

БЕТОН НА ОСНОВЕ НИЗКОПРОЧНЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

Черепов В.Д., Коршунова Н.П.

ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3), e-mail: cherepov861@rambler.ru

Установлены закономерности формирования основных технико-эксплуатационных характеристик бетона, изготавливаемого на основе карбонатных пород, модифицированных различными химическими добавками: суперпластификатором Glenium®51, гидрофобно-пластифицирующей добавкой СДО. При введении добавки СДО варьировалось содержание щебня в пределах от 0,9 до 0,7 куб.м. Введение оптимального содержания физико-химического модификатора СДО 0,03% от массы цемента в составы вибрированного бетона с содержанием цемента - 350 кг/м³ позволяет получить прочность при сжатии 35 МПа и марку по морозостойкости F150. Оптимальным количеством модификатора СДО для составов бетона с содержанием цемента 350 кг/м³ является 0,03% от массы цемента. Выявлено, что составы с суперпластификатором Glenium®51 позволяют получить бетоны с прочностью 35 МПа по безвибрационной технологии. При содержании щебня 0,3-0,4 куб.м на 1 куб.м бетона введение карбонатного наполнителя позволяет экономить расход цемента. Проведенные исследования позволили оптимизировать составы бетонов с пониженным содержанием щебня.

Ключевые слова: карбонатные породы, щебень, бетон, суперпластификатор, Glenium®51, СДО, модификатор, прочность, морозостойкость.

BASED CARBONATE ROCKS CONCRETE INVESTIGATION

Cherepov V.D., Korshunova N.P.

Volga state university of Technology, Yoshkar-Ola, Russia (424000, Yoshkar-Ola, square Lenin, 3) e-mail: cherepov861@rambler.ru

We have investigated the laws of the formation of the basic technical and operational characteristics of the concrete, manufactured by scree of carbonate rocks, modified with various chemical additives: superplasticizer Glenium® 51, hydrophobic plasticizer SDO. When adding the additive SDO we have varied content of scree (range 0,9 to 0,7 m³). The injection of optimal physical and chemical additive SDO (0.03% by weight of cement) in vibrated concrete with the amount of cement - 350 kg/m³ provides the strength of concrete 35 MPa and frost resistance F150. Optimal content of modifier SDO for compositions of concrete with the amount of cement 350 kg/m³ is 0.03% by weight of cement was found. We have found that compounds with superplasticizer Glenium® 51 can obtain concrete with a strength of concrete 35 MPa for vibration-free technology. The injection of carbonate rocks let us save cement consumption when the content of scree is 0,3-0,4 m³ for 1 m³ of concrete. The investigation allows to optimize concrete content with reduced amount of scree.

Key words: carbonate rocks, scree, concrete, superplasticizer, Glenium® 51, SDO, modifier, strength, frost resistance.

Вопросам рационального и комплексного использования местных минеральных ресурсов в строительстве, снижению стоимости строительных объектов, производству и распространению экологически безопасной строительной продукции в настоящее время уделяется большое внимание. В связи с широким распространением во многих регионах Российской Федерации осадочных карбонатных пород актуальной является задача их комплексного использования [3; 6]. Сравнительно низкая прочность и высокая неоднородность состава часто затрудняет и ограничивает применение этого экологически чистого минерального сырья, в том числе в производстве бетонов в качестве крупного заполнителя [2]. В то же время применение привозного крупного заполнителя приводит к значительному удорожанию выпускаемого бетона и строительных объектов в целом.

Исследование сырьевой базы карбонатного щебня республики Марий Эл (РМЭ) показывает его высокую неоднородность не только по прочности и плотности, но и по минералогическому составу. В частности, испытания карбонатных пород РМЭ показали, что их плотность может варьироваться от 1570 до 2710 кг/м³, а прочность при сжатии от 10 до 100 МПа. При этом среднее значение прочности при сдавливании в цилиндре не превышает марку 400. Содержание Mg(CO)₃ в карбонатных породах в пределах одного месторождения отличается на десятки процентов [4]. Это сдерживает использование местных карбонатных пород в производстве извести, цемента и силикатных изделий.

Исследования направлены на поиск путей повышения эффективности применения карбонатных пород РМЭ в производстве бетонов. С учетом низкой прочности карбонатных пород сформулирована гипотеза о возможности повышения эффективности их применения в бетонах за счет ограничения количества карбонатного щебня при условии дополнительного использования поверхностно-активных модификаторов, снижающих водопотребность бетонной смеси и улучшающих структуру растворной части бетона [1; 5].

Задача исследования состояла в изучении влияния содержания карбонатного щебня и модифицирующих добавок (СДО и Glenium®51) на формирование физико-технических свойств бетона – прочности при сжатии, водо- и морозостойкости.

В качестве крупного заполнителя применялся карбонатный щебень Коркатовского карьера РМЭ в виде смеси двух фракций: фракции 10-20 мм – 60% и фракции 5-10 мм 40% по массе соответственно. Минералогический состав применяемого щебня характеризовался присутствием 59% доломита и 40% кальцита. Примеси в пределах 1% были представлены минералами кварца и полевого шпата. В качестве мелкого заполнителя использовался природный кварцевый песок Студенковского карьера РМЭ с модулем крупности 2,07.

Ранее проведенные исследования показали, что при максимальном объемном содержании карбонатного щебня, близком к 1,0 м³ на 1 м³ бетона и пониженном только на величину коэффициента раздвижки зерен крупного заполнителя, коэффициент водостойкости бетона снижается до критического значения - 0,8.

Проведен анализ зависимости коэффициента водостойкости бетона от расхода цемента в пределах от 250 до 450 кг на 1 м³ бетона и объемного содержания карбонатного щебня соответственно от 0,7 до 0,9 м³. Расход воды подбирался экспериментально и соответствовал получению равноподвижных смесей с жесткостью 20 с. Водостойкость бетонов оценивалась с помощью коэффициента размягчения по соотношению прочности при сжатии бетона в насыщенном водой состоянии к прочности бетона в сухом состоянии.

В результате проведенного эксперимента получены бетоны с прочностью при сжатии от 25 до 45 МПа. Все составы показали свою высокую водостойкость, в пределах 0,98-1,0.

Исследовано влияние понижения содержания щебня в пределах от 0,9 до 0,7 м³ на 1 м³ бетона в присутствии модификатора СДО от 0 до 0,06% от массы цемента на свойства бетона, получаемого из равноподвижных смесей жесткостью 20 с методом виброуплотнения при частоте вибрации 50 Гц и амплитуде колебаний 0,5 мм. Бетонные смеси приготавливались в лабораторном вибросмесителе в течение 3 мин. Добавка СДО вводилась с водой затворения. Из бетонных смесей формовались образцы - кубы размером 100×100×100 мм. Физико-технические свойства бетонов определялись в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях.

При постоянном расходе цемента 350 кг/м³ изучено влияние содержания карбонатного щебня и модифицирующей добавки СДО на формирование прочности, капиллярно-открытой пористости и морозостойкости бетона. Влияние состава бетона на формирование прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние состава бетона на прочность при сжатии

№ опыта	Матрица эксперимента		Расходы материалов на 1 м ³ бетона				Предел прочности при сжатии, $R_{сж}$, МПа
	Щебень, м ³	СДО, %	Цемент, кг	Щебень, кг	Песок, кг	Вода, л	
1	0,9	0,06	350	1000	810	195	34,8
2	0,9	0,00	350	1000	810	210	34,1
3	0,7	0,06	350	780	1010	205	30,4
4	0,7	0,00	350	780	1010	220	28,8
5	0,9	0,03	350	1000	810	190	36,6
6	0,7	0,03	350	780	1010	210	31,8
7	0,8	0,06	350	890	910	195	35,8
8	0,8	0,00	350	890	910	210	34,0
9	0,8	0,03	350	890	910	200	36,4

Установлено, что поверхностно-активный модификатор СДО в количестве 0,03% снижает водопотребность равноподвижных бетонных смесей в среднем на 5%. Дальнейшее увеличение количества вводимой добавки до 0,06% от массы цемента незначительно понижает водопотребность. В случае отсутствия модификатора СДО уменьшение объемного содержания карбонатного щебня с 0,9 до 0,7 м³ на 1 м³ бетона приводит к понижению прочности составов от 34 МПа до 28,8 МПа. Введение добавки СДО способствует повышению прочности составов на 5-7%. Статистически значимым на предел прочности при сжатии бетона, модифицированного добавкой СДО, при доверительной вероятности 95% признано снижение объемного содержания карбонатного щебня до 0,7 м³ на 1 м³ бетона.

Влияние модификатора СДО и объемного содержания щебня при расходе цемента 350 кг/м³ на морозостойкость бетона определялась ускоренным структурно-механическим методом в соответствии с ГОСТ 10060.4-95. При этом контролировались капиллярно-

открытая пористость и коэффициент повышения прочности бетона при однократном замораживании в насыщенном водой состоянии.

Установлено, что во всем диапазоне варьирования содержания щебня наилучшее влияние на снижение объема капиллярно открытых пор в бетоне оказывает модификатор СДО в количестве 0,03% от массы цемента. Так, при постоянном объемном содержании щебня $0,9 \text{ м}^3$ на 1 м^3 бетона присутствие добавки СДО в количестве 0,03% от массы цемента понижает капиллярно-открытую пористость бетона с 14,4 до 13,4%. Увеличение содержания СДО до 0,06% не приводит к дальнейшему уменьшению капиллярно открытой пористости.

На рисунке 1 приведена зависимость морозостойкости бетона от содержания карбонатного щебня и количества модификатора СДО.

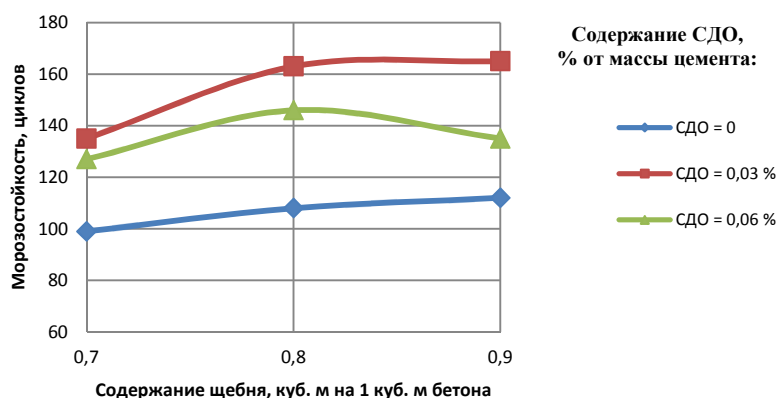


Рисунок 1 - Зависимость морозостойкости бетона при постоянном расходе цемента 350 кг/м^3 от расхода карбонатного щебня и содержания добавки СДО

Анализ влияния содержания щебня и модификатора СДО на морозостойкость показал, что рациональное содержание модификатора СДО 0,03% от массы цемента при рациональном содержании щебня $0,8-0,9 \text{ м}^3$ повышает морозостойкость бетона от марки F100 до марки F150. Сопоставление данных показывает, что повышение прочности при сжатии бетона согласуется с результатами определения его морозостойкости и капиллярно-открытой пористости.

Самоуплотняющиеся бетонные смеси изготавливают на составах с содержанием крупного заполнителя не более $0,5 \text{ м}^3$ на 1 м^3 бетона. В рамках безвибрационной технологии самоуплотняющихся бетонных смесей в присутствии суперпластификатора Glenium® 51 на основе поликарбоксилатного эфира исследовано влияние понижения содержания карбонатного щебня в пределах от $0,5$ до $0,3 \text{ м}^3$ на 1 м^3 бетона на формирование его прочности. В качестве варьируемых факторов в эксперименте были выбраны: содержание карбонатного наполнителя и содержание карбонатного щебня фракции 5–10 мм.

Карбонатный наполнитель с удельной поверхностью 350 м²/кг был получен помолом отсевов дробления карбонатных пород. При этом расчет вводимого количества карбонатного наполнителя производился из условия, что суммарное содержание цемента и минерального наполнителя (Ц+Н) в смесях составляло 540 кг на 1 м³ бетона. Исходя из этого, содержание минерального наполнителя в исследуемых составах варьировалось от 30 кг до 170 кг на 1 м³ бетона. Щебень вводился в количестве 30-50% от насыпного объема. На основании предварительных испытаний содержание суперпластификатора Glenium® 51 во всех составах было принято равным 2% от суммарной массы цемента и карбонатного наполнителя. Предел прочности при сжатии бетона определялся испытанием образцов-кубов с размером 100x100x100 мм после их твердения в течение 28 суток в нормальных условиях.

Результаты исследования прочности при сжатии самоуплотняющегося бетона представлены на рисунке 2.

Анализ полученных результатов показал, что влияние частичной замены цемента карбонатным наполнителем целесообразно при содержании щебня в пределах 30-40%. Для этих составов применение карбонатного наполнителя способствует экономии цемента. В целом было выявлено, что составы бетона с карбонатным наполнителем при введении в рецептуру суперпластификатора Glenium® 51 в количестве до 2% от суммарной массы цемента и карбонатного наполнителя позволяют получить бетоны с прочностью при сжатии от 34 до 46 МПа по безвибрационной технологии.

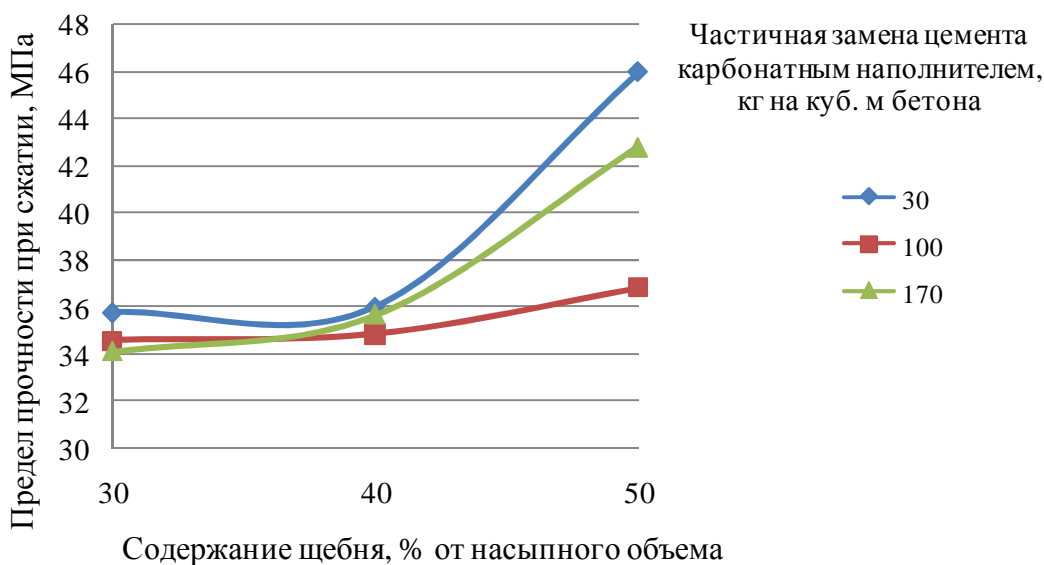


Рисунок 2 - Влияние частичной замены цемента карбонатным наполнителем на прочность самоуплотняющегося бетона

Выводы

1. Установлено, что бетон на карбонатном щебне при его содержании в бетоне в пределах от 0,9 до 0,7 м³ водостоек. С точки зрения формирования прочности и морозостойкости при постоянном расходе цемента 350 кг рекомендуются составы бетона, содержащие 0,03% СДО и не ниже 0,8 м³ карбонатного щебня на 1 м³ бетона.
2. Экономичные с точки зрения расхода цемента самоуплотняющиеся составы бетона могут быть получены на основе суперпластификатора Glenium® 51 и карбонатного наполнителя при объемном содержании карбонатного щебня в пределах 0,4-0,3 м³ на 1 м³ бетона.

Список литературы

1. Добавки в бетон: технический каталог; ноябрь, 2009. - М. : BUSF Construction Chemicals, 2009. - 136 с.
2. Зозуля П.В. Карбонатные породы как заполнители и наполнители в цементах, цементных растворах и бетонах [Электронный ресурс] // Статьи – Гипроцемент-наука: [сайт] / ЗАО «НИЦ «Гипроцемент-Наука». - Режим доступа: <http://www.giprocement.ru/about/articles.html/p+25> (6.10.2009).
3. Кононова О.В. О комплексном использовании местных сырьевых ресурсов / О.В. Кононова, В.Д. Черепов, Е.А. Солдатова // Программа. Тезисы докладов 62-й Респ. конф. по проблемам арх-ры и стр-ва. – Казань : КГАСУ, 2010. - С. 144.
4. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Марийской АССР / сост. М.Д. Сычева, А.И. Белянина, А.В. Гришанина. - М. : Геологический фонд РФ, 1984. - 127 с.
5. Синайко Н.П. Новые бетоны самоуплотняющегося типа. Добавки Relanorm и средства испытаний // Будівельні матеріали, вироби та санітарнатехніка. - 2011. - № 39. - С. 95.
6. Шелихов Н.С. Комплексное использование карбонатного сырья для производства строительных материалов / Н.С. Шелихов, Р.З. Рахимов // Строительные материалы. - 2006. - № 9. - С. 42-44.

Рецензенты:

Салихов Мухаммет Габдулхаевич, д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.

Краснов Анатолий Митрофанович, д-р. техн. наук, профессор кафедры строительных материалов и технологии строительства ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.