



ООО «Экобетон Групп»

УДК 625 691.32 666.97 693.54

БЕТОНЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

О.Ю. Баженова, к.т.н, доцент НИУ МГСУ, Москва

С.И. Баженова, к.т.н., НИУ МГСУ, Москва

С.Ф. Заботин, студент, НИУ МГСУ, Москва

В настоящее время активно повышаются объемы жилищного строительства в Москве и Московской области. Уже несколько лет подряд Подмосковье занимает лидирующие позиции по объемам вводимой жилой недвижимости. Около 25% цемента, производимого в России, используется заводами, выпускающими бетонные и растворные смеси в Московской области, что показывает масштабность строительства в Подмосковье.

Помимо жилищного фонда и зданий гражданского назначения идет активное расширение транспортных сетей. А именно: дорог, тоннелей и мостов, путепроводов и развязок, надземных и подземных сооружений [1].

Важнейшей задачей в технологии бетона является поддержание его качественных показателей на протяжении всего строительного процесса. Как известно, наличие каменной крошки и пыли в щебне, различное содержание гравийных фракций в песке и резкая неоднородность зернового состава заполнителей, исключает возможность управлять составом бетона, обеспечивать однородность свойств по всему объему уложенного бетона, не позволяют гарантировать долговечность и эксплуатационную надежность изготавливаемых конструкций и сооружений [2].

Разработке технологии получения современных высокопрочных, водонепроницаемых и морозостойких бетонов посвящены работы многих ученых [2-5].

Например, применение модифицированного гидрофобного бетона в современном мостостроении позволило ускорить время проведения строительно-монтажных работ, снизить их трудоемкость, повысить экономическую эффективность без снижения показателей качества и надежности объекта в целом [6].

Использование высококачественного фибробетона на основе композиционного вяжущего, стальной фибры, отходов КМА и добавок для ремонта и реконструкции мостовых конструкций и путепроводов дало возможность увеличить срок службы этих конструкций [7, 8].

Огромное значение в транспортном строительстве при укреплении грунтов, изготовлении элементов сложной формы, буронабивных свай и других железобетонных конструкций являются реологические свойства инъекционных растворов и бетонных смесей, которые обеспечиваются использованием различного вида добавок [9, 10].

Сегодня одним из главных направлений в материаловедении является создание новых видов строительных материалов и изделий с заданными свойствами, отвечающими самым высоким требованиям строительства [11].

Изделия для транспортного строительства характеризуются большим разнообразием. В транспортном строительстве, особенно при строительстве мостов и туннелей, широко используют железобетонные тюбинги, элементы мостовых конструкций и путепроводов, коллекторы, блоки, железобетонные своды, сваи, в том числе и буронабивные, и много других элементов из бетона, которые требуют использования бетонов определенной прочности, морозостойкости и водонепроницаемости.

В работе были проведены исследования по подбору составов бетонов для транспортного строительства классов В25-В45 при подвижности бетонной сме-

си П4 с морозостойкостью не ниже F₂₃₀₀ и водонепроницаемостью не менее W12.

Для проведения исследований применялся портландцемент марок 500-ДО-Н АО «Себряковцемент», плотностью 3,1 кг/л.

В качестве заполнителей для бетонов был использован гранитный щебень фракции 5 - 20 мм, с насыпной плотностью 1500 кг/м³, плотностью - 2,65 кг/л, и песок $M_k = 2,5$ с насыпной плотностью 1490 кг/м³, истинной плотностью 2,63 кг/л.

В качестве добавок использовались суперпластификатор для бетона Sika ViscoCrete 570, снижающий расход воды, и воздухововлекающая добавка SikaAer-200С (20%), повышающая морозостойкость бетона.

Были проведены систематизированные исследования изменения массы образцов, прочности, водонепроницаемости и морозостойкости бетонов для транспортного строительства. Составы бетонов приведены в табл.1.

Таблица 1 – Составы бетонов

№	Расход материалов, кг/м ³				В/Ц	Осадка конуса, см
	Цемент	Вода	Щебень	Песок		
1	360	170	1049	835	0.47	19
2	385	170	1030	825	0.44	20
3	414	170	1015	815	0.41	19,5
4	460	170	995	795	0.37	19
5	480	170	980	790	0,35	19

Для определения свойств бетона изготавливали образцы-кубы 10x10x10 см. Испытывались образцы через 7 и 28 суток нормального твердения. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Прочностные показатели бетона

№	Плотность бетона, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте		Класс бетона
		7 суток	28 суток	
1	2402	26,4	37,6	B25
2	2394	29,7	44,1	B30
3	2396	39,5	50,8	B35
4	2405	47,2	55,5	B40
5	2403	53,2	63,0	B45

Полученные бетоны соответствует заявленному классу по прочности на сжатие B25-B45 при коэффициенте вариации 13,5%.

Испытания на морозостойкость проводились в соответствии с ГОСТ 10060-2012 по третьему (ускоренному) методу. При испытании по третьему методу для насыщения, замораживания и оттаивания образцов применяют 5%-ный водный раствор NaCl. Основные образцы помещали в морозильную камеру в закрытых емкостях, которые наполняли 5%-ным водным раствором NaCl. Температуру в закрытой камере снижали до минус (50±2) °С и поддерживали в течение 2,5 ч. Затем температуру в камере повышали до минус 10 °С в течение (1,5±0,5) ч, после чего образцы оттаивали в 5%-ном водном растворе NaCl с температурой (20±2) °С в течение не менее 2,5 ч.

После 37 циклов замораживания и оттаивания, что должно соответствовать морозостойкости бетона F₂₃₀₀, образцы, осматривали. Жесткой щеткой снимали материал, отделяющийся от образца. Образцы обтирали влажной тканью, взвешивали и испытывали на сжатие.

По полученным в результате испытаний данным в соответствии с ГОСТ 10060-2012 рассчитывали: среднее значение прочности X_{cp}^1 и среднеквадратическое отклонение σ_n^1 контрольных образцов, среднее значение прочности X_{cp}^2 и среднеквадратическое отклонение σ_n^2 основных образцов, коэффициент вариации прочности V^1 и V^2 , нижнюю границу доверительного интервала для кон-

трольных образцов X_{\min}^1 и нижнюю границу доверительного интервала для ос-
новных образцов после замораживания и оттаивания X_{\min}^2 .

Определение водонепроницаемости бетона проводили в соответствии с
ГОСТ 12730.5-84 на приборе "Агама-2Р". Водонепроницаемость определяли по
воздухопроницаемости поверхностных слоев бетона.

Образец помещали в герметическую камеру прибора. При испытании
герметизирующую мастику жгутом диаметром 6 мм укладывали на фланец ка-
меры по его средней линии и соединяли концы. Камеру фланцем устанавливали
на нижнюю (при формовании) поверхность образца и в полости камеры созда-
вали разрежение не менее 0,064 МПа. При испытании определяли значение со-
противления бетона проникновению воздуха m (с/см³).

Данные по испытаниям бетонов для транспортного строительства пред-
ставлены в табл.3, а результаты расчетов по морозостойкости в табл.4.

Таблица 3 – Свойства бетонов для транспортного строительства

№	Сопро- тивление бетона проник- новению воздуха, $m, \text{с/см}^3$	Прочность контроль- ных образ- цов, R_1 , МПа	Прочность бетона по- сле 37 цик- лов замо- раживания и оттаива- ния, R_2 , МПа	Масса образцов М, г		Изменение массы после замораживания и оттаивания $\Delta_m, \%$
				до ис- пыта- ний	после испы- таний	
1	24,1	34,1	33,2	2388	2375	-0,53
2	24,9	43,7	42,5	2369	2346	-0,96
3	24,3	63,0	58,7	2389	2380	-0,37
4	24,2	67,8	65,5	2392	2380	-0,51
5	24,9	62,4	61,6	2382	2364	-0,76

Анализируя данные по сопротивлению проникновению воздуха сквозь
поверхностные слои бетона мы видим, что полученные результаты находятся в

пределах 24,1 – 24,9 с/см³. Это позволяет сделать выводы, что все бетоны успешно прошли испытания и имеют марку по водонепроницаемости W12.

Таблица 4 – Расчетные показатели по морозостойкости

№	Значения показателей для контрольных образцов					Значения показателей для основных образцов			
	X_{cp}^1	σ_n^1	$V^1, \%$	X_{min}^1	$0,9 X_{min}^1$	X_{cp}^2	σ_n^2	$V^2, \%$	X_{min}^2
1	34,1	0,92	2,7	31,7	28,5	33,2	1,16	3,5	30,2
2	43,7	0,52	1,2	42,4	38,2	42,5	0,64	1,5	40,9
3	63,0	4,8	7,6	50,7	45,6	58,7	4,72	8,0	46,6
4	67,8	2,72	4,0	60,8	54,7	65,5	3,64	5,6	56,1
5	62,4	0,36	0,6	61,4	55,3	61,6	0,64	1,0	60,0

При испытании на морозостойкость изменение массы образцов бетона после 37 циклов замораживания и оттаивания должно быть не более 2%. Согласно этим требованиям все бетоны успешно прошли испытания на морозостойкость.

Образцы считаются выдержившими испытания на морозостойкость, если соблюдается соотношение $X_{min}^2 \geq 0,9 X_{min}^1$.

Нижняя граница доверительного интервала прочности контрольных образцов с учетом коэффициента 0,9 для первого состава равна 28,5 МПа, а нижняя граница доверительного интервала прочности основных образцов для этого состава равна 30,2 МПа. Для остальных составов эти значения составляют соответственно 38,2 МПа и 40,9 МПа, 45,6 МПа и 46,6 МПа, 54,7 МПа и 56,1 МПа, 55,3 МПа и 60,6 МПа. Следовательно, все составы бетонов выдержали 37 циклов замораживания и оттаивания, что соответствует марке бетона по морозостойкости F₂₃₀₀.

Анализируя результаты испытаний, и обобщая сказанное выше, можно сделать следующие выводы:

- полученные бетоны соответствует классу по прочности на сжатие В25-В45;
- все бетоны прошли испытания по водонепроницаемости и имеют марку W12;
- составы выдержали испытания на морозостойкость по третьему методу в 5%-ном водном растворе NaCl и имеют марку бетона по морозостойкости F₂₃₀₀.

Таким образом, по результатам экспериментальных исследований установлено, что полученные бетоны можно использовать в бетонных и железобетонных конструкциях для транспортного строительства.

Библиографический список

1. Бейвель А., Беляева Ж., Виноградов В., Саламатов Д., Рыжов Д. Бетоны для транспортного строительства. // Дороги. Инновации в строительстве. – 2017. – № 64. – С. 93-96
2. Баженов Ю.М. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии / Ю.М. Баженов, В.Р. Фаликман // Строй-Инфо. – 2007. – №1-2. – С. 289-290.
3. Высокопрочный бетон для транспортного строительства. // Автомобильные дороги. – 2008. – № 10. – С. 120-121.
4. Баженова С.И. Высококачественные бетоны с использованием отходов промышленности / С.И. Баженова, Л.А. Алимов // Вестник МГСУ. – 2010. – № 1. – С. 226-230.
5. Баженова С.И. Бетон высокой эксплуатационной надежности / С.И. Баженова // Технологии бетонов. – 2011. – № 9-10. – С. 14-15.
6. Дергунов С. А. Теоретические предпосылки эффективного применения модифицированного гидрофобного бетона в современном мостостроении / С. А. Дергунов, Г. О. Горбик // Технологии бетонов : прил. к журн.: Строит. материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2009. – № 6. – С. 22-24.

7. Бабков В. В. Водопропускные трубы и малопролетные засыпные арочные мосты на основе сталефибробетона в автодорожном строительстве / В. В. Бабков, И. В. Недосеко [и др.] // Бетон и железобетон. – 2009. – № 2. – С. 4-6.

8. Ракитченко К. С. Разработка состава фибробетона с применением композиционных вяжущих для ремонта мостовых конструкций / К. С. Ракитченко // Вестн. БГТУ им. В.Г.Шухова. – 2011. – № 1 – С. 38-42.

9. Байдаков О. С. Опыт применения современных инъекционных технологий при строительстве и эксплуатации тоннелей / О. С. Байдаков // Мир дорог. – 2012. – № 63. – С.24-26.

10. Рахимбаев Ш.М. Реологические свойства материалов для строительства объектов транспортной инфраструктуры. / Ш.М. Рахимбаев, А.А. Логвиненко // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 5 (665). – С. 26-33.

11. Калашников В.И., Миненко Е.Ю., Грачева Ю.В. Применение новых эффективных материалов для дорожного строительства: монография. – Пенза: Изд-во: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2013. – 136 с.