

Получена: 22.12.2017 г.

Приета: 21.05.2018 г.

РАЗВИТИЕ НА ЯКОСТНИТЕ И ДЕФОРМАЦИОННИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СТАБИЛИЗИРАНИТЕ С ХИДРАВЛИЧНИ СВЪРЗВАЩИ ВЕЩЕСТВА МАТЕРИАЛИ

А. Михов¹, В. Николов²

Ключови думи: стабилизация на пътна основа с хидравлични свързващи вещества

РЕЗЮМЕ

Настоящият доклад представя експериментално изследване за развитието на якостта и модула на еластичност на стабилизирани с различни по клас на якост хидравлични свързващи вещества за пътища. За целите на изследването бяха проведени изпитвания на смеси с три класа по якост хидравлични свързващи вещества и изпитани за три периода на отлежаване.

Въз основа на резултатите от теста бяха предложени уравненията за оценка на развитието с времето на якостта на едноосен натиск и модул на еластичност за различните по клас на якост свързващи вещества.

1. Въведение

Стабилизирани основни пластове представляват смес от скални материали с определена зърнометрия, точно дозирано количество хидравлично свързващо вещество и вода, която след уплътняване и период на свързване образува устойчив свързан материал [1]. Поради своите качества този материал намира изключителна приложимост за изпълнение на стабилизирани основни пластове при еластичните, полутвърдите и коравите пътни конструкции. В зависимост от вида на обработваните материали – рециклиран асфалт, скални или земни почви, се определя и приложението и целта на обработ-

¹ А. Михов, инж., гр. София, aleksandar.mihov@gmail.com

² Валентин Николов, доц. д-р инж., кат. „Пътища и транспортни съоръжения“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: nikolov_hpc@abv.bg

ката. Настоящото изследване се фокусира върху свойствата на стабилизирани с хидравлични свързващи вещества скални материали със зърнометрия, попадаща в определени граници. Тези материали са с относително постоянни качества и се отличават с много висока якост и коравина. Изпълнените с тези материали конструктивни пластове в пътното строителство първоначално формират плочи с определена коравина и поведението им зависи основно от якостта на материала и модула му на еластичност. Тези характеристики също така са от решаващо значение за оразмеряване на пътните конструкции, които отчитат връзката между напрежение и деформации и умората на материала. [2, 3].

Поради простотата на метода на изпитване якостта на едноосен натиск е най-често отчитаният критерий при проектирането на смеси за изграждане на стабилизирани основни пластове. Редица изследвания предлагат емпирични връзки между якостта на едноосен натиск и якостта на опън при огъване или разцепване, които са от полза при оразмеряването на стабилизирани основни пластове. Установено е, че якостта на опън при огъване и разцепване на стабилизирани с хидравлични свързващи вещества е в порядъка около 20 – 25% и 10 – 15% от якостта на едноосен натиск [4]. В строителната практика в България като основен параметър при оразмеряването на пътни конструкции е залегнал модулет на еластичност на материала. С навлизането на хидравличните свързващи вещества за пътища с различни класове по якост (HRB 12,5; 22,5; 32,5) като стабилизиращ агент в обработката на основните пластове възниква и необходимостта от детайлно познаване на поведението им и еластичните им характеристики.

Методите за определяне на реалистичен модул на еластичност на стабилизирани с хидравлични свързващи вещества материали са сложни поради трудностите, свързани с изпитването и тълкуването на резултатите от теста. Поради тези трудности за целите на проектирането е възможно да бъдат приети емпирични зависимости между натисковата якост и модула на еластичност. Много предишни проучвания предлагат отношения между якостта на натиск и модула на еластичност [5]. Според тези проучвания се приемат различни отношения в зависимост от вида на обработвания материал и неговите качества. За ниско якостни бетони и стабилизирани с хидравлични свързващи вещества материали, Thompson [4] препоръчва използването на връзката за нормалния бетон, разработена от Американския институт по бетон (ACI).

Това проучване изследва поведението на материалите, стабилизирани с хидравлични свързващи вещества, свързани с развитието на якостта на едноосен натиск и модула на еластичност при едноосен натиск. Методът за установяване на тези свойства и развитието им във времето са разработени въз основа на данните, получени в това проучване.

2. Входни параметри

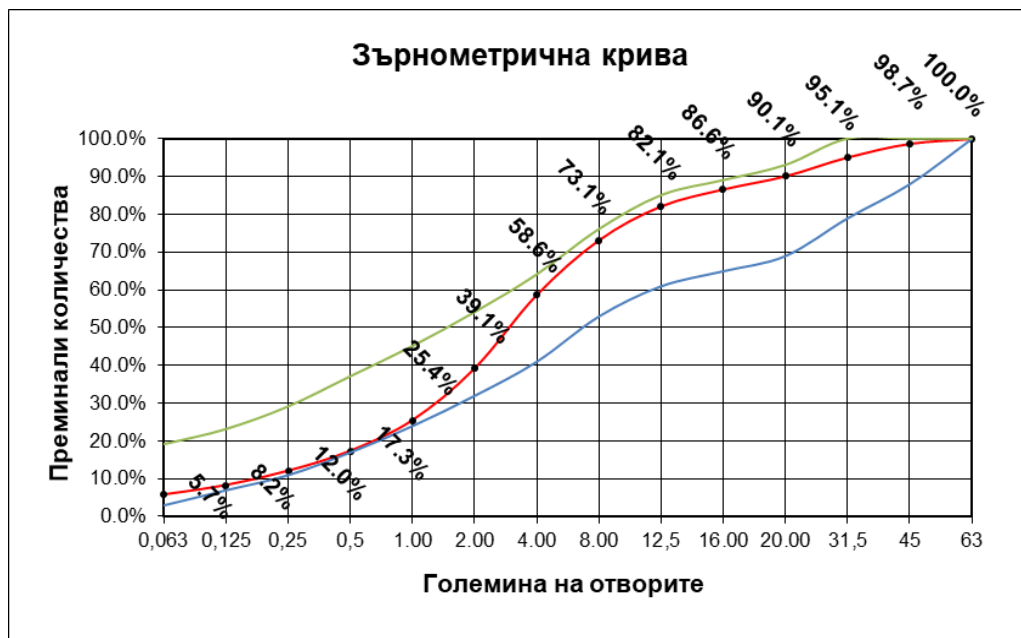
2.1. Скален материал

За целите на проучването беше използван скален материал от пътната основа на реален обект – Път KRZ2212 (Звънарка – Скалак). Размерът на зърната е 0 до 45 mm, а зърнометрията им изцяло попада в границите, дадени в ТС 2014 на АПИ. Табл. 1 показва резултатите от проведения зърнометричен анализ и зърнометричната линия на изследвания материал.

Както се вижда от графиката, зърнометричната линия попада изцяло в границите на оптималния зърнометричен състав.

Таблица 1. Зърнометричен състав на стабилизираната смес

Сито [mm]	Резултати от изпитването		Допустими стойности	
	Стандарти/ валидни методи	Преминали количества [%]	Долна граница [%]	Горна граница [%]
63,0	БДС EN 933-1:2012	100,0%	100,0%	100,0%
45,0		98,7%	88,0%	100,0%
31,5		95,1%	79,0%	100,0%
20,0		90,1%	69,0%	93,0%
16,0		86,6%	65,0%	89,0%
12,5		82,1%	61,0%	85,0%
8,0		73,1%	53,0%	76,0%
4,0		58,6%	41,0%	64,0%
2,0		39,1%	32,0%	54,0%
1,0		25,4%	24,0%	45,0%
0,5		17,3%	17,0%	37,0%
0,250		12,0%	11,0%	29,0%
0,125		8,2%	7,0%	23,0%
0,063		5,7%	3,0%	19,0%



Фиг. 1. Зърнометрична крива на стабилизираната смес

2.2. Свързващи вещества

Като стабилизиращо вещество за целите на проучването беше използвано Хидравличното свързващо вещество за пътища (HRB) с три различни класа по якост:

- E2 – HRB 12,5;
- E3 – HRB 22,5;
- E4 – HRB 32,5.

В табл. 2 са показани специфичните изисквания на БДС EN 13282-1 към използваните хидравлични свързващи вещества.

Таблица 2. Изисквания към хидравличните свързващи вещества [6]

Съществена характеристика	Начин на деклариране на експлоатационен показател клас/измерителна единица на нивото	Метод за изпитване съгласно	Национални изисквания за определяне на			
Якост на натиск: след 7 дни след 28 дни	Клас MPa	БДС EN 196-1:2006	Класове по якост Гранични нива съгласно БДС EN 13282-1:2013, точка 7.1			
			E2	E3	E4	E4-RS
			>5,0	> 10,0	> 16,0	> 16,0
			> 12,5 <32,5	>22,5 <42,5	> 32,5 <52,5	>32,5
Време на начало на свързване	min	БДС EN 196-3:2005+A1:2009, точка 6	Гранични нива съгласно БДС EN 13282-1:2013, точка 7.2.1 > 90 за E2, E3, E4 <90 за E4-RS			
Ситност на смилане	% по маса	БДС EN 196-6:2010	Гранично ниво съгласно БДС EN 13282-1:2013, точка 7.2.2 < 15			
Обемопостоянство	mm	БДС EN 196-3:2005+A1:2009, точка 7	Гранично ниво съгласно БДС EN 13282-1:2013, точка 7.2.2 < 10			
Съдържание на сулфати	% по маса	БДС EN 196-2:2013, точка 4.4.2	Гранично ниво съгласно БДС EN 13282-1:2013, точка 7.3 < 4			
Опасни вещества – съдържание на водоразтворим хром (VI)	% от теглото на цимента в сухо състояние	БДС EN 196-10:2006	Гранично ниво < 0,0002			

2.3. Вода

Водата трябва да бъде чиста и свободна от вредни концентрации на киселини, основи, соли и други органични и химични вещества.

3. Експериментален план

Бяха избрани четири експериментални параметъра, за да се изследват свойствата на стабилизираните смеси и тяхното поведение във времето. Избраните параметри са:

- Клас по якост на хидравличното свързващо вещество.
- Период на отлежаване на втвърдената смес.
- Постигнато уплътнение на сместа в пробното тяло.
- Водно съдържание на пробното тяло.

За всяко едно от трите класа по якост хидравлично свързващо вещество беше съставена рецепта. Различните класове по якост хидравлични свързващи вещества бяха дозирани в теглови части спрямо масата на стабилизиращия материал, като съотношението беше определено предварително при проектирането на всяка една от смесите. С всяка една от трите смеси бяха изготвени по три пробни тела за три периода на отлежаване. Тази комбинация доведе до изпитването на общо 9 експериментални случая.

Табл. 3 показва направените комбинации на изпитваните смеси. Както е показано, тестовите смеси бяха обозначени чрез идентификационен код, който указва променливите на смесите. Първата двойка (E2; E3; E4) указва класа по якост на хидравличното свързващо вещество. Второто число показва количеството свързващо вещество в теглови части от масата на сместа. Третото число обозначава периода на отлежаване, а четвъртото – поредния номер на пробното тяло.

Таблица 3. Матрица на експерименталните комбинации

Клас по якост св. вещество	Количество св. вещество	Период на отлежаване		
		7 дни	28 дни	90 дни
E2 (HRB 12,5)	6 M%	E2-6-7-1	E2-6-28-10	E2-6-90-19
		E2-6-7-2	E2-6-28-11	E2-6-90-20
		E2-6-7-3	E2-6-28-12	E2-6-90-21
E3 (HRB 22,5)	5 M%	E3-5-7-4	E3-5-28-13	E3-5-90-22
		E3-5-7-5	E3-5-28-14	E3-5-90-23
		E3-5-7-6	E3-5-28-15	E3-5-90-24
E4 (HRB 32,5)	4 M%	E4-4-7-7	E4-4-28-16	E4-4-90-25
		E4-4-7-8	E4-4-28-17	E4-4-90-26
		E4-4-7-9	E4-4-28-18	E4-4-90-27

3.1. Проектиране на сместа

Количеството свързващо вещество беше определено при проектирането на състава. Първо беше определено количественото съотношение на скалните материали и проверено дали отговарят на изискванията за зърнометричния състав от табл. 1. След това със сухата смес от скални материали и свързващото вещество бяха приготвени три зема с различно количество свързващо вещество.

На всеки замес беше определено оптималното водно съдържание и модифицираната плътност на скелета, съгласно изискванията на БДС EN 13286-2. С получените резултати бяха приготвени пробни тела и след съхранение седем дни на температура $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ и влажност на въздуха $(95 \pm 5)\%$ бяха изпитани за якост на натиск. Определенето на показателя „Якост на натиск на 7 ден“ се извърши съгласно БДС EN 13286-41.

Водното съдържание на изпитваните смеси при изготвянето на пробните тела отговаря на оптималното водно съдържание за достигане на максимално уплътнение за всяка една от смесите, определени по модифициран Проктор съгласно БДС EN 13286-2. От проведените изпитвания за определяне на оптимално водно съдържание беше установено, че смесите с ниския клас по якост свързващо вещество изискват по голямо количество добавена вода за достигане на максимална плътност в сравнение с другите смеси. Това се дължи на необходимостта от увеличаване на съдържанието на свързващо вещество с намаляване на класа му по якост с цел удовлетворяване на изискванията за натискова якост. Това води до увеличаване на фините частици в сместа, което увеличава абсорбцията на вода и до увеличаване на обемната плътност на сместа. Тази характеристика има особено значение за формирането на якостта на пробното тяло и влияе на модула на еластичност на втвърдената смес. По тази причина и тази характеристика беше взета под внимание при извършения анализ на резултатите.

3.2. Методи за изпитване

Якостта на едноосен натиск и модулет на еластичност на изпитваните смеси бяха определени на цилиндрични пробни тела с размери 100×200 mm, изготвени в съответствие с изискванията на EN 13286-50 „Метод за производство на пробни тела от хидравлично свързани смеси чрез апаратура по Проктор“, изпитване на якостта на едноосен натиск съгласно БДС EN 13286-41 „Метод за изпитване за определяне на якостта на натиск на хидравлично свързани смеси“ и определяне на модула на еластичност съгласно БДС EN 13286-43 „Метод за изпитване за определяне на модула на еластичност на хидравлично свързани смеси“.



Фиг. 2. Изпитвателна постановка за установяване на якост на натиск с регистриране на деформациите

Пробните тела отлежаваха при контролирана температура от 25 °C и 100% относителна влажност до определената възраст на изпитване. Изследванията бяха проведени на възраст от 7, 28 и 90 дни. Съгласно програма за изпитване бяха разгледани 9 различни тестови условия, съставени от комбинация от 3 различни клас по якост свързващи вещества за 3 периода на отлежаване. За всяко от 9-те тестови условия бяха изпитани по три пробни тела.

Всички изпитвания бяха проведени на електро-механична преса при натоварване, прилагано с постоянна скорост от 1,00 mm/min. Деформация на пробата беше проследена по време на изпитването с 2 електронни датчика за измерване на осовите деформации и един за диаметралните. Фиг. 2 показва изпитвателната постановка.

4. Резултати от проведените изследвания

4.1. Якост на едноосен натиск

Табл. 4 показва измерената якост на едноосен натиск на изпитваните смеси при различни периоди на отлежаване, като показаните стойности представляват средната стойност на три проби за съответната изпитвана смес.

Таблица 4. Средни стойности на якост на едноосен натиск

Клас по якост св-во	Период на отлежаване		
	7 дни	28 дни	90 дни
E2 (HRB 12,5)	4,669 MPa	9,206 MPa	10,716 MPa
E3 (HRB 22,5)	4,172 MPa	8,879 MPa	11,982 MPa
E4 (HRB 32,5)	5,075 MPa	9,061 MPa	12,174 MPa

Както може да бъде видяно, за всеки един от съответните периоди на отлежаване получените стойности за различните класове по якост свързващи вещества са в близък диапазон. Причината за това е, че при проектирането на смесите е търсено такова проектно количество на съответното свързващо вещество, че да бъдат изпълнени нормативните гранични изисквания за натискова якост на 7-ия ден.

Получените резултати за стабилизирани материали показват различен темп на нарастване на натисковата якост в зависимост от класа на свързващото вещество. Най-ниският клас по якост хидравлично свързващо вещество E2 (HRB 12,5) развива по-висока начална якост, но след 20-ия ден се наблюдава забавяне на нарастването и след 90-ия ден се различава с около 20% по-ниска якост в сравнение с по-високите класове свързващи вещества. Това вероятно да се дължи на по-високите процентни съдържания в стабилизираната смес, което води до подобряване на зърнометрията и съответно по-добро свързване в периода на началната якост. По тази причина постигнатите якости зависят до голяма степен от финия материал и не чак толкова от едрите фракции.

По-високите класове по якост свързващи вещества E3 (HRB 22,5) и E4 (HRB 32,5) показват приблизително сходно поведение по отношение на якостта на натиск и времето за отлежаване. След 90-ия ден достигнатите якости се доближават.

За оценка на развитието на натисковата якост с времето, предложените от Комитета на АСІ 209 коефициенти $a = 4,0$ и $b = 0,85$ за нормалния бетон бяха калибрирани според данните, получени в настоящето проучване. АСІ предлага следното уравнение:

$$f_c(t) = f_c(28) \frac{t}{a + bt}, \quad (1)$$

където $f_c(t)$ е якостта на натиск за определен период на отлежаване (t);

$f_c(28)$ – референтна 28-дневна натискава якост;

a, b – експериментални коефициенти.

Предлаганият от АСІ модел беше калибриран с данните от проведеното изследване на стабилизирани с различни хидравлични свързващи вещества смеси. Поради българските нормативни изисквания, съставянето на рецепти за стабилизирани смеси да се извършва въз основа на 7-дневната натискава якост, коефициентите към уравнение 1 бяха изведени като отношение към якостта на 7-ия ден за всеки един клас по якост свързващо вещество:

$$f_c(t) = f_c(7) \frac{t}{a + bt}, \quad (2)$$

където $f_c(t)$ е якостта на натиск за определен период на отлежаване (t);

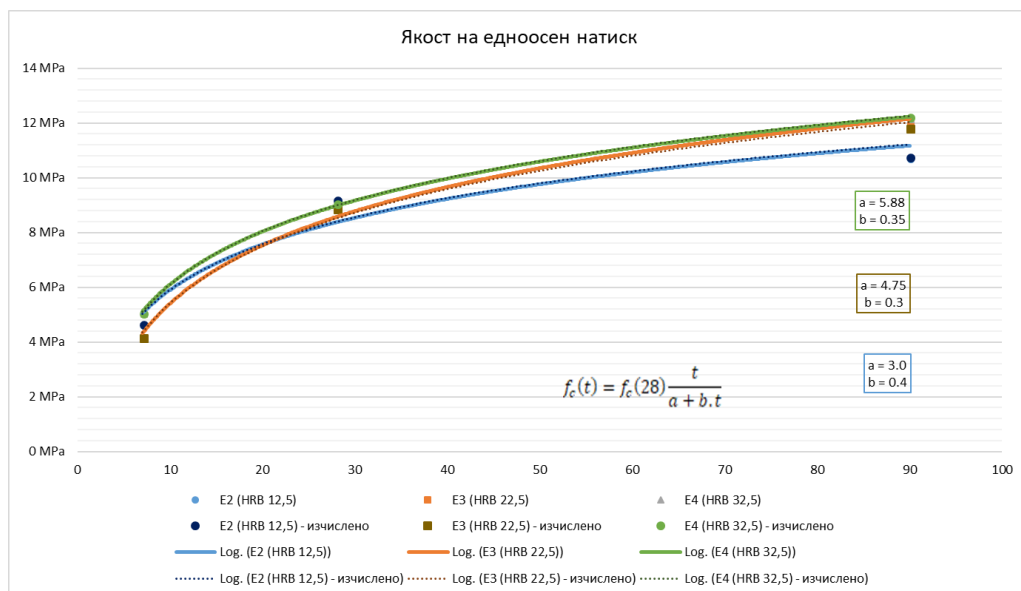
$f_c(7)$ – референтна 7-дневна натискава якост;

E2 (HRB 12,5) – $a = 3,00$; $b = 0,4$;

E3 (HRB 22,5) – $a = 4,75$; $b = 0,3$;

E4 (HRB 32,5) – $a = 5,88$; $b = 0,35$.

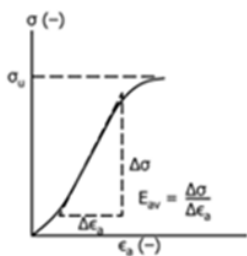
Фиг. 3 показва кривите от проведените изследвания на различните смеси и тези от прогнозите изчислени въз основа на предложеното уравнение.



Фиг. 3. Развитие на натисковата якост за различни периоди на отлежаване, съпоставени с изчислителните стойности

4.2. Модул на еластичност

Развитието на модула на еластичност на материалите, стабилизирани с хидравлични свързващи вещества, е изследвано въз основа на връзката напрежения-деформации, установени при проведените изпитвания за натискава якост. Модулът на еластичност беше определен като средна стойност на линейния участък между 20 и 40% от максималната натискава якост за съответния клас свързващо вещество и съответния период за отлежаване. Средната стойност на наклона на линейната част на кривата напрежение-деформации беше изчислена като частно на промяната на напрежението $\Delta\sigma$ към промяната на деформациите $\Delta\varepsilon$ в избрания участък.



$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{Pxl}{Ax\delta l}$$

Фиг. 4. Определяне на модула на еластичност, като средна стойност на линейен участък

Табл. 5 показва лабораторно установения среден модул на еластичност на изпитваните смеси при различни периоди на отлежаване.

Таблица 5. Средни стойности на якост на едноосен натиск, обемна плътност на скелета и модул на еластичност

Клас по якост св. вещество	7 дни			28 дни			90 дни		
	σ [MPa]	ρ_d [Mg/m ³]	E_{lin} [MPa]	σ [MPa]	ρ_d [Mg/m ³]	E_{lin} [MPa]	σ [MPa]	ρ_d [Mg/m ³]	E_{lin} [MPa]
E2 (HRB 12,5)	4,669	2,191	4548,9	9,206	2,160	8052,7	10,716	2,161	9683,1
E3 (HRB 22,5)	4,172	2,162	5933,3	8,879	2,166	11533,3	11,982	2,166	15665,9
E4 (HRB 32,5)	5,075	2,187	6929,8	9,061	2,169	12021,2	12,174	2,170	15934,3

Също както при резултатите от изпитването на натискава якост, модулът на еластичност на стабилизирани с по-нисък клас по якост свързващо вещество смеси са значително по-ниски от тези с високоякостните свързващи вещества. Ефектите от разгледаните променливи за развитието на модула на еластичността също са сходни с разгледаните при изследваните за натискава якост резултати. Съдържанието на свързващо вещество има косвено значение за развитието на коравината или модул на еластичност на стабилизация материал, тъй като то определя достигнатата натискава якост. В този смисъл при търсене на зависимост между якост на натиск и модул на еластичност, количеството свързващо вещество не следва да бъде вземано под внимание.

Въз основа на проведените изследвания беше установено, че развитието на модула на еластичност може да бъде изведено като отношение на якостта на натиск. Предлаганият от АСІ модел, показан в уравнение 3, е общоприет за оценяване на еластичния модул на цименто-свързани материали. Поради факта, че моделът е разработен въз

основа на данни, отнасящи се за бетонови смеси, натискските якости достигат стойности над 15 МРа, поради което не е приложим за бетони с по-ниска якост или в по-ранна възраст и може да не е приложим за материалите, стабилизирани с хидравлични свързващи вещества. По тази причина беше проведено настоящото проучване за установяване на връзката между якост на натиск и модула на еластичност на стабилизираните с хидравлични свързващи вещества смеси. Емпирично установените коефициенти и експоненти в уравнение 3 бяха калибрирани чрез резултатите, получени в това изследване. Калибрирането доведе до установяване на съответни за всеки един от трите класа свързващи вещества коефициенти, въз основа на които може да бъдат установявани модули на еластичност на материалите, стабилизирани с трите класа по якост хидравлични свързващи вещества. Влиянието на времето за отлежаване върху якостта на натиск за съответния период $f_c(t)$ може да бъде изчислено чрез уравнение 2. Следователно, когато 7-дневната якост на натиск е известна, зависимите от времето натискска якост и модул на еластичност на стабилизираните с хидравлични свързващи вещества материали може да бъдат установени с помощта на уравнения 2 и 3.

$$E(t) = c \rho^{1,5} f_c(t)^d, \quad (3)$$

където $E(t)$ е модул на еластичност за период на отлежаване t , [МРа];

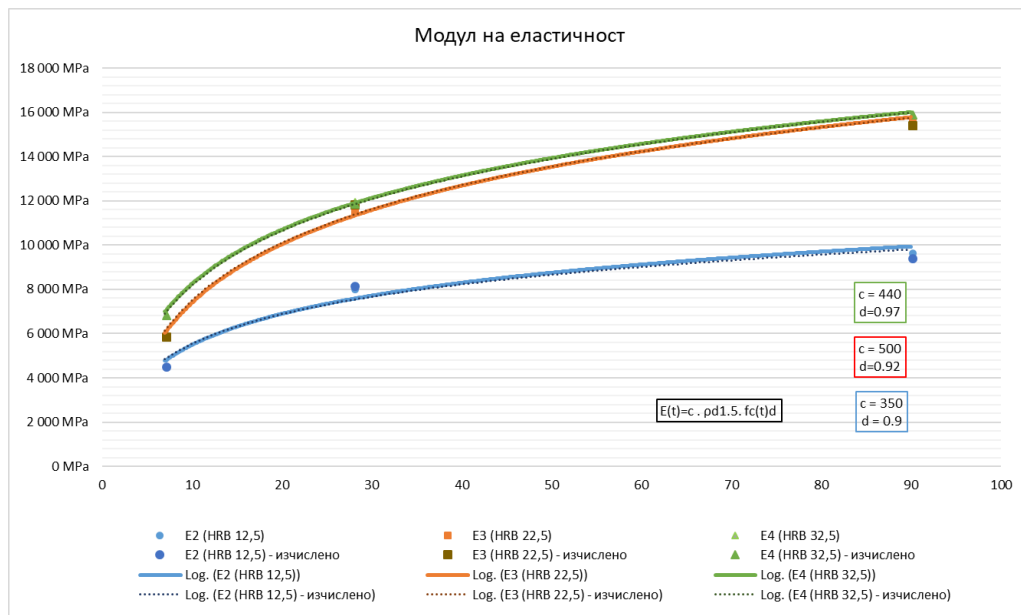
ρ – обемна плътност на скелета [Mg/m^3];

$f_c(t)$ – якост на едноосен натиск за период на отлежаване t [МРа];

E2 (HRB 12,5) – $c = 350$; $d = 0,9$;

E3 (HRB 22,5) – $a = 500$; $b = 0,92$;

E4 (HRB 32,5) – $a = 450$; $b = 0,97$.



Фиг. 5. Развитие на модула на еластичност за различни периоди на отлежаване, съпоставени с изчислителните стойности

Фиг. 4 показва типичната връзка напрежение-деформации, получени в това проучване за различните класове свързващо вещество при различни периоди на отлежаване. Видно е, че смесите с по-висок клас на якост свързващо вещество имат по рязко нарастване на еластичния модул типично за крехки материали като бетон, докато поведението на смесите с ниска якост образуват „равнина площадка“, което е типично поведение на несвързаните материали.

На фигурата се вижда графично съпоставяне на изчисления и лабораторно установения модул на еластичност за смеси, стабилизирани с хидравлични свързващи вещества, получени в настоящото проучване. Както може да бъде видяно, предложеният модел (уравнение 3) осигурява много добра връзка с експерименталните данни, като дава възможност за оценка за развитието на модула на еластичност на смесите, стабилизирани с всеки един от трите класа по якост хидравлични свързващи вещества.

Представената графична съпоставка на лабораторно установените модули на еластичност за изпитваните смеси и тези, установени въз основа на предложени изчислителен модел, показват много добро съвпадение. Коефициентът на корелация достига 0,99, което е показател за много доброто съвпадение на изчислените и измерени стойности. Това може да покаже стабилността на оценката въз основа на предложеният модел. Предложеният модел се очаква да бъде приложен за оценка на модула на еластичност за всеки един клас по якост свързващото вещество, независимо от неговото количество, както и вида на стабилизиращия материал. Предложеното уравнение в настоящото проучване обхваща всички използвани към момента класове по якост хидравлични свързващи вещества, като се очаква да бъдат обхванати якости на стабилизираните смеси в диапазона от 2 до 12 МПа.

5. Обобщение

В настоящото проучване беше експериментално изследвано поведението на материалите, стабилизирани с различен клас по якост хидравлично свързващо вещество по отношение на развитието на якост на натиск и модул на еластичност. Резултатите от изследването могат да бъдат обобщени както следва:

1. Стабилизираните материали имат различно поведение по отношение на якостта на натиск и времето за отлежаване. Най-ниският клас по якост хидравлично свързващо вещество E2 (HRB 12,5) развива по-бързо начална якост, но след 20-ия ден се наблюдава забавяне на нарастването и след 90-ия ден се различава с около 20% по-ниска якост в сравнение с по-високите класове свързващи вещества. Това може да се дължи на по-високите процентни съдържания в стабилизираната смес, което води до подобряване на зърнометрията и съответно по добро свързване в периода на началната якост.

2. По-високите класове по якост свързващи вещества E3 (HRB 22,5) и E4 (HRB 32,5) показват приблизително сходно поведение по отношение на якостта на натиск и времето за отлежаване. След 90-ия ден достигнатите якости се доближават.

3. Развитието на якостта на натиск на стабилизираните смеси може да бъде оценено чрез използване на уравнение 1, при известна начална якост на 7-ия ден, независимо от вида на материала и количеството на свързващото вещество. Въз основа на изведените експериментални коефициенти на уравнението може да бъде прогнозирано развитието на натисковата якост за трите класа по якост хидравлични свързващи вещества.

4. За даден вид скален материал развитието на якостта на натиск и модулът на еластичност на стабилизираните смеси са взаимно свързани. Основните променливи, които влияят на развитието на модула на еластичност, са натисковата якост и обемната плътност на скелета на уплътнената стабилизирана смес. Количеството на свързващото вещество влияе косвено, тъй като от него зависи достиганата якост.

5. Предложеното уравнение на АСІ за прогнозиране на модула на еластичност на нормалния бетон води до получаване на завишени стойности при стабилизация с хидравлични свързващи вещества. Уравнението е калибрирано на база на данните, получени в това проучване, като са изведени коефициенти за трите класа по якост хидравлични свързващи вещества.

6. Връзката между якостта на натиск и модула на еластичност, предложена за стабилизираните с хидравлични свързващи вещества материали (уравнение 3), е калибрирана за трите класа по якост хидравлични свързващи вещества Е2 (HRB 12,5), Е3 (HRB 22,5) и Е4 (HRB 32,5) и се очаква да бъдат обхванати якости на стабилизираните смеси в диапазона от 2 до 12 МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. PCA. Cement-Treated Aggregate Base. Report SR221.01S. Portland Cement Association, 1979.

2. PCA. Thickness Design for Soil-Cement Pavements. Bulletin EB068.01S, Portland Cement Association, 1970.

3. George, K. P. Characterization and Structural Design of Cement Treated Base. In Transportation Research Record 1288, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1990.

4. Thompson, M. R. Mechanistic Design Concept for Stabilized Base Pavements. Civil Engineering Studies, Transportation Engineering Series No.46, University of Illinois, Urbana, IL, 1986.

5. Lilley, A. A., R. I. T. Williams. Cement-Stabilized Materials in Great Britain. In Highway Research Record, HRB, National Research Council, Washington, D.C., 1973.

6. БДС EN 13282-1 Хидравлични свързващи вещества за пътища. Част 1: Бързо втвърдяващи хидравлични свързващи вещества за пътища. Състав, изисквания и критерии за съответствие.

DEVELOPMENT OF THE STRENGTH-STRAIN CHARACTERISTICS OF THE MATERIALS STABILIZED WITH HYDRAULIC BINDER

A. Mihov¹, V. Nikolov²

Keywords: stabilizing of road base with hydraulic road binders

ABSTRACT

The paper provides an experimental study of the development of strength and modulus of elasticity of stabilized road base with hydraulic road binders. For the purpose of the study, mixtures with three strength classes of hydraulic binders are tested for three aging periods.

Based on the test results, equations for estimating the development of compressive strength and modulus of elasticity of stabilized materials with time are proposed.

¹ A. Mihov, Eng., Sofia, e-mail: aleksandar.mihov@gmail.com

² Valentin Nikolov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Road Construction", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: nikolov_hpc@abv.bg