

CERCETĂRI PRIVIND FOLOSIREA DEȘEURILOR RECICLABILE PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA CAPACITĂȚII MECANICE ȘI A STABILIZĂRII PĂMÂNTURILOR ARGILOASE

conf. univ., dr. Cornelia-Florentina DOBRESCU

dr. Eugeniu BRAGUȚA

drd. Andrei BURAGA

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract

The paper aims to analyze the potential use of recyclable waste, especially glass waste for the production of materials and soil improvement. Experimental applications based on the integration of recycled products as binders allowed the definition of multicriteria requirements necessary to improve the technical and environmental performance characteristics of materials and methods of earthworks for roads and industrial platforms, works to improve railway infrastructure, floor elements, etc. Within the paper is structured an experimental program (types of land, waste, types of tests, material dosages, performance characteristics, optimal recipes) which is a preliminary step for small-scale modeling applied in the design of useful eco-sustainable structures and elements in construction works.

1. INTRODUCERE

În ultimele decenii, o serie de studii realizate de American Association of Highway Transportation Officials au analizat posibilitatea utilizării agregatelor de sticlă în lucrările de drumuri pentru realizarea structurilor rutiere, prin compararea caracteristicilor de rezistență și performanțelor ingineresti cu cele ale agregatelor naturale [1] au remarcat că deșeurile de sticlă concasate prezintă un potențial de utilizare ca material de umplutura sau de drenare. Recent, o serie de țări au integrat deșeurile de sticlă în specificațiile infrastructurilor rutiere, cu scopul de a încuraja folosirea la scară largă a acestor tipuri de materiale alternative [2]. Studiile în domeniu au evidențiat ca deșeurile de sticla contribuie în mod pozitiv la proprietățile micro-structurale ale amestecului printr-o îmbunătățire evidentă a performanțelor mecanice [3], [4]. Experimentele au demonstrat că adaosul unei praf de sticlă de 15% în beton poate conduce la creșterea rezistenței la compresiune cu 13% [5].

Cercetările din domeniu au evidențiat îmbunătățirea pământurilor prin adăugarea prafului de sticlă. În studiu au fost selectate pământurile argiloase, considerate ca pământuri dificile de fundare din cauza caracterului de expansiune – contracție și procesului de consolidare, datorită aplicării încărcării pe termen lung [6].

Au efectuat aplicații experimentale pentru determinarea caracteristicilor geotehnice ale pământurilor argiloase (80%) cu adaos de 20% deșeuri de sticlă și evaluarea eficacității acestui amestec în straturile rutiere [7]. Rezultatele determinărilor au indicat o creștere de 5 % densității maxime în stare uscată și de 10% a indicelui californian de capacitate portantă. Rezultatele experimentelor au confirmă eficiența utilizării sticlei reciclate ca material de construcție în aplicațiile inginerești, în special în lucrările de drumuri la straturile de bază sau ca material de umplutură [8]. Avantajele utilizării deșeurilor de sticlă în fabricarea elementelor de construcții (pavaje sau blocuri de beton) constau în: durabilitatea materialului datorită absorbției de apă aproape nule, rezistență la abraziune îmbunătățită a betonului datorită durității excelente, îmbunătățirea proprietăților reologice ale betonului proaspăt fără a utiliza superplafianți în amestecuri.

2. SIMULĂRI EXPERIMENTALE PE STRUCTURI ALCATUITE DIN PĂMÂNT (ARGILA) ȘI DEȘEURI DE STICLĂ

Prima etapă în realizarea structurilor compozite s-a concentrat pe stabilirea unor variante experimentale constituite din pământuri dificile de fundare de tipul argilelor expansive și deșeuri din sticlă. După schematizarea etapelor de lucru și realizarea modelelor de structuri, experimentarea la nivel macro-structural a constat din efectuarea de seturi de încercări pentru determinarea caracteristicilor de rezistență și deformabilitate, precum și simularea unor condiții de expunere variate, care să permită estimarea performanțelor tehnice și de mediu asociate mixurilor obținute [9].

Epruvetele au fost expuse la condiții normale de temperatură și umiditate, cicluri de uscarea-umectare prin inducerea accelerată a condițiilor de căldură excesivă și cicluri alternative de îngheț-dezghet. Rețetele optime pe tipuri de componente s-au selectat în funcție de valorile maxime medii ale caracteristicilor mecanice asociate cu tipurile de aplicații și criteriile de performanță adecvate principiilor de dezvoltare durabilă [10].

Determinarea inițială a caracteristicilor de identificare corespunzătoare materialului nativ selectat a permis încadrarea în categoria de pământuri cu caracter expansiv, cu un conținut ridicat de peste 40% de argilă coloidală (2 μm) și plasticitate foarte mare. Din analiza rezultatelor obținute (Tabel 2.1) se evidențiază faptul că pământul natural manifestă o sensibilitate la schimbările volumetrică cauzate de variațiile de umiditate și temperatura, compresibilitate mare și activ din punct de vedere al potențialului de umflare, fiind încadrat în categoria pământurilor dificile de fundare.

Tabel 2.1.Caracteristici fizice ale materialului natural

Determinarea granulozității (STAS 1913/5-85)			Determinarea limitelor de plasticitate (STAS 1913/4-86)				
Argila (%)	Praf (%)	Nisip (%)	w (%)	w _L (%)	w _p (%)	I _p (%)	I _c (-)
62	34	4	38,22	68,00	23,0	45,00	0,662
Clasificare SR EN ISO 14688 CL			Plasticitate foarte mare Plastic consistent				

Ulterior, cantitatea de pământ necesară pentru confecționarea epruvetelor a fost uscată și mojarată până la obținerea unor sorturi cu particule cu dimensiuni mai mici de 2 mm. Pentru simularea unor condiții de umiditate excesivă, materialul a fost adus la umidități mari, cu valori cuprinse 31-38%, după care compoziția a fost omogenizată manual. Ca materiale adiționale au fost utilizate deșeuri de sticlă în diferite dozaje (5%, 10% și 20%), concasate și sortate cu dimensiuni ale particulelor cuprinse între 0,5 și 2 mm. Au fost confecționate câte 20 de probe pentru fiecare dozaj.

Pentru a cuantifica evoluția variațiilor caracteristicilor de rezistență în funcție de condițiile prestabilite de expunere și perioadele de tratare, au fost efectuate încercări pentru determinarea rezistenței specifice la compresiune monoaxială, cu simularea unor condiții de lucru specifice: (a) imediat după preparare; (b) după tratarea termică prin uscare în etuvă la 105⁰C timp de 24 ore; (c) expunere în condiții normale de temperatură (19-22⁰C) și umiditate (40-60%) pe o perioadă de 7 zile; (d) expunere la 3 cicluri de uscare accelerată în etuvă și umiditate excesivă prin distribuirea omogenă a unei cantități de 100 ml apă, urmată de perioade de uscare prin menținere în condiții normale de temperatură și umiditate; (e) expunere la 3 cicluri de îngheț-dezghet prin congelarea probelor la o temperatură de -10⁰C pe o perioadă de 72 ore, urmată de menținerea în condiții normale de temperatură și umiditate pentru aceeași perioadă.

Din analiza valorilor medii ale rezistenței la compresiune a epruvetelor din pământ argilos și deșeuri de sticlă, expuse la diferite medii de temperatură și umiditate, se observă o tendință de creștere accentuată de peste 3000% a caracteristicilor de rezistență pentru toate structurile compozite asociate condițiilor de uscare excesivă și condițiilor normale de temperatura pe o perioadă de 7 zile (Fig. 2.1), comparativ cu valorile corespunzătoare după preparare. În cazul epruvetelor supuse la 3 cicluri succesive de uscare-umectare se observă o creștere semnificativă de peste 700 % a valorilor rezistenței comparativ cu probele după preparare, respectiv de 111 -260% corespunzătoare epruvetelor expuse la 3 cicluri de îngheț-dezghet. De asemenea, se pot remarca diferențe procentuale de 170 - 280% între valorile rezistenței specifice structurilor expuse la cicluri de uscare-umectare și cele la cicluri de îngheț-dezghet, fapt care evidențiază impactul negativ al temperaturilor scăzute prin scăderea rezistenței.

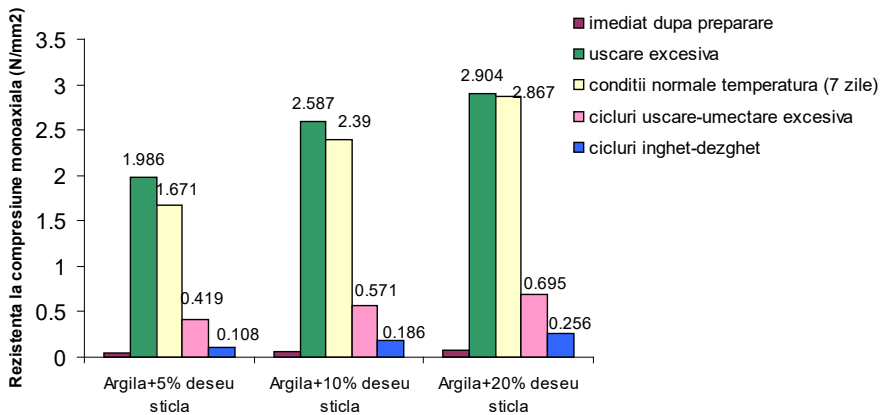


Fig. 2.1 Variația rezistenței la compresiune pentru structurile de argilă și deșeuri de sticlă

Din amestecurile omogene cu deșeuri de sticlă au fost preparate o serie de epruvete cilindrice care să fie supuse la încercări pentru determinarea caracteristicilor de compresibilitate și a presiunii de umflare, în edometru. Scopul stabilirii acestor seturi de încercări este de a realiza o analiză comparativă a parametrilor de deformabilitate în condiții normale și saturate și influența aportului de deșeuri de sticlă asupra acestora. Prelucrarea datelor înregistrate privind tasarea probelor sub diferite trepte de încărcare a permis calcularea indicilor de compresibilitate: modulul de deformare edometric ($E_{oed200-300}$); tasarea specifică la presiunea unitară de 200 kPa (ϵ); coeficientul de compresibilitate volumică (m_v); coeficientul de compresibilitate (a_v). Distribuția curbelor de compresiune-tasare obținute pe structurile alcătuite din pamant și deșeuri din sticla este indicată în figura 2.2, iar în figura 2.3 este reprezentată variația valorilor medii ale modulului de deformare edometric ($E_{oed200-300}$).

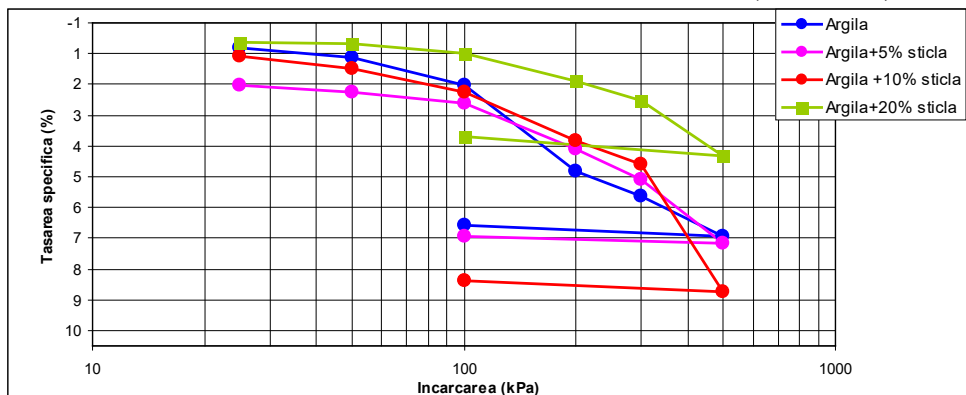


Fig. 2.2. Distribuția curbelor de compresiune-tasare obținute pentru structurile de argilă cu deșeuri de sticlă

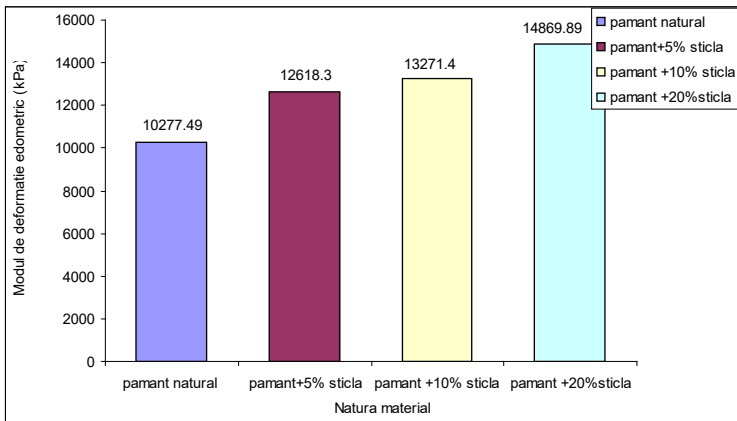


Fig. 2.3. Variația modului de compresibilitate edometric

Din analiza indicilor de compresibilitate obținuți din încercările de compresiune s-a observat faptul că, din punct de vedere al clasificării pământului în funcție de caracteristicile determinate, pe măsura adaosului de deșeuri de sticlă se obține o scădere a deformabilității, reflectată prin valori crescute cu 23-45% ale modului de deformare edometric și valori reduse cu 14-28% ale coeficientului de compresibilitate, comparativ cu valorile corespunzătoare pământului natural. Prin adăugarea de deșeuri de sticlă s-a obținut îmbunătățirea caracteristicilor de deformabilitate marcată de schimbarea categoriei de compresibilitate, considerată ca fiind mare pentru pământul natural în clasa de compresibilitate medie. Determinarea presiunii de umflare constă în estimarea variațiilor de volum cauzate de variațiile de umiditate, în condițiile inundării complete și măsurarea evoluției umflării în timp. Curbele obținute sunt prezentate în Fig. 2.4.

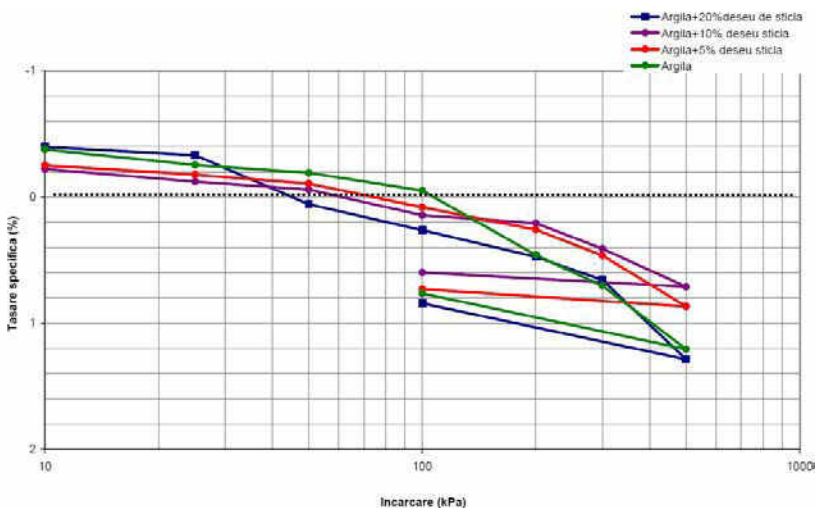


Fig. 2.4. Distribuția curbelor de compresiune obținute pentru structurile de argila cu deșeuri de sticlă

Analiza parametrilor obținuți din determinările presiunii de umflare evidențiază, în mod similar cu încercările de compresiune, o creștere de 18-32% a modulului de deformare edometric și o scădere de 12-23% a coeficientului de compresibilitate, comparativ cu valorile corespunzătoare pământului nativ. De asemenea, prin adăugarea deșeurilor de sticlă s-a obținut o scădere de 33-65% a presiunii de umflare, trecându-se de la categoria de pământuri active ($p_u > 100$ kPa) în clasa de activitate medie ($p_u = 50-100$ kPa) și puțin active ($p_u < 50$ kPa).

3. ANALIZA REZULTATELOR OBȚINUTE PENTRU VARIANTELE EXPERIMENTALE

Analiza și interpretarea rezultatelor obținute pentru *setul de amestecuri cu deșeuri de sticlă* au evidențiat următoarele aspecte:

- creștere accentuată de peste 3000% a caracteristicilor de rezistență pentru toate structurile compozite asociate condițiilor de uscare excesivă și condițiilor normale de temperatură pe o perioadă de 7 zile, comparativ cu valorile corespunzătoare după preparare;
- creștere semnificativă de peste 700% a valorilor rezistenței la 3 cicluri succesive de uscare-umectare comparativ cu probele după preparare, respectiv de 111-260% corespunzătoare celor expuse la 3 cicluri de înghet-dezghet;
- rezistența la compresiune maximă s-a obținut pentru structurile de pământ cu 20% deșeuri de sticlă ($\sigma = 2,8$ N/mm² după menținere timp de 7 zile în condiții normale de temperatură, $\sigma = 2,9$ N/mm² după tratare termică accelerată);
- îmbunătățirea caracteristicilor de deformabilitate pe măsura adaosului de deșeuri de sticlă, cu valori crescute de 23-45% ale modulului de deformare edometric și valori reduse de 14-28% ale coeficientului de compresibilitate, comparativ cu cele corespunzătoare pământului nativ;
- scăderea cu 33-65% a presiunii de umflare, trecându-se de la categoria de pământuri active în clasa de activitate medie și puțin active.

4. CONCLUZII

Referitor la structurile modelate, s-a constatat că adaosurile deșeurilor de sticlă în compozițiile cu argilă, prin uscare controlată accelerată la temperaturi ridicate, au condus la acțiunea de sinterizare și obținerea unor proprietăți mecanice superioare, rezistența maximă fiind obținută pentru compoziția cu 20% deșeu din sticlă. Se remarcă faptul ca rezistența la compresiune a fost îmbunătățită semnificativ, ating valori cuprinse între $\sigma = 1,9-2,9$ N/mm², relativ apropiate de cele ale elementelor de pavimente existente pe piața materialelor de construcții. Efectul pozitiv al dozajelor de deșeuri de sticlă asupra îmbunătățirii caracteristicilor de rezistență permite considerarea acestora ca substitut eficient pentru agregatele fine, ce comportă proprietăți puzzolanice, cu potențial ridicat de obținere a unor elemente de paviment de calitate bună. Prin reducerea semnificativă a potențialului de umflare și îmbunătățirea caracteristicilor de deformabilitate, se consideră

oportună aplicarea unor compoziții similare în lucrările de stabilizare a straturilor rutiere.

BIBLIOGRAFIE

1. Blewett J., Woodward P. K. (2000), *Some geotechnical properties of waste glass*, Ground Engineering, 33 (4): 36-40.
2. Su N., Chen J.S. (2002), *Engineering properties of asphalt concrete made with recycled glass*, Resources, Conservation and Recycling, 35(4): 259-274.
3. Corinaldesi V., Gnappi G., Moriconi G., Montenero A. (2005), *Reuse of ground waste glass as aggregates for mortars*, Waste Management, 25: 197-201
4. Topcu I.B., Canbaz M. (2004), *Properties of concrete Containing Waste Glass*, Cement and Concrete Research, 34: 267-274 Topcu I.B., Canbaz M. (2004), *Properties of concrete Containing Waste Glass*, Cement and Concrete Research, 34: 267-274
5. Tuncan M., Karasu B., Yalcin M.(2001), *The suitability for using glass and fly ash in Portland cement concrete*, Proc. 17th International Offshore and Polar Engineering Conf., Norway, 146–152.
6. Nuruzzaman D., Hossain M. A. (2014), *Effect of Soda Lime Glass Dust on the Properties of Clayey Soil*, Global Journal of Researches in Engineering: Civil And Structural Engineering, 14 (5): 210-219.
7. Davidović N., Bonić Z., Prolović V. (2012), *Waste glass as additive to clayey material in subgrade and embankment of road pavement*, Facta Universitatis, Series Architecture and Civil Engineering, 10 (2): 215-222.
8. Disfani M. M., Arulrajah A., Bo M. W., Hankour R. (2011), *Recycled crushed glass in road work applications*, Waste management, 31 (11): 2341-2351
9. Alina Badanoiu, Elena Iordache, Ruxandra Ionesc, Georgeta Voicu, Ecaterina Matei, *Effect of composition of curing regime on some properties of geopolymers based on cathode ray tubes glass waste and flay ash*, Romanian Journal of Materials 2015, 45 (1), 3 -13
10. Dobrescu C.F (2017), *Study concerning bearing assessment of natural and stabilized soils using binders with ecological benefits based on parametric correlations*, Romanian Journal of Materials 2017, 47 (1), 112 -116.