

УПОТРЕБА МУЉА ИЗ ВОДЕ ЗА ИЗРАДУ НАСИПА И НОСЕЋИХ СЛОЈЕВА У ПУТАРСТВУ**USE OF SLUDGE FROM WATER FOR CONSTRUCTION OF EMBANKMENTS AND BEARING LAYERS IN ROAD CONSTRUCTION**Милица Којић, Милош Шешлија, *Факултет Техничких Наука, Нови Сад***Област - ГРАЂЕВИНАРСТВО**

Кратак садржај - У раду су приказана досадашња истраживања примене муља за носеће слојеве у путарству. Описана је комплетна процедура и начин испитивања, анализе муља из река, језера и мора.

Кључне речи: Материјал, Ископани седименти

Abstract – The paper presents previous research on the application of sludge for bearing layers in road construction. The complete procedure and method of testing, analysis of sludge from rivers, lakes and the sea are described.

Keywords: Material, Dredged sediments

1. УВОД

Муљ или блато је ситнозрни седимент, засићен водом, на дну водених басена – река, мора, језера или океана. Представља почетни стадијум у формирању многих седиментних стена. Кад је навлажен у течном је стању, када се осуши прелази у чврсто стање. Процесом уклањања седимената са дна брана настају велике количине ископаних седимената који се сматра отпадом. Компаније за изградњу путева троше велике количине природних агрегата и њихови природни ресурси се исцрпљују и постаје све теже отворити нове каменоломе. Седименти се могу окарактерисати као комбинација растреситих честице које се састоје од глине, муља и песка који су процеси ерозије и временских утицаја земљишта, стена и органских материја и људских активности. За изградњу путева потребни су материјали са високим механичким карактеристикама. Због тога је потребна употреба везива.

2. КАРАКТЕРИЗАЦИЈА СЕДИМЕНТА

Рециклажа ископаних материјала за потребе изградње путева захтева проверу одређених геотехничких критеријума.

У Француској, Проктор и затезна испитивања су главна испитивања која се препоручују за утврђивање погодности одређеног материјала који ће се користити као структурни материјал у једном од различитих слојева пута конструкција.

НАПОМЕНА

Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор био доц. др Милош Шешлија.

Проктор тест процењује сабијање материјала (Европски стандард, NF EN 13286-2, 2005). Измерена инжењерска карактеристика је садржај воде, вредност, која осигурава оптимално сабијање материјала.

2.1 Физичке и геотехничке анализе

Физичка и геотехничка карактеризација седимената пружа основне информације о природи седимената и како ће се понашати када се користе. Поред количине материјала за ископ, друге анализе укључују одређивање суве материје и садржаја воде, расподелу величине зрна (% песка, муља, глине), апсолутну густину и садржај органског материјала.

Ове анализе треба допунити другим геотехничким аналитичким карактеристикама као што су метилен плава вредност и Атербергове границе. Поред тога, сирови седименти имају низак индекс непосредног лежишта. Да би се повећале механичке перформансе седимената, обично се користи додаток зрнастих коректора праћен третманом хидрауличним везивима и / или антеном (цемент и / или креч).

Ископани седименти садрже врло високу количину воде. Њихов садржај воде, измерен термичком обрадом и израчунат износи око 200%. Сланост седимената је једнака 31,4 g/l, што одговара сланости морске воде.

Дубоис (2006) је показало је да тај исти седимент садржи 4,5% органских материја.

Расподела величине честица седимената (PSD) је одређена техником ласерске дифракције. PSD крива, показује да више од 90% седименти се састоје од финих честица пречника мањег од 63 μm.

2.2 Минеролошке анализе

Минералозна анализа је важна јер пружа боље разумевање седиментне матрице и открива главне минералознашке фазе у седиментима.

Минералозна карактеризација седимената укључује рентгенску флуоресцентну анализу главних елемената (Стандард NF EN 15309) и откривање минералознашких фаза дифракцијом X-зрака (XRD).

Микроскопске технике (оптичке или електронске) такође се могу користити за довршавање структурне анализе седимената, истраживањем природе аморфних фаза.

2.3 Механичке анализе

Врши се механичка карактеризација сирових седимената према Техничком водичу SETRA-LCPC (2000). Прокторовим тестом или индексом непосредног лежаја (IBI).

Коначна насипна густина збијеног тла зависи од природе тла, садржаја воде и енергије сабијања. Збијање омогућава затезање текстуре тла, смањење његових деформација, побољшање његове носивости и отпорности. За дато земљиште и за одређени начин сабијања постоји један садржај воде који одговара максималној густини. За основни слој, оптимални садржај воде и одговарајућа густина одређују се Прокторовим тестом према стандарду NF P 94-093.

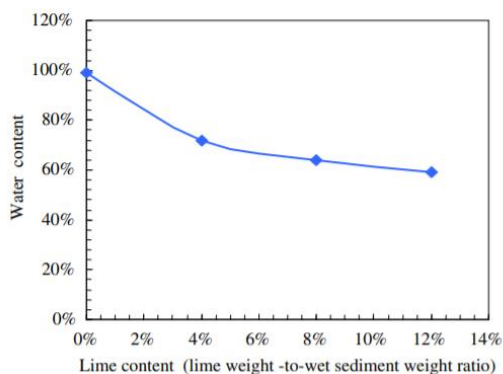
IBI - ово испитивање се изводи према стандарду NF P 94-078 да би се утврдило подизање материјала. IBI, који описује способност материјала да издржи оптерећења која стварају грађевинске машине током рада, је дефинисан односом између силе измерене за удубљење цилиндричне шипке у испитном материјалу и дате силе у поређењу са референтним материјалом.

2.4 Процес одводњавања

Да би се смањило садржај воде у проучаваном седименту, користи се поступак одводњавања екстракта. Састоји се од четири главна корака:

1. разблаживање седимента водом,
2. одвајање честица седимента пречника већег од 63 μm од преосталог талога,
3. флокулација наноса
4. уклањање великог дела воде помоћу механичке пресе, што може значајно смањити садржај соли у материјалу.

Овај процес обезбеђује седиментима занемарљиву сланост и садржај воде једнак 100%, што је и даље веома високо вредност за изградњу путева. Дакле, комплементарни поступак одводње који се састоји од додавања минерала креча на седимент након коришћења поступка екстракције. Додатак кречног минерала обично се користи за обраду тла како би се смањило њен садржај воде.



Слика 1. Ефекат додавања креча на смањење садржаја воде испитиваног седимента. [1]

Слика 1. показује да 4% креча (у поређењу са влажним тежином седимента) значајно смањује садржај

воде у седиментима, са 100% на 72%. Овај износ је и даље висок за пут. Тако да се користи термичка обрада на 40 °C и убрзава се операција сушења. Да би се смањило овај садржај воде, осталој смеси седимента и креча додаје се песак.

2.4 Анализе животне средине

У недостатку специфичног методолошког оквира за употребу ископаних седимената у инжењерству путева, карактеризација животне средине мора се извршити помоћу стандардизованих тестова заснованих на постојећим регулаторним и техничким референцама, наиме водича „Прихватљивост алтернативних материјала у путном машинству“ (SETRA, 2011). Ово спремиште омогућава идентификовање могућности за обнављање опасних или неертних материјала на основу укупног прага садржаја, испирања и продирања. Дакле, ископани седименти морају бити окарактерисани према њиховом понашању при испирању (стандард NF EN 12457-2), перколацији (стандард NF CEN/TS 14405) и према свом унутрашњем садржају загађивача хомогеним наносом.

3. ЛАБОРАТОРИЈСКЕ СТУДИЈЕ

Сврха студије формулације је да се испита могућност замене дела песка који се користи у путним материјалима ископаних седимената. Због своје доступности у луци, употреба ископаног песка у формулацији путних материјала на бази талога представља занимљиво економско решење за побољшање механичких карактеристика ископаних материјала. Затим се мора третирати смеша талога и ископаног песка са живим кречом и хидрауличким везивом. Избор зрнастих коректора мора испуњавати економска, техничка и еколошка ограничења. Рад (Dubois, 2006) показао је да смеше које комбинују песак и ситне седimente, између осталог, задовољавају механичке захтеве неопходне за употребу у подлогама. Предложена методологија за одабир и додавање грануларног коректора углавном се заснива на следећим параметрима:

- Ограничавање удела fine фракције у смешама.
- Ограничавање количине органске материје.
- Оптимизација количине финих седимената.
- Оптимизација расподеле величине честица.

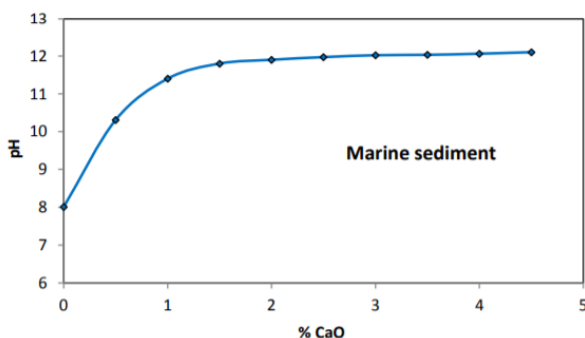
3.1 Хидраулично везиво

Хидраулично везиво је важан састојак у обради материјала за употребу у инжењерству путева. Његова способност агломерације агрегата даје материјалу трајну кохезију чија важност зависи од природе третираног материјала, врсте везива, уведене количине, компактности постигнуте током примене. Техника обраде седимента хидрауличног везива посебно је погодна за развој материјала на путу. Ова техника се састоји од надоградње лучких седимената на месту уградњом везива и мешањем док се не добије хомогени материјал. Хидраулично везиво је смеша са променљивим пропорцијама хидрауличких

елемената као што су клинкер, шљака из високе пећи, пуцолански елементи и вапненачка пунила.

3.2 Креч

Креч се обично користи у третманима стабилизације, али се може користити и као додаток хидрауличким везивима. Креч смањује садржај воде у третираним производима. Садржај креча одређује се тестом граничне фиксације, тест се састоји у одређивању рН суспензије седимента течност / чврста супстанца (L/S) од 5 у присуству све већег процента креча живе до константног рН. На пример, у случају лучких седимената, додавање креча од 1% резултира константним рН (слика 2).



Слика 2. Промена рН додавањем креча [1]

4. ПОГОДНА СМЕША

4.1 Смеша „А“

Бернард и сар. (2002) проучавали су различите смесе за побољшање носивости: додавање муља, шљаке, вапненачког пунила и летећег пепела. Показали су да мешавина 52% ископаног песка, 8% цемента и 40% од 0/4 мм песка из Булоње има одговарајуће збијање и механичка својства за поновну употребу у темељном слоју путева. Тада се може замислити да употреба финијег зрна материјала, као што су седименти, могао би још више побољшати својства ове идентификоване смесе. Процент честице би биле важније и тада би компактност у неким пропорцијама била боља. На основу ове идеје, прелиминарна смеша „А“ која садржи седимент, 4% креча, ископани песак, песак 0/4 мм и портландски цемент „цем1“ је предложена.

4.2 Нова смеша

Смеша „А“ показује да се морски ископани песак и седименти на Дункирку могу успешно користити као нови материјал за слојеве пута. Међутим, са економске тачке гледишта ова смеша садржи високу вредност цемента. Да би био конкурентна другим алтернативама, нова смеша „В“, коришћење само 6% цемента, што је тренутна вредност за третирано песак за потребе изградње путева. Даље, употреба нижег садржаја цемента представља још једну предност: мање скупљање смеше и последично мањи ризик од пуцања. Предлаже се трећа смеша „С“ да би се побољшала обрадивост смеше „В“. Ова смеша је слична смеси „В“ и само је врста цемента различита. За смешу „С“, употребљени цемент „цем2“ садржи

67% шљаке и 12% кречњака (у маси). Његова употреба је погоднија за изградњу путева због дугог периода везивања, више од 13 х у поређењу са 4,5 х за цемент „цем1“.

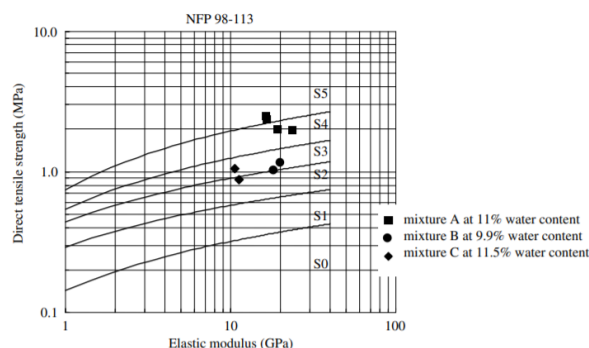
4.3 Модификовани Прокоторови тестови за смеше В и С

Што се тиче смеше А, смеше В и С делују хомогено и лако се њима рукује за различите садржаје воде. За смешу В, максимална сува јединица тежине и оптимални садржај воде су, респективно, једнако 1,97 g/cm³ и 10,8%. За мешавину С, једнаки су 1,94 g/cm³ и 11,4%.

Вредности IPI се крећу од 35 до 50 за смешу В збијену при садржају воде нижем од 10,7%, што је погодна вредност за слојеве темеља и подлоге. IPI крива показује спорији пад од смеше А када је садржај воде већи од 10%. Смеша „В“ изгледа да је мање осетљив на садржај воде од смеше А. За смешу С, максимална вредност IPI је једнака 38. Ова смеша се такође може користити у темељним слојевима путева пошто је његова IPI вредност виша од минимално потребне.

4.4 Еластични модул и затезна чврстоћа смеше

Механичка испитивања еластичног модула и затезне чврстоће вршена су на два узорка за сваку смешу. У овој студији, 28-дневни цилиндри за старење смеше Б и 8 месеци испитују се боце за старење смеше С (слика 3). Вредности старења од 360 дана процењују се, према стандарду (Европски стандард, NF EN 14227-3, 2004) од оних на 28 дана за смешу В (једначине (3) и (4)). За смешу С претпостављамо да су резултати за 8 месеци слични онима за 360 дана. Експериментални резултати указују на добру механичку чврстоћа две смеше. Смеша „В“ на 9,9% воде и смеша „С“ при 11,5% садржаја воде су класификовани у границама класе S2 и S3. Са геотехничког становишта, смеша „В“ може да се користи за темељне слојеве, па чак и за основне слојеве ако је садржај воде добро контролисан. Смеша С је погодна за темељне слојеве пута.



Слика 3. Структурна класификација смеше „А“, „В“ и „С“ [1]

Још је погоднија за изградњу путева, не само због неколико описаних разлога пре, али и због његових механичких својстава. У поређењу са смешом В, има готово исту затезну чврстоћу али нижи модул

еластичности, што представља предност у дизајну разматраног слоја пута.

Заправо, користећи смешу С, потребна дебелина слоја би била мања: смеша С је тада економски занимљивија него смеша В.

5. ЗАКЉУЧАК

Рад се бави поновном употребом седимента као новог материјала за изградњу путева, а посебно за темељне и подножне слојеве путева, који захтевају добра механичка својства.

Проблем са високим садржајем воде и сланошћу седимента је представљен и ублажен поступком одводњавања и додавање креча. Три погодне смеше, А, В и С, су идентификоване и испитане помоћу седимента, ископаног песка и цемента.

Експериментални резултати показују да се Дункирк морски издубљени песок и седименти могу успешно користити као нови материјал за изградњу темеља и основних слојева пута.

Смеша В која користи само 6% портландског цемента може се успешно користити као материјал слоја пута и за темељне и за основне слојеве.

Смеша С користећи 6% мешаног цемента који садржи шљаку и кречњак користити се за темељни слој. Ова последња смеша представља неколико предности, међу којима је добра обрадивост. То је такође економски врло конкурентна смеша осталим смешама и обично се користи у изградњи путева. Јачина (снага) смеше се проверава извођењем студија осетљивости на садржај воде.

Напокон се предлажу допунски тестови. Они се углавном тичу понашања материјала у вези са деградацијом животне средине и побољшањем смеша.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Marine dredged sediments as new materials resource for road construction. www.sciencedirect.com
- [2] Sustainable reuse of dredged sediments as pavement materials by cement and fly ash stabilization www.doi.org.com
- [3] Европски стандард, NF EN 13286-42, 2003. Невезане и хидраулички везане смеше. Метода испитивања за одређивање индиректне затезне чврстоће хидраулички везаних смеша.
- [4] Beneficial use of dredged sediments in road engineering. SEDILAB by sc2e. Sednet.org.

Кратка биографија:



Милица Којић, рођена је у Новом Саду 1991. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарства – Путеви, железнице и аеродроми је одбранила 2020. године. контакт: milica.kojic2@gmail.com



Милош Шешлија, рођен је у Новом Саду 1987. год.. Докторирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду 2018. год., а од 2019. год. је у звању доцента на Катедри за геотехнику и саобраћајнице.