

side, while resting on a riser mounted under its middle. To determine the stress-strain state, a general method of plate calculation, developed by one of the authors of the article, was used. The method is based on splitting the plate into a series of longitudinal and transverse bands that work together. This allows calculating the plate for any type of transverse load and for any scheme of geometric anisotropy of the plate. It is

shown that the system resolution differs sharply in different cross sections.

Keywords: plate, clamping the side, longitudinal strips, transverse strips, system of equations, system flexibility index.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-98-4-318-322

УДК 691.327

Сопов В.П., Корх О.І.

*Харківський національний технічний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: vsopov@ukr.net, korholeksandra@gmail.com;
orcid.org/0000-0001-8050-3932, orcid.org/0000-0002-2225-5093)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНІВ НА СКЛЯНИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ

Метою даної роботи є дослідження властивостей бетонних сумішей на скляних заповнювачах. На виробництво бетону витрачається багато природних ресурсів та енергії, що в умовах глобальних кліматичних змін є негативним показником. У технології чистих бетонів передбачається заміна природного заповнювачу на вторинний. Тому в даному дослідженні був використаний скляний бій в якості крупного та дрібного заповнювачів. Для виготовлення бетонних сумішей були використані портландцемент ПЦ 500 Н криворізького заводу, щебінь гранітний фракції 5-10 кременчуцького родовища, пісок річковий, скло звичайне прозоре фракції 0,16-2,5 та фракції 5-10. Кількість скляних заповнювачів у процентному відношенні визначено на основі результатів закордонних досліджень. Дрібний та крупний заповнювач замінювали у кількості 30%. Були запроєктовані 4 склади бетонів, в яких №1 контрольний, №2 заміна дрібного заповнювачу, №3 заміна дрібного та крупного заповнювачів разом, №4 заміна крупного заповнювачу при зменшенні В/Ц. Міцність визначали на зразках кубах 15×15×15 см. Також проводили вимірювання середньої густини та рухливості. Встановлено що вміст скла не впливає на показник середньої густини. Рухливість сумішей зменшується з використанням скла, що може бути усунено при використанні хімічних добавок. Найбільшу міцність отримав зразок з №4, на 28,94% більше ніж у контрольного зразка, за рахунок меншого вмісту води. Серед рухливих сумішей зразок №3 всього на 1,62% відрізнявся за міцністю від №1, що каже про доцільність одночасної заміни крупного та дрібного заповнювачів на скляний.

Ключові слова: скляний заповнювач, сталий розвиток будівництва, лужно-кремнеземиста реакція, «зелений бетон».

Вступ. Останнім часом швидко зростає стурбованість глобальними кліматичними змінами, які викликані великою кількістю викидів парникових газів та значним споживанням сировинних матеріалів [1]. Будівельна індустрія, зокрема виробництво бетону, також значно впливає на ріст викидів CO₂, головним чином за рахунок виробництва цементу та видобутку природних заповнювачів [2, 3]. У зв'язку з цим з'являється поняття «сталий розвиток» [4]. Сталий розвиток будівництва слідує основного принципу, що споживання енергії та ресурсів внаслідок будівництва та експлуатації споруди має бути зведено до мінімуму. Що стосується більш чистих

технологій отримання бетону, то основними цілями є:

- скорочення викидів CO₂;
- зменшення споживання енергії або палива, одержуваного з викопних речовин у процесі виробництва цементу;
- скорочення речовин, які можуть загрожувати здоров'ю чи навколишньому середовищу, наприклад, використання декількох видів хімічних речовин у бетонній суміші;
- заощадження використання цементу шляхом використання відходів інших промисловостей;

- використання нових цементних матеріалів, таких як неорганічні полімери, активовані лугом цементи, магнезійний цемент та сульфоалюмінатні цементи;
- можливість переробки цементу / бетону;
- використання альтернативних заповнювачів [5].

В Україні наразі також приділяється багато уваги на вивчення властивостей «зелених бетонів». Наприклад, у роботі авторів [6] досліджували можливість застосування сонячної енергії для теплової обробки бетону. Дана технологія дає можливість значно зменшити використання електроенергії. Авторами праці [7] проаналізовані деформативні властивості бетонів, в яких частину цементу заміщували золошлаками котлів з циркуляційним киплячим шаром. Результати наведених досліджень вирішують тільки декілька проблем технологій чистих бетонів. У вітчизняній літературі, у порівнянні з закордонною, досить мала кількість робіт, які вивчають властивості бетонів на альтернативних заповнювачах. До таких заповнювачів може належати скляний бій [8]. В залежності від свого розміру, може бути використаний у бетоні як дрібний чи крупний заповнювач [9, 10], у будівельному розчині як пісок [11], а також застосовуватися у якості пуццолановмісної добавки [12, 13]. Крім того, переробка відходів скла є економічним та екологічно чистим джерелом заміни сировинних матеріалів для виробництва бетону та будівельних розчинів [14]. Основною проблемою використання скляного бою є неконтрольована реакція лугів з кремнеземом [15]. Чим більший вміст скла, тим більша можливість виникнення реакції даного типу.

Метою роботи є дослідження зміни властивостей бетонних сумішей на скляних заповнювачах при заміні частини крупного та дрібного заповнювачів окремо та одночасно, без втрати запроєктованих властивостей. Досягнення поставленої мети було виконано при поставлених задачах, наведених нижче:

- вивчення результатів робіт іноземних авторів, щодо застосування скла в бетонах;
- підбір складів бетонів з різним процентом вмісту скла;
- визначення властивостей бетонних сумішей;
- виготовлення зразків бетонів;
- випробування зразків на міцність на стиск;
- аналіз результатів дослідження.

Матеріали та методи досліджень.

При проведенні досліджень були використані: цемент ПЦ 500 Н виробництва Хальдеберг-цемент Україна згідно з ДСТУ Б В.2.7-46:2010 «Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови» [16]; крупний заповнювач: гранітний щебінь Фр.5-10 кременчуцького родовища згідно з ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови» [17], скляний бій Фр 5-10 білого кольору; дрібний заповнювач: пісок річковий безлюдівського родовища $M_k=1,1$ згідно ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови» [18], відсів зі скляного бою Фр.0,16-2,5. Для випробувань збуло запроєктовано 3 склади рухливих та 1 склад жорсткої бетонної суміші, з яких №1 – стандарт, звичайний склад без заміни заповнювачів, №2 – заміна частини дрібного заповнювачу на скляний, №3 – заміна частини крупного і дрібного заповнювачів., №4 – жорстка суміш із заміною частини крупного заповнювачу. Відсоток заміни був прийнятий на рівні 30%, на основі вивчених результатів іноземних досліджень. Склади бетонів наведені у таблиці 1. Бетону суміш виготовляли у бетонозмішувачах примусової дії. При виготовленні суміші витримувалася наступна послідовність: щебінь, пісок, цемент, вода, змішування протягом 5 хв. Зразки були виготовлені у металевих формах. До випробування зразки зберігались у камері нормального твердіння при $t=18\pm 2^\circ\text{C}$ та вологості повітря 80 – 90%.

БУДІВНИЦТВО

Таблиця 1 – Склади бетонів для лабораторних випробувань

	№1	№2	№3	№4
Щебінь	7,7	7,7	5,39	5,39
Пісок	4,9	3,43	3,43	4,9
Цемент	2,8	2,8	2,8	2,8
Скляний бій	-	-	2,31	2,31
Скляний пісок	-	1,47	1,47	-
Вода	1400	1400	1400	900

Випробування були проведені на зразках-кубиках розмірами 15×15×15 см. Випробування були проведені за стандартною методикою згідно з ДСТУ Б В.2.7-114 - 2002 «Суміші бетонні. Методи випробувань» [19]. Міцність зразків бетону у віці 1, 3 і 28 діб визначали згідно ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками» [20].

Результати досліджень. Для визначення можливості заміни природного заповнювача на вторинний важливе значення мають такі властивості бетонних сумішей як густина, рухливість та міцність на стиск. Результати випробувань, які були проведені іншими дослідниками мають досить суперечливі результати. Але основна їх кількість свідчить про те, що використання вторинного скла як заповнювачу не більше 30% не призводять до неконтрольованої лужно-кремнеземистої реакції. З результатів випробувань на міцність, які були виконані у даному дослідженні, можна побачити що міцність бетонів на скляних заповнювачах має трохи меншу міцність, але ця різниця не є суттєвою (рис.1).

На рис. 2 наведені показники міцності жорсткої бетонної суміші з крупним скляним заповнювачем у порівнянні зі

звичайною сумішшю. Різниця у міцності є значною, на що вплинула менша кількість води та застосування скляного бою. Зазвичай реакції лугів з кремнеземом сприяє вміст лугів, кремнезему і вологи. Тому зменшення кількості води може зменшити можливість виникнення реакції даного типу.

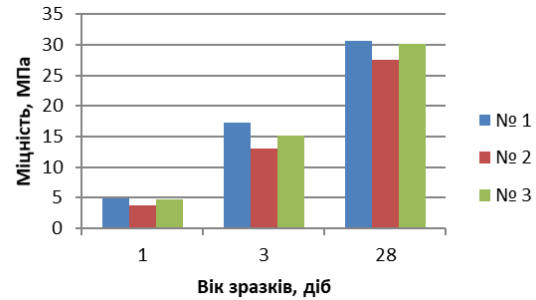


Рис.1. Міцність на стиск рухливих бетонних сумішей

Найбільш ефективним за показником міцності є склад №3, так як при одночасній заміні крупного і дрібного заповнювачів він досяг майже однакової міцності на стиск з контрольним зразком.

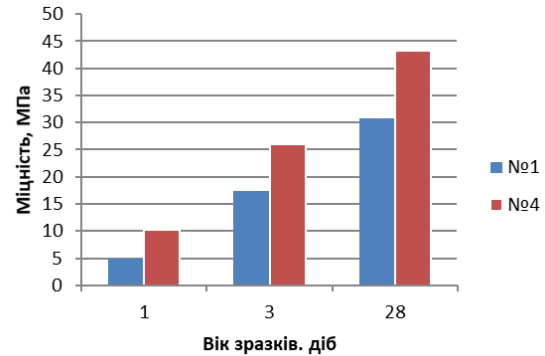


Рис. 2. Міцність на стиск жорсткої бетонної суміші

Також для визначення властивостей бетонів визначались інші характеристики такі як рухливість та густина. Дані випробувань наведені у табл.2.

Таблиця 2 – Властивості бетонних сумішей

№ складу	Склад бетонної суміші, кг/м ³					Середня густина, кг/м ³	Розплив конусу, см	R _{ст} , МПа
	цемент	щебінь	пісок	скляний бій	скляний пісок			
1	400	1100	700	–	–	2,336	7	30,7
2	400	1100	490	–	210	2,332	4	27,5
3	400	770	490	330	210	2,334	2	30,2
4	400	770	700	330	–	2,338	0	43,2

Не дивлячись на те що подрібнене скло має гладку поверхню, рухливість бетонних сумішей зі склом була зменшувалась зі збільшенням кількості скла. Найменша рухливість спостерігалась у зразку №3. Вірогідно це пов'язано з вугловою формою скляних чіпсів, так як вона перешкоджає руху заповнювачу один між одним. Також з таблиці видно, що показники густини бетонних сумішей усіх зразків майже не відрізняються, тому можна сказати що вміст скла у кількості 30% не зменшує вагу бетону.

Висновки. Під час проведення досліджень були визначені основні властивості бетонних сумішей зі скляними заповнювачами. Так жорстка суміш №4 отримала більшу міцність на 28,94% у порівнянні з контрольною рухливою сумішшю №1. Найбільшу міцність серед рухливих сумішей, досяг зразок з скляним дрібним і крупним заповнювачами. Різниця між складами №3 і №1 складає 1,62%. Використання скляного бою може знизити рухливість бетонних сумішей, на що потрібно звертати увагу під час проектування складу суміші.

На основі цих результатів можна сказати, що скляні заповнювачі можна використовувати у якості заміни природних, але не перевищуючи їх кількість більше ніж 30%. Також рекомендується використовувати хімічні добавки для зниження В/Ц, яке може впливати на розвиток руйнівних реакцій. Надалі потребується проведення більш тривалого експерименту для визначення розвитку реакції лугів з кремнеземом та її вплив на міцність бетону у довготривалій перспективі.

ЛІТЕРАТУРА:

- European Environment Agency. *The European environment – state and outlook 2010: synthesis*. European Environment Agency, Denmark, 2010. P. 69-89
- World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. Oxford University, UK. 1987. P.37-38
- Malhotra V.M. Making concrete "greener" with fly ash. *Concrete International*. 1999. Vol. 21. № 5. P. 61-66.
- Burck J., Marten F., Bals C. Climate Change Performance Index. *Germanwatch and Climate Action Network Europe*. 2014.
- Suhendro B. Toward green concrete for better sustainable environment. *Procedia Eng*. 2014. Vol. 95. P. 305-320.
- Кугаєвська Т.С., Шульгін В.В. Лабораторні дослідження теплової обробки бетонних зразків нагрітим повітрям. *Науковий вісник будівництва*, 2014. т.78. № 4. С. 276-283.
- Сопов В.П., Ахмеднабієв Р. М., Ахмеднабієв Р. Р. Деформативність бетонів з використанням золотшлаків котлів з циркуляційним киплячим шаром. *Науковий вісник будівництва*, 2019. т. 96. № 2. С. 272-279.
- Сопов В.П., Корх О.І. Метод утилізації скляного бою у виробництві бетону. *Будівельні матеріали та виробу*, Київ. 2018. т. 99. № 5- 6. С.38-40.
- Iqbal Malik M., Bashir M., Ahmad S., Tariq T., Chowdhary U. Study of Concrete Involving Use of Waste Glass as Partial Replacement of Fine Aggregates, *Journal of Engineering*. 2013. Vol. 3. P. 8-13.
- Tan K.H., Du H. Use of waste glass as sand in mortar: Part I – Fresh, mechanical and durability properties, *Cement and Concrete Composites*. 2013. Vol. 35. P.109-117.
- Bentchikou M., Bouriah S., Hamdane N., Debieb F., Boukendakdji O. Comparative studies of properties of mortars with recycled glass aggregates incorporated by addition and substitution, *Energy Procedia*. 2017. № 139. P. 499-504.
- Lisa m. Federico. *Waste glass - a supplementary cementitious material*, McMaster University Hamilton. 2013. P. 97
- Gautam S., Kumar A., Afaqu M. A review report on comparative study of waste glass powder as pozzolanic material in concrete, *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2016. Vol. 03. P. 500-503.
- Bignozzi M, Saccani A., Barbieri L., Lancelotti L. I. Glass Waste as Supplementary Cementing Materials: The Effects of Glass Chemical Composition. *Cement & Concrete Composites*. 2014. Vol. 55. P. 45-52.
- Grinys A., Bocullo V., Gumuliauskas A. Research of Alkali Silica Reaction in Concrete with Active Mineral Additives, *Journal of sustainable architecture and civil engineering*. 2014. Vol. 6. № 1. P. 34-41.
- ДСТУ Б В.2.7-46:2010 «Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови». Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 21 с.
- ДСТУ Б В.2.7-75-98 «Щебінь і гравій цільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови». Київ: Мінрегіон України, 2013. 66 с.
- ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Пісок цільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови». Київ: Держкоммістобудування України, 1996. 35 с.
- ДСТУ Б В.2.7- 114 - 2002 «Суміші бетонні. Методи випробувань». Київ: Державний

Сопов В.П., Корх А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНОВ НА СТЕЛЯННЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ. Целью данной работы является исследование свойств бетонных смесей на стеклянных заполнителях. На производство бетона расходуется много природных ресурсов и энергии, что в условиях глобальных климатических изменений является негативным показателем. В технологии чистых бетонов предполагается замена природного заполнителя на вторичный. Поэтому в данном исследовании был использован стеклянный бой в качестве крупного и мелкого заполнителей. Для изготовления бетонных смесей были использованы портландцемент ПЦ 500 Н криворожского завода, щебень гранитный фракции 5-10 Кременчугского месторождения, песок речной, стекло обычное прозрачное фракции 0,16-2,5 и фракции 5-10. Количество стеклянных заполнителей в процентном отношении определены на основе результатов зарубежных исследований. Мелкий и крупный заполнитель заменяли в количестве 30%. Были запроектированы 4 склада бетонов, в которых №1 контрольный, №2 замена мелкого заполнителя, №3 замена мелкого и крупного заполнителей вместе, №4 замена крупного заполнителя при уменьшении В/Ц. Прочность определяли на образцах кубах 15×15×15 см. Также проводили измерения средней плотности и подвижности. Установлено, что содержание стекла не влияет на показатель средней плотности. Подвижность смесей уменьшается с использованием стекла, может быть устранена при использовании химических добавок. Наибольшую прочность получил образец с №4, на 28,94% больше чем у контрольного образца, за счет меньшего содержания воды. Среди подвижных смесей образец №3 всего на 1,62% отличался по прочности от №1, что говорит о целесообразности одновременной замены крупного и мелкого заполнителей на стеклянный.

Ключевые слова: стеклянный наполнитель, устойчивое развитие строительства, щелочно-кремнеземистая реакция, «зеленый бетон».

Sopov V., Korkh O. RESEARCH OF CONCRETE PROPERTIES WITH GLASS AGGREGATES. The aim of this work is to study the properties of concrete mixtures with glass aggregates. Concrete production consumes a lot of natural resources and energy, which is a negative indicator in the context of global climate change. In green concrete technology, replace natural aggregate into recycled. Therefore, in this study, glass cullet was used as a coarse and fine aggregate. For the manufacture of concrete mixtures, Portland cement ПЦ 500 N of the Kryvyi Rih plant, crushed stone of granite fractions 5-10 from the Kremenchug quarry, river sand, ordinary transparent glass fraction 0.16-2.5 and fraction 5-10 were used. The number of glass aggregates as a percentage is determined based on the results of foreign studies. Fine and coarse aggregate was replaced in an amount of 30%. Four concrete depots were designed, in which №1 control, № 2 replacement of fine aggregate, № 3 replacement of coarse and fine aggregates together, №4 replacement of coarse aggregate with decreased in W / C ratio. Strength was determined on specimen cubes 15×15×15 sec. Also carried out measurements of average density and workability. It was found that the glass content does not affect the average density. The workability of the reducing with the use of glass; it can be eliminated with the use of chemical additives. The greatest strength was obtained with sample №. 4, 28.94% more than that of the control sample, due to the lower water content. Among other mixtures, sample №3 was only 1.62% different in strength from №1, which indicates the feasibility of simultaneously replacing coarse and fine aggregates with glass alternatives.

Key words: glass aggregate, sustainable development of construction, alkali-silica reaction, "green concrete".

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-98-4-322-331

УДК 51.77

Попова Д.В.

*Київський інститут міжнародних відносин КНУ ім. Т.Г. Шевченко
(вул. Ю. Ілленка, 36/1, Київ, Україна; e-mail: dianavpopova1995@gmail.com)*

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В БИЗНЕСЕ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ РЫНКАХ

Деятельность любого элемента исследуемой системы оказывает влияние на действие всех других. Поэтому для оценки любого решения необходимо определить все существенные для системы взаимосвязи, установить влияние каждой на поведение всей системы, а не только ее элемента. При анализе соотношения целого и части с использованием системного подхода определяющая роль принадлежит целому. Использование системного подхода дает возможность предсказать, как будет развиваться система, если изменится внешняя среда или какой-либо ее элемент. Поскольку системность органически присуща человеческой практике и мышлению,