

УДК 625.8:691

**ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНОВ НА  
ГЕОШЛАКОВОМ ВЯЖУЩЕМ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**Грачева Ю.В.**

*канд. технических наук, доцент*

*ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет архитектуры и  
строительства*

*Россия, г. Пенза*

**Глухова С.В.**

*магистрант*

*ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет архитектуры и  
строительства*

*Россия, г. Пенза*

**Аннотация**

В работе изучены деформационные характеристики бетонов на геошлаковом вяжущем, такие как призмная прочность, модуль упругости, предельной сжимаемости и растяжимости, коэффициент Пуассона, границы микротрещинообразования. Даны рекомендации по применению бетонов на геошлаковом вяжущем для дорожного строительства.

**Ключевые слова:** бетон на геошлаковом вяжущем, деформационные показатели, призмная прочность, модуль упругости, модуль предельной сжимаемости, модуль предельной растяжимости, коэффициент Пуассона.

**DEFORMATION CHARACTERISTICS OF CONCRETE ON SLAG BINDER  
FOR ROAD CONSTRUCTION**

***Gracheva Yu. V.***

*Ph.D, Associate Professor*

*FGBOU VO Penza State University of Architecture and Construction*

*Russia, Penza*

***Glukhova S. V.***

*undergraduate*

*FGBOU VO Penza State University of Architecture and Construction*

*Russia, Penza*

### **Abstract**

The paper studies the deformation characteristics of concretes based on a geoslag binder, such as prismatic strength, modulus of elasticity, ultimate compressibility and tensile strength, Poisson's ratio, boundaries of microcracking. Recommendations are given on the use of concretes based on geoslag binder for road construction.

**Keywords:** concrete on geoslag binder, deformation indicators, prismatic strength, elastic modulus, modulus of ultimate compressibility, modulus of ultimate tensile, Poisson's ratio.

Магистрантом кафедры "Геотехника и дорожное строительство" Пензенского ГУАС проведены исследования деформационных свойств бетонов на геотекстильном вяжущем и дана оценка возможности применения их в дорожном строительстве.

При определении деформационных и прочностных параметров разработанных вяжущих и бетонов на их основе встают вопросы, связанные с формированием структуры цементного камня. По мнению авторов [6] при развитии представлений о разрушении структуры бетона под влиянием внешних факторов необходимо предусматривать влияние различных

Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМН Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

составляющих структуры цементного камня. К таковым относятся кристаллические новообразования с наличием пор, капилляров, воздушных включений и воды [2].

В структуре цементного камня в зависимости от содержания свободной и адсорбционной воды могут образовываться различные связи частиц в кристаллизационных структурах, таковыми являются коагуляционные связи с водными прослойками в месте контакта, точечные после высушивания, фазовые при срастании кристаллов в месте контакта. Процесс деформирования под нагрузкой кристаллических новообразований, имеющие различные виды контактов, различен. Структура цементного камня значительно видоизменяется в зонах контакта с заполнителем.

Введение в состав вяжущего заполнителей приводит к значительному изменению структуры и свойств материала, при этом снижается неравномерное оседание и водоотделение теста, повышается модуль упругости и возникают малопрочные контакты. Для бетонов со средним В/В отношением (около 0,5) по мере увеличения количества заполнителя в составе приводит к быстрому снижению усадки. При этом значение прочности на разрыв и разрыв при изгибе и прочности на сжатие снижается медленнее [5, 6].

Поверхность зерен заполнителей в результате адсорбционного взаимодействия с продуктами гидратации вяжущего способствует образованию зародышей кристаллогидратной фазы, при этом возможно прочное срастание заполнителей с растущими кристаллогидратами. Свойства зоны контакта цементного камня и заполнителя в значительной степени влияют на прочность, долговечность и физико-механические свойства бетона. Структурообразование цементного камня происходит по разному в объеме и на границе с заполнителем. Следовательно, для понимания закономерностей поведения заполнителей бетона в условиях нагружения необходимо учитывать реальную структуру бетона и его композиционную основу – цементный камень.

Механизм структурообразования геошлаковых вяжущих и бетонов на их основе [1-4, 6] сложен и зависит от разнообразия применяемых шлаковых, щелочных компонентов, реакционноактивных и не реакционноактивных заполнителей, условия формирования структуры и ее твердение в различных условиях и других факторов. Учитывая все это, можно предложить, что деформационные и прочностные параметры геошлаковых материалов будут несколько отличаться от традиционных на портландцементе.

Известные формулы прочности и деформированности бетона от В/В отношения, активности цемента, от концентрации и прочности гидратных новообразований [6] не отражают процессы разрушения композиционных материалов. В работах [2, 6] показано, что разрушение бетона при сжимающих нагрузках начинается с микроразрушений, которые можно обнаружить с помощью ультразвука или при анализе изменения объемных деформаций, измеряя точными методами продольные и поперечные деформации в процессе ступенчатого нагружения.

В соответствии с теорией [6], предлагается на кривой, отражающей зависимость изменения объема  $\Delta\theta$  образца от уровня нагружения  $\sigma/R_{пр}$ , определяемого по формуле  $\Delta\theta = \varepsilon_1 - 2 \cdot \varepsilon_2$ , где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ , соответственно продольные и поперечные деформации на каждой ступени нагружения, выделить две точки  $R_T^0$  и  $R_T^\sigma$  (нижняя и верхняя параметрическая точка). Граница  $R_T^0$  на диаграмме состояния соответствует наименьшее время прохождения ультразвука через образец, связанное с уплотнением структуры материала до определенного уровня нагружения. Развитие разуплотнения, появление микротрещин фиксируется ультразвуком в промежутке между точками  $R_T^0$  и  $R_T^\sigma$ . Граница свидетельствует о превалировании микроразрушений над процессами уплотнения. На этой границе мы имеем равенство величин объемных деформаций сжатия и растяжения материала. При напряжениях, превышающих границу  $R_T^\sigma$ , процесс разрушения структуры

Дневник науки | [www.dnevniknauki.ru](http://www.dnevniknauki.ru) | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

## ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

материала интенсивно прогрессирует и величина  $\Delta\theta$  резко падает, обозначая на кривой деформирования перегиб, по расположению которого можно сделать вывод о трещиностойкости исследуемых композиционных материалов.

Для исследования деформационных показателей разработанных геошлаковых вяжущих были отформованы призмы из бетона сечением – 70x70x280 мм, а для растяжения - в виде восьмерок 70x70x280 мм, с сечением в узкой части 50x70 мм.

В качестве заполнителя использовался песок Архангельского месторождения Пензенской области с  $M_{кр} = 1,5$ . В качестве крупного заполнителя использовался известняк Пензенской области фракции 5-10 мм.

Полученные результаты измерения деформативных показателей бетонов сведены в табл. 1, 2.

Таблица 1 – Деформативные показатели бетонов при сжатии

Вяжущее	Нагрузка, кгс	$R_{факт}/R_{пр}$	$\epsilon_{прод} \times 10^{-5}$	$\epsilon_{попер} \times 10^{-5}$	$\sigma$ , МПа	$E \times 10^{-3}$ , МПа	$\epsilon$ Пуассона	$\theta \times 10^{-5}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
На цементе (бетон М300)	0	0	0	0	0	0	0,13	0
	1150	0,1	7,9	1,6	2,4	29,7		4,7
	2300	0,2	19,3	2,6	4,7	24,3		14,1
	3450	0,3	29,9	4,6	7,0	23,5		20,7
	4600	0,4	39,2	8,0	9,4	23,9		23,2
	5750	0,5	51,6	10,9	11,7	22,7		29,8
	6900	0,6	66,2	15,5	14,1	21,3		35,2
	8050	0,7	83,3	22,0	16,4	19,7		39,3
	9200	0,8	105,2	35,6	18,8	17,8		34,0
	10350	0,9	136,2	57,1	21,1	15,5		22,0
	11500	1,0	173,0	148,5	23,5	13,6		-124
На геошлаковом вяжущем	0	0	0	0	0	0	0,1	0
	1150	0,1	7,6	0	2,9	37,6		7,6
	2300	0,2	18,3	0,4	5,7	31,2		17,5
	3450	0,3	34,2	2,6	8,6	25,1		29,0
	4600	0,4	54,0	7,7	11,4	21,2		38,6
	5750	0,5	78,5	16,5	14,3	18,2		45,5
	6900	0,6	110,1	39,8	17,1	15,5		30,5
	8050	0,7	150,6	71,1	20,0	13,3		8,0
	9200	0,8	195,9	140,3	22,9	11,7		-84,7
	10350	0,9	243,4	267,7	25,7	10,6		-292,0
	11500	1,0	299,0	423,0	28,6	9,6		-547,0

Таблица 2 – Деформативные показатели бетонов при растяжении

Вяжущее	Нагрузка, кгс	$R_{факт}/R_{пр}$	$\epsilon_{прод} \times 10^{-5}$	$\sigma$ , МПа	$E \times 10^{-1}$ , МПа
1	2	3	4	5	6
На цементе (бетон М300)	0	0	0	0	0
	66	0,1	2,5	0,2	7,5
	132	0,2	3,3	0,4	11,4
	198	0,3	3,5	0,6	16,2
	264	0,4	4,8	0,8	15,7
	330	0,5	5,7	0,9	16,5
	396	0,6	6,3	1,1	18,0
	462	0,7	7,0	1,3	18,9
	528	0,8	7,5	1,5	20,1
	594	0,9	7,8	1,7	21,8
	660	1,0	8,1	1,9	23,3
На геошлаковом вяжущем	0	0	0	0	0
	27	0,1	1,4	0,1	5,5
	54	0,2	3,1	0,2	5,0
	81	0,3	3,9	0,2	5,9
	108	0,4	5,2	0,3	5,9
	135	0,5	6,3	0,4	6,1
	162	0,6	7,7	0,5	6,0
	189	0,7	10,0	0,5	5,4
	216	0,8	11,5	0,6	5,4
	243	0,9	13,8	0,7	5,0
	270	1,0	16,0	0,8	4,8

Из табл.1, 2 видно, что изменение параметров структуры материала за счет введения мелкого и крупного заполнителей, как на цементе, так и на геошлаковом вяжущем приводит к изменению контролируемых показателей: призмочной прочности, модуля упругости, предельной сжимаемости и растяжимости, коэффициента Пуассона, границы микротрещинообразования.

Таким образом, основываясь на полученные деформационные характеристики бетонов на геошлаковом вяжущем можно предположить, что введение исследуемых вяжущих может улучшить технико-эксплуатационные свойства дорожному покрытию: увеличение твердости и прочности дорожного покрытия, а соответственно, и сроков эксплуатации.

**Библиографический список:**

1. Высоцкая М.А. Молимермодифицированные материалы для дорожно-строительной отрасли / Высоцкая М.А., Кунцов Д.А., Русина С.Ю. //Иновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений: сборник материалов. – БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 2013. – С. 91-95.
2. Грачева Ю.В. Теоретические и технологические аспекты получения низкощелочных геосинтетических вяжущих и развитие методологии оценки их долговечности: моногр. / Ю.В. Грачева. – Пенза: ПГУАС, 2020 - 160 с.
3. Калашников В.И. Особенности оценки длительной водостойкости геосинтетического вяжущего, модифицированного реакционно-активными добавками / В.Н. Блясов // Приволжский научный журнал. Н. Новгород: ННГАСУ. 2012. №1. С. 62–66.
4. Калашников В.И. Экспресс-метод для оперативного прогноза длительной водостойкости геосинтетических и геошлаковых вяжущих / В.И. Калашников, Ю.В. Грачева, Е.Ю. Миненко // Вестник Государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. Издательство: Волгоградский архитектурно-строительный университет (Волгоград) ISSN: 1815-4360. – 2013. - № 30. – С. 162-168.
5. Морев М.И. Современные технологии обогащения зернистых материалов / Морев М.И., Сарвас А.С., Дергунов С.А. // Тенденции развития науки и образования. – 2016. – № 13-3. – С. 12-16.
6. Москвин Р.Н. Каустифицированные минеральношлаковые композиционные материалы: диссертация на соискание ученой степени кандидата тех. наук / Р.Н. Москвин; науч. рук. В.И. Калашников. - Пенза, 2005 г.

*Оригинальность 85%*