

УДК 666.97/98+06
ББК 65.9(2)304.19
К-93

Курочка Павел Никитович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС), тел.: 8(863) 2726226;

Мирзалиев Раджив Рзаевич, ассистент кафедры «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС), тел.: 8(863) 2960655.

ОЦЕНКА ФОРМЫ ЗЁРЕН ЩЕБНЯ, ПОЛУЧАЕМОГО ДРОБЛЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО БЕТОНА (рецензирована)

Приведены результаты лабораторных исследований по определению площадей поверхностей щебня, полученного из песчаника, гранита и вторичного бетона различных фракций. Анализ данных показал, что для щебня из вторичного бетона фракции 5-20 мм развитие поверхности составляет 8-14%, фракции 20-40 мм – 14-24%, фракции 40-70 мм – 20-31%.

Ключевые слова: бетоны, заполнители, дробленый бетон, вторичный бетон, анализ, технология, зерно щебня.

Kurochka Paul Nikitovich, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Survey, Design and Construction of railways of Rostov State University of Railway Transport (RSURT), tel.: 8 (863) 2726226;

Mirzaliyev Rajiv Rzaevich, assistant of the Department of Survey, Design and Construction of railways of Rostov State University of Railway Transport (RSURT), tel.: 8 (863) 2960655.

EVALUATION OF CRUSHED STONE GRAINS OBTAINED BY CRUSHING RECYCLED CONCRETE (Reviewed)

The results of the laboratory studies to determine the surface areas of gravel derived from sandstone, granite and recycled concrete of various factions have been given. Analysis of the data has shown that for the concrete rubble from the secondary fraction of 5-20 mm surface development is 8-14%, 20-40 mm fraction - 14-24%, fraction of 40-70 mm - 20-31%.

Keywords: concrete, aggregates, crushed concrete, secondary concrete, analysis, technology, gravel grain.

В Российской Федерации развивается строительство новых объектов транспортной промышленной и гражданской инфраструктуры страны. Одновременно с этим исходя из особенностей землепользования в крупных мегаполисах сложилась сложная обстановка по отчуждению земель под новое, особенно жилищное строительство. В связи с этим решаются вопросы сноса устаревших и аварийных объектов, в том числе ветхого жилья с целью использования их территорий под новое строительство.

Значительное количество объектов жилого и промышленного комплекса России было построено в 60-х годах прошлого века. Железобетон, являющийся основным строительным материалом этих объектов, уже исчерпал свой ресурс. На сегодняшний день очень актуальны вопросы утилизации и повторного использования материалов от разборки морально и физически устаревших жилых зданий и промышленных сооружений. Вторичное использование этого материала видится целесообразным в качестве сырья для получения путем дробления инертных заполнителей бетонных смесей.

Вопрос использования вторичного бетона является наиболее актуальным для регионов, в которых отсутствует сырьевая база для изготовления инертных заполнителей. К таким регионам относится район Большого Сочи, где развернуто крупномасштабное строительство Олимпийских объектов, транспортных магистралей, гостиничных комплексов, вокзалов, жилых зданий и других объектов. В тоже время в этом районе горные породы представлены в основном аргелитами и алевролитами, не пригодными для изготовления инертных заполнителей для бетонов.

Бетон целесообразно рассматривать как материал, состоящий из двух композитов. К первому композиту относится цементно-песчаная составляющая, в которой матрицей является цементный камень, а дисперсным наполнителем - песок. Вторым композитом является непосредственно бетон, матрицей которого служит цементно-песчаный раствор, а дисперсным

заполнителем – щебень.

Для крупнозернистых композитов (бетон) большое значение имеет соотношение физико-механических характеристик его фаз (цементно-песчаной матрицы и наполнителя – щебня). Механизм разрушения и прочность такого композиционного материала определяется двумя факторами: соотношением прочностных характеристик матрицы и заполнителя; величиной сцепления матрицы с заполнителем. При хорошем сцеплении матрицы с заполнителями и их высокой прочности резко возрастает прочность композита. Высокое сцепление включает прочность заполнителей в работу композита до исчерпания возможностей одной из фаз – матрицы или заполнителя. Реализуется так называемый эффект "армирования" бетона заполнителем [1; 2]. При низком сцеплении матрицы с заполнителями разрушение композита будет происходить при весьма малой нагрузке, поскольку не реализуется прочность заполнителей и матрицы, а прочность композита становится ниже прочности матрицы.

Эти положения необходимо учесть при использовании в бетонных смесях щебня, полученного дроблением вторичного бетона.

В результате дробления вторичного бетона образуются:

- щебень с зёрнами более 40 мм – 7-16%. С увеличением прочности вторичного бетона количество крупных зёрен возрастает;
- щебень фракции 20-40 мм – 20%. Количество щебня практически не зависит от прочности исходного бетона;
- щебень фракции 10-20 мм – 28-35%;
- щебень – фракции 5-10 мм – 12-15%;
- песок – 14-18%;
- пыль – около 5%.

В работе [3] сказано, что *пустотность щебня* из вторичного бетона составляет 0,46-0,48 и практически не зависит от фракции щебня и вида исходного бетона и *величина дробимости щебня* из вторичного бетона зависит от величины зёрен щебня, и возрастает при переходе от фракции 5-10 мм к более крупным фракциям. Наибольшую марку по дробимости имеет щебень фракции 20-40 мм, полученный дроблением бетона класса В30. При испытании на *истираемость* наибольшая потеря массы наблюдается у щебня фракции 5-10 мм. С увеличением размера фракции зёрен щебня марка по истираемости возрастает. Истираемость щебня может быть снижена путем предварительного сухого его перемешивания в бетоносмесителе или предварительной пропиткой поливинилацетатной дисперсией. Эти способы наиболее эффективны для щебня крупных фракций.

Также одним из показателей качества щебня является форма его зёрен. Согласно действующим нормативным документам требования к форме зерна щебня регламентируются содержанием зёрен лещадной и игловатой формы, содержание которых обычно не превышает 20%. К форме остальных 80% зёрен щебня нормативных требований не предъявляется.

В то же время структура и свойства тяжелых бетонов имеют наиболее высокие показатели при использовании щебня, форма зёрен которого близка к форме куба. Согласно предложенной [4] классификации формы зёрен крупного заполнителя к кубовидным относятся те зёрна, у которых отношение длины к толщине менее двух. Остальные зёрна, за исключением лещадных и игловатых, относятся к зёрнам неправильной формы. В развитие этой классификации авторы [4] предлагают для оценки формы зёрен щебня использовать показатель кубовидности Φ_k , представляющий собой отношения объема зерна к объему куба с ребром, равным толщине зерна. При этом к кубовидным зёрнам относятся те, у которых показатель кубовидности не более четырех.

При дроблении вторичного бетона его разрушение чаще всего происходит по цементно-песчаному камню. Образующийся щебень, даже если по линейным замерам его формы близка к кубовидной, имеет весьма развитую поверхность в виде либо выступов зёрен крупного заполнителя вторичного бетона, либо впадин, оставленных этими зёрнами (рис. 1).

Следовательно, показатель кубовидности не может однозначно характеризовать форму зёрен щебня, полученного дроблением вторичного бетона, т.к. развитие поверхности неизбежно приведет к увеличению расхода вяжущего при изготовлении бетонных смесей для бетонов заданной прочности. Однако при этом может увеличиться величина сцепления зёрен щебня с цементно-песчаным камнем.



Рис 1. Зерна щебня кубовидной формы из дробленого вторичного бетона

Для определения формы зерен щебня из вторичного бетона с учетом формирования их поверхности при дроблении представляется целесообразным использовать коэффициент развития поверхности φ_s , представляющий собой отношение поверхности зерна щебня S_z к поверхности правильного куба S_k , объем которого равен объему этого зерна.

Для обоснования и подтверждения указанной целесообразности выполнены следующие исследования. Из проб щебня фракций 5-20 мм, 20-40 мм и 40-70 мм, полученного дроблением песчаника, гранита и вторичного бетона были отобраны зерна, форма которых по линейным измерениям наиболее близка к форме куба. У этих зерен измерены объем и поверхность. Измерение поверхности производили путем парафинирования зерен щебня с последующим определением расхода парафина по объему и толщине пленки парафина по поверхности зерна.

Толщину пленки парафина определяли на приборе «Пенетрометр» с точностью 0,1 мм.

В дальнейшем производили расчет величины боковой поверхности куба, объем которого равен объему зерна щебня, и отношения площади поверхности зерна щебня к площади поверхности куба.

Результаты измерений и вычислений (табл. 1) показали следующее.

Таблица 1 - Параметры формы зерен щебня

Объем зерна щебня V_z , $см^3$	Площадь поверхности зерна щебня S_z , $см^2$	Площадь поверхности правильного куба, объем которого равен объему зерна щебня, V_k , $см^2$	Коэффициент развития поверхности зерен щебня по отношению к поверхности правильного куба S_z/S_k
1	2	3	4
Фракция щебня 5-20 мм			
Заводской щебень из песчаника			
0,8	5,2	5,1	1,01
1,8	9,6	8,8	1,09
2,4	11,4	10,7	1,06
4,4	17,3	16,1	1,07
6,5	22,1	20,9	1,05
Заводской гранитный щебень			
1,4	7,9	7,5	1,05
2,9	13,1	12,2	1,07
5,6	19,5	18,3	1,06
6,6	25,1	21,1	1,18

Щебень из вторичного бетона			
1,4	8,1	7,5	1,08
4,8	17,6	17,0	1,03
6,7	22,9	21,3	1,07
6,4	25,4	20,6	1,23
<i>Фракция щебня 20-40 мм</i>			
Заводской щебень из песчаника			
15,7	37,9	37,6	1,01
19,0	45,2	42,7	1,07
31,2	68,2	59,4	1,11
55,0	95,2	86,7	1,09
65,6	105,7	97,5	1,08
Заводской гранитный щебень			
12,8	34,5	32,8	1,05
28,5	60,4	55,9	1,08
53,7	92,4	80,4	1,08
55,1	90,9	86,8	1,04
63,2	103,0	95,1	1,08
Щебень из вторичного бетона			
10,0	30,1	27,8	1,08
12,4	37,1	32,1	1,15
30,2	65,9	58,1	1,11
55,5	101,8	87,2	1,16
<i>Фракция щебня 40-70 мм</i>			
Заводской щебень из песчаника			
101,2	142,2	130,2	1,09
128,6	170,0	152,8	1,11
176,4	196,0	188,7	1,03
252,6	267,5	239,7	1,11
349,0	316,3	297,1	1,06
Заводской гранитный щебень			
83,4	124,3	114,5	1,08
104,0	145,0	132,6	1,09
211,4	238,0	212,9	1,12
277,5	281,0	255,5	1,10
307,6	308,4	273,4	1,13

Щебень из вторичного бетона			
73,0	121,1	104,8	1,15
108,3	165,9	136,3	1,22
203,7	242,0	207,7	1,17
260,0	304,0	244,4	1,24
327,1	353,0	250,8	1,41

Зерна щебня за счет неровностей, возникающих при дроблении, имеют увеличенную (по сравнению с поверхностью правильного куба) поверхность. Наименьшее увеличение поверхности имеют зерна щебня, полученные дроблением песчаника. Это объясняется слоистым строением исходной горной породы. У зерен щебня из гранита развитие поверхности выше, чем у песчаника, что связано с его кристаллическим строением. Наибольшее развитие поверхности в результате дробления имеют зерна щебня из вторичного бетона. Причем с увеличением размера зерен щебня отличие их поверхности от поверхности куба равного объема возрастает.

Так для щебня из вторичного бетона фракции 5-20 мм развитие поверхности составляет 8-14%, фракции 20-40 мм – 14-24%, фракции 40-70 мм – 20-31%. Увеличение площади поверхности зёрен щебня необходимо учитывать в процессе подбора состава бетонной смеси с заполнителями из дробленого вторичного бетона. При $\varphi_S = S_3/S_K$, превышающих значение 1,1 количество цементно-песчаной составляющей в бетонной смеси должно быть увеличено.

ВЫВОД:

Для оценки формы зерен щебня предложен коэффициент развития поверхности φ_S , равный отношению поверхности зерна S_3 к поверхности куба S_K такого же объема.

Литература:

1. Ицкович С.М. Заполнители для бетона / С.М. Ицкович // Высшая школа. – Минск, 1983. – 214 с.
2. Бабков В.В. Структурообразование и разрушение цементных бетонов / В.В. Бабков, В.Н. Мохов, С.М. Капитонов, П.Г. Комохов // – Уфа, 2002. – 239 с.
3. Мирзалиев Р.Р. Свойства щебня из продуктов дробления вторичного бетона как инертного заполнителя бетонных смесей / Р.Р. Мирзалиев, П.Н. Курочка // Инженерный вестник Дона, – Ростов-на-Дону. – 2012, №4 (часть 2).
4. Кушка В.Н. Оценка истинной формы зерна высококачественного щебня / В.Н. Кушка, М.С. Гаркави, С.В. Подифоров, Е.С. Спиридонов // Строительные материалы. – М. – 2002, №4. – 35 с.

References:

1. Itskovich S.M. Aggregates for concrete / S. M. Itskovich // High School. Minsk, 1983. 214 p.
2. Babkov V.V. Structure formation and destruction of cement concrete / V. V. Babkov, V.N. Mokhov, S.M. Kapitonov, P.G. Komokhov. Ufa, 2002. 239 p.
3. Mirzaliyev R.R. Properties of the gravel made of the products crushing recycled concrete as inert aggregate for concrete mixes / R.R. Mirzaliyev, P.N. Kurochka // Engineering Journal of Don. Rostov-on-Don, 2012. № 4 (part 2).
4. Kushka V.N. Estimation of the true form of high-quality gravel grain / V.N. Kushka, M.S. Garkavy, S.V. Podiforov, E.S. Spiridonov // Building Materials. M., 2002. №4. 35 p.