



*Приета: 18.03.2016 г.
Преработена: 11.04.2016 г.
Одобрена: 22.04.2016 г.*

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА НАНО-ПОДОБРИТЕЛИ И ФАЯЛИТ В ЦИМЕНТО-ПЯСЪЧНИ РАЗТВОРИ

М. Дончев¹, Н. Михайлов²

Ключови думи: рециклиране, фаялит, подобрители, активатори

РЕЗЮМЕ

В рамките на това изследване се представя ефектът от използването на нано-активаторите и техногенния отпадък – фаялит в цименто-пясъчните разтвори. Тук се изследват седем вида смеси в лабораторни условия. Оценката е направена на база изпитване на три основни механични показателя, а именно: „Якост на натиск“ и „Якост на опън при огъване“, съгласно БДС EN 196-1, и „Якост на индиректен опън“ в съответствие с БДС EN 12390-6.

1. Въведение

В световен мащаб постоянно навлизат добавки, които по една или друга причина се използват при производството на цименто-бетонни смеси. Основна причина за това са технико-икономическата оптимизация и свеждането до минимум на въздействията върху околната среда. Добавките от различно естество се борят с недостатъците при производството на цименто-бетонните смеси, особено когато става дума за дозиране и смесване на място, където условията не са идеални. Дозиране и смесване на място често се прилага при почвени стабилизации и ремонти на пътища.

Подобрителите, наричани още активатори, действат на нано-ниво и спомагат за по-добрата хидратация и увеличаване на плътността на кристалната решетка за единица

¹ Марин Дончев, ас. инж., кат. „Пътища“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: marin_sd@abv.bg

² Николай Михайлов, проф. д-р инж., кат. „Пътища“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: road.uacg@gmail.com

обем. Това е основна линия както за подобряване на якостно-деформационните параметри на сместа, така и за повишаване на нейната устойчивост при температурни промени и агресивни климатични въздействия [1].

Фаялитът (железен силикат) е прахообразен техногенен продукт с максимален размер на частиците от 200 μm , вж. [3], и преобладаваща едрина < 70 μm , вж. [2]. Този материал се получава като отпадък от медодобивната индустрия. Според химичния състав на фаялита, представен в [3], основните му съставки са Fe (44 – 50%) и SiO₂ (24 – 32%), а според [2] съединението Fe₂O₃ е > 60%. Обемната му плътност е около 3,6 t/m³, а насипната около 2,4 t/m³, вж. [2]. От една страна поради фиността си този материал би бил приложим за подобряване на плътността на минералния скелет на хидравличните смеси, което би спомогнало за подобряване на процеса на хидратацията и съответно за по-добра и равномерна реакция на цимента с активаторите. От друга страна, налице стои проблемът с необходимостта от рециклирането на различните видове отпадъци, към който са насочени усилията на общини, фирми и екологични организации. Необходимо е разработването на алтернативни методи за утилизация на тези отпадъчни материали, а възможна алтернатива е използването на фаялита, като инертна минерална добавка за композитни материали на циментова основа и др., обобщено от [4].

2. Цел и обхват на изследването

Целта на настоящото изследване е да се оцени ефектът на два вида нано-подобрители и фаялита при взаимодействието им с цимента при идеални условия (циментопясъчни разтвори). Ефектът ще бъде оценен на база три основни механични показателя на сместа (якост на опън при огъване (f_{ef}) съгласно [5], якост на натиск (R_c) съгласно [5] и якост на индиректен опън (R_{it}) в съответствие [6]).

В рамките на това изследване ще се провери дали въведените добавки подобряват или влошават механичните показатели на сместа и до каква степен. Това ще бъде основна линия за бъдещо изготвяне на реални смеси с материал от рециклирана пътна настилка.

3. Методичен подход

Във връзка с гореизложената цел ще бъдат изготвени и изпитани смеси от циментопясъчни разтвори в различни комбинации. Методичният подход е представен в четири стъпки:

- определяне на видовете смеси;
- проектиране на състава на смесите;
- изготвяне на пробни тела;
- изпитване на 7-мия, 14-тия и 28-мия ден.

3.1. Определяне на видовете смеси

За целта са избрани седем вида рецепти, а общите съставки са чист клинкеров цимент (СЕМ), минерален състав (кариера „Пет Могили“) – фракция 0/4 и вода. Вариращите съставки са Холандски Активатор за Пътища (ХАП), Швейцарски Активатор за

Пътища (ШАП) и фаялит (фракция < 0,063 mm). Изготвена е и самостоятелна рецепта с HRB 12,5 (Hydraulic Road Binder). С така описаните компоненти са дефинирани седем експериментални комбинации с произволни цифри между 1 и 10, вж. табл. 1.

Таблица 1. Експериментални комбинации

Номер	CEM	HRB 12,5	ХАП	ШАП	Фаялит
1	100%	-	-	-	-
6	100%	-	1% от CEM	-	-
5	100%	-	-	2% от CEM	-
7	60%	-	-	-	40%
8	60%	-	1% от CEM	-	40%
9	60%	-	-	2% от CEM	40%
2	-	100%	-	-	-

Седемте комбинации са генерирани с цел да се провери както ефектът на подобрителите (релативно и абсолютно), така и ефектът на фаялита в комбинация с цимента (с и без подобрителите). Сместа с HRB 12,5 е включена като референтна, тъй като HRB 12,5 се използва към днешна дата като основно хидравлично свързващо вещество при рециклирането на място на компрометирани пътни настилки в България.

Имената ХАП и ШАП са условни наименования на подобрителите (активаторите), избрани и валидни само в рамките на текущото изследване.

3.2. Проектиране на състава на смесите

Смесите са изготвени при водоциментов фактор 0,5 – 0,56, а циментът е дозиран тегловно като 1/3 от масата на минералния състав и това отговаря на 100% сухо вещество към минералните материали. В рамките на изследването фаялитът е категоризиран като сухо вещество и е използван като частичен заместител на цимента. Дозирането на ХАП и ШАП е в съответствие с предписанията на производителите.

3.3. Изготвяне на пробни тела

За всяка рецепта са изготвени по 12 кубчета (5 cm × 5 cm × 5 cm) и 9 призми (4 cm × 4 cm × 16 cm), вж. фиг. 1. Телата са уплътнени на вибромаса с константна честота.



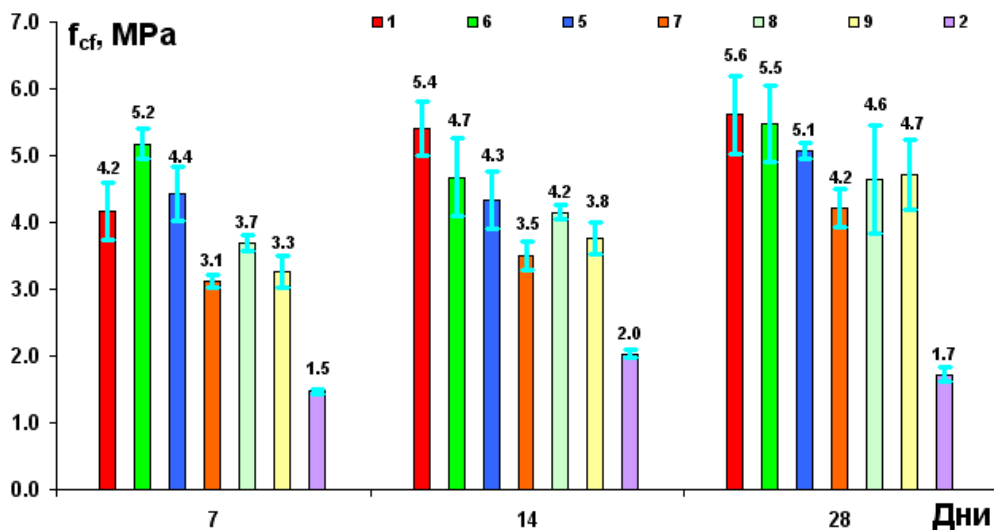
Фиг. 1. 9 броя призми и 12 броя кубчета

3.4. Изпитване на 7-мия, 14-тия и 28-мия ден

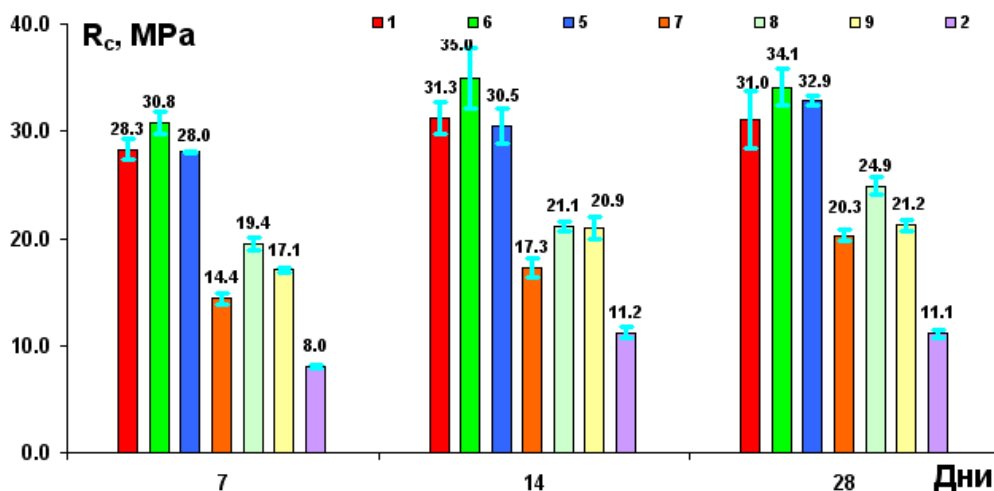
Изготвянето на рецептите, както и изпитванията, са извършени съгласно [5] и в съответствие с [6] в УСИЛ към УАСГ.

4. Резултати и дискусия

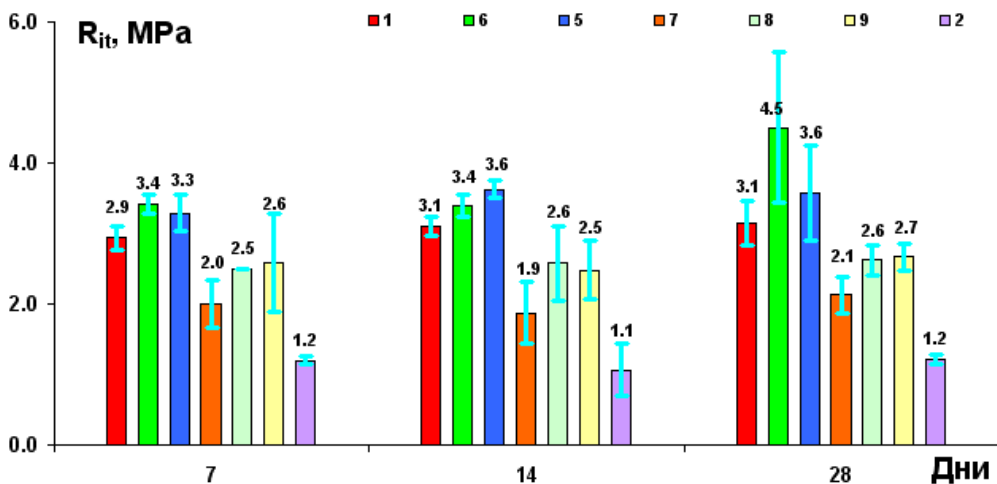
Резултатите от изпитването на пробните тела, именно „якост на опън при огъване (f_{cf})“, „якост на натиск (R_c)“ и „якост на индиректен опън“ (R_{it}) са представени на фиг. 2, фиг. 3 и фиг. 4.



Фиг. 2. Резултати относно якостта на опън при огъване – f_{cf} , МПа



Фиг. 3. Резултати относно якостта на натиск – R_c , МПа



Фиг. 4. Резултати относно якостта на индиректен опън – R_{it} , МПа

Параметрите (f_{cf} , R_c , R_{it}) показват пропорционално поведение помежду си. Изключенията, които се явяват като аномалии (например малки понижения на якостите от 14-тия ден спрямо 7-мия ден респ. понижение на 28-мия спрямо 14-тия ден) се обясняват с допустимата неточност.

Спорно е поведението на смесите само с цимент (рецепта 1) спрямо тези, в които той е в комбинация с ХАП (рецепта 6) и ШАП (рецепта 5). Недвусмислено смесите с ХАП показват по-високи резултати спрямо тези с ШАП на 7-мия и 28-мия ден, но разликата не е голяма.

При рецепта 7 количеството цимент е намалено с 40% по маса, а като заместител в същото количество (40%) по маса е въведен фаялитът. Резултатите от трите изследвани параметъра показват приблизително пропорционално понижаване на якостните характеристики спрямо вложеното количество фаялит, респ. отнетото количество цимент.

Рецепти 8 и 9 са с параметрите на рецепта 7, а разликата е само в това, че тук са въведени активаторите (ХАП в рецепта 8 и ШАП в рецепта 9). Поведението на рецепти 8 и 9 е приблизително пропорционално на поведението на рецепти 6 и 5. Релативното понижение на изследваните параметри тук наподобява това между рецепти 1 и 7.

Сместа, при която е приложена рецепта 2, се явява със значително по-ниски параметри спрямо останалите. Ако се съди по поведението на рецепта 7, може да се предположи, че ако се замени определено количество цимент с фаялит, ще бъдат постигнати якостните характеристики на рецепта 2.

5. Заключение

Резултатите в рамките на проведеното изследване показват спорно поведение на смесите с чист цимент спрямо тези, в които той е в комбинация с ХАП и ШАП, а замесите с ШАП и ХАП показват много близки якостни характеристики една спрямо друга.

Наблюдава се пропорционално понижаване на якостните характеристики спрямо отнетото и заместено с фаялит количество цимент.

Препоръчително е всички комбинации от това изследване да се приложат и в реални условия (полеви и лабораторни), с материал от рециклирана пътна настилка.

Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка по договор БН-160/2014 е подкрепена финансово от Център за научни изследвания и проектиране при УАСГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дончев, М.* Изследване на якостно-деформационните характеристики на смеси за рециклиране на място обработени с HRB 12,5. Сборник с доклади, XVI Международна научна конференция ВСУ, 2016.
2. <http://bulgaria.aurubis.com/bg/nashijat-biznes/produkti/zhelezen-silikat-fajalit>.
3. <http://ss.mgu.bg/doc/aurubis1.pdf>.
4. *Назърски, Д., Рустовски, И.* Разработване на състави и изследване на свойствата на циментови композиционни материали с използване на добавъчен материал от фаялит. Технически доклад, ЦНИП към УАСГ, 2013.
5. БДС EN 196-1:2006: Методи за изпитване на цимент. Част 1: Определяне на якост.
6. БДС EN 12390-6:2009: Изпитване на втвърден бетон. Част 6: Якост на опън при разцепване на пробни тела.

STUDY ON THE INFLUENCE OF NANO-ADDITIVES AND FAYALITE IN CEMENT-SAND MIXES

M. Donchev¹, N. Mihaylov²

Keywords: *recycling, nano additives, fayalite*

ABSTRACT

This study examines the influence of the use of the nano-additives and technogenic waste – fayalite in the cement-sand mixtures. Seven mixtures are prepared and tested in the lab. The evaluation is based on testing three mechanical properties: "Compressive and Flexural Strength" according to BS EN 196-1 and "Indirect Tensile Strength" in accordance with BS EN 12390-6.

¹ Marin Donchev, Assist. Prof. Eng., Dept. "Road Construction", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: marin_sd@abv.bg

² Nikolay Mihaylov, Prof. Dr. Eng., Dept. "Road Construction", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: road.uacg@gmail.com