

Применение лома глиняного кирпича в качестве крупного заполнителя бетонов

И. И. Романенко

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Аннотация: Для решения экологических проблем по утилизации боя кирпича, подготовки новых мест под застройку жилыми комплексами, а также расширению ресурсной базы производства строительных материалов, лом глиняного кирпича после реновации сооружений, рассматривается в качестве крупного заменителя бетонных смесей. Были изучены основные физико - механические свойства бетонов. Установлено, что бетоны, полученные на основе крупного заполнителя из лома кирпича, обладают свойствами бетонов на основе природных заполнителей марки М250-350. Применение лома глиняного кирпича в качестве заполнителей требует специальной технологии подготовки последнего с целью снижения его водопотребности. Проведенные исследования показали, что целесообразно проектировать бетонные смеси на базе вторичных ресурсов на основе комплексного вяжущего состоящего из портландцемента, тонкомолотого глиняного кирпичного боя и гиперпластификатора.

Ключевые слова: лом глиняного кирпича, крупный заполнитель, реновация, вяжущее, твердение, бетонная смесь, бетон, прочность.

Физические свойства

Крупный заполнитель из лома кирпича характеризуется более высокой пористостью и водопоглощением, чем природные заполнители. Зарубежные исследователи установили, что плотность бетонов на основе заполнителей из глиняного кирпича меньше [1–3]. Кажущаяся плотность и насыпная плотность щебня фракции 5-20 мм из глиняного кирпича меньше, чем у природных гранитных и доломитовых заполнителей, а скорость поглощения воды выше [4–6]. Причем, угловатая форма поверхности и наличие пор обеспечивают хорошее сцепление с цементным камнем [1, 4]. Изучались бетоны на щебне из лома кирпича с разной прочностью и было установлено, что чем прочнее черепок кирпича, тем выше прочность бетона [3, 7, 8].

Заполнитель на основе лома кирпича обладает высокой пористостью и водонасыщением, в результате чего перед приготовлением бетонной смеси заполнитель необходимо увлажнять водой [1, 8, 9]. Такая технологическая операция обеспечивает приготовление бетонной смеси без добавления

дополнительного количества воды и В/Ц отношение соответствует проектным решениям. На щебне не должно быть открытой воды, другими словами, он находится в состоянии поверхностно увлажненном – то есть, таком состоянии, когда вода не стекает с поверхности.

Особый интерес вызывал у исследователей вопрос, связанный с подвижностью бетонной смеси от размера заполнителя и соотношения между крупным заполнителем и мелким на основе кварцевого песка [10–12]. Выявлено, что оптимальная крупность заполнителя составляет 5-20 мм, которая обеспечивает высокую подвижность смеси и хорошее уплотнение, а также минимальное количество воды, проникающее в бетонную смесь с увлажненного заполнителя [13].

Интерес к заполнителям на основе лова керамического кирпича привел к разработке методике по проектированию оптимальных составов в зависимости от крупности заполнителя, В/Ц отношения и расхода портландцемента. Данная методика основывается на методе ортогонального проектирования [13] по прочностным показателям. Выявлено, что существенное влияние оказывает величина В/Ц отношения.

В то же время установлено методом нейросетевого моделирования бетонных смесей, что на прочностные показатели бетонов влияет размер как крупного, так и мелкого заполнителей [11]. Прочность бетонов наибольшая у образцов, изготовленных на заполнителе фракции 3-8 мм.

Для решения вопроса стабильных свойств бетонов, на основе лома кирпича исследователи установили, что крупный заполнитель из лома не должен превышать 15% от потребного количества природного материала. Это обеспечит получение бетонов с заданными свойствами по физико-механическим свойствам и в то же время утилизирует бой кирпича [10]. Введение боя кирпича в количестве 30% от расхода гранитного щебня снижает прочность бетона на 25-35% от проектного значения [14].

Цель исследования – получение бетонов на комплексном заполнителе из боя керамического кирпича.

Материалы.

Портландцемент ПТЦ М500 Д0 (ЦЕМ I 42,5 Н); наполнитель - молотый кирпичный бой, удельная поверхность $S_{уд}=4980$ см²/г, песок речной, Сурский, модуль крупности $M_{кр}=1,78$; гиперпластификатор «Хидитал-ГП-9х» на основе поликарбонатов, вода питьевая.

Дробление кирпичного лома осуществляли в лабораторной щековой дробилки с последующим разделением по фракциям. В исследованиях использовали фракцию 5-10 мм, а полученный песок измельчали до удельной поверхности $S_{уд}=4980$ см²/г в шаровой керамической мельнице.

Для исследований изготавливали образцы кубиков 100×100×100 мм в разборных металлических формах двойках. Бетонная смесь уплотнялась на лабораторной виброплощадке. Образцы хранились в камере нормального твердения (НУ) при температуре $T=23,5$ °С и влажности $W=95$ %. Образцы бетона испытывались в возрасте 3, 7 и 28 суток твердения на гидравлическом прессе. За контрольный состав принята бетонная смесь на основе гранитного щебня. Результаты испытаний и составы представлены в табл.

Таблица

Составы и свойства бетонов на основе кирпичного лома

Ингредиенты	Расход материалов на, кг/м ³			
	Составы			
	1	2	3	4
ЦЕМ I 42,5 Н	280	280	280	220
Наполнитель	-	-	-	220
Щебень (гранитный)	1212	-	600	858
Щебень (керамический)	-	701	383	150
Песок Сурский, $M_{кр}=1,8$	809	945	280	200
Песок Сурский, фр. 0,63-0,23	-	-	220	175
Песок Сурский, фр. 0,32-0,16	-	-	300	200
«Хидитал-ГП-9х»	3,0(1,0%)	3,0(1,0%)	3,0(1,0%)	3,0(1,4%)

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Вода	140	145	145	145
В/Ц	0,5	0,52	0,52	0,66
Плотность бетонной смеси	2441	2071	2208	2168
Прочность, МПа на 3 сутки	7,7	4,0	10,2	15,3
Прочность, МПа на 7 сутки	14,1	9,5	18,9	23,7
Прочность, МПа на 28 сутки	26,5	19,7	28,6	36,8

Полученные результаты (табл.) показывают, что можно получить бетон на основе лома кирпичного боя равнопрочного бетона на основе гранитного щебня, но для этого требуется провести подготовку заполнителя. На данный момент технология подготовки щебня из кирпичного лома находится на стадии патентования.

Относительно контрольного состава (№ 1, табл.) состав № 2 в возрасте 7 и 28 суток имеет снижение прочности на 32,6 % и 26,5 соответственно. Состав № 2 приготовлен полностью на щебне из лома глиняного кирпича.

На 7 сутки твердения прирост прочности составов № 3 и № 4 относительно контрольного (состав № 1) составил 34,0% и 68,1% соответственно.

Наилучшие результаты получены с составами №3 и №4. Прирост прочности на 28 сутки составил 7,9 % и 38,9 % соответственно, объясняется такой прирост прочности подбором наиболее оптимальной структуры бетона.

Особую функцию в бетонной смеси выполняет тонкомолотый наполнитель из лома обожжённого кирпича. Он играет роль пуццолановой добавки и структурирует микроструктуру цементного камня [9, 14], а также благоприятно влияет на образование гелей CSH в результате пуццолановых реакций [15–17]. Это способствует увеличению прочности. В то же время введенные в состав мелкого заполнителя отсева фракций 0,63 - 0,23 и 0,32 -

0,16 в определенной пропорции позволили структурировать растворную матрицу и снизить пустотность, что положительно сказывается на эксплуатационных свойствах бетонов [16, 18]. Затвердевший комплекс, состоящий из портландцемента, наполнителя, песка мелких фракций и пористого заполнителя из классифицированного щебня из лома кирпича, может эффективно препятствовать развитию трещин и улучшить вязкость и деформационную способность бетона [13].

Выводы

1. Снижение прочности состава № 2 относительно контрольного, обусловлено природой заполнителя на основе лома кирпича обжигового, малой прочности, высокой пористостью и водопотребностью.
2. Применение фракционного щебня из лома кирпича требует разработки технологии по подготовке щебня с целью снижения водопотребности.
3. Оптимальная структура бетонов получена в составах № 3 и № 4. Прирост прочности в возрасте 28 суток составил, соответственно, 7,9 % и 38,9 %. Быстрый набор прочности в этих составах определяется оптимизацией микро- и макроструктуры за счет наполнения тонкомолотой составляющей и мелкой фракцией кварцевого песка.
4. За счет применения гиперпластификатора «Хидитал-ГП-9γ» на основе поликарбоксилатов расход воды снизили до значения В/Ц отношения в пределах от 0,5 до 0,66. Это положительно сказалось на прочностных показателях бетонов.
5. В дальнейшем требуется провести проверку свойств бетонов на вязкое разрушение, водонасыщение, водонепроницаемость, коррозионную стойкость в солевых растворах.

Литература

1. Khalaf, Fuad M. The use of crushed clay bricks as a coarse aggregate in concrete //Materials in Civil Engineering, 2006, vol. 18, № 4, pp. 518–526.
-

2. Zong L., Fei Z., Zhang S. Permeability of recycled aggregate concrete containing fly ash and clay brick waste, //Journal of Cleaner Production 2014, vol. 70, pp. 175–182.
 3. Ahmad S.I., Hossain M.A. Water permeability characteristics of normal strength concrete made from crushed clay bricks as a coarse aggregate // Advances in Materials Science and Engineering, 2017, ID 7279138, pp. 109-119.
 4. Adamson M., Razmjou A., Pursai A. Durability of concrete incorporating crushed brick as coarse aggregate // Construction and Building Materials, 2015, Volume 94, pp. 426-432.
 5. Mobili A., Giosue C., Corinaldesi V., Tittarelli F. Waste bricks and concrete as coarse and fine aggregates in sustainable mortars //Advances in Materials Science and Engineering, 2018, article ID 8676708, pp. 211-233.
 6. Gonzalez J.S., Gaillarde F. L., Perez S.L.S., Ros P.S., Lopez M.A.S. Effect of recycled brick aggregates on the properties of structural concrete for the manufacture of precast prestressed beams //Construction and Building Materials, 2017, Volume 149, pp. 507-514.
 7. Khalaf F.M., Devenny A.S. Properties of New and Recycled Clay Brick Aggregates for Use in Concrete //Journal of Civil Engineering Materials, 2005, Vol. 17, № 4, pp. 456-464.
 8. Khalaf F.M., Devenny A.S. Characteristics of Brick Aggregate Concrete at High Temperatures // Journal of Civil Engineering Materials, 2004, Vol. 16, № 6, pp. 556-565.
 9. Aliabdo A.A., Abd-Elmoati A.E.M., Hassan H.H. The use of crushed clay bricks in the concrete industry // Alexandria Engineering Journal, 2014, Vol. 53, № 1, pp. 151-168.
-

10. Zhang S., Zong L. Properties of Concrete Made from Recycled Coarse Aggregate from Brick Waste // Environmental Progress and Sustainable Energy, 2013, Vol. 33, № 4, pp. 1283-1289.
 11. Shiposh T.K., Milicevic I., Siddik R. Model for designing brick aggregate concrete mixes based on neural network modeling // Construction and building materials, 2017, Vol. 148, pp. 757-769.
 12. Gao Z. Ge, Z., Song R., Zheng L. Design of a mixture of concrete with recycled clay-brick powder using the orthogonal design method // Building and Building Materials, 2012, Vol. 31, pp. 289-293.
 13. Kachim P.B. Mechanical properties of concrete based on brick aggregate // Construction and building materials, 2009, Volume 23, № 3, pp. 1292-1297.
 14. Романенко И.И., Петровнина И.Н., Еличев К.А., Романенко М.И. Пробуждение гидравлической активности наполнителей и заполнителей из лома глиняного кирпича // Инженерный вестник Дона, 2022. №11, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/7988.
 15. O'Farrell M., Wild S., Sabir B.B. Pore size distribution and compressive strength of clay brick mortar waste // Cement and Concrete Composites, 2001, Vol. 23, № 1, pp. 81-91.
 16. Баженов, Ю.М., Демьянова, В.С., Калашников, В.И. Модифицированные высококачественные бетоны / Научное издание. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. - 368 с.
 17. Рахимов, Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский В.Н. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // Материалы международного конгресса «Наука и инновации в строительстве SIB-2008». Современные проблемы строительного материаловедения и технологии, 2008. С.441-448.
-



18. Курочка П.Н., Гаврилов А.В. Бетоны на комплексном вяжущем и мелком песке // Инженерный вестник Дона, 2013, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1562.

References

1. Khalaf, Fuad M. *Materials in Civil Engineering*, 2006, vol. 18, № 4, pp. 518-526.
2. Zong L., Fei Z., Zhang S. *Journal of Cleaner Production* 2014, vol. 70, pp. 175-182.
3. Ahmad S. I., Hossain M. A. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017, ID 7279138, pp. 109-119.
4. Adamson M., Razmjou A., Pursai A. *Construction and Building Materials*, 2015, Volume 94, pp. 426-432.
5. Mobili A., Giosue C., Corinaldesi V., Tittarelli F. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018, article ID 8676708, pp. 211-233.
6. Gonzalez J.S., Gaillarre F. L., Perez S.L.S., Ros P.S., Lopez M.A.S. *Construction and Building Materials*, 2017, Volume 149, pp. 507-514.
7. Khalaf F.M., Devenny A.S. *Journal of Civil Engineering Materials*, 2005, Vol. 17, № 4, pp. 456-464.
8. Khalaf F.M., Devenny A.S. *Journal of Civil Engineering Materials*, 2004, Vol. 16, № 6, pp. 556-565.
9. Aliabdo A.A., Abd-Elmoati A.E.M., Hassan H.H. *Alexandria Engineering Journal*, 2014, Vol. 53, № 1, pp. 151-168.
10. Zhang S., Zong L. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 2013, Vol. 33, № 4, pp. 1283-1289.
11. Shiposh T.K., Milicevic I., Siddik R. *Construction and building materials*, 2017, Vol. 148, pp. 757-769.
12. Gao Z. Ge, Z., Song R., Zheng L. *Building and Building Materials*, 2012, Vol. 31, pp. 289-293.



13. Kachim P.B. Construction and building materials, 2009, Volume 23, № 3, pp. 1292-1297.
14. Romanenko I.I., Petrovnina I.N., Yelichev K.A., Romanenko M.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/7988.
15. O'Farrell M., Wild S., Sabir B.B. Cement and Concrete Composites, 2001, Vol. 23, № 1, pp. 81-91.
16. Bazhenov YU.M., Dem'yanova, B.C., Kalashnikov, V.I. Modificirovannye vysokokachestvennye betony [Modified high quality concretes]. M.: Izdatel'stvo Associacii stroitel'nyh vuzov, 2006. 368 p.
17. Rahimov, R.Z., Magdeev U.H., YArmakovskij V.N. Materialy mezhd. kongressa "Nauka i innovacii v stroitel'stve SIB-2008": Sovremennye problemy stroitel'nogo materialovedeniya i tekhnologii: trudy (Proc. International Congress "Science and Innovation in Construction SIB-2008". Modern problems of construction materials science and technology), 2008, pp. 441-448.
18. Kurochka P.N., Gavrilov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1562.