in the stability of slopes*. Can. Geotech. J., Ottawa, 15(2), pag. 113–122
6. Matsui, T., San, K.C., (1992) *Finite element slope stability analysis by shear strength reduction technique*. Soils and Foundations, vol. 32, no. 1, pag. 5970.
7. Rocscience Inc. (2001-2004) *Application of the Finite Element Method to Slope Stability Manual*, Toronto
8. Skempton, A. W., (1964) *Long term stability of clay slopes*. Geotechnique, London, 14(1), pag.77–101
9. Stanciu A., Boți N., Lungu I., (1998) *Un nou concept în analiza stabilității versanților - Lucrările celui de al X-lea Congres Național de Drumuri și Poduri, Iași 1998*, Editura Trebla, vol. I, pag. 405-411

METHODS OF SLOPE STABILITY ANALYSIS TAKING INTO ACCOUNT PROGRESSIVE FAILURE

Abstract

Slope stability was and continues to show interest in view of the many factors that lead to risk and the possibility of a slope to slide. Their safety is mainly conditioned by the shear strength and deformability characteristics. The mobilization of shear strength parameters by considering the displacement describes the soil behavior based on the strain - deformation relationship, with maximum and residual limits. Progressive failure of slopes is closely related to the shear strength mobilized as a result of increased strains in the possible sliding surface. This paper presents a slope stability analysis model based on the concept of equilibrium limit by transposing the terms of forces in terms of deformation / displacement. Development of equations that are closely related to the functions of mobilization $\phi(\Delta)$, $c(\Delta)$ and soil module $E(w)$ allows approximation of the degree of slope stability. With finite element method a slope with homogeneous stratification divided into blocks was modeled and was highlighted the strength mobilization depending on displacement.

METODE DE STABILIZARE ÎN ADÂNCIME A PĂMÂNTURILOR PRIN MALAXARE

Andreea Cristina BITIR

Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Vasile MUȘAT

Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Rezumat

Stabilizarea pământurilor prin metode de malaxare în adâncime asigură sporirea performanțelor geotehnice, fiind soluții de îmbunătățire a terenului de fundare, eficiente din punct de vedere al costurilor, al duratei de execuție și al impactului asupra mediului. Procedeele de amestecare în adâncime prezintă ca avantaj principal folosirea pământului din amplasamentul respectiv ca element constituent al produsului compozit final, caracterizat prin rezistențe mari, compresibilitate redusă și permeabilitate micșorată.

1. INTRODUCERE

De-a lungul timpului, necesitatea de a utiliza pământurile dificile ca terenuri de fundare s-a acutizat ca urmare a unui cumul de factori socio-economici, demografici și administrativi. În consecință, tehnologiile de îmbunătățire a terenului de fundare s-au diversificat și perfecționat acoperind o gama cât mai largă de aplicații în domeniul ingineriei geotehnice.

Metodele de malaxare în adâncime au fost utilizate pentru prima dată, cu scopul stabilizării pământurilor în 1967 în țări precum Japonia și Suedia. În prezent sunt utilizate cu succes peste tot în lume, în numeroase proiecte privind tratarea terenurilor de fundare pentru construcții civile sau industriale, lucrări de drumuri, căi ferate, terasamente etc. [1].

Procedeele de stabilizare în adâncime a terenului prin malaxare presupun amestecarea in-situ a pământului cu diverși lianți sub forma de pulbere sau suspensie. Malaxarea se produce în urma introducerii unui instrument de amestecare de regulă prevăzut cu: palete, lame, roți sau brațe de amestecare. Concomitent cu introducerea sau retragerea instrumentului se înglobează agentul de stabilizare, utilizându-se: var, ciment, cenușă de termocentrală, zgură, gips, silicat de sodiu, reactivi biologici sau chimici etc. precum și combinații dintre aceștia [2].

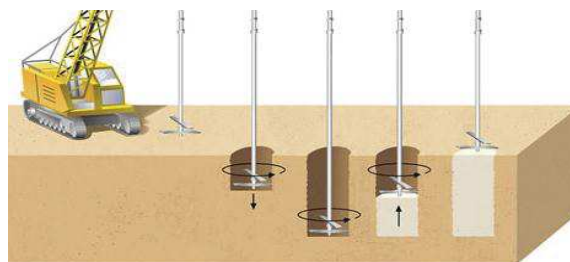


Figura 1. Schema procesului de execuție a unei coloane de pământ stabilizat prin malaxare în adâncime ([3]-Raju V.R. et. al, 2008)

Ca rezultat al malaxării pământului cu liantul au loc o serie de reacții chimice precum: reacții exoterme de hidratare, reacții de schimb cationic și reacțiile puzzolanice în urma cărora iau naștere compușii de cimentare, responsabili pentru caracteristicile mecanice superioare ale pământului tratat.

În funcție de importanța și volumul lucrării, tehnologia și echipamentele de execuție utilizate se obțin diverse configurații geometrice ale pământului tratat: coloane, pereți, blocuri, rețele [4].

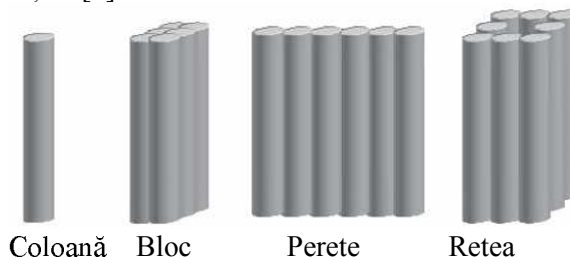


Figura 2. Configurații geometrice ale pământului tratat prin metode de malaxare în adâncime ([4]-Madhyannapu R.S., 2007)

2. PROPRIETĂȚI MECANICE ALE PĂMÂNTURILOR STABILIZATE PRIN METODE DE MALAXARE ÎN ADÂNCIME

Proprietățile mecanice ale pământurilor îmbunătățite prin metode de malaxare în adâncime au fost analizate de diverși cercetători pe baza experimentelor și încercărilor de laborator (Farouk A., Shahien M. M., 2013, Cong M., Longzhu C., Bing C., 2014, Larsson S., Rothhämel M., Jacks G., 2008, Pakbaz M. S., Farzi M., 2014, etc.).

Pentru a evidenția eficiența malaxării pământului cu lianți, investigațiile experimentale au pus în evidență proprietăți mecanice fundamentale ale amestecului precum: rezistența pământului la compresiune monoaxială (q_u) și modulul de deformare secant (E_s). Factorii care condiționează evoluția parametrilor mecanici ai amestecului pot fi împărțiți în patru mari categorii [5]:

- caracteristicile liantului;
- caracteristicile terenului natural;
- condiții de amestecare;
- condiții de întărire.

În cazul utilizării cimentului ca agent de stabilizare, atât rezistența cât și rigiditatea pământului tratat crește odată cu mărirea dozajului de ciment și descrește pe măsura majorării raportului de apă/ciment. De asemenea rezistența la compresiune este condiționată de timpul de întărire, valorile înregistrate după 28 de zile de întărire fiind aproximativ duble față de cele la 7 zile [6].

Natura pământului reprezintă un alt factor de influență asupra parametrilor mecanici ai mixturii pământ-liant; spre exemplu un conținut mare de parte fină conduce la micșorarea acestora [6].

Un studiu comparativ efectuat asupra metodelor umede și uscate de malaxare în adâncime a pus în evidență următoarele [7]:

- valorile rezistenței la compresiune a probelor de pământ rezultate în urma amestecării cu mortar de ciment au fost mai mari decât în cazul celor rezultate prin amestecarea cu ciment pulbere. În antiteză, în cazul utilizării varului ca liant valorile mai mari au fost obținute prin metoda uscată;
- valorile modulului de deformare liniară obținute în cazul utilizării cimentului au fost mai mici decât cele obținute prin amestecare cu var;
- indiferent de tipul de liant, valorile modulului de deformare liniară ale probelor obținute prin metoda uscată sunt mai mari decât ale probelor rezultate prin metoda umedă.

Metodele umede, care utilizează agentul de stabilizare sub formă de suspensie sau mortar, se aplică cu bune rezultate în cazul argilelor plastic moi, pământurilor organice, pietrișurilor și nisipurilor afânate. Spre deosebire de acestea, metodele uscate care introduc liantul sub formă de pudră prin intermediul aerului comprimat se utilizează în cazul pământurilor argiloase și prăfoase moi cu un grad de umiditate ridicat [8].

Tabel 1. Valori ale rezistenței la compresiune pentru diferite tipuri de pământ stabilizat prin metoda de amestecare umedă ([8]-SCDOT Geotechnical Design Manual, 2010)

Tip de pământ	Rezistența la compresiune (Mpa)
Pământuri organice Argile cu plasticitate mare	1.207
Argile moi	0.414 - 1.517
Argile consistente Argile tari	0.689 - 2.482
Prăfuri	0.999 - 2.999
Nisip fin Nisip mijlociu	1.517 - 4.999

3. APLICAȚII ALE METODELOR DE STABILIZARE ÎN ADÂNCIME A PĂMÂNTURILOR PRIN MALAXARE

Metodele de stabilizare în adâncime a pământurilor prin malaxare reprezintă o alternativă la metodele clasice de îmbunătățire a terenului natural, prin care se pot soluționa problemele legate de [9]:

- creșterea capacității portante;
 - reducerea și controlul tasărilor;
 - micșorarea permeabilității terenului;
 - atenuarea potențialului de lichefiere;
 - mărirea stabilității;
 - creșterea durabilității la solicitări dinamice și ciclice;
- Metodele de malaxare în adâncime sunt utilizate în multiple aplicații pe uscat sau în apă:
- consolidarea terenului de fundare pentru construcții noi sau existente;
 - susținerea excavațiilor adânci și protecția construcțiilor învecinate;
 - consolidarea terenului sub terasamentele drumurilor și căilor ferate;
 - solidificarea și/sau remediarea pământurilor contaminate;
 - ecrane de etanșare;
 - structuri de sprijin;
 - pereți pentru cheiuri;
 - diguri;
 - structuri subterane : tuneluri, pasaje.

4. ASPECTE DE PROIECTARE

Procesul de proiectare a unui masiv de pământ îmbunătățit prin metode de malaxare în adâncime are la bază metodologii formulate prin ipoteze simplificatoare, idealizarea comportamentului pământului tratat și bineînțeles modele empirice fundamentate pe experiența acumulată prin aplicarea anterioară a acestor tehnologii în diferite proiecte.

Proiectarea în acest caz trebuie să țină seama de următoarele aspecte:

- tipul solicitării ca efect al acțiunii încărcărilor statice și dinamice;
- mecanismul de transfer al încărcărilor de la suprastructură la elementele rigide de pământ tratat;

- modul de lucru a elementelor rezultate în urma malaxării precum și interacțiunea acestora cu suprastructura și terenul netratat din jur.

Având în vedere condițiile de solicitare, configurația geometrică și rigiditatea elementului de pământ stabilizat, se pot dezvolta diferite moduri de cedare referitoare la stabilitatea internă sau externă [10].

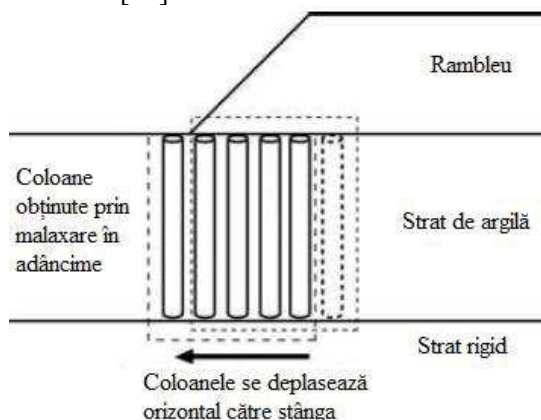


Figura 3. Stabilitatea externă: Cedarea prin alunecare ([10]-Kitazume M., Terashi M., 2013)

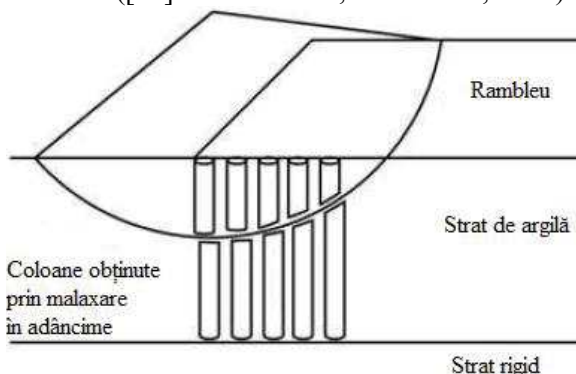


Figura 4. Stabilitatea internă: Cedarea printr-o suprafață de alunecare circulară ([10]-Kitazume M., Terashi M., 2013)

Principalele etape recomandate în parcurgerea proiectării a unui volum de pământ

stabilizat în adâncime prin amestecare sunt [10], [11]:

1. Stabilirea condițiilor de proiectare;
2. Stabilirea tipului și dimensiunilor suprastructurii;
3. Stabilirea dimensiunilor și tipului de stabilizare a terenului;
4. Analiza stabilității externe a structurii pământului tratat;
5. Analiza stabilității interne a structurii pământului tratat;
6. Evaluarea tasărilor;
7. Stabilirea dimensiunilor finale precum și a parametrilor de rezistență și rigiditate pentru structura de pământ tratat;
8. Detalii de proiectare.

5. TEHNOLOGII DE EXECUȚIE. CONTROLUL ȘI ASIGURAREA CALITĂȚII

În prezent, există o multitudine de tehnologii de execuție a masivelor de pământ stabilizat prin malaxare în adâncime care se diferențiază prin [12]:

- tipul de liant folosit: suspensie sau pulbere;
- principul de amestecare: rotativ, jet sub presiune sau o combinație dintre acestea;
- zona în care se realizează injectarea: axul echipamentului sau la partea inferioară a acestuia

Principalele etape tehnologice de execuție a elementelor stabilizate sunt [11]:

1. Poziționarea instrumentului de amestecare conform specificațiilor din proiect;
2. Introducerea uneltei de amestecare în pământ până la cota stabilită prin proiect.
3. Injectarea și malaxarea liantului, care, de cele mai multe ori se realizează odată cu retragerea uneltei de amestecare.

Controlul calității pe parcursul procesului de execuție al elementelor de pământ tratat se face prin monitorizarea îndeaproape prin sisteme integrate. Dispozitivele de înregistrare automată furnizează informații cu privire la parametrii operaționali precum: rata de penetrare sau de retragere a uneltei de amestecare, viteza de amestecare, debitul și cantitatea totală de liant pe element [13].

În vederea asigurării calității, după finalizarea execuției se fac investigații in-situ și în laborator care să certifice proprietățile pământului tratat: geometrie, dimensiuni, continuitate, uniformitate, rezistențe și permeabilitate [13].



Figura 9. Coloană excavată [14]

6. CONCLUZII

Deși nu beneficiază de o atenție deosebită în România, metodele de stabilizare a pământului în adâncime prin malaxare reprezintă un mod de abordare curent la nivel mondial privind tratarea pământurilor cu caracteristici geotehnice slabe. Elementele rigide rezultate în urma amestecării alcătuiesc împreună cu terenul înconjurător un sistem compozit cu o comportare diferită și cu caracteristici mecanice mult mai mari față de terenul natural. Sistemul astfel obținut asigură satisfacerea cerințelor geotehnice de rezistență, stabilitate locală și generală precum și de, deformabilitate a terenului formulate în contextul Eurocodului 7 sub formă de stări limită ultime și stări limită de exploatare.

BIBLIOGRAFIE

- 1.Bruce D.A., Bruce M.E.C., DiMillio A.F., [1998] „Deep Mixing Method: A Global Perspective” – Soil Improvement for Geo-Congress 98, American Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication No.81, Boston, pp.1-26
- 2.Smekal A., [2008] „Strengthening Methods for Subsoil under Existing Railway Lines” – Proceedings of 8th World Congress On Railway Research, Seoul, Korea, 11 p.
- 3.Raju V.R., Sridhar V., [2008] „Practical Applications of Ground Improvement” – Symposium on Engineering of Ground & Environmental Geotechniques , Hyderabad,12 p
- 4.Madhyannapu R.S., [2007] „Deep Mixing Technology for Mitigation of Swell-shrink Behavior of Expansive soils of Moderate to Deep Active Depths” – Ed. ProQuest, ISBN 0549319999, 9780549319993, 368 p
- 5.Terashi M., [1997] „Deep mixing method –Brief state-of-the-art” – Proceedings of the 14th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, pp.2475-2478, Hamburg,
- 6.Farouk A., Shahien M.M., [2013] „Ground improvement using soil-cement columns: Experimental investigation” – Alexandria Engineering Journal Volume 52, pp.733-740
- 7.Pakbaz M.S., Farzi M., [2014] „ Comparison of the effect of mixing methods (dry vs. wet) on mechanical and hydraulic properties of treated soil with cement or lime” – Applied Clay Science Journal, 14 p
- 8.The South Carolina Department of Transportation (SCDOT) Geotechnical Design Manual, [2010], 96 p
- 9.Nicholson P.G., [2014] „ Soil Improvement and Ground Modification Methods”, Chapter 11:

MĂSURI DE PROTECȚIE ÎMPOTRIVA HAZARDELOR NATURALE PE DJ105G

George CORBESCU, Marius BUCUR

Geobrugg AG Geohazard Solutions

Rezumat

Drumul județean DJ105G a fost reabilitat în ultimii ani în lungul defileului Văii Cibinului pe o lungime de aproximativ 20 km. Apariția unor fenomene de alunecare a detritusului acumulat pe versanții stâncoși de pe suprafața rocii de bază, dislocarea unor blocuri de rocă cu volume de 0,50 – 1,00 m³ precum și posibilitatea ca în urma unor ploi de intensități mari, torențele astfel formate să antreneze material solid cu volume mari, au condus la mobilizarea autorităților locale în vederea luării măsurilor adecvate de prevenire și protecție.

DJ105G se găsește aliniat în lungul firului apei și este flancat pe cele două laturi de taluzurile formate din roci stâncoase ale munților Cindrel. Drumul județean leagă localitățile Tâlmăciu și Voineasa, făcând legătura între județul Sibiu și județul Vâlcea. El se găsește la confluența dintre Munții Cindrel și Munții Lotrului, străbătând o zonă cu mare potențial economic și turistic. Ca urmare a acțiunii forțelor dezvoltate de fenomenul de îngheț și insolație coroborate cu prezența elementelor de discontinuitate (stratificație, șistozitate, figurație), taluzurile situate pe latura nordică a DJ au prezentat fenomene de alunecări a deluviului de pe roca de bază precum și desprinderi a unor blocuri din masiv și de pierdere a stabilității lor. Fenomenele s-au dezvoltat în continuare prin procesul de rostogolire spre baza versantului și degradarea platformei rutiere, întreruperea circulației, avarierea parapetilor metalici, a rigolelor ranforsate, a bornelor hectometrice și a celor kilometrice (Foto 1).



Foto 1: - Selecție desprinderi de blocuri

Fenomenele mai sus descrise au impus luarea unor măsuri imediate de prevenire și protecție împotriva maselor alunecătoare. Adoptarea măsurilor de protecție a avut la bază evaluarea riscului și încadrarea arealului în clase de risc a procesului de căderi de blocuri (pietre). Clasa de risc (CR) reprezintă un indicativ care face o clasificare a vulnerabilității zonei la declanșarea unor fenomene accidentale, respectiv o ierarhizare a pericolului. Drept urmare, acest lucru a făcut posibilă clasificarea urgenței zonelor cu măsuri necesare a fi luate respectiv ordinea de atacare a zonelor cu probleme. Clasele de risc au fost încadrate în trei clase CR1, CR2 și CR3 – probabilitatea declanșării descrescând odată cu creșterea clasei.

În funcție de situația existentă pe fiecare sector, măsurile de prevenire și/sau protecție au constat în rănguirea versanților și curățarea vegetației, protejarea versanților cu sisteme de plasă ancorată realizată din oțel de înaltă rezistență, fixarea blocurilor cu plasă împletită din oțel de înaltă rezistență ancorată perimetral, instalarea de sisteme pasive de tip bariere de protecție împotriva căderilor de pietre respectiv de bariere de protecție împotriva torenților.

În cele de urmează ne vom opri asupra poziției de la km 41+030 – 300, poziție la care s-a dispus instalarea unei bariere de protecție împotriva căderilor de pietre de 3000 kJ de tip GBE 3000A, L= 250 m și H= 4.0 m, barieră care, la momentul redactării acestui articol, este cea mai lungă instalată în România. Litera „A” reprezintă clasa barierei în funcție de înălțimea reziduală a acesteia în urma unui eveniment cu 100% din energia maximă luată în considerare la proiectare, în acest caz, 3000 kJ. Conform „Ghidului de certificare tehnică europeană a sistemelor de

protecție împotriva căderilor de pietre” ETAG 027, clasa A corespunde barierelor a căror înălțime utilă remanentă este mai mare de 50%.

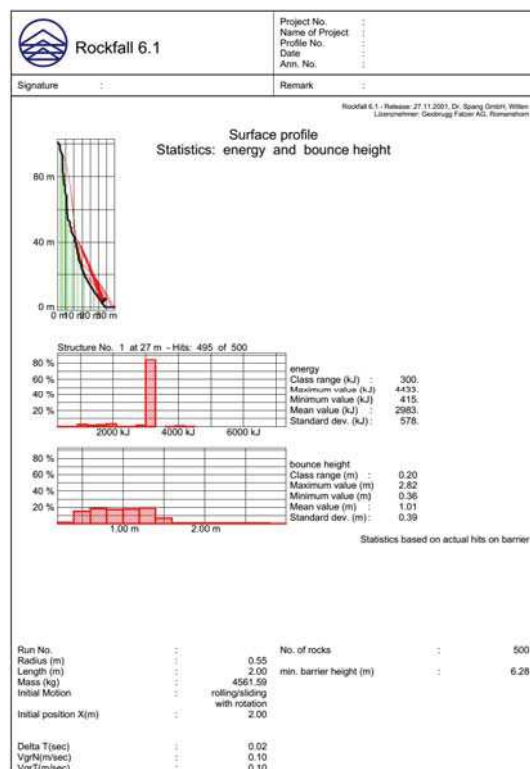


Figura 1 – Simularea căderilor de pietre

Barierile de protecție cu plasă din oțel de înaltă rezistență absorb energia cinetică rezultată în urma procesului de căderi de pietre de pe versant, absorbția realizându-se prin deformări elasto-plastice. Acestea constituie o alternativă economică a soluțiilor rigide de protecție (copertine, structuri de retenție). Pentru determinarea energiei cinetice și deci a tipului de barieră, cu ajutorul unui aparat laser (telemetru), se realizează câteva secțiuni transversale ale versantului prin zonele considerate ca fiind cele mai periculoase. Pe baza acestora, utilizând programul Rockfall 6.1, se fac simulări de căderi de pietre, simulări care, prin metode probabilistice, oferă o serie de informații legate de traiectoria blocurilor de piatră, salturile maxime ale acestora sau energiile cinetice maxime (Figura 1). În urma interpretării rezultatelor obținute, se recomandă dispunerea unui anumit tip de barieră.

Componentele sistemului tip barieră de protecție sunt: plasa de oțel, stâlpii de susținere, cablurile de susținere a plasei, cablurile de ancorare a stâlpilor, tije de ancoraj și ancorele flexibile. Elementul principal al sistemului îl constituie plasa realizată din oțel aliat de înaltă rezistență (rezistența minimă la tracțiune 1770 N/mm²) ce are o protecție anticorozivă performantă de tip Aluminiiu – Zinc. Stâlpii sunt

profile metalice și sunt prevăzuți cu rigidizări, articulați în placa de bază care, la rândul ei, este fixată în teren prin 2 ancore rigide (bare cu secțiune plină de 32 mm, $l = 3.0$ m). Capetele superioare ale stâlpilor sunt prelucrate astfel încât să permită trecerea cablurilor de susținere a plasei dar să și faciliteze prinderea cablurilor de ancorare amonte. La capetele barierei, cablurile se prind de ancore flexibile realizate din cablu spiralat (18.5 mm) ce sunt încastrate în teren pe o lungime de 5.0 m.

Odată ce amplasamentul barierei a fost identificat și marcat, s-a recurs la execuția ancorajelor. Tehnologia de foraj utilizată a fost de tip roto-percutant iar materialul de injecție de tip suspensie de ciment. După ce suspensia de ciment a atins rezistența minimă, conform proiect, s-a trecut la fixarea plăcilor de bază urmată de instalarea, cu ajutorul unei macarale, a stâlpilor. S-au montat și tensionat cablurile de ancorare amonte aferente stâlpilor, urmând cablurile superioare și inferioare de suport. S-a fixat plasa de acestea și s-au conectat panourile de plasă între ele. În final, s-au făcut reglaje fine ale cablurilor astfel încât unghiul făcut de barieră și linia versantului, să se încadreze în intervalul specificat în manualul sistemului.



Foto 2 – Instalarea cablurilor superioare



Foto 3 – Bariera GBE3000A în exploatare

TEZE DE DOCTORAT

Teze susținute la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Facultatea de Construcții și Instalații, Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații

Oana Elena DONCIU (căsăt. COLȚ)

Conducător științific: prof.univ.dhc.dr.ing Anghel STANCIU

Contribuții privind concepția și proiectarea structurilor de sprijin din pământ armat

Tema tezei de doctorat se încadrează în contextul general al necesității și exigenței tot mai sporite de a realiza lucrări de sprijinire utilizând soluții tehnice moderne, ce sunt nu numai eficiente, dar permit o protecție și o integrare a structurii nou create în mediul natural. Teza de doctorat este structurată în 9 capitole, abordarea și conținutul fiecărui capitol urmărind obiectivul central al tezei de doctorat ”perfecționarea metodelor de proiectare a structurilor de sprijin din pământ armat și îmbunătățirea prescripțiilor de proiectarea GP 063-2006”.

Primele capitolele ale tezei de doctorat (Capitolele 1-4) pun în evidență importanța și actualitatea temei de cercetare prin prezentarea evoluției structurilor de sprijin (de la metode clasice la cele moderne), a evoluției metodelor de realizare a structurilor de sprijin din pământ armat, cu exemple concrete din activitatea practică a autoarei tezei, respectiv realizarea unei sinteze a principalelor metode și programe de calcul de calcul a structurilor de sprijin din pământ armat, evidențiind ipotezele ce stau la baza acestor metode.

Pornind de la necesitatea evaluării influenței utilizării metodelor de calcul simplificate față de metodele de calcul complexe la proiectarea unei structuri de sprijin din pământ armat, atât din punct de vedere financiar cât și din punct de vedere al siguranței, s-au reevaluat și generalizat expresiile Metodei de Calcul la Rupere (MCR - Stanciu), metodă complexă din punct de vedere a ipotezelor, și s-a determinat suprafața de cedare specifică calculului acestor forțe prin această metodă. Pentru confirmarea corectitudinii rezultatelor s-a realizat o analiză comparativă și parametrică între MCR și diverse modele și norme de proiectare, precum și programe de calcul a structurilor de sprijin din pământ armat utilizate frecvent în proiectarea curentă.

Principala contribuție a tezei de doctorat este reprezentată de propunerea introducerii în GP 063-2006 a MCR pentru determinarea forțelor de întindere din armăturile structurilor de sprijin din pământ (necoeziv sau semicoeziv) armate cu armături metalice sau geosintetice, la care se adaugă o serie de recomandări privind analiza externă a structurilor de sprijin armate în concordanță cu Eurocode 7, toate acestea fiind concretizate într-o aplicație informatică de suport pentru calcul matematic.

Anca HOTINEANU

Conducător științific: prof.univ.dhc.dr.ing Anghel STANCIU

Studiul comportării argilelor tratate cu lianți minerali ca teren de fundare, la variații de temperatură și umiditate

Dezvoltarea rețelei de drumuri și autostrăzi din România, zonele extinse cu pământuri dificile de fundare și costurile ridicate, necesitatea de lucrări conexe pentru înlocuirea pământurilor slabe cu scopul realizării construcțiilor de pământ sau utilizate ca teren de fundare, transformă tratarea pământurilor locale cu lianți minerali într-o soluție alternativă eficientă și competitivă. Pământurile active sunt terenuri dificile care pot provoca degradări construcțiilor cu greutate proprie mică precum drumurile, autostrăzile și piste de aeroport ca urmare a variațiilor de volum, devenind necesar a se interveni în vederea stabilizării lor. Pe timpul iernii, acostamentele unui drum sunt mai umede decât straturile de formă, în timp ce pe timp de vară sunt mai uscate. Când acestea sunt alcătuite din argile active, aceste fluctuații sezoniere sunt însoțite de schimbări ale volumului. În astfel de cazuri, structura va fi supusă variațiilor de formă și a tasărilor/umflărilor diferențiate, fiind necesare intervenții de prevenire sau de remediere.

Obiectivele tezei de doctorat au urmărit relevarea fenomenelor care conduc la variații de volum ale pământurilor și a metodelor de caracterizare a pământurilor active, descrierea fenomenelor stabilizării; sintetizarea criteriilor de clasificare a gelivității pământurilor și evidențierea fenomenelor ce produc modificări în pământ ca urmare a variațiilor de temperatură și umiditate; caracterizarea chimică, fizică, mecanică și din punct de vedere a durabilității a bentonitei, caolinitului și argilei de Bahlui ca urmare a

încercărilor experimentale de laborator; relevarea și interpretarea pe baza rezultatelor experimentale a efectelor stabilizării chimice asupra parametrilor fizici și mecanici, prin reacțiile ce se produc la realizarea acestor amestecuri de pământ.

În extenso, teza de doctorat este structurată pe 7 capitole dezvoltate pe 172 de pagini, la care se adaugă „Bibliografia”, cuprinzând 170 de titluri în 8 pagini, 2 pagini de „Cuprins”, 2 pagini – listă de simboluri, 6 pagini – listă de figuri și 2 pagini – listă de tabele. În capitole se găsesc inserate 25 relații de calcul, 147 figuri și 41 tabele.

Obiectivul principal al studiului realizat în această lucrare s-a axat pe comportamentul pământurilor stabilizate, cu privire la durabilitatea lor sub acțiunea factorilor de mediu în vederea utilizării lor la lucrări de infrastructuri ale construcțiilor. Au fost urmărite variațiile caracteristicilor fizico-mecanice ca o consecință a tratării chimice și, ulterior, cele mecanice (UCS, ID) sub influența îngheț-dezghețului. Dintre concluziile finale, comparând rezultatele obținute pe trei materiale studiate, se desprinde una ca fiind esențială și anume că pământurile predominant smectitice sunt foarte reactive și cel mai bun agent stabilizator în vederea îmbunătățirii este varul (în caz de umiditate excesivă, varul nestins).

Investigațiile realizate în această lucrare au cuprins și abordat următoarele aspecte, sub forma unor contribuții personale: sinteză teoretică asupra reactivității mineralelor argiloase; sinteză bibliografică ce cuprinde interacțiunea pământurilor active cu lianții minerali, var și ciment Portland; sinteză documentară privind sensibilitatea la îngheț a pământurilor; caracterizarea comportamentului activ al argilei de Bahlui cu ajutorul unor metode relevante empirice și directe, în urma unor încercări de laborator; confecționarea și efectuarea de încercări asupra a 279 probe de argilă de Bahlui remaniată, în stare naturală sau stabilizată cu lianți minerali și asupra a câte 97 probe de bentonită și caolinit în stare naturală și stabilizate cu var nestins (un total de 194) – programul experimental s-a desfășurat pe perioada a 20 luni; elaborarea unui studiu comparativ pe baza rezultatelor din programul experimental asupra caracteristicilor chimice, fizice și mecanice ale caolinitului și bentonitei în stare naturală și stabilizate cu var nestins sub acțiunea îngheț-dezghețului; definirea unui indicator al durabilității (ID) pentru determinarea succesului stabilizării în contextul acțiunii factorilor de mediu.

Ștefan Cioară

Conducător științific: prof.univ.dhc.dr.ing Anghel STANCIU

Aspecte privind determinarea rezistenței la forfecare a pământurilor

O serie de factori limitează progresul în dezvoltarea procedurilor de apreciere a deformațiilor in situ a pământurilor prin încercări de laborator. Cel mai important dintre acești factori este, probabil, inabilitatea de a reproduce realist drumul de efort pentru situațiile întâlnite în practica curentă. Astfel, în cadrul încercărilor de forfecare directă, după începerea încercării, starea de tensiuni din probă nu poate fi controlată iar cedarea probei nu respectă direcțiile principale. Aparatele triaxiale clasice pot impune o gamă largă de drumuri de efort asupra probelor, fiind însă limitate la o stare de tensiuni axial simetrică. În continuare, ținând cont de faptul că stările de tensiuni axial simetrice sunt destul de rar întâlnite în practica curentă, putem spune că acest tip de încercare nu este reprezentativ pentru majoritatea cazurilor. Încercările la compresiune biaxială pot fi mai potrivite, de exemplu, în cazul problemelor de stabilitate a taluzurilor sau a fundațiilor continue când deformațiile axiale sunt nule.

În continuare, ținând cont de faptul că pe baza rezultatele obținute prin încercări de laborator se formulează suprafețe de plasticizare, în teza de doctorat a fost ilustrată importanța criteriilor de plasticitate prin aplicații numerice referitoare la împingerea activă a pământurilor. S-a arătat, în acest fel, că valorile determinate sunt semnificativ influențate de forma și mărimea suprafeței de plasticizare în planul deviator. Se poate concluziona, deci, că dezvoltarea în continuare a metodelor de predicție în ceea ce privește comportarea pământurilor este strâns legată de abilitatea cercetătorilor de a defini suprafețe de plasticizare cât mai exacte bazate pe rezultate obținute prin încercări de laborator.

Acestea fiind spuse, sunt evidente motivele pentru care în prezenta lucrare s-a reabilitat și s-a îmbunătățit un aparat de compresiune biaxială. Cu ajutorul acestuia s-a efectuat un prim studiu în cadrul căruia s-au determinat, prin diferite tipuri de încercări, valorile parametrilor rezistenței la forfecare pentru un nisip și un pământ coeziv. Din analiza rezultatelor prezentate reiese că valorile obținute pentru unghiul de frecare internă diferă în cazul celor trei tipuri de încercări (forfecare directă, compresiune triaxială și compresiune biaxială). Constatăm astfel că valoarea maximă este obținută prin încercarea biaxială, în timp ce valorile obținute prin forfecarea directă și încercarea triaxială clasică sunt foarte apropiate. În ceea ce privește

obținerea valorii corespunzătoare unghiului de frecare în starea critică, singurul tip de încercare în cadrul căreia deplasarea la nivelul planului de forfecare a fost suficientă este încercarea de forfecare directă.

Din expunerea realizată pe parcursul prezentei lucrări se poate concluziona că, pentru a transpune comportamentul complex al pământurilor supuse la forfecare într-un set de ecuații constitutive, sunt necesare mai multe tipuri de încercări de laborator. Astfel, valorile reziduale ale parametrilor rezistenței la forfecare pot fi evidențiate numai prin încercări cu plan obligat de cedare. În același timp, pentru încercările de compresiune, stările de tensiuni nu sunt afectate de caracterul dilatant al cedării pământurilor, fapt ce face ca acest tip de determinări să fie mai indicat pentru determinarea valorilor maxime ale rezistenței la forfecare. În acest context, aparatele de compresiune biaxială pot fi privite ca o completare firească și necesară a aparatului triaxial cu stare axial simetrică de tensiuni

Andreea DAMIAN

Conducător științific: prof.univ.dr.ing Vasile MUȘAT

Pământuri lichefiabile ca teren de fundare

Lucrarea este structurată pe 6 capitole și are atașate un număr de 6 anexe, formularea capitolelor conținutul rezumativ fiind:

Capitolul I – Introducere, în care se definește lichefierea și face o scurtă prezentare a premiselor care au determinat necesitatea studiului comportării terenurilor lichefiabile și a utilizării acestora ca teren de fundare, semnalându-se obiectivele lucrării.

Capitolul II – Condiții de producere a fenomenelor de lichefiere și consecințele acestora asupra condițiilor de realizare a construcțiilor, în care se punctează: condițiile în care lichefierea poate să se manifeste, fenomenele geologice asociate producerii lichefierii și particularitățile comportării construcțiilor fundate pe terenuri lichefiabile, creând imaginea de ansamblu a consecințelor posibile ale lichefierii asupra atât a terenului, cât și a construcțiilor, principiile de limitare a efectelor lichefierii prin considerarea unor metodele curente de îmbunătățire a terenului,

Capitolul III – Pământuri lichefiabile necoezive, în care se includ informații privind caracterizarea și identificarea acestor tipuri de pământuri, metodele de determinare a potențialului de lichefiere atât pe baza testelor de laborator, cât și a testelor in situ, căile de evaluare a potențialului și probabilității de lichefiere a pământurilor cu evidențierea factorilor de influență, estimarea coeficientului de siguranță la lichefiere

Capitolul IV – Pământuri lichefiabile coezive, în care solicitări ciclice pot induce o reducere, parțială sau totală a rezistenței prin acumulare de deformații, se descriu criteriile de caracterizare respectiv metodele de evaluare a potențialului de lichefiere, insistându-se asupra celor aplicabile pământurilor loessoide pentru care comportamentul este condiționat de structura poroasă și slab cimentată, de sensibilitatea la apă, starea de saturare și creșterea presiunii apei din pori.

Capitolul V – Analiza fenomenului de lichefiere pe amplasamentele cercetate, în care, beneficiind de stagiului efectuat la Departamentul de Geotehnică al Facultății de Inginerie Civilă din cadrul Universității Tehnice din Instambul, se prezintă evaluarea potențialului de lichefiere prin considerarea rezultatelor furnizate de penetrarea cu con (CPT), penetrarea dinamică standard (SPT) și măsurători ale vitezei undelor de forfecare, V_s . De asemenea se prezintă aplicabilitatea unor criterii de evaluarea riscului de lichefiere a pământurilor loessoide specifice zonei Galați.

Capitolul VI – Concluzii generale. Contribuții. Valorificarea rezultatelor obținute pe parcursul programului de doctorat, în care se punctează unele concluzii și contribuții, lucrările elaborate și publicate.

Anexele - ca parte a lucrării fac referire la: testele de teren și prelucrarea rezultatelor pentru evaluarea potențialului de lichefierii pentru amplasamentele considerate.

Daniela Elena GRIGORE

Conducător științific: prof.univ.dr.ing Vasile MUȘAT

Studiu privind cercetarea și monitorizarea alunecărilor de teren

Lucrarea este structurată pe 7 capitole:

Capitolul 1 – Introducere, în care se prezintă obiectivele lucrării și structura pe capitole a acesteia.

Capitolul 2 – Impactul alunecărilor de teren face referire la importanța care se asigură pe plan internațional cercetării alunecărilor de teren, profilul de expunere la pericole generate de astfel de fenomene și abordarea, la nivel mondial și național, al riscului la alunecări de teren.

Capitolul 3 – Alunecările de teren și stabilitatea masivelor de pământ, prin care se acoperă problematica cauzelor și factorilor ce influențează stabilitatea versanților, dinamica și stadiile alunecărilor de teren și modalitățile de evaluare a stabilității versanților.

Capitolul 4 – Aspecte privind activitatea de cercetare și monitorizare a alunecărilor de teren, prezintă: tipurile de activități ce se pot desfășura pentru studierea unui fenomen de instabilitate și rolul monitorizării alunecărilor de teren, atât sub aspectul unei proiectări corecte, cât și pentru prevenirea situațiilor de risc; etapele necesare a fi parcurse în alegerea sistemelor de supraveghere, cu referire la intrările sistemului și modul lor de prelucrare și de exploatare; conceptul de avertizare timpurie, punerea lui în aplicare și abordările folosite la nivel mondial național în predicția alunecărilor de teren; principalele modalități de cercetare a alunecărilor de teren - cartare geologică, măsurători topografice, fotogrammetrie, sisteme de scanare laser aeropurtate, sisteme informaționale geografice și metode geofizice; monitorizarea inclinometrică și piezometrică ca modalități de evidențiere a parametrilor fizici ce caracterizează evoluția în timp a alunecărilor de teren.

Capitolul 5 – Utilizarea monitorizării în eficientizarea soluțiilor de consolidare, în care, având ca suport informațiile necesare evaluării condițiilor de stabilitate, prin monitorizarea inclinometrică, considerată ca relevantă pentru comportarea reală a masivului se calibrează cerințele modelelor de analiză, acceptate inițial cu cele puse în evidență de măsurători, motivând tehnic și economic natura și volumul lucrărilor de stabilizare pentru asigurarea marjei de siguranță și reducerea riscului de alunecare.

Capitolul 6 – Plan de investigare și monitorizare a fenomenelor de instabilitate, prezintă propunerea unui program de monitorizare, exemplificat pentru specificul un areal de versantul instabil cu precizarea: condițiilor actuale ale amplasamentului; istoricul fenomenelor atestat de documentațiilor din arhivă; scopul programului de monitorizare propus și modalitățile de investigare necesare îndeplinirii acestuia; locațiile, adâncimile și numărul punctelor de investigare stabilite în urma corelării informațiilor existente cu situația actuală de pe amplasament; programul de achiziție a datelor, înregistrarea factorilor ce pot influența măsurătorile și modul de procesare și interpretare a rezultatelor obținute; identificarea părților responsabile în desfășurarea programului de investigare și modalitatea de atribuire a sarcinilor pe faze operaționale.

Capitolul 7 – Concluzii, contribuții personale și valorificare rezultate în care se prezintă: concluzii finale desprinse din partea documentară și cea experimentală, acestea punând în evidență importanța și rolul activității de monitorizare a alunecărilor de teren în proiectarea eficientă a lucrărilor de stabilizare necesare.

George MAFTEI

Conducător științific: prof.univ.dr.ing Vasile MUȘAT

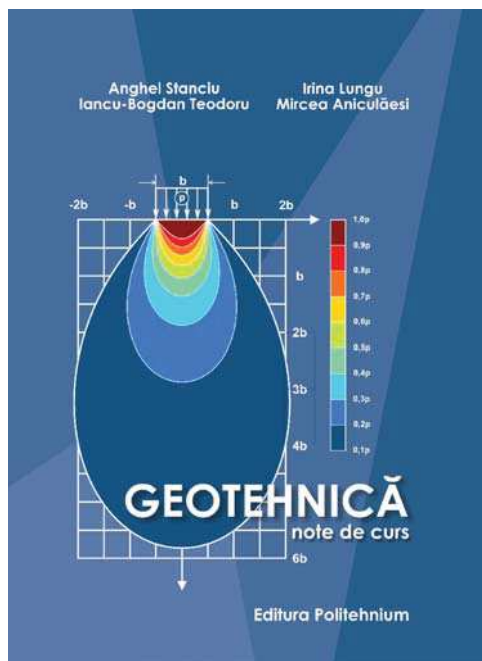
Îmbunătățirea terenului de fundare – sisteme de drenaj

Problematica drenajului și a sistemelor de drenare implică aspecte multiple, o eficientă abordarea tehnică impunând cunoașterea și aplicarea lor la condițiile specifice terenului de fundare. Pentru amplasamentele în care apa subterană conferă terenului de fundare o comportare geotehnică inadecvată asigurării cerințelor de evitare a stărilor limită, promovarea lucrărilor de drenaj este obligatorie. Prin dezvoltarea lucrării de doctorat s-a urmărit, pe de o parte, evidențierea influenței drenajului asupra terenului de fundare, iar pe de altă parte, o analiză a tehnologiilor de drenare în vederea stabilirii unor aspecte practice și teoretice, aplicative în rezolvarea problemelor de execuție și proiectare a construcțiilor. Lucrarea este structurată în opt capitole, primele patru fiind de sinteză și informare asupra pământurilor considerate slabe pentru fundare și a influenței drenajului ca metodă de îmbunătățire a acestora. Capitolele 5 și 6 asigură trecerea către partea aplicativă a lucrării și prezintă aspecte legate de influența apei subterane asupra terenului de fundare, respectiv rolul, clasificarea, descrierea și aplicabilitatea tehnologiilor de drenaj vizavi de standardizarea națională actuală. Capitolul 7 prezintă rezultatele obținute în urma analizelor efectuate asupra tehnologiilor de drenaj, de la cele clasice până la cele mai recente, rezultate care au stat la baza formulării concluziilor asupra aplicabilității sistemelor de drenaj în vederea îmbunătățirii terenului de fundare.

Capitolul 8 conține contribuțiile autorului cu privire la tematica analizată care se referă la: analiză la nivel de standardizare națională, asupra problemelor geotehnice raportate la acțiunea apei subterane; prezentarea tehnologiilor de drenaj, cu referințe asupra avantajelor și limitărilor în vederea aplicabilității practice; contribuții la calculele de dimensionare a tehnologiilor moderne de drenaj de adâncime cu drenuri sifon și electropneumatice; analiză asupra modelării hidrogeologice pentru amplasamentele construcțiilor cu punerea în evidență a importanței acestora în vederea anticipării comportării terenului de fundare; analiză asupra relației suucțiune - umiditate a pământurilor, în vederea stabilirea tehnologiei de drenaj adecvată.

CĂRȚI

GEOTEHNICĂ: note de curs – Anghel Stanciu, Irina Lungu, Iancu-Bogdan Teodoru, Mircea Aniculăeși



Cursul prezintă elementele de bază ale geotehnicii (fizica și mecanica pământurilor), necesare a fi însușite de către studenții din domeniul Ingineriei civile: Construcții civile, industriale și agricole, Căi ferate drumuri și poduri, Construcții hidrotehnice, Îmbunătățiri funciare.

În acest scop structura cursului, inedită în „peisajul” cursurilor universitare, ține seama de mutațiile ce au loc în metodele de predare; trecerea treptată de la tablă și cretă la metodele moderne de predare (calculator + videoproiector + slaiduri) și de la caiet studentesc (notițe + pix) la laptop + slaiduri.

Fiecare pagină cuprinde câte două slaiduri din prezentările ce se derulează la orele de curs de Geotehnică, având și un oarecare spațiu la dispoziția oricui de a face însemnări suplimentare, după nevoi, atunci când audiază sau revizuieste cursul pentru evaluare.

Cartea este scrisă în aceeași echipă dinamică, care anul trecut a oferit studenților și specialiștilor în inginerie civilă, în volum complet „Geotehnică - Lucrări de laborator”.

EVENIMENTE

Aniversare la 65 de ani

Profesor universitar dhc. dr. ing. Anghel STANCIU

Momentul aniversar sărbătorit la 26 septembrie 2014 a fost o zi însemnată și de tradiție, în care un membru al Academiei Oamenilor de Știință din România și Președintele Filialei din Iași, în același timp membru al Societății Române de Geotehnică și Fundații și Președintele Filialei Iași, își afirmă încă o dată apartenența la comunitatea științifică, în toate dimensiunile prezentului și viitorului dorit mai bun.

Școala este dimensiunea constant importantă în care se regăsește viața Profesorului Anghel Stanciu: începând cu primii ani de școală în comuna Toporu din Județul Giurgiu, mergând în București la Institutul de Construcții – unde devine inginer constructor. Vine apoi, prin repartitie guvernamentală, la Iași tânăr asistent la Facultatea de Construcții din Institutul Politehnic, astăzi Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi", în care a devenit profesor universitar și conducător de doctorat, în această legislatură și Președintele Senatului Universității.

Mereu activ, este prezent în mai multe foruri – ca membru fondator al Academiei Oamenilor de Știință din România, Președintele Filialei Iași din 2008, membru al Academiei de Științe Agricole și Silvicultură "Gheorghe Ionescu-Șișești" din 2002, Doctor Honoris Causa al Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară din București în 2003 și al Universității Bioterra București în 2004. Activează ca membru CNATDCU în domeniul Inginerie Civilă, este membru în Comisia Tehnică de Examinare nr. 5 – pentru atestarea tehnico-profesională în domeniul Construcții, cerința Af - Rezistența și stabilitatea terenului de fundare a construcțiilor și masivelor de pământ, fiind totodată Expert și Verificator de proiecte MLPAT pentru aceeași cerință. De asemenea este și Președintele Societății Române de Geotehnică și Fundații Filiala Iași din 2008 și vicepreședinte la nivel național, totodată este și membru în Consiliul de conducere al Asociației Române de Tuneluri.



În 1992 alege calea de a deveni o voce puternic sonoră în peisajul politic românesc, de reprezentare a intereselor învățământului și deci ale tineretului, în armonie cu celelalte domenii de interes major, sănătate, cultură și culte – candidează și câștigă 6 mandate succesive de Deputat de Iași în Parlamentul României, proiectele sale de legi fiind reușite parlamentare, cu precădere pentru învățământ și în special învățământul superior. Recunoașterea meritelor de a crea strategii benefice dezvoltării învățământului românesc și de a promova calitate prin alocarea de resurse corespunzătoare este confirmată de Președinția Comisiei de Învățământ din Camera Deputaților în perioada 1996-2005, când a inițiat legea de dublare a salariilor profesorilor universitari. A fost unul dintre inițiatorii legii de mărire cu 50% a salariilor cadrelor didactice. Este artizanul prevederii din legea educației a alocării a 6% din P.I.B. pentru învățământ. Suntem astfel cu toții beneficiari individuali și colectivi ai unor fonduri astfel îndreptate cu înțelepciune spre a crea resurse în educație în sensul ei cel mai larg și de a căror gestionare ulterioară am devenit pe rând responsabili.

Dedicarea permanentă a Profesorului Anghel Stanciu în promovarea învățământului românesc este recunoscută la cel mai înalt nivel, primind din partea Președintelui României Ordinul Național „Serviciu Credincios” în grad de Cavaler pentru merite deosebite în activitatea științifică și didactică, pentru modernizarea și promovarea reformei în învățământ, în 2002, precum și Ordinul Național „Serviciu Credincios” în grad de Cavaler pentru merite deosebite în activitatea parlamentară, în 2004.

În învățământul superior de inginerie civilă, domeniul în care s-a specializat și în care activează constant este cel al ingineriei geotehnice. Contribuțiile științifice majore aduse domeniului vizează generalizarea a două teorii clasice de calcul: Generalizarea Teoriei Coulomb pentru calculul împingerii pământului pe structuri de sprijin ținând cont de coeziunea pământului și acțiunea seismică (1990) și Generalizarea Teoriei Puzîrevschi-Frolich-Ghersevanov de calcul a presiunii critice inițiale a terenului de fundare, acționat de încărcări excentrice și înclinate (1994). În completare, promovează prin propria teză de doctorat (1981) pământul armat, ca opțiune de material nou atunci, pentru structuri de sprijin eficiente sau teren de fundare îmbunătățit, fundamentând metoda de calcul la rupere. De-a lungul anilor construiește la nivel de prototip două aparate pentru laboratorul de geotehnică – consolidometrul pentru studiul compresibilității pământului prin care să se elimine efectul perturbator de recoltare a probelor și aparatul biaxial pentru starea plană de deformare a pământurilor naturale, remaniate sau îmbunătățite ca teren de fundare al construcțiilor liniare. În paralel cu toate acestea, reușește să introducă fie simplificări de determinare a unor comportări complexe ale pământurilor, dificil și costisitor de cuantificat în manieră clasică, fie prin schimbarea perspectivei, noi abordări care ajung la rezultate cantitative față de evaluări anterioare finalizate doar calitativ, greu acceptate în practica inginerescă. În acest sens a fundamentat un nou criteriu de identificare a pământurilor cu umflări și contracții mari. A introdus noțiunile de curbe de compresiune-porozitate normate și de calcul, precum și o modalitate de luare în considerare a compresibilității pământului în analiza stabilității taluzurilor și versanților.

Astfel, în activitatea Profesorului Stanciu cuvântul de ordine a fost și este ”creativitatea”, insuflat echipei de lucru pe care și-a format-o, ce este reînnoită permanent prin doctoranzi pentru care stagiul de pregătire înseamnă o permanentă formare, exigentă cu siguranță, și care la rândul lor vor considera că ”mai bine”-le este un superior firesc a ceea ce ieri era doar ”bine”.

Prin cercetarea științifică ilustrativ prezentată anterior, domnul profesor Anghel Stanciu a găsit satisfacția publicării de lucrări științifice notabile și prin aceasta sensul continuării activității alături de noi generații de doctoranzi. Contribuțiile științifice sunt concretizate în 205 de lucrări științifice publicate în țară și străinătate; 18 cursuri, manuale, cărți și îndrumătoare; 71 contracte de cercetare științifică (5 granturi – director de proiect); 13 proiecte realizate și 7 dispozitive și instalații proiectate și realizate în cadrul Facultății.



Pentru cei care astăzi sunt aici, foști studenți la disciplina de ”Geotehnică”, cursurile profesorului sunt repere de talent pedagogic, în care gluma ce pastîșează o realitate uneori amară, alteori nostalgic uitată de ritmul vieții actuale, face din noțiunile abstractizate de calcul, un regal al vorbei de duh ce trezește în studenți acel interes pentru cunoaștere, măcar și de dragul unei polemici instigate de profesor. Publicarea cărților, de la

cursuri universitare și îndrumătoare de laborator, la tratate și monografii de specialitate este încă o măsură a prețuirii Școlii ca putere de a forma și educa un tânăr în meseria de inginer constructor. Tratatul "Fundații – vol 1 – Fizica și mecanica pământurilor" îl publică în 2006 la Editura Tehnică, pentru care primește în 2008 premiul Academiei Române la Secția Științe Tehnice "Anghel Saligny" și pe care astăzi îl găsim într-o nouă și modernă formă transformat pentru uzul studenților, sub titlul "Geotehnică – note de curs".

Putem spune cu cea mai mare convingere că Profesorul universitar Anghel Stanciu are constant puterea și abnegația necesare de "a face posibil" ca lucrurile să evolueze convergent spre finalizarea cu succes a fiecărei misiuni pe care și-o asumă în mod responsabil și altruist.

Alături de domnia sa, din tinerețe îi este alături soția, iar familia mărită cu dragoste, numără 3 băieți, astăzi bărbați căsătoriți fiecare, două nepoate și un nepot. Sub semnul familiei, a ceea ce părinții creează și Școala continuă sub diferite forme, viața este o continuă răsplată adusă îndrăzelii de a trăi după un crez, în cazul domnului Profesor Anghel Stanciu, că limitele sunt în noi și nu în afara noastră.

Vă dorim Domnule Profesor o ferventă explorare a ceea ce este nelimitat în puterea dumneavoastră de a crea, o mai puternică Școală Superioară de Construcții la Iași.

La mulți și fericiți ani!

Prof. univ.dr.ing. Irina LUNGU

COMEMORĂRI

IN MEMORIAM PROFESOR UNIVERSITAR DOCTOR INGINER NICOLAE BOȚI (1931-2013)

Prof. univ. dr. ing. Vasile GRECU, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi”



Profesorul universitar Nicolae Boți, cu o carieră universitară deosebită, se înscrie ca o figură proeminentă, de prestigiu, în rândul inginerilor constructori ieșeni, precum și a specialiștilor din domeniul ingineriei geotehnice și tunelurilor.

Prezența sa a fost una tonică, plină de vigoare, fiind apreciat de colegi și de către studenți atât ca dascăl cât și ca om.

Am avut marele privilegiu de a fi alături de profesorul Nicolae Boți timp de 45 de ani, încă din anul 1969 când am absolvit Facultatea de Construcții din Iași și am fost repartizat în învățământul superior în calitate de cadru didactic, până în anul 2013 când ne-a părăsit destul de repede.

În cei 45 de ani petrecuți alături de distinsul profesor Nicolae Boți, participând la aproape toate evenimentele importante din viața sa, am reușit să descopăr calități deosebite pe care le avea, și anume: aceea de a ajuta pe cei care aveau nevoie de ajutor și omenia de care a dat dovadă în toată această perioadă.

A reușit să mențină un echilibru în cadrul disciplinei de Geotehnică și Fundații între membrii acesteia, având mereu rolul unui arbitru corect și imparțial.

S-a născut la 1 Decembrie 1931, în orașul Brăila, zi în care românii de pretutindeni serbează marea unire, zi care l-a marcat toată viața, fiind un confrate pentru colegii mai tineri, remarcându-se mereu ca o prezență tonică și plină de vigoare.

A urmat clasele primare I-IV la Școala nr. 7 din Brăila în perioada 1939-1943, după care urmează clasele de liceu I-VIII, la Liceul teoretic „Nicolae Bălcescu” din Brăila, în perioada 1943-1951.

În perioada 1951-1956 urmează cursurile Facultății de Construcții de la Institutul Politehnic „Gheorghe Asachi” din Iași.

Anii studenției i-au prilejuit viitorului profesor Nicolae Boți nu numai posibilitatea acumulării de cunoștințe necesare viitorului specialist ci și asimilarea unor formule de viață, a unor imperative necesare devenirii ca om; înțelegând că și în meseria de constructor nu-i de ajuns să fii un foarte bun specialist ci este la fel de important să fii OM.

După absolvirea facultății, a fost angajat în cadrul serviciului tehnic al Primăriei orașului Iași, ca inginer principal, executând lucrări de drumuri, consolidări de versanți și clădiri, poduri, ziduri de sprijin, lucrări subterane cu echipament edilitar gospodăresc și construcții subterane.

Transferat în interes de serviciu, la data de 1 martie 1967, la Direcția de Sistematizare Arhitectură și Proiectare a Construcțiilor (DSAPC) Iași, la atelierul de geotehnică, ca inginer proiectant principal, i se încredințează conducerea lucrărilor experimentale pe terasa Șorogari în vederea stabilirii soluțiilor optime de fundare.

Începând din anul 1963 a fost încadrat ca asistent suplinitor la Facultatea de Construcții la disciplina de Geotehnică și Fundații.

În anul 1969 este titularizat pe postul de asistent, trecând cu funcția de bază în învățământul superior, pentru ca în anul 1973 să fie avansat pe postul de șef de lucrări.

În anul 1975 a susținut public teza de doctorat „Contribuții la studiul pământurilor contractile ale straturilor de fundare din zona orașului Iași” sub îndrumarea regretatului profesor Tudor Silion.

În anul 1980 este promovat, prin concurs, în funcția de conferențiar universitar iar în anul 1991 este avansat prin concurs profesor universitar titular, post pe care l-a onorat timp de 11 ani până la pensionare în anul 2002.

Ca urmare a recunoașterii meritelor sale științifice, în luna februarie a anului 1995 a fost nominalizat conducător științific de doctorat, în ramura de Știință Tehnică, specializarea Căi de Comunicații, Poduri și Tuneluri.

În activitatea didactică, desfășurată de-a lungul anilor, profesorul Nicolae Boți a acordat o importanță deosebită pregătirii sale profesionale, printr-o racordare permanentă la înnoirile survenite în profesia de care s-a legat sufletește și pe care a iubit-o foarte mult.

Având o preocupare permanentă de a-și ridica nivelul de pregătire, a folosit mereu deviza sa de căpătâi-numai învățând tu mereu, poți învăța pe alții.

A elaborat un număr de unsprezece cărți și cursuri universitare apărute în edituri centrale sau multiplicare pe plan local, însumând un număr de 2364 pagini, acestea fiind unanim apreciate atât de către studenții săi cât și de inginerii din producție.

Pe lângă activitatea didactică deosebit de bogată, desfășurată de-a lungul a peste cincizeci de ani, profesorul Nicolae Boți s-a implicat și într-o susținută activitate de cercetare, lucrările științifice însumând peste o sută de titluri, acestea fiind publicate în reviste din țară și străinătate sau în volumele sesiunilor științifice organizate la nivel național.

Rezultatele acestor cercetări sunt cunoscute și aplicate în țară de către specialiști ca urmare a publicării lor în diverse reviste de specialitate.

Având calitatea de expert tehnic și verificator de proiecte la exigențele Af – Rezistența și stabilitatea terenului de fundare a construcțiilor și a masivelor de pământ și A4 – Rezistență și stabilitate pentru construcții rutiere, drumuri, piste de aviație, poduri, tunele, profesorului Nicolae Boți i s-a încredințat verificarea tunelurilor de importanță națională: Homorod în lungime de 5.130m și Ormeniș de 6.913m. Tunelul Homorad este situat de-a lungul tronsonului Brașov-Sighișoara din cadrul alinimentului de cale ferată Brașov-Sighișoara, care face parte din rețeaua feroviară a coridorului IV Pan European, pentru circulația trenurilor cu viteză maximă de 160 km/h.

Fiind apreciat și recunoscut ca un bun pedagog, ingenios cercetător și un foarte bun organizator, profesorul Nicolae Boți a fost ales în comitetele de organizare a diferitelor manifestări științifice, organizate în domeniul geotehnicii și fundațiilor în Iași sau în alte localități din țară, ca de exemplu:

- membru în comitetul științific și de organizare al: Primei Conferințe Naționale de Construcții Subterane, cu participare internațională, Iași 1993, A II-a Conferință Națională de Construcții Subterane, Brașov 1996, A III-a Conferință Națională de Construcții Subterane, Petroșani 2000, și Președinte al Comitetului Științific, Tehnic și de Organizare al celei de a IV-a Conferințe Naționale de Construcții Subterane, Timișoara 2003.

A fost membru și a avut funcții de conducere la mai multe societăți științifice din țară și străinătate:

- Asociația Română de Tuneluri (ART), vicepreședinte al Asociației Române de Tuneluri (ART) 1993-2003, Președintele Asociației Române de Tuneluri (ART) 2003-2006;
- membru al Societății Române de Geotehnică și Fundații;
- International Tunneling Association (ITA);
- International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ISSMGE (1991).

În plan familial a fost căsătorit cu doamna doctor Maria Mioara Boți, o apreciată profesionistă și de mare distincție comportamentală, care s-a dovedit a fi o minunată parteneră de viață, motiv pentru care în cadru restrâns de prieteni, i se adresa cu apelativul Miorița, acest lucru însemnând foarte mult într-un cuplu adevărat, familia reprezentând sprijinul și motivația tuturor acțiunilor sale.

Fiul profesorului, Ioan (Ionuț) Boți, pe care-l cunosc de când s-a născut, s-a străduit și a izbutit să se ridice la înălțimea așteptărilor părinților. După absolvirea Facultății de Construcții din Iași, în anul 2002, secția Căi ferate, drumuri și poduri, a luat drumul capitalei, unde si-a definitivat studiile efectuate la Iași, continuând cu un program de masterat în domeniul Ingineriei geotehnice și susținerea tezei de doctorat.

În prezent, este cadru didactic la Universitatea Tehnică de Construcții – București, ocupând funcția de șef de lucrări în cadrul Departamentului de Geotehnică și Fundații, fiind stimat și apreciat de studenții care participă cu foarte mult interes la orele predate de șef lucrări. dr. ing. Ionuț Boți.

Profesorul Nicolae Boți s-a stins din viață la vârsta de 82 de ani, în ziua de 30 decembrie 2013, plecând în penultima zi a anului într-o altă lume.

Cei care l-au cunoscut și care au beneficiat din plin de calitățile sale ca om și ca specialist în domeniul Ingineriei geotehnice îi aduc un respectuos omagiu, păstrând vie în amintire personalitatea și sufletul său nobil.

EUROPARTENER®

www.europartener.ro

T. +40 232 248 182

F. +40 232 248 183

Compania Europartener a fost înființată în anul 1999, specializându-se pe construcții civile și hale industriale și ulterior extinzându-și aria de activitate pentru a cuprinde și efectuarea de canalizări și alimentări cu apă. Întreaga activitate desfășurată este focalizată pe calitate, performanță și valoare, fiind realizată de o echipă de profesioniști, instruiți la cele mai înalte standarde europene. Conducerea companiei este reprezentată în unanimitate de ingineri constructori având calificări suplimentare în managementul firmei și managementul calității.



SOCIETATE DE PROIECTARE, STUDII, ARHITECTURA, INGINERIE SI SERVICII DE
CONSULTANTA TEHNICA LEGATE DE ACESTEA

S.C. GEOFORAJ S.R.L. Botosani

Sediul: str. Victoriei nr.9 Botosani – 710086- ROMANIA

C.I.F.: RO14534181 nr.ord.re.com./an: J07/81/2002

Cod IBAN: RO42 RNCB 0041 0412 1255 0001- BANCA: BCR Botosani

Cod IBAN: RO34 TREZ 1165 069X XX00 2393- Banca: Trezorerie Botosani

Nt. Tel/fax 0231/511288, 0745374161, 0748630677

e-mail: Geoforaj_srl@yahoo.com

- **Studii Geotehnice :**

- Foraje geotehnice cu prelevări de probe tulburate și netulburate ;
- Verificare teren fundare , asistență tehnică , verificare grad de compactare .

- **Studii Hidrogeologice :**

- Foraje hidrogeologice – execuție foraje, echipare , determinări debite ;

- **Incerări de teren și laborator pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului de fundare**

Societatea dispune de laborator “Laborator de analize și încercări în Construcții – Grad II “ pentru efectuarea de încercări și verificări de laborator .

INCERCARI AUTORIZATE :

Denumire profil / Nomenclator încercări
Caracteristici de compactare : Încercări Proctor
Densitatea pământului ;
Determinarea compresibilității pământului prin încercare edometrică;
Determinarea gradului de compactare și a gradului de indesare ;
Determinarea greutății volumetrice pe probe de pământ
Determinarea umflării libere
Determinarea umidității la pământuri
Granulozitate
Limite de plasticitate





Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
Facultatea de Construcții și Instalații
Departamentul de Căi de Comunicații și Fundații



INGINERIE GEOTEHNICĂ

Master 2015-2017

De ce?

Programul de master în Inginerie Geotehnică oferă oportunitatea de a pregăti specialiști de înaltă calificare, capabili să conceapă, să realizeze infrastructuri pentru construcții de mare complexitate, precum și să cerceteze comportarea diverselor tipuri de infrastructuri supuse la diferite acțiuni.

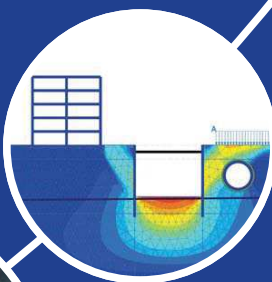
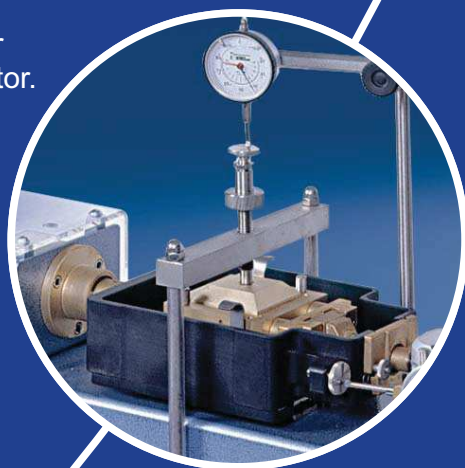
Forma de învățământ pentru programul de master este învățământ de zi, cu durata de 2 ani (4 semestre)

Îmi va plăcea?

- Să cunosc metodele de determinare, prelucrare și interpretare a datelor experimentale obținute prin măsurători de teren și investigații de laborator.
- Să cunosc tehnicile și metodele specifice pentru monitorizarea și diagnosticarea problemelor specifice terenului de fundare.
- Să cunosc metodele de verificare a stabilității versanților și tehnicile de consolidare pentru asigurarea stabilității generale.
- Să pot oferi soluții tehnice în cazul proiectării unor sisteme de sprijinire pentru excavațiile adânci, ținând cont de tehnologiile de execuție care se pot aplica pentru fiecare caz în parte.

Oportunități

- Competențele profesionale dobândite, vor facilita angajarea în cadrul unor companii reprezentative din domeniul ingineriei Geotehnice.
- Acces la cursuri de atestare profesională Af (verificator de proiect și expert în ingineria geotehnică).
- Continuarea studiilor prin programele de doctorat în ingineria geotehnică.



Calendarul admiterii:

Înscrierea candidaților: 15-20 septembrie 2014.
Interviu: 22 septembrie 2014

ce.tuiasi.ro

Facultatea de Construcții și Instalații
Str. Prof.dr.doc. Dimitrie Mangeron, nr. 1, mun. Iași, cod 700050
Tel: 0232278683, Tel/Fax: 0232233368, Email: decanat@ce.tuiasi.ro



S1 S1' S1" S2 S2' S2" S3 S3' S4 1 1' 2 2' 3 3' 4 4' 5 5' 6'

