



Universitatea Tehnică a Moldovei

**STUDIUL TEHNOLOGIEI DE STABILIZARE PĂMÎNTURILOR
PENTRU CONSTRUCȚIA DRUMURILOR**

Student:

Leonid Bacilo

Conducător:

**Anatolie Cadociniov
conf. univ. dr,**

Chișinău, 2023

REZUMAT

Activitatea practică de construcție, modernizare și întreținere a drumurilor preconizează utilizarea unor materiale de calitate care să fie procurate, pe cât posibil, din apropierea zonei de amplasament a drumului, astfel încât cheltuielile de transport să fie minime. Varietatea mare de materiale utilizate în tehnica rutieră (pământuri naturale, pământuri stabilizate, agregate, etc.) și de tehnologii conduce implicit la apariția unei diversități largi de straturi rutiere, a căror comportare în exploatare, sub acțiunea solicitărilor (trafic și condiții climatice), trebuie corect aplicată prin calcule de dimensionare specifice.

Abordarea problematicii dimensionării structurilor rutiere nu se poate realiza pentru fiecare structură rutiera posibilă, astfel încât marea varietate de straturi și structuri rutiere existente trebuie grupate după principii bine determinate, fiecărei grupări corespunzându-i o metoda specifică de calcul.

Prezenta lucrare își propune ca rezultatele cercetarilor experimentale să contribuie la perfecționarea metodologiei de îmbunătățire a pământurilor dificile, cu structură instabilă, prin stabilizarea cu diferite materiale, cu aplicabilitate în mediul privat, cu precădere la executarea lucrărilor de infrastructură (straturi de bază și de formă la sistemele rutiere, precum și straturile de umpluturi controlate). Patul drumului este suprafața amenajată a terasamentelor pe care se așază structura rutiera. Straturile structurii rutiere prezintă caracteristici fizico-mecanice și de portanță diferite, în funcție de materialele din care sunt realizate, tehnologia de execuție folosită și de rolul pe care îl îndeplinesc în alcătuirea ansamblului. Aceste proprietăți ale straturilor rutiere trebuie să sporească de la straturile inferioare spre cele superioare, cele ale îmbrăcămintei fiind cele mai performante. Îmbunătățirea sau tratarea pământului are loc prin introducerea agentului de stabilizare în teren și malaxarea acestuia cu pământul rezultând astfel, elemente alcătuite dintr-un geomaterial cu caracteristici fizico-mecanice sporite i.e. rezistență mărită, deformabilitate și permeabilitate redusă. Metodele de stabilizare în adâncime a pământurilor prin malaxare pot fi clasificate având în vedere trei criterii principale:

- criteriul numărul 1: Principiul de amestecare Funcție de modul în care are loc

amestecarea pământului cu agentul de stabilizare, se disting trei tipuri de metode de stabilizare în adâncime a pământurilor prin malaxare: metode mecanice (dezvoltate exclusiv în prezenta lucrare), metode ce utilizează jetul de înaltă presiune și metode hibride sau mecanice asistate de jet de înaltă presiune.

- criteriul numărul 2: Starea de agregare a agentului de stabilizare Funcție de starea de agregare a agentului de stabilizare se deosebesc două categorii principale de metode de stabilizare în adâncime a pământurilor prin malaxare: metode uscate și metode umede.

- criteriul numărul 3: Poziția unităților rotative de malaxare Funcție de poziția unităților rotative la nivelul uneltei de malaxare, metodele de stabilizare în adâncime a pământurilor prin malaxare se împart în două categorii: metode cu unitățile rotative dispuse la partea inferioară a uneltei de malaxare și metode cu unitățile rotative dispuse în lungul uneltei de malaxare.

Stabilizatorii de pământ reduc tensiunea de suprafață a apei din sol, care favorizează penetrarea și dispersia rapidă și completă a umidității. Acest proces contribuie la comprimarea particulelor hidratate de argilă și umplerea completă a golurilor din pământ, care la rândul lor formează un strat dens și impermeabil la apă. Capacitatea de lubrefiere crescută a particulelor de sol contribuie la obținerea densității necesare cu un efort de compactare mai mic. Stabilizarea solurilor pentru fundații rutiere nu a dat întotdeauna rezultate bune, una din cauzele principale fiind gradul ridicat de eroare admis în normativele tehnice în vigoare la măsurarea parametrilor tehnologici.

Tehnologia „Tensar” – este adoptată pe scară largă pentru stabilizarea pământului și optimizarea pavajului, pentru îmbunătățirea performanței structurale a drumurilor și platformelor. Tehnologia dată este, de asemenea, adoptată pentru structurilor de sprijin oferind costuri reduse și versatilitate față de metodele tradiționale.

Tehnologia dată poate asigura performanțe înalte cu sistemele bazate pe geogridurile care îndeplinesc aceste cerințe. Contribuția structurală oferită de geogridurile Tensar este de a stabili straturile neconsolidate ale drumurilor și zonele traficării pentru a crea un strat stabilizat mecanic. Particulele de agregat se încălzește în

ochiurile geogrilei, confinându-le și creând astfel un material compozit îmbunătățit prin performanțele caracteristice specifice.

Geogrițele combină reduceri majore ale costurilor cu beneficii considerabile ale performanței în stratul granular de umplură, fundație și alte straturi cu agregat. Comparând cu un strat de agregat nestabilizat, putem urmări avantajele:

- Reduce grosimea materialului granular cu până la 50%, fără pierderi ale performanței;
- Asigura o reducere a pământului excavat, precum și conservarea agregatelor naturale;
- Controlul tasării diferențiate;
- Reduce perturbarea și slăbirea formațiunilor sensibile din fundație;
- Îmbunătățește compactarea umpluturii;
- Crește durata de viață;
- Crește capacitatea portantă;
- Asigura reducerea de până la 50% a emisiilor de dioxid de carbon pe durata execuției.

SUMMARY

The practical activity of road construction, modernization and maintenance requires the use of quality materials that are procured, as far as possible, from the area where the road is located, so that transport costs are minimal. The great variety of materials used in road engineering (natural soils, stabilized soils, aggregates, etc.) and technologies implicitly leads to the appearance of a wide variety of road layers, whose behavior in operation, under the action of demands (traffic and climatic conditions), it must be correctly applied through specific dimensioning calculations.

Approaching the issue of sizing road structures cannot be done for every possible road structure, so the wide variety of existing road layers and structures must be grouped according to well-determined principles, with each grouping corresponding to a specific calculation method.

This paper proposes that the results of experimental research contribute to the improvement of the methodology of improving difficult soils, with unstable structure, by stabilizing them with different materials, with applicability in the private environment, especially in the execution of infrastructure works (base and form layers at road systems, as well as controlled fill layers).

The road bed is the landscaped surface of the embankments on which the road structure is placed. The layers of the road structure have different physical-mechanical and bearing characteristics, depending on the materials from which they are made, the execution technology used and the role they play in making up the assembly. These properties of the road layers must increase from the lower layers to the upper ones, those of the clothing being the most performing.

The improvement or treatment of the land takes place by introducing the stabilization agent into the land and mixing it with the land, thus resulting in elements made of a geomaterial with enhanced physical-mechanical characteristics i.e. increased strength, deformability and reduced permeability.

The methods of deep soil stabilization by mixing can be classified considering three main criteria:

- criterion number 1: The principle of mixing As a function of the way in which the soil is mixed with the stabilization agent, three types of deep soil stabilization methods by mixing are distinguished: mechanical methods (exclusively developed in this work), methods that use high pressure jet and hybrid or mechanical methods assisted by high pressure jet.

- criterion number 2: State of aggregation of the stabilizing agent Depending on the state of aggregation of the stabilizing agent, two main categories of deep soil stabilization methods by mixing are distinguished: dry methods and wet methods.

- criterion number 3: The position of the rotary mixing units As a function of the position of the rotary units at the level of the mixing tool, the methods of deep soil stabilization by mixing are divided into two categories: methods with the rotary units arranged at the bottom of the mixing tool and methods with the rotary units arranged along the mixing tool.

Soil stabilizers reduce the surface tension of water in the soil, which favors the rapid and complete penetration and dispersion of moisture. This process helps to compress the hydrated clay particles and completely fill the voids in the soil, which in turn forms a dense and impermeable layer to water. The increased lubrication capacity of the soil particles contributes to obtaining the necessary density with a lower compaction effort. The stabilization of soils for road foundations did not always give good results, one of the main causes being the high degree of error allowed in the technical regulations in force when measuring the technological parameters.

"Tensar" technology - is widely adopted for soil stabilization and pavement optimization to improve the structural performance of roads and platforms. The given technology is also adopted for support structures, offering reduced costs and versatility compared to traditional methods.

Data technology can provide high performance with geo-based systems that meet these requirements. The structural contribution provided by Tensar geogrids is to stabilize the unconsolidated layers of roads and traffic areas to create a mechanically stabilized layer. The aggregate particles heat up in the meshes of the

geogrid, confining them and thus creating a composite material improved by the specific characteristic performances.

Geogrids combine major cost reductions with considerable performance benefits in granular backfill, foundation and other aggregate layers. Comparing with an unstabilized aggregate layer, we can trace the advantages:

- Reduces the thickness of the granular material by up to 50%, without loss of performance;*
- Ensures a reduction of the excavated earth, as well as the conservation of natural aggregates;*
- Differential settlement control;*
- Reduces the disturbance and weakening of the sensitive formations in the foundation;*
- Improves the compaction of the filling;*
- Increases lifespan;*
- Increases the bearing capacity;*
- Ensures the reduction of up to 50% of carbon dioxide emissions during execution.*

CUPRINS

INTRODUCERE

1.1. ASPECTE GENERALE PRIVIND STABILIZAREA PĂMÎNTURILOR PENTRU CONSTRUCȚIA

1.1 DRUMURILOR

Generalități.

1.2. Fundații și straturi rutiere din pământuri stabilizate

1.3. Cercetări privind stabilizarea pământurilor

2. TEHNOLOGII DE STABILIZARE A PĂMÎNTURILOR PENTRU CONSTRUCȚIA DRUMURILOR

2.1. Tehnologia de stabilizare cu lianți

2.2. Lucrările de stabilizare a pământurilor pe bază de compuși organici naturali

2.3. Utilizarea tehnologiei moderne „Tensar” pentru stabilizarea pământului

3. STUDII DE LABORATOR A TEHNOLOGIILOR MODERNE DE STABILIZARE A PĂMÎNTURILOR PENTRU CONSTRUCȚIA DRUMURILOR

3.1. Utilizarea lianților hidraulici pentru stabilizarea pământurilor

3.2. Efectul lianților hidraulici

3.3. Încercări de laborator al lianțului rutier „Solistab”

CONCLUZII

BIBLIOGRAFIE

INTRODUCERE

În contextul științific actual, procesul de îmbunătățire a caracteristicilor geotehnice prin compactare a pământurilor naturale și stabilizate prezintă o pondere tot mai mare în soluționarea fundării construcțiilor pe terenuri cu rezistențe mecanice reduse în proiectarea sistemelor rutiere sau a construcțiilor de pământ, cu un grad mare de siguranță în exploatare. Utilizarea diferitelor produse minerale, enzimatic, etc. pentru stabilizarea straturilor de umplutura controlate sau realizarea sistemelor rutiere prezintă o aplicabilitate largă.

Cercetările științifice elaborate până în prezent pe plan național și internațional au evidențiat necesitatea evaluării comportării pământurilor stabilizate printr-o modelare parametrică a caracteristicilor de performanță cu rol decisiv în creșterea portanței straturilor prin încercări experimentale și analize statistice.

În componența sa pământul are particule solide minerale, concepută prin degradarea chimică sau fizică a rocilor care pot conține materii organice sau nu. Așadar, pot fi menționate următoarele trei faze:

- faza solidă alcătuită din scheletul mineral;
- faza lichidă (în apă) care umple total sau parțial golurile dintre granule;
- faza gazoasă (aer) care umple golurile neocupate de faza lichidă. Metodele de stabilizare în adâncime a pământurilor prin malaxare pot fi aplicate cu bune rezultate în cadrul proiectelor ale căror obiective vizează următoarele aspecte geotehnice (EuroSoilStab, 2002; Kitazume & Terashi, 2013): - reducerea deformabilității terenului care implică reducerea deplasărilor verticale (tasărilor) și a deplasărilor orizontale; - creșterea rezistenței terenului care conduce la sporirea stabilității taluzurilor și versanților, mărirea capacității portante, reducerea împingerii active și sporirea rezistenței pasive în cazul zidurilor de sprijin și eliminarea sau limitarea potențialului de lichefiere; - creșterea rigidității dinamice a pământului care implică diminuarea propagării vibrațiilor și sporirea durabilității în cazul solicitărilor dinamice și ciclice; - scăderea permeabilității terenului. Stabilizatorii de pământ reduc tensiunea de suprafață a apei din sol, care favorizează penetrarea și dispersia rapidă și completă a umidității. Acest proces

contribuie la comprimarea particulelor hidratate de argilă și umplerea completă a golurilor din pământ, care la rândul lor formează un strat dens și impermeabil la apă. Capacitatea de lubrefiere crescută a particulelor de sol contribuie la obținerea densității necesare cu un efort de compactare mai mic. Stabilizarea solurilor pentru fundații rutiere nu a dat întotdeauna rezultate bune, una din cauzele principale fiind gradul ridicat de eroare admis în normativele tehnice în vigoare la măsurarea parametrilor tehnologici. Stabilizatorii de pământ reduc tensiunea de suprafață a apei din sol, care favorizează penetrarea și dispersia rapidă și completă a umidității. Acest proces contribuie la comprimarea particulelor hidratate de argilă și umplerea completă a golurilor din pământ, care la rândul lor formează un strat dens și impermeabil la apă. Capacitatea de lubrefiere crescută a particulelor de sol contribuie la obținerea densității necesare cu un efort de compactare mai mic. Stabilizarea solurilor pentru fundații rutiere nu a dat întotdeauna rezultate bune, una din cauzele principale fiind gradul ridicat de eroare admis în normativele tehnice în vigoare la măsurarea parametrilor tehnologici. Nivelul ridicat de control, înregistrare, măsurare, dozare al procesului tehnologic, minimizează influența factorului uman. Ca rezultat pot fi reduse până la jumătate cheltuielile financiare și materiale la construcția drumurilor publice și agricole.

Formarea structurii componentei argiloase a solurilor coezive la interacțiunea cu stabilizatorii este condiționată de blocarea centrelor active hidrofile ale mineralelor dispersate, ceea ce conduce la o reducere a suprafeței specifice, a capacității cationice și la creșterea capacității hidrofobe a pământului.

Este important de a respecta cu strictețe prescripțiile tehnologice și parametrii de bază a întregului proces tehnologic. Dozarea precisă și controlul minuțios la toate etapele a procesului tehnologic, asigură o interacțiune mai profundă a stabilizatorului cu particulele de pământ. Tehnologia și echipamentele oferă metode raționale de construcție a structurii rutiere multistrat pe drumuri de toate categoriile și destinațiile, folosind diferite tipuri de pământuri și materiale locale, asigurând reducerea costului lucrărilor cu 20-50%.

Accelerarea în continuare a construcției drumurilor poate fi efectuată în baza realizării fundațiilor sau altor straturi constructive rutiere din pământuri stabilizate,

care au perspective tehnice și economice semnificative, în comparație cu materialele tradiționale granulare. Folosirea stabilizatorilor speciali de pământ îmbunătățește semnificativ proprietățile lor fizico-mecanice, asigurând rezistența și durabilitatea fundațiilor sau structurilor rutiere în întregime.

În lucrarea dată se descrie tehnologia modernă - lianțul hidraulic „Solistab” care este în special la terasamente, pentru ameliorarea unor pământuri coezive considerate necorespunzătoare, sau la straturi de formă. De asemenea, lianțul se poate utiliza pentru modificarea stării hidrice a unor pământuri coezive cu umiditate în exces se utilizează la straturile de fundație (inferior sau superior, după caz), sau la straturi de bază, în anumite sisteme rutiere, pentru realizarea balasturilor stabilizate.

BIBLIOGRAFIA

1. Păunescu M. (1980). Îmbunătățirea terenurilor slabe în vederea fundării directe, Editura Tehnica, București. Răduinea N., Păun Ec. (1986). Folosirea pământului stabilizat pentru îmbunătățirea terenurilor slabe de fundare”, Referat de cercetare INCERC, București.
2. Tomar S., Mallick T. K. (2011). A study of variation of test conditions on CBR determination, Doctoral thesis summary, National Institute of Technology, Rourkela, 70 pp.
3. Åhnberg H., Johansson S.-E., Pihl H., Carlsson T., *Stabilising effects of different binders in some Swedish soils*. Ground improvement Vol.7, Ed. Thomas Telford Ltd, London, 9-23, 2003.
4. Åhnberg H., Johansson S.-E., Increase in strength with time in soils stabilized with different types of binder in relation to the type and amount of reaction products, Proceeding of the International Conference On Deep Mixing Stockholm. Vol.1.1, 195-202, 2005.
5. Bitir A.C., Musat V., *Ground improvement technologies - Deep soil mixing methods. Fundamental aspects* – Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Tomme: LX (LXIV), Fascicle 4, pp. 123-131, 2014.
6. Bitir A.C., Musat V., *Metode de stabilizare în adâncime a pământurilor prin malaxare*. Revista Română de Geotehnică și Fundații – nr. 2/2014, pp. 37-40, 2014.
7. Bitir (Buliga) A.C., Musat V., Larsson S., *Laboratory methods used to assess the mechanical properties of soft soils Improved by deep mixing* – Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Tomme: LX (LXV) , Fascicle 4, pp. 165-178, 2015.
8. Bitir (Buliga) A.C., *Factorii principali ce influențează eficiența și performanțele stabilizării pământului în adâncime prin malaxare*. “Creații universitare 2015”, Al VIIIlea Simpozion Național, Iași, România, 5 Iunie 2015.
9. Bitir (Buliga) A.C., Mușat V., Boțu N., *Influence of the water cement ratio on the unconfined compressive strength of a Romanian silt treated with Portland cement* – Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy, Tomme: LXII (LXVI), Fascicle 3, pp. 1-10, 2016.

10. Bitir (Buliga) A.C., Musat V., Boțu N., *Recherches sur l'amélioration du sol en profondeur par des méthodes de mélange: Deep Soil Mixing*, Actes du Ière Séminaire Doctoral International Francophone "Premiers Pas Dans La Recherche Questions et Réponses", Iasi, Roumanie, Juillet 11-13, 2016, pp.1-10, Éditeur Société Académique Matei – Teiu Botez, ISSN 2247-4261, ISSN – L 2247-4161, 2016.