

**ANALYSIS OF THE MOST COMMONLY USED SOILS, MATERIALS FOR
CONSTRUCTION OF EMBANKMENTS IN THE CONSTRUCTION OF
HIGHWAYS AND FIRST-CLASS ROADS**

**АНАЛИЗ НА НАЙ-ЧЕСТО ИЗПОЛЗВАНИТЕ ПОЧВИ, МАТЕРИАЛИ ЗА
ИЗГРАЖДАНЕ НА НАСИПИ ПРИ СТРОИТЕЛСТВОТО НА
АВТОМАГИСТРАЛИ И ПЪРВОКЛАСНИ ПЪТИЩА**

Dipl.eng. Desislava Paunova¹

PhD Student, UACEG

Инж. Десислава Паунова²

Докторант, УАСГ

Abstract:

The quality of the construction of highways and first-class roads in embankments depends on the type of soil from which it is executed, as well as on the chosen technology of its implementation, related to its possible reinforcement or strengthening through stabilization. The regulatory framework around the world is different, but always the recommendations and rules are a function of the properties of the used soil. It will be presented the main properties of soils related to the behavior of road embankments.

Ключови думи: road embankments, soil, properties

Резюме:

Качеството при строителството на автомагистрала и първокласни пътища в насип, зависи както от вида на вложените почви, от които той се изпълнява, така и от избраната технология на изпълнението му, свързана с евентуалното му армиране или усилване чрез стабилизация. Нормативната база по света е различна, но винаги препоръките и правилата са функция на свойствата на използваната строителна почва. Тук ще бъдат представени основните свойства на почвите, имащи отношение към поведението на пътните насипи.

Keywords: насипи, почви, свойства

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Почвата се използва като строителен материал в различни строителни проекти и служи като основа на всички строителни конструкции и съоръжения. Поради наличието на различни видове почви е необходимо да се проучат свойствата им, като произход, зърнометричен състав, водни свойства, компресионни свойства, якост на срязване и носеща способност. Тези параметри влияят върху якостно-деформационните свойства на всяко едно пътно съоръжение. Съществуват различни практики в отделните страни когато става въпрос за строителство на първокласни

¹ Desislava Paunova, PhD student., desislava.pau@gmail.com

² Десислава Паунова, докторант, desislava.pau@gmail.com

пътища и автомагистрала. В България се следват препоръките и правилата на Еурокод 7 (БДС EN 1997), Нормите за проектиране на пътища (Наредба № рд-02-20-2 от 28 август 2018 г. за проектиране на пътища), Техническата спецификация на АПИ и др.

За да бъдат разгледани и сравнени в детайли (в бъдеща публикация) различни международни нормативни документи в сферата на пътните насипи, част от темата на разработваната докторантура, следва да се обобщят характерните свойства на почвите имащи отношение към проектирането и изпълнението на пътни насипи.

При проектиране на насипи, влияние върху размера, устойчивостта и деформационното му поведение освен вида на почвите, влияние оказва и избраният метод за заздравяване, армиране и стабилизиране на почвата. В специализираната литература [1, 2] са представени различни методи използвани в българската практика. Въпреки, че поведението на насипите се влияе от използвания метод на заздравяване на почвата се оказва, че приложимостта на отделни методи за заздравяване, зависи от вида на почвата [5, 7].

2. СТРОИТЕЛНИ ПОЧВИ

Строителните почви са се образували в резултат на физичното, химичното и биогенно изветряване на скалите [1], като в зависимост от начина по който се били транспортирани почвите се отделят няколко различни групи:

Елувиални наслаги - продукти от изветряването на скалите, които са останали на място на образуването им. Съставени са от пясъчливи глини и ръбести скални късове. Мощността на елувия е от няколко сантиметри до 50m. Тези почви притежават неравномерна деформируемост и често не са подходящи за фундиране.

Делувиални наслаги- материалите получени от преместването и отлагането на изветрелите продукти по склоновете и в подножията им под действието на гравитационните сили и валежите. Делувиалните наслаги са изградени от разнороден ръбест и наслоен рохкав материал или от пясъчливи и прахови глини, които съдържат незаоблени скални късове често неуплътнени.

Алувиални наслаги - наслагите на реките. Те образуват почвените пластове разположени в речните корита, речните тераси и долините. Представени са от пластове пясъчливи и глинести почви, а така също и от чакъли, пясъци, тини и глини понякога с органични примеси.

Пролувиални - се наричат наслагите на временните потоци. Изградени са от несортирани ръбести камъни, чакъл, пясък и пясъчлива глина.

Еолични наслаги - представени са от натрупвания на продукти, пренесени от вятъра. В тази група са льосовите почви, пясъчни дюни, бархани и други.

Езерните утайки - се делят на пресноводни и соленоводни. Пресноводните утайки са представени от ясно напластени чакъли, брекчии, пясъци и глини. В горната част на езерните наслаги обикновено са разположени пластове торф с различна дебелина. В съвременните езера често се срещат слаби, неуплътнени тини и тинести пясъци с увеличено съдържание на органични вещества. Утайките на солените езера обикновено са гипс и каменна сол.

3. ЗЪРНОМЕТРИЧЕН СЪСТАВ

За строителните свойства на почвите, важно значение има размерът на частиците съдържащи се в определен обем почва – зърнометричен състав. Това е количественото

съотношение на твърдите минерални частици, групирани според едрината на зърната, изразено в проценти от масата на изследваното сухо количество почва – фракции. Зърнометричният състав може да се определя чрез пресяване (за частици с диаметър $d > 0,063$ mm) и чрез свободно утаяване на частиците във водна суспензия (ареометров анализ) за частици с диаметър $d \leq 0,063$ mm. Зърнометричният състав се изразява числено чрез процентите на различните по големина зърна или графично, чрез зърнометрична крива. Зърнометричната крива представлява сумарната крива, получена от нанесените по абсцисата диаметри на зърната, в логаритмичен мащаб и масовите процент на зърната, по- малки от съответния диаметър, нанесени по ординатата е аритметричен мащаб. В табл. 1 и 2 са дадени отделните фракции съгласно старите и новите норми по БДС.

Табл. 1. Фракции на зърната съгласно БДС [2]

Основни фракции	Диаметър на зърната [mm]	Подфракции	Диаметър на зърната [mm]
Валуни	>200	-	-
Чакъл	200 – 2	едър среден дребен	200 – 20 20 – 5 5 – 2
Пясък	2 – 0,1	едър среден дребен	2 – 0,5 0,5 – 0,25 0,25 – 0,1
Прах	0,1 – 0,005	едър ситен	0,1 – 0,01 0,01 – 0,005
Глина	< 0,005	едра колоидна	0,005 – 0,001 < 0,001

Табл. 2. Фракции на зърната съгласно БДС EN ISO 14688 [2]

ПОЧВЕНИ ФРАКЦИИ	ПОДФРАНКЦИИ	СИМВОЛИ	РАЗМЕРИ НА ЧАСТИЦИТЕ [MM]
Много едрозърнеста	Големи валуни	LBo	над 630
	Валуни	Bo	200 ÷ 630
	Камъни	Co	63 ÷ 200
Едрозърнеста	Чакъл	Gr	2,0 ÷ 63
	Едър чакъл	CGr	20 ÷ 63
	Среден чакъл	MGr	6,3 ÷ 20
	Дребен чакъл	FGr	2,0 ÷ 6,3
	Пясък	Sa	0,063 ÷ 2,0
	Едър пясък	CSa	0,63 ÷ 2,0
	Среден пясък	MSa	0,2 ÷ 0,63
	Дребен пясък	FSa	0,063 ÷ 0,2
Финозърнеста	Прах	Si	0,002 ÷ 0,063
	Едър прах	CSi	0,02 ÷ 0,063
	Среден прах	MSi	0,0063 ÷ 0,02
	Ситен прах	FSi	0,002 ÷ 0,0063
	Глина	Cl	под 0,002

4. ФИЗИЧНИ СВОЙСТВА НА ПОЧВИТЕ

Физични свойства на почвите са друга група важни свойства на почвите. Тук спадат различните видове обемна плътност и обемни тегла, обем и коефициент на порите, водното съдържание, консистентните граници, относителна плътност, оптималното водно съдържание и др.

Обемната плътност ρ представлява масата на пробата в естествено състояние, отнесена към обема на пробата. Обемното тегло γ се получава като отнесем теглото на пробата в естествено състояние, към обема на пробата. Дефинирани са още няколко вида обемни плътности и обемни тегла [8]: обемно тегло на скелета γ_d - теглото на скелета, получена при изсушаване на пробата при 105° , съотнесена към целия обем на почвата; специфично обемно тегло γ_s е обемното тегло на твърдата фаза; обемно тегло на водонаситената почва γ_t е обемното тегло на почва, на която всички пори са запълнени с вода; обемно тегло на почвата под вода γ' е обемното тегло на почва, върху почвените частици на която действа подемната сила на водата.

Отношение между общия обем на порите в почвата към целия обем на почвата се нарича обем на порите (n), а отношение между обема на порите в почвата към обема на твърдата фаза се нарича коефициент на порите (e).

Свойствата на насипа и почвите в голяма степен зависят от водното съдържание. Водно съдържание на почвите се нарича отношението на масата на водата в почвата към масата на почвените зърна.

Пластичност и консистенция – състоянието на дадена почва в зависимост от водното и съдържание се нарича консистенция. Различават се няколко вида консистенции – твърда, полутвърда, пластична и течна. Консистенцията се изменя в точно определени и специфични за всеки вид почва водни съдържания, наречени граница на консистенцията. В земната механика са приети за важни три от шестте установени граници на консистенция – граница на протичане, граница на източване и граница на свиване. Границата на протичане е водното съдържание при което почвата преминава от течна в пластична консистенция или обратното – W_L . Граница на източване е водното съдържание на границата между пластичната и полутвърдата консистенция – W_P . При това водно съдържание почвата става трошлива. Граница на свиване е водното съдържание при което почвата практически не свива повече W_s . Когато свързаната почва изсъхва, тя се свива в следствие на нарастване на капилярните сили и намаляването на обема на порите. Границата на свиване е на границата между твърда и полутвърда консистенция на почвата. Показател на пластичност I_p е разликата между границата на протичане и на източване, а показател на консистенция I_c е показател, който се изчислява от границата на протичане w_L и на източване w_P с помощта на водното съдържание на почвата w . Съгласно БДС-EN ISO 14688-2, в зависимост от показателя на консистенция почвите се характеризира както е показано в табл. 3.

Табл. 3. Класификация на почвите съгласно БДС-EN ISO 14688-2 в зависимост от I_c [2]

Консистенция на прахови почви и глини	Показател на консистенцията I_c
Много мека	< 0,25
Мека	0,25 до 0,50
Средно твърда	0,50 до 0,75
Твърда	0,75 до 1,00

Много твърда	> 1,00
---------------------	------------------

5. ЯКОСТНИ И ДЕФОРМАЦИОННИ СВОЙСТВА НА ПОЧВИТЕ

Всички методи за определяне на устойчивостта на откоси са свързани т. нар. якостни параметри на почвата – ъгъл на вътрешно триене и кохезия. Якост на срязване е съпротивлението, което едно твърдо тяло оказва на тангенциалните срязващи сили. Якостта на срязване показва максималното тангенциално напрежение, което едно тяло поема преди да се среже, т.е. максималната тангенциална сила, отнесена към площта на разрушаване. Почвата се разрушава, когато срязващото натоварване достигне якостта на срязване. Якостта на срязване се описва чрез два параметъра: якостният параметър ϕ описва частта, зависеща от нормалното напрежение σ (триене), а параметърът c – частта на якостта на срязване, която не зависи от σ (кохезия). Съществуват два метода за определянето им- плоско и триосово срязване. В зависимост от вида на изпитването те могат да бъдат консолидирано- недренирано; консолидирано- дренирано и неконсолидирано- недренирано.

Деформацията на земната основа е от изключително значение за сигурността и експлоатационната пригодност на насипите. Особеното при почвите, за разлика от останалите строителни материали, е силно изразеното нелинейно и нееластично поведение. В земната механика се дефинират различни деформационни модули: компресионен модул; общ деформационен модул; еластичен модул; E_{50} и др. При проектиране на насипи трябва да се подхожда с голямо внимание към избора на конкретен модул на почвата, с който се правят изчисленията.

6. ПОЛЕВИ МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СВОЙСТВАТА НА ПОЧВИТЕ

Точното определяне на почвените параметри оказва съществено влияние при проектирането на пътни насипи. Полевите методи се използват заедно с лабораторните методи в пътното строителство както за определяне на свойствата на почвата, така и за контрол на уплътняването на насипите и/или ефекта от заздравяване [4, 9]. Разработени са редица полеви методи, като при тях резултатите се получават индиректно, чрез корелационни зависимости. Най- използваните са: стандартизирано пенетрационно изпитване (SPT); динамична пенетрация (DPSH, DPH, DPM, DPL), статична пенетрация (CPT(U)) ; статична шампа (PLT); динамична шампа (DPLT); проктор (CBR) и др.

7. НОРМАТИВНИ ИЗИСКВАНИЯ ПРИ НАСИПИ

Нормативните изисквания за допустимите материали за изграждане на насипи в пътното строителство са дефинирани в Наредба № РД-02-20-2 от 28 август 2018 г. за проектиране на пътища [3] и Техническа спецификация на АПИ 2014 г. [6] Параметрите на почвите, заложените в нормативите, се базират на класификацията на почвите по американския стандарт AASHTO (Американска асоциация на държавните служители на магистралите и транспорта) и заложените в него изисквания за материалите. Класификацията се базира единствено на зърнометричния състав и консистентните граници -граница на протичане и източване, на почвите и материалите. Подробно те са показани на фиг. 1. От количествата на отделните фракции се определя коефициента на разнозърненост, от който могат да се направят и други заключения за

свойствата на почвите. Като например равностепенните почви са по-силно водопроникувани, а разностепенните са по-капиларни. При почви, при които обемът на праховата фракция е висок, могат да се очакват изменения в обема на цялата почва, дължащи се на обемна непостоянност. Тази особеност е от особено значение за насипните тела, особено когато ефектите от набъбване не могат да се определят в провежданите изпитвания или мащабният фактор (при високи насипи) е от съществено значение за крайните деформации. Поради тези причини в класификацията по AASHTO на почвите и почвено-инертни смеси, почвите са разделени в групи и подгрупи според относителното количество преминал материал пред сита с отвори № 10, № 40, № 200, както и консистенция (показател на пластичност, представляващ разликата в границата на протичане, при което водно съдържание почвата преминава от течна в пластична консистенция и обратно, и границата на източване, при което водно съдържание почвата преминава от твърда в пластична консистенция и обратно). Класификацията е приложена в таблица 1, дефинираща групи почви А-1 (подгрупи А-1-а и А-1-б), А-2 (А-2-4, А-2-5, А-2-6, А-2-7), А-3, А-4, А-5, А-6, А-7.

Фиг. 1. Класификация на почви и смеси от почви и зърнести материали [3]

Обща класификация	Зърнести материали (35 % или по-малко частици, преминали през сито 0,063 mm)							Прахово-глинести материали (35 % или повече частици, преминали през сито 0,063 mm)			
	А-1		А-3	А-2				А-4	А-5	А-6	А-7
Групова класификация	А-1-а	А-1-в		А-2-4	А-2-5	А-2-6	А-2-7				А-7-5 А-7-6
Зърнометричен състав (преминали тегловни проценти) през сито:											
2,000 mm	не повече от 50										
0,425 mm	не повече от 30	не повече от 50	не по-малко от 51								
0,063 mm	не повече от 15	не повече от 25	не повече от 10	не повече от 35	не повече от 35	не повече от 35	не повече от 35	не по-малко от 36	не по-малко от 36	не по-малко от 36	не по-малко от 36
Характеристики на фракцията, преминала през сито 0,425 mm,				не повече от 40	не по-малко от 41	не повече от 40	не по-малко от 41	не повече от 40	не по-малко от 41	не повече от 40	не по-малко от 41

граница на протичане W_L , %											
Показател на пластичност I_p , %	не повече от 6	не пластични	не повече от 10	не повече от 10	не по-малко от 11	не по-малко от 11	не повече от 10	не повече от 10	не по-малко от 11	не по-малко от 11	
Кратко описание	скални късове, чакъл и пясък	фин пясък	прахов или глинест чакъл и пясък				прахови почви		глинести почви		
Обща оценка като земна основа	отлична до добра						средна до лоша				

Почви с високо съдържание на органични вещества (торф, торфени наноси) могат да бъдат класифицирани като група А-8. Класифицирането им се основава на визуална оценка и не зависи от зърнометричния състав и консистентните им граници. Тези почви се характеризират с висока степен на деформируемост и ниска носимоспособност., поради което не се влагат при изграждането на насипи. Като неподходящи за влагане в насипното тяло са също така почви в замръзвало състояние, глини с граница на протичане $w_L > 45$ % или с показател на пластичност $I_p > 27$ %; несвързани почви с водно съдържание, превишаващо с повече от 10,00 % оптималното водно съдържание; свързани почви с водно съдържание, превишаващо с повече от 5,00 % оптималното водно съдържание; както и особени почви, склонни към samozапалване или характеризиращи се с опасни физични и химични характеристики, изискващи специални мерки за изкопаване, обработка, складиране, транспортиране и депониране.

Според Наредбата за проектиране на пътища, за изграждане на зона А на земното тяло при насип за автомагистрала, скоростни пътища и пътища I клас се използват почви и материали от група А-1, а за останалите класове пътища - от групи А-1, А-2-4 и А-2-5. Използваните почви и материали трябва да отговарят на техническите изисквания във фиг. 1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представените свойства на почвите оказват влияние върху поведението на пътните насипи. Те са меродавни при избора на метод на заздравяване или армиране на насипите, технология на изпълнение и евентуално подобряване на свойствата на земната основа. Те са база за сравнение на основните нормативи, използвани в световната практика при проектиране и изпълнение на пътни насипи.

REFERENCES / ИЗПОЛЗВАНИ ИЗТОЧНИЦИ

- [1] Germanov T., Zemna mehanika, 1999
- [2] Ilov G., Germanov T., Zhelev, Zh., Kirov, B., Denev, D., Mihova, L., Varbanov, R., Totsev, A., Todorov, M., Ivanov, Iv., Geotehnicheskо proektirane. Rakovodstvo po Geotehnika, разработено согласно изискванията на Evrokod 7., 2012

[3] M. Ruseva, Totsev A., Metodi za opredelyane na efekta oit zazdravyavane na slaba zemna osnova. XI Mezhdunarodna nauchna konferentsiya "Proektirane I stroitelstvo na sgradi I saorazheniya", Varna, 2020

[4] M. Ruseva, Totsev A., Tsimentovi raztvori pri zazdravyavane na zemnata osnova, Godishnik na UASG, 2020

[5] Naredba № RD-02-20-2 ot 28.08.2018 za proektirane na patishta

[6] Tehnicheska spetsifikatsiya na API, 2014

[7] Totsev A., Prilozhenie na metoda na impulsnoto uplatnyavane za namalyavane na slyaganeto na zemnata osnova, Sedma natsionalna konferentsiya po patishta s mezhdunarodno uchastie, 2014

[8] Totsev A., Laboratorni uprazhneniya po zemna mehanika, 2008

[9] Totsev A., Polevi geotehnicheski metodi, 2020