

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-10-25-34

Кравцов А.И., Макаева А.А., Оденбах И.А.Оренбургский Государственный Университет***E-mail: alivkr@mail.ru*

О НЕКОТОРЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ СВЕТОПРОНИЦАЕМОГО БЕТОНА

Аннотация. Светопроницаемый бетон с прозрачными элементами на основе полиметилметакрилата является инновационным материалом, обеспечивающим энергоэффективность и декоративные эффекты в зданиях и сооружениях. Однако стоимость и сложность производства ограничивают его широкое применение.

Целью исследования является анализ влияния прозрачных элементов из полиметилметакрилата шириной 30 мм и толщиной 1,2 мм на физико-механические характеристики бетона, в частности, его прочностные свойства.

В ходе исследования влияния светопроницаемых включений на характеристики бетона было установлено, что с ростом их объемной доли от 2,8 % до 8,9 % наблюдается уменьшение прочности бетона на изгиб на 60 %, в то время как его прочность при сжатии увеличивается на 34 % в сравнении с образцами бетона, не содержащими светопроницаемых элементов. Для определения влияния водоцементного отношения и расхода полипропиленовой фибры на прочностные характеристики светопроницаемого бетона использовался двухфакторный эксперимент, при этом объемное содержание элементов из полиметилметакрилата, их форма и размеры, а также расположение в теле бетона были постоянными.

Исследование показало, что светопроницаемый бетон демонстрирует прочностные характеристики, позволяющие использовать его в качестве материала для ограждающих конструкций, способствующих более эффективному использованию естественного освещения.

Ключевые слова: светопроницаемый бетон, полиметилметакрилат, водоцементное отношение, полипропиленовая фибра, прочность на сжатие и изгиб

Введение. В последнее время во всех сферах деятельности человека нарастает влияние экологической повестки. Устойчивое развитие, зеленые технологии, нулевой углеродный след и другие понятия становятся популярными и употребляются в самых разнообразных контекстах. Одним из элементов этого тренда стал светопроницаемый бетон (СПБ) [1]. Светопроницаемый бетон позиционируют в основном как заменитель искусственного освещения [2, 3] реже, как декоративный элемент интерьера [3, 4] или элемент общественной коммуникации, например, активная дорожная разметка [3, 5].

В соответствии с назначением, свойства данного материала исследуются уже более 20 лет, со времени его изобретения венгерским архитектором Ароном Лозонци в 2001 году [6, 7].

Светопроницаемый бетон включает в себя, кроме обычных компонентов бетона – вяжущего, заполнителя воды и добавок, прозрачные включения в виде волокон, стержней или полос на основе стекла или полимеров. Полученный материал (бетон) обладает способностью частично пропускать через свою толщу свет, создавая при этом весьма необычный эффект внутри помещений, это дает определенные преимущества по энергопотреблению и декоративные свойства. Применение светопроницаемого бетона пока ограничено в связи с тем, что он является весьма

дорогостоящим и трудоемким в процессе изготовления [8, 9].

Несмотря на то, что вероятно данный вид бетона можно отнести к специальным, т.к. основной его функцией является светопропускание и эта функция является определяющей для идентификации данного материала, значительное внимание уделяется и свойствам, которые характеризуют данный бетон как конструкционный. Многие исследователи отмечают, что внедрение в бетон полимерных компонентов в значительной степени отражается на его физико-механических свойствах [10, 11, 12–15].

Нужно отметить, что полученные экспериментальные данные нельзя назвать однозначными. Большая доля авторов склоняется к тому, что прочностные характеристики бетона снижаются при введении оптических волокон. Так при исследовании свойств светопроницаемого бетона с волокнами из полиметилметакрилата (ПММК) установлено [16], что прочность на сжатие линейно снижается с увеличением объемной доли оптического волокна, причем прочностные характеристики после тепловой обработки оказались выше, чем у бетона естественного твердения [17].

В работах [18, 11] ухудшение механических свойств СПБ объясняется параллельным распо-

ложением волокон и чрезвычайно гладкой поверхностью полимерного оптического волокна, что снижает сцепление с цементным камнем.

Снижение прочности при увеличении содержания полимерных оптических волокон в бетоне отмечено в работах [19, 9]. Подобные же эффекты были получены и при использовании в качестве основы для СПБ самоуплотняющихся смесей при этом прочность бетона с увеличением объёмного содержания оптических волокон с 2 % до 4 % снижается [20].

Наряду с отрицательным влиянием оптических волокон на прочностные характеристики светопроницаемого бетона в некоторых исследованиях отмечается и положительный эффект от их введения [9, 21–23]. В частности, в исследовании [24] зафиксировано повышение прочности на сжатие почти на 30 %, встречаются данные свидетельствующие о повышении прочности на сжатие и снижении прочности при изгибе [25]. В отдельных работах указывается, что явное влияние на прочностные свойства не прослеживается [26, 27] либо оно незначительное.

Следует подчеркнуть, что в основном изменения прочностных характеристик рассматриваются в зависимости от содержания светопроницаемых элементов, которые чаще всего представлены волокнами из ПММК. При этом другие факторы, характеризующие состав смеси, такие, как например водоцементное отношение остаются чаще на постоянном уровне. В принципе светопроницаемые элементы могут быть различной формы, например, отпечатанные на 3D принтере или полученные литьем, однако исследования бетонов с подобными элементами практически отсутствуют. Существуют примеры использования прямоугольных включений в виде стеклянных полос, потери прочности бетона в этом случае по сравнению с обычным бетоном были в пределах от 4 % до 5 % [28].

Для улучшения прочностных характеристик СПБ используются различные в основном из-

вестные способы, которые заключаются в применении добавок пластификаторов, дисперсного армирования металлической [23], стеклянной [29] или полимерной [30] фиброй. Достаточно давно для улучшения таких характеристик бетона, как прочность на изгиб и растяжение, успешно применяется полипропиленовая фибра [31].

В случае бетона со светопроницаемыми включениями возможно ослабление сечения материала и повышенная склонность к трещинообразованию, предполагается, что введение полипропиленовой фибры может устранить эти недостатки, а снижение водоцементного отношения повысит прочностные характеристики.

Целью данного исследования является анализ физико-механических характеристик светопроницаемого бетона со светопрозрачными элементами на основе полос полиметилметакрилата.

Материалы и методы. Для предварительной оценки влияния объёмного содержания светопроницаемых элементов в бетоне исследовались образцы-балочки $4 \times 4 \times 16$ см с содержанием включений из полиметилметакрилата (ПММК) в виде полос длиной 4 см, шириной 3 см и толщиной 1,2 мм, которые утапливались в мелкозернистую бетонную смесь во время формования. Соотношение между вяжущим и песком – 1/3, водоцементное отношение – $V/C = 0,8$. Для сравнения изготавливались эталонные образцы без светопроницаемых включений. Образцы твердели в условиях тепловой обработки по режиму: 6 часов – подъём температуры до 85°C , далее – естественное остывание в пропарочной камере с 85°C до 25°C .

После твердения образцы испытывали по методике ГОСТ 310.4-84 на изгиб и сжатие (см. рис. 1). В качестве результатов учитывалось также и процентное соотношение величин свойств образцов со светопропускающими элементами и эталонными образцами.

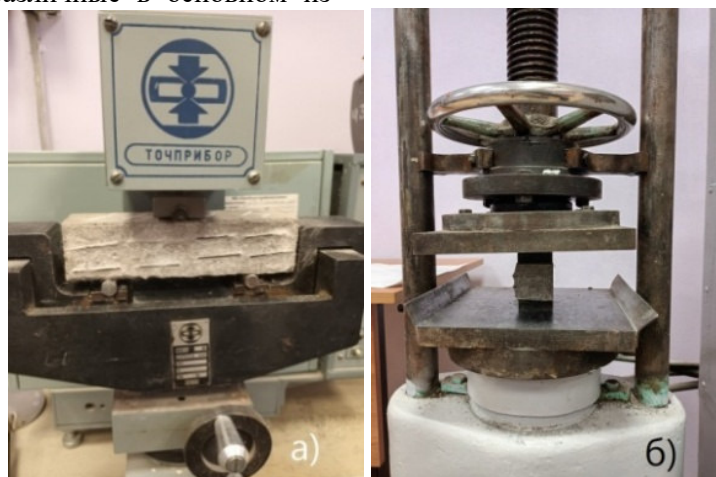


Рис. 1. Испытание образцов на изгиб (а) и сжатие (б)

Для определения влияния на характеристики светопроницаемого бетона параметров состава был реализован полный двухфакторный эксперимент. В качестве варьируемых параметров приняты: водоцементное отношение – В/Ц, и содержание в смеси полипропиленовой фибры – кг/м³. Характеристики плана эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики плана экспериментов

Характеристика	X ₁ , В/Ц:	X ₂ , фибра, кг/м ³
Нижний уровень	0,6	0,87
Верхний уровень	0,8	2,57

В соответствии с планом изготавливали образцы балочки 4×4×16 см, аналогично предыдущим составам, но с кратковременным (10–20 сек.) виброуплотнением. Также были изготовлены и эталонные образцы без ПММК элементов. Соотношение между вяжущим и песком – 1/3, водоцементное отношение и расход полипропиленовой фибры в соответствии с планом. Твердение и последующее испытание образцов осуществлялось аналогично предыдущим составам.

В качестве материалов для изготовления образцов использовали:

– вяжущее цемент ЦЕМ II/A–III 42,5Н производства АККERMANN CEMENT – Новотроицк;

– песок ООО «Уралсиликат», месторождение расположено в 3-х км к востоку от с. Архиповка и в 50 км к северо-востоку от г. Оренбурга. Средняя плотность 2,55 г/см³, модуль крупности M_к=2,1;

– полиметилметакрилат – листы толщиной 1,2 мм, плотность 1,13 г/см³;

– фибра полипропиленовая ТУ 2499-007-90557835-2014 производства ООО «Цеммикс».

Основная часть. После проведения экспериментальных испытаний образцов, изготовленных с целью первичной оценки эффекта от варьирования объемного содержания элементов на основе полиметилметакрилата на характеристики СПБ по сравнению с контрольными образцами, без внедрённых светопроницаемых компонентов, были зафиксированы следующие результаты.

Процентное содержание ПММК элементов в объёме образцов составило 2,8 % (4 элемента в образце), 5,7 % (8 элементов в образце) и 8,9 % (12 элементов в образце), расположение ПММК элементов в образцах представлено на рис. 2 и 3.

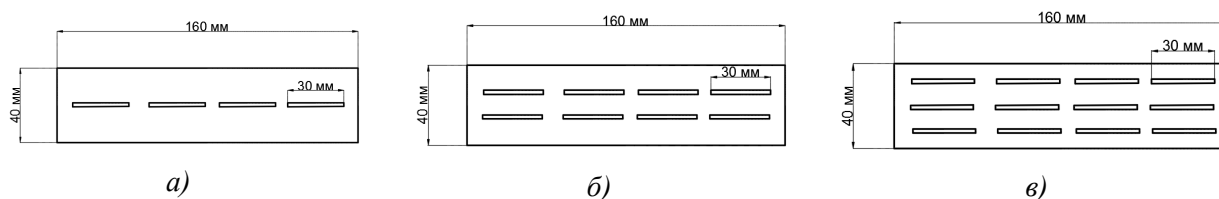


Рис. 2. Схема расположения светопроницаемых элементов в образце (вид сверху):
а) объемное содержание элементов 2,8 %; б) объемное содержание элементов 5,7 %;
в) объемное содержание элементов 8,9 %



Рис. 3. Общий вид образцов:

а) образцы для испытаний; б) презентационный образец для демонстрации светопропускания

В процессе сопоставления параметров светопроницаемого бетона с показателями эталонных образцов было выявлено, что с ростом процентного содержания в них включений на основе полиметилметакрилата происходит незначительное уменьшение плотности бетонной смеси, а также

снижение прочности на изгиб с 95 % для образцов с 2,8 % ПММК до 41 % для образцов с 8,9 % ПММК. Прочность при сжатии при этом повышается с увеличением содержания ПММК на 34 % (см. рис.4). Первые два факта согласуются с

результатами некоторых исследований, в которых указывается на снижение плотности и прочности при увеличении содержания оптоволоконных включений в бетон. Так в работах [9, 14–17, 30] исследовались бетоны с различным содержанием оптических волокон и было отмечено снижение прочностных показателей. Возможно, в данном случае повышение прочности при сжатии

связано с формой и расположением светопроницаемых элементов. Они располагались перпендикулярно сжимающему усилию и, вероятно, могли повлиять на прочностные характеристики, т.к. по данным платформы MatWeb [32] прочность при растяжении ПММК лежит в пределах от 25 МПа до 80 МПа, что значительно выше прочности при растяжении испытанных образцов.

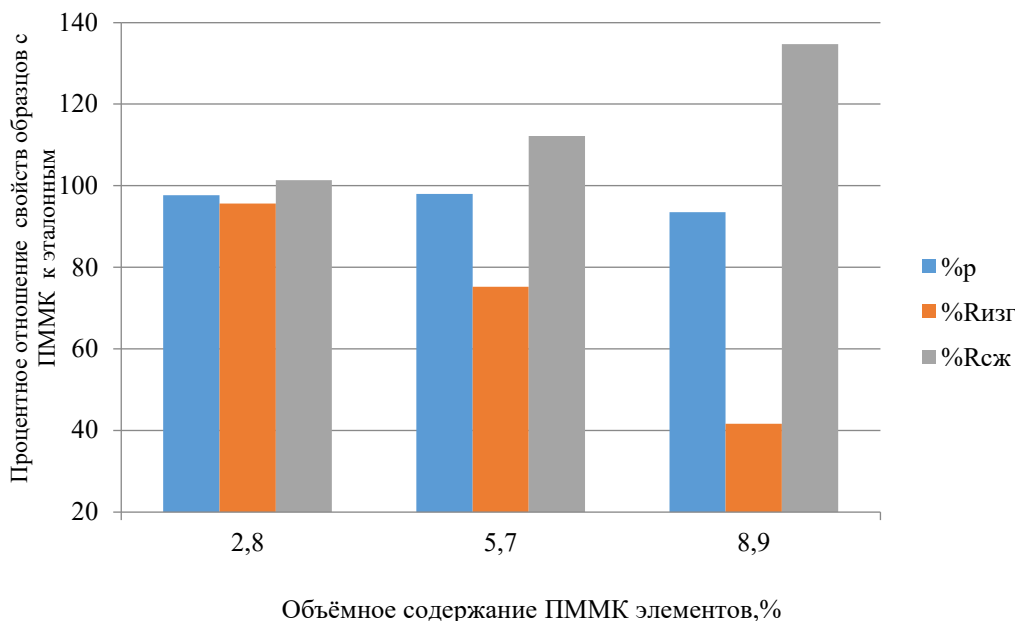


Рис. 4. Влияние объемного содержания светопрозрачных элементов на процентное соотношение плотности (%ρ) и прочности образцов на сжатие (%R_{сж}), и изгиб(%R_{изг}) по сравнению с эталонными (без светопрозрачных элементов)

По результатам предварительных экспериментов определены прочностные характеристики светопрозрачного бетона, которые необходимо оптимизировать и способы улучшения данных свойств.

С целью исследования воздействия водоцементного соотношения и содержания полимерного фиброволокна на прочностные характеристики СПБ был проведен полный факторный эксперимент с двумя переменными (см. табл. 1), параметры которого отражены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры плана эксперимента и результаты испытаний

Номер опыта	Матрица планирования		Натуральные значения переменных		Результаты испытаний				
	x1	x2	фибра, кг/м ³	В/Ц	R _{изг} , МПа	% R _{изг} Эт	R _{сж} , МПа	% R _{сж} Эт	% разр. ПММК элементов
1	-1	-1	0,87	0,6	5,12	89,9	24,3	115,4	33,1
2	1	-1	2,57	0,6	3,42	80,8	17,1	126,1	43,6
3	-1	1	0,87	0,8	4,61	88,3	25,1	118,8	41,1
4	1	1	2,57	0,8	3,42	74,3	17,9	143,7	75,3

Объемное содержание светопрозрачных элементов для всех образцов, кроме эталонных, принято равным 5,7 %, т.е. в каждом образце размещалось 8 элементов размером 40×30×1,2 мм (см рис. 2б).

После твердения образцов в условиях тепловой обработки образцы испытывали на изгиб и сжатие (рис. 1), характер разрушения образцов представлен на рис. 5.

Нужно отметить, что образцы после испытания на сжатие в связи с наличием дисперсного армирования (полипропиленовой фибры) не претерпели значительных изменений и были разрушены дополнительно вручную, это дало возможность оценить характер разрушения светопрозрачных элементов внутри образцов и их процентное содержание.

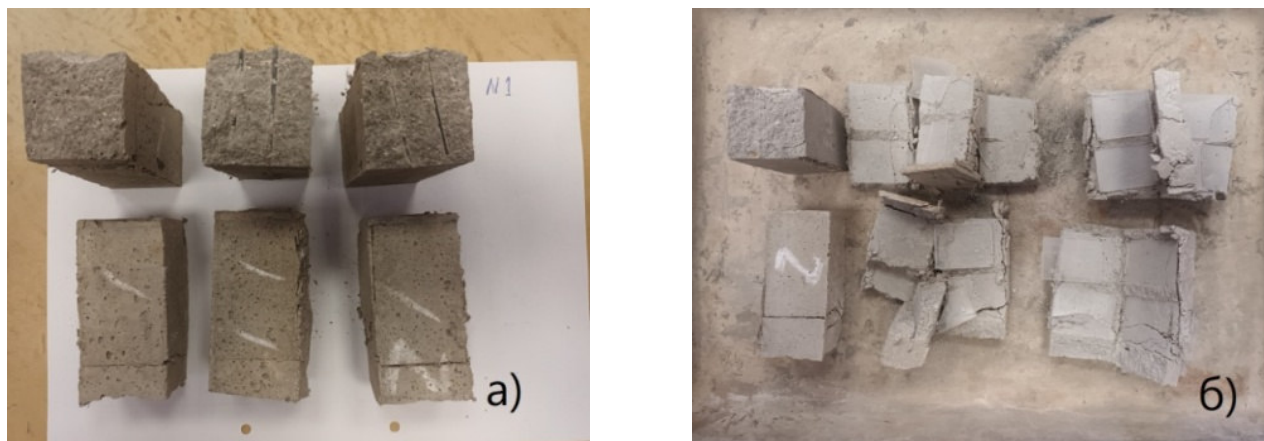


Рис.5. Характер разрушения образцов при изгибе (а) и сжатии (б)

На основании полученных данных составлены регрессионные уравнения зависимости от варьируемых факторов следующих исследуемых свойств:

– прочности образцов при изгибе $R_{изг}$ и % отношение к прочности при изгибе эталонных образцов % $R_{изг \text{ эт}}$,

$$R_{изг} = 4,14 - 0,72X_1 - 0,13X_2 + 0,13X_1X_2,$$

$$\% R_{изг \text{ эт}} = 83,4 - 5,7X_1 - 2,0X_2 - 1,2X_1X_2;$$

– прочности образцов при сжатии $R_{сж}$ и % отношение к прочности при сжатии эталонных образцов % $R_{сж \text{ эт}}$,

$$R_{сж} = 21,1 - 3,55X_1 + 0,39X_2 + 0,04X_1X_2,$$

$$\% R_{сж \text{ эт}} = 126,0 + 8,9X_1 + 5,23X_2 + 3,55 X_1X_2;$$

– % отношения объёма разрушенных ПММК элементов к общему объёму, % разр.

$$\text{ПММК} = 48,3 + 11,2 X_1 + 9,9 X_2 + 5,9 X_1X_2.$$

По регрессионным уравнениям построены изолинии прочности на изгиб и сжатие и их процентное отношение к характеристикам эталонных образцов.

В результате анализа изолиний свойств СПБ можно отметить, что прочность при изгибе СПБ зависит в основном от водоцементного отношения и увеличивается при его снижении (рис. 6). Процентное соотношение между прочностью при изгибе образцов с ПММК и эталонных, максимальное при минимальном В/Ц и равно 90 %. Прочность при сжатии образцов СПБ возрастает при снижении водоцементного отношения и также зависит в основном от этого фактора (рис. 7). Процентное соотношение между прочностью при сжатии образцов с ПММК и эталонных, максимальное при максимальном В/Ц, т.е. для образцов с малой прочностью, что говорит о влиянии на прочность в данном случае ПММК элементов. Это же подтверждает и тот факт, что в этой же области факторного пространства наблюдается и максимальный процент разрушенных ПММК элементов (рис. 8).

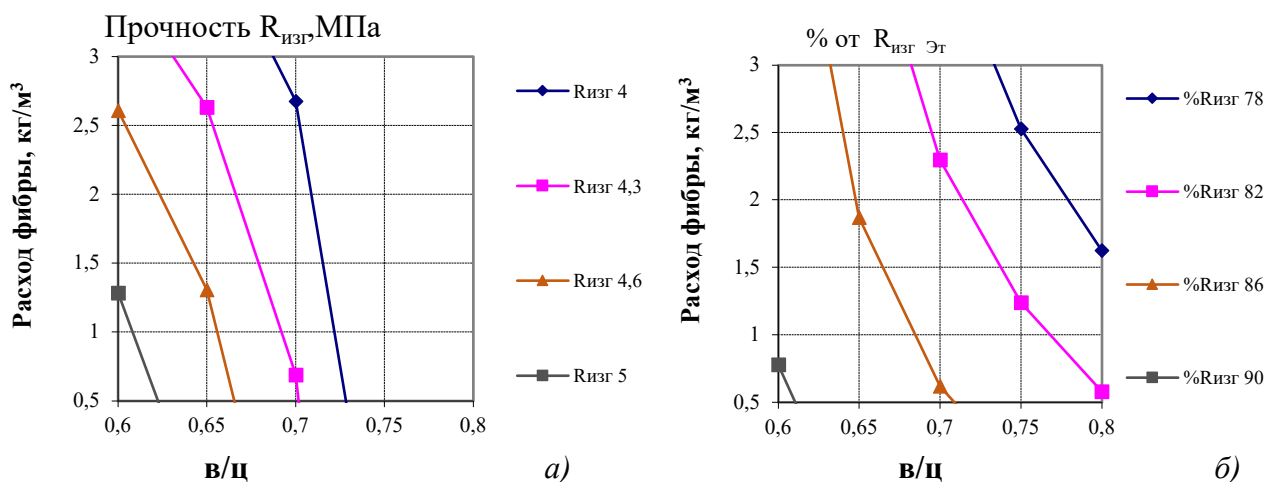


Рис. 6. Изолинии прочности образцов при изгибе а) и % отношение к прочности при изгибе эталонных образцов б)

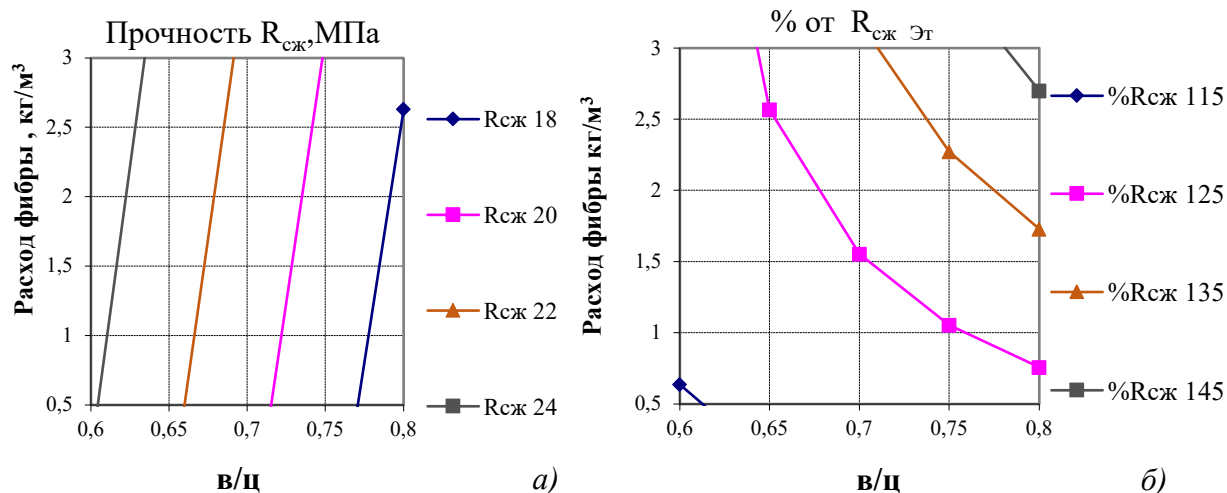


Рис. 7. Изолинии прочности образцов при сжатии а) и % отношение к прочности при сжатии эталонных образцов б)

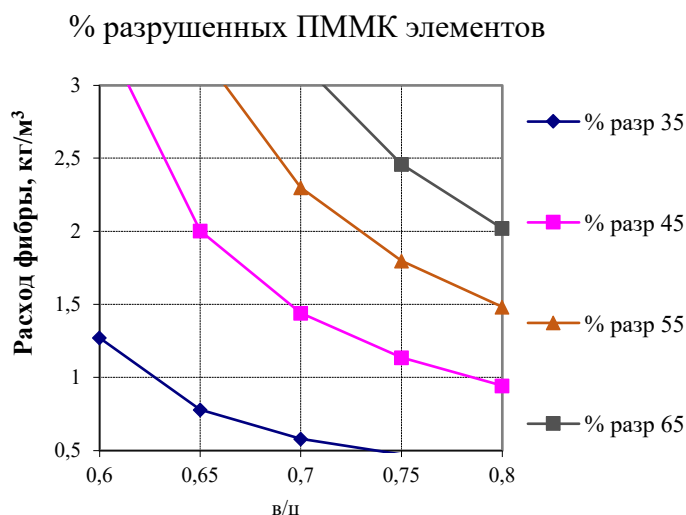


Рис. 8. Изолинии % отношения объёма разрушенных ПММК элементов к общему объёму

Нужно отметить, что полученные зависимости не могут полностью отражать картину влияния ПММК элементов на характеристики светопроницаемого бетона по следующим причинам:

- объемное содержание ПММК элементов и их расположение в теле бетона постоянные;
- форма и размеры светопроницаемых элементов не изменяются;

– не учитываются такие свойства ПММК элементов, как коэффициент линейного температурного расширения (для ПММК по разным данным от $6 \cdot 10^{-5}$ до $11 \cdot 10^{-5}$ $1/^\circ\text{C}$ для бетона около $10 \cdot 10^{-6}$ $1/^\circ\text{C}$), деформативность и т.д. Таким образом, для получения более полной картины необходимы дополнительные исследования, учитывающие эти положения.

Выводы. При исследовании свойств светопроницаемого бетона с прозрачными элементами в виде полос из полиметилметакрилата установлено, что на прочностные характеристики бетона

в большей мере влияет водоцементное отношение. Наличие в бетоне фибры из полипропилена не оказывает значимого воздействия на прочность при изгибе и сжатии, но способствует более вязкому разрушению материала. Рациональной видимо является модификация свойств бетона при помощи добавок пластификаторов и путём упрочнения структуры волокнами с более значимыми прочностными характеристиками (стекловолокно, металлическая фибра). На исследуемом факторном пространстве для светопроницаемого бетона получены следующие прочностные характеристики:

- прочность при изгибе от 3,2 МПа до 5,2 МПа;
- прочность при сжатии от 18 МПа до 26 МПа.

При этом при увеличении объёмного содержания ПММК элементов наблюдалось снижение прочности при изгибе на 60 % и повышение

прочности при сжатии на 30 % по сравнению с эталонными образцами без светопроницаемых элементов.

Представленный светопроницаемый бетон по основным прочностным характеристикам может быть использован в качестве материала для ограждающих конструкций с целью более эффективного использования естественного освещения или придания им декоративных свойств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Elghezanwy D., Eltarabily S. A review of translucent concrete as a new innovative material in architecture // *Civ. Eng. Archit.* 2020. Vol. 8. No. 4. Pp. 571–579. DOI:10.13189/cea.2020.080421
2. Chiadighikaobi P.C., Adegoke M.A., Kharun M., Paul V.J., Abu Mahadi M.I., Finbarrs-Ezema B. A Review of the Structural Properties of Translucent Concrete as Sustainable Material // *The Open Construction & Building Technology Journal.* 2023. Vol. 17(1). DOI: 10.2174/0118748368268119231003055958
3. Wang W., Chi J., Niu S. Analysis of the application of light-transmitting concrete in interior design // *SHS Web of Conferences.* 2023. Vol. 167. p. 02011. EDP Sciences. DOI: 10.1051/shsconf/202316702011.
4. Halbiniak J., Sroka P. Translucent concrete as the building material of the 21st century // *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa.* 2015. Vol.15. No 1. Pp. 23–28.
5. Saleem M., Elshami M.M., Najjar M. Development, testing, and implementation strategy of a translucent concrete-based smart lane separator for increased traffic safety // *Journal of Construction Engineering and Management.* 2017. Vol. 143(5). 04016129.
6. Timina A., Yanova R., Popov A., Sorokoumova T. Modern translucent materials and their impact on architectural forming // *E3S Web of Conferences.* 2019. Vol. 9. 01035. DOI: 10.1051/e3sconf/20199701035
7. Zielińska M., Ciesielski A. Analysis of transparent concrete as an innovative material used in civil engineering // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2017. Vol. 245. 022071. DOI 10.1088/1757-899X/245/2/022071
8. Altomate A., Alatsan F., Mashiri F., Jadan M. Experimental study of light-transmitting concrete // *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development.* 2016. Vol. 7. Pp. 133–139.
9. Tuum A., Shitote S., Oyawa W., Biedbrhan M. Structural Performance of Translucent Concrete Façade Panels // *Advances in Civil Engineering.* 2019. Pp. 1–10. DOI: 10.1155/2019/4604132
10. Salih S.A., Joni H.H., Mohamed S.A. Effect of plastic optical fiber on some properties of translucent concrete // *Engineering and Technology Journal.* 2014. Vol. 32. Pp. 2846–2861. DOI:10.30684/etj.32.12A.1
11. Henriques T.d.S., Dal Molin D.C., Masuero Â.B. Optical fibers in cementitious composites (LTCM): Analysis and discussion of their influence when randomly arranged // *Construction and Building Materials.* 2020. Vol. 244. 118406. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.118406
12. Bashbash B.F., Hajrus R.M., Wafi D.F., Alqedra M. Basics of light transmitting concrete // *Basics of light transmitting concrete.* 2013. Vol. 2. Pp. 76–83. DOI:10.13140/RG.2.2.30481.33121
13. Huong O.W., Kassim U. Translucent Concrete by Plastics Fibre Optics as A Sustainable Material That Benefit to Residential Building // *J. Adv. Res. Eng. Knowl.* 2019. Vol. 6. No 1.
14. Jiménez-Muñoz E. Fernández-Martínez F. Translucent Concrete. Research with Glass, Optical Fiber and Glass Fiber // *Construction and Building Research.* 2014. Pp. 111–114. DOI:10.1007/978-94-007-7790-3_15.
15. Li Y., Xu Z.Y., Gu Z.W., Bao Z.Z. Preparation of light transmitting cement-based material with optical fiber embedded by the means of parallel arrange // *Advanced Materials Research.* 2012. Pp. 677–682. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.391-392.677
16. Li Y., Li J., Wan Y., Xu Z. Experimental study of light transmitting cement based material (LTCM) // *Construction and building materials.* 2015. Vol. 96. Pp. 319–325. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.08.055
17. Li Y., Li J., Guo H. Preparation and study of light transmitting properties of sulfoaluminate cement-based materials // *Mater. Des.* 2015. Vol. 8. Pp.185–192. DOI: 10.1016/j.matdes.2015.06.021
18. Henriques T.S., Dal Molin D.C., Masuero Â.B. Study of the influence of sorted polymeric optical fibers (POFs) in samples of a light-transmitting cement-based material (LTCM) // *Construction and Building Materials.* 2018. Vol. 161. Pp. 305–315. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.137
19. Sawant A.B., Jugdar R.V., Sawant S.G. Light transmitting concrete by using optical fiber // *Int. J. Inventive Eng. Sci.* 2014. Vol. 3. No. 1. Pp. 23–28.
20. Salih S.A., Joni H.H., Mohamed S.A. Effect of plastic optical fiber on some properties of translucent concrete // *Engineering and Technology Journal.* 2014. Vol. 32. No. 12. Pp. 2846–2861.
21. Robles A., Arenas G.F., Stefani P.M. Light transmitting cement-based material (LTCM) as a green material for building // *JARTE.* 2020. Vol. 1(1). Pp. 9–14.

22. Gite R., Kewate S. Transparent Concrete; An Experimental Study // Revista Internacional de Ciencia, Tecnología e Ingeniería. 2017. Vol. 4. No. 1. Pp. 14–20.
23. Tahwia A.M., Abdelaziz N., Samy M., Amin M. Mechanical and light transmittance properties of high-performance translucent concrete // Case Studies in Construction Materials. 2022. Vol. 17. Pp. e01260. DOI: 10.1016/j.cscm.2022.e01260
24. Altomate A., Alatshan F., Mashiri F., Jadan M. Experimental study of light-transmitting concrete // International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development. 2016. Vol. 7. No. 3–4. Pp. 133–139. DOI: 10.1080/2093761X.2016.1237396.
25. Bashbash B.F., Hajrus R.M., Wafi D.F., Alqedra M.A. Basics of light transmitting concrete. Global Advanced Research // Journal of Engineering, Technology and Innovation. 2013. Vol. 2 (3). Pp. 76–83. DOI: 10.13140/RG.2.2.30481.33121
26. Taneja E.K., Joshi T.M., Dave U. Evaluation of mechanical properties and light transmission of light-transmitting concrete // Technology Drivers: Engine for Growth. CRC Press. 2018. Pp. 53–58.
27. Kumar A., Ahlawat R. Experimental study on light transmitting concrete // International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology. 2017. Vol. 4. Pp. 201–210.
28. Kankriya S.M. Translucent concrete by using optical fibers and glass rods // Int. J. Sci. Res. Publ. 2016. Vol. 6. No. 10. Pp. 625–627.
29. Mathew P., Raju B., Venugopal K., Eldho M., Thomas R. Light Weight Translucent Concrete Blocks for Load Bearing Components // IRJET. 2019. Vol. 6. No. 5. Pp. 1372–1378.
30. Kim B., Han Y.J. Flexural performance of transparent plastic bar reinforced concrete // Applied Sciences. 2018. Vol. 8. No. 3. 325. DOI: 10.3390/app8030325
31. Ahmed T.W., Aljubory N.H., Zidan R.S. Properties and performance of polypropylene fiber reinforced concrete: A review // Tikrit Journal of Engineering Sciences. 2020. Vol. 27. No. 2. Pp. 82–97. DOI: 10.25130/tjes.27.2.10
32. MatWeb, Your Source for Materials Information : <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=2edfa6cbb75f4c58a5299516e27842ce&ckck=1> (date of reference: 26.05.2024)

Информация об авторах

Кравцов Алексей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и строительных материалов. E-mail: alivkr@mail.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, Оренбургская область, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Макаева Альмира Абдулхаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и строительных материалов. E-mail: alla_ish@mail.ru. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, Оренбургская область, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Оденбах Ирина Александровна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и строительных материалов. E-mail: 79128486201@yandex.com. Оренбургский государственный университет. Россия, 460018, Оренбургская область, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13.

Поступила 31.05.2024 г.

© Кравцов А.И., Макаева А.А., Оденбах И.А., 2024

***Kravtsov A.I., Makayeva A.A., Odenbach I.A.**

Orenburg State University

*E-mail: alivkr@mail.ru

ON SOME MECHANICAL PROPERTIES OF LIGHT-TRANSMITTING CONCRETE

Abstract. Light-transmitting concrete with transparent elements based on polymethyl methacrylate is an innovative material that provides energy efficiency and decorative effects in buildings and structures. However, its cost and production complexity limit its widespread application. The aim of the study is to analyze the influence of transparent polymethyl methacrylate elements with a width of 30 mm and a thickness of 1.2 mm on the physical and mechanical characteristics of concrete, particularly its strength properties. During the study of the influence of light-transmitting inclusions on the characteristics of concrete, it was found that with an increase in their volumetric fraction from 2.8% to 8.9%, there is a 60% decrease in the flexural strength of the concrete, while its compressive strength increases by 34% compared to concrete samples without light-transmitting elements. A two-factor experiment was used to determine the influence of the water-cement ratio and the consumption of polypropylene fiber on the strength characteristics of translucent concrete, while the

volumetric content of polymethyl methacrylate elements, their shape and size, as well as their placement within the concrete body, were constant. The study demonstrates that light-transmitting concrete exhibits strength characteristics that allow using it as a material for enclosing structures, contributing to more efficient use of natural lighting.

Keywords: *light-transmitting concrete; polymethyl methacrylate; water-cement ratio; polypropylene fiber; compressive and bending strength*

REFERENCES

1. Elghezanwy D., Eltarabily S. A review of translucent concrete as a new innovative material in architecture. *Civ. Eng. Archit.* 2020. Vol. 8. No. 4. Pp. 571–579. DOI:10.13189/cea.2020.080421.
2. Chiadighikaobi P.C., Adegoke M.A., Kharun M., Paul, V.J., Abu Mahadi M.I., Finbarrs-Ezema B. A Review of the Structural Properties of Translucent Concrete as Sustainable Material. *The Open Construction & Building Technology Journal.* 2023. Vol. 17(1). DOI: 10.2174/0118748368268119231003055958
3. Wang W., Chi J., Niu S. Analysis of the application of light-transmitting concrete in interior design. *SHS Web of Conferences.* 2023. Vol. 167. p. 02011. EDP Sciences. DOI: 10.1051/shsconf/202316702011
4. Halbiniak J., Sroka P. Translucent concrete as the building material of the 21st century. *Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa.* 2015. Vol. 15. No. 1. Pp. 23–28.
5. Saleem M., Elshami M.M., Najjar M. Development, testing, and implementation strategy of a translucent concrete-based smart lane separator for increased traffic safety. *Journal of Construction Engineering and Management.* 2017. Vol. 143. No. 5. 04016129.
6. Timina A., Yanova R., Popov A., Soro-koumova T. Modern translucent materials and their impact on architectural forming. *E3S Web of Conferences.* 2019. Vol. 9. 01035. DOI: 10.1051/e3sconf/20199701035
7. Zielińska M., Ciesielski A. Analysis of transparent concrete as an innovative material used in civil engineering. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2017. Vol. 245. 022071. DOI 10.1088/1757-899X/245/2/022071.
8. Altomate A., Alatsan F., Mashiri F., Jadan M. Experimental study of light-transmitting concrete. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development.* 2016. Vol. 7. Pp. 133–139.
9. Tuum A., Shitote S., Oyawa W., and Biedebrhan M. Structural Performance of Translucent Concrete Façade Panels. *Advances in Civil Engineering,* 2019. Pp. 1–10. DOI: 10.1155/2019/4604132
10. Salih S.A., Joni H.H., Mohamed S.A. Effect of plastic optical fiber on some properties of translucent concrete. *Engineering and Technology Journal.* 2014. Vol. 32. Pp. 2846–2861. DOI: 10.30684/etj.32.12A.1
11. Henriques T.d.S., Dal Molin D.C., Masuero Â.B. Optical fibers in cementitious composites (LTCM): Analysis and discussion of their influence when randomly arranged. *Construction and Building Materials.* 2020. Vol. 244. 118406. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.118406
12. Bashbash B.F., Hajrus R.M., Wafi D.F., Alqedra M. Basics of light transmitting concrete. *Basics of light transmitting concrete.* 2013. Vol. 2. Pp. 76–83. DOI: 10.13140/RG.2.2.30481.33121
13. Huong O.W., Kassim U. Translucent Concrete by Plastics Fibre Optics as A Sustainable Material That Benefit to Residential Building. *J. Adv. Res. Eng. Knowl.* 2019. Vol. 6. No. 1.
14. Jiménez-Muñoz E. Fernández-Martínez F. Translucent Concrete. *Research with Glass, Optical Fiber and Glass Fiber.* Construction and Building Research, ed: Springer. 2014. Pp. 111–114. DOI: 10.1007/978-94-007-7790-3_15
15. Li Y., Xu Z.Y., Gu Z.W., Bao Z.Z. Preparation of light transmitting cement-based material with optical fiber embedded by the means of parallel arrange. *Advanced Materials Research.* 2012. Pp. 677–682. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.391-392.677
16. Li Y., Li J., Wan Y, Xu Z. Experimental study of light transmitting cement based material (LTCM). *Construction and building materials.* 2015. Vol. 96. Pp. 319–325. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.08.055.
17. Li Y., Li J., Guo H. Preparation and study of light transmitting properties of sulfoaluminate cement-based materials. *Mater. Des.* 2015. Vol. 8. Pp. 185–192. DOI: 10.1016/j.matdes.2015.06.021.
18. Henriques T.S., Dal Molin D.C., Masuero Â.B. Study of the influence of sorted polymeric optical fibers (POFs) in samples of a light-transmitting cement-based material (LTCM). *Construction and Building Materials.* 2018. Vol. 161. Pp. 305–315. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.137.
19. Sawant A.B., Jugdar R.V., Sawant S.G. Light transmitting concrete by using optical fiber. *Int. J. Inventive Eng. Sci.* 2014. Vol. 3. No 1. Pp. 23–28.
20. Salih S.A., Joni H.H., Mohamed S.A. Effect of plastic optical fiber on some properties of translucent concrete. *Engineering and Technology Journal.* 2014. Vol. 32. No 12. Pp. 2846–2861.

21. Robles A., Arenas G.F., Stefani P.M. Light transmitting cement-based material (LTCM) as a green material for building. *JARTE*, 2020. Vol. 1(1). Pp. 9–14.
22. Gite R., Kewate S. Transparent Concrete; An Experimental Study. *Revista Internacional de Ciencia, Tecnología e Ingeniería*. 2017. Vol.4. No 1. Pp. 14–20.
23. Tahwia A.M., Abdelaziz N., Samy M., Amin M. Mechanical and light transmittance properties of high-performance translucent concrete. *Case Studies in Construction Materials*. 2022. Vol. 17. e01260. DOI: 10.1016/j.cscm.2022.e01260.
24. Altomate A., Alatshan F., Mashiri F., Jadan M. Experimental study of light-transmitting concrete. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*. 2016. Vol. 7. No 3-4. Pp. 133–139. DOI: /10.1080/2093761X.2016.1237396.
25. Bashbash B.F., Hajrus R.M., Wafi D.F., Alqedra M.A. Basics of light transmitting concrete. *Global Advanced Research. Journal of Engineering, Technology and Innovation*. 2013. Vol. 2 (3). Pp. 76–83. DOI: 10.13140/RG.2.2.30481.33121.
26. Taneja E.K., Joshi T.M., Dave U. Evaluation of mechanical properties and light transmission of light-transmitting concrete. *Technology Drivers: Engine for Growth*. CRC Press. 2018. Pp. 53–58.
27. Kumar A., Ahlawat R. Experimental study on light transmitting concrete. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 2017. Vol. 4. Pp. 201–210.
28. Kankriya S.M. Translucent concrete by using optical fibers and glass rods. *Int. J. Sci. Res. Publ.* 2016. Vol. 6. No. 10. Pp. 625–627.
29. Mathew P., Raju B., Venugopal K., Eldho M., Thomas R. Light Weight Translucent Concrete Blocks for Load Bearing Components. *IRJET*. 2019. Vol. 6. No. 5. Pp. 1372–1378.
30. Kim B., Han Y.J. Flexural performance of transparent plastic bar reinforced concrete. *Applied Sciences*. 2018. Vol. 8. No 3. 325. DOI: 10.3390/app8030325
31. Ahmed T.W., Aljubory N.H., Zidan R.S. Properties and performance of polypropylene fiber reinforced concrete: A review. *Tikrit Journal of Engineering Sciences*. 2020. Vol. 27. No. 2. Pp. 82–97. DOI: 10.25130/tjes.27.2.10
32. MatWeb, Your Source for Materials Information : <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=2edfa6cbb75f4c58a5299516e27842ce&ckck=1> (date of reference: 26.05.2024)

Information about the authors

Kravtsov, Alexey I. PhD. E-mail: alivkr@mail.ru. Orenburg State University. Russia, 460018, Orenburg, Victory Ave., 13.

Makaeva, Almira A. PhD. E-mail: alla_ish@mail.ru. Orenburg State University. Russia. 460018, Orenburg, Victory Ave., 13.

Odenbach, Irina A. PhD. E-mail: 79128486201@yandex.com. Orenburg State University. Russia. 460018, Orenburg, Victory Ave., 13.

Received 31.05.2024

Для цитирования:

Кравцов А.И., Макаева А.А., Оденбах И.А. О некоторых механических свойствах светопрозрачного бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. № 10. С. 25–34. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-10-25-34

For citation:

Kravtsov A.I., Makayeva A.A., Odenbach I.A. On some mechanical properties of light-transmitting concrete. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2024. No. 10. Pp. 25–34. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-10-25-34