

ленной минеральным вяжущим, марки М40 достаточной морозостойкости даже на основе неморозостойкого каменного материала.

3. Наиболее информативной характеристикой прочностных и деформативных свойств щебеночных смесей, укрепленных цементом, является величина кубиковой прочности. Так, эти значения, умноженные на 100, показывают наибольший множественный коэффициент корреляции с расчетными величинами модулей упругости по ОДМ 218.046-01, равный 0,973. Поэтому для оценки пригодности той или иной пробы малопрочного каменного материала в качестве основы щебеночно-песчаной смеси, укрепленной минеральным вяжущим, достаточно определить марку этой смеси по ГОСТ 23558-94. Все остальные расчетные характеристики, необходимые для проектирования рабочего слоя дорожной одежды из такой смеси, можно с уверенностью принимать из таблиц ОДМ 218.046-01.

4. Применение местных грунтов, низкопрочных каменных материалов и минеральных побочных продуктов производства при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд имеет высокую технико-экономическую эффективность, особенно в районах, не обеспеченных прочными каменными материалами. Экономический расчет применения местного малопрочного каменного материала в условиях одного дорожного хозяйства позволил сэкономить 124,4 тыс. рублей на каждые 1000 м² дорожной одежды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
2. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.
3. ГОСТ 23558-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия.
4. ГОСТ 25607-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.
5. ГОСТ 31424-2010 Материалы строительные нерудные от отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия.
6. ОДМ 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд.
7. СП 34.13330.2010 Актуализированная версия СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги. Нормы и правила проектирования.
8. СТО 03443488-023-2012 Использование местных малопрочных каменных материалов и побочных продуктов промышленности для нужд дорожного комплекса Алтайского края. Методические рекомендации.

Свиридов В.Л. – д.т.н., профессор, Алтайский государственный технический университет, E-mail: unkc-ts@hotmail.ru.

УДК 666.949

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЫ ДЛЯ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ

И.М. Себелев, А.М. Соколов, А.М. Маноха, Е.В. Божок, Е.Е. Ибе

Изучена возможность использования высокоглиноземистых шлаков в качестве добавок при производстве композиционных портландцементов для зимнего бетонирования. Полученные результаты позволяют рекомендовать такие цементы для изготовления бетонных смесей укладываемых в зимних условиях.

Ключевые слова: композиционные портландцементы, высокоглиноземистые шлаки, бетонирование.

ВВЕДЕНИЕ

Значительная часть бетонных смесей при возведении строительных объектов в районах Урала, Сибири, Крайнего Севера укладывается в зимний период, на который

приходится до 40% годового объема строительных работ.

К зимнему бетонированию относятся работы, выполняемые при среднесуточной температуре ниже 5°С, считается, что зимнее бетонирование может производиться при тем-

пературе воздуха до минус 40°C, на практике такие технологии бетонирования осуществляются до температур минус 20-25°C. Для набора бетоном необходимой прочности осуществляются специальные мероприятия по подготовке и производству бетонных работ в зимнее время. Прежде всего, для зимнего бетонирования применяют специальные бетоны, либо изготовленные на специальных цементах, либо содержащие химические противоморозные добавки. Наилучшие результаты могут быть получены при одновременном использовании особых цемента для таких бетонов и соответствующих добавок, вводимых при приготовлении бетонных смесей. Поскольку цементные заводы России практически не производят таких цемента (за исключением незначительного количества глиноземистого цемента), бетонные смеси для зимнего бетонирования изготавливаются на основе портландцемента ПЦ400Д20 (реже ПЦ500Д0) с введением в бетонную смесь противоморозных и пластифицирующих добавок.

При выполнении работ свежесложенный бетон прогревают различными способами, с применением водяного пара, нагретой воды или электроэнергии. Кроме того, уложенный бетон предохраняют от потерь тепла, укрывая различными утепляющими материалами.

Действие вводимых противоморозных добавок сводится, с одной стороны, к снижению температур замерзания воды в бетонной смеси, с другой – к ускорению процесса схватывания бетона и приобретения им необходимой первоначальной прочности.

Наиболее широкое применение в качестве добавки, ускоряющей схватывание бетонной смеси, получил углекислый калий K_2CO_3 (поташ), используемый в количестве до 5% от массы цемента. Бетонные смеси с поташом характеризуются очень короткими сроками схватывания, мало зависящими от температуры. С целью снижения расхода воды при приготовлении бетонных смесей углекислый калий вводится совместно с пластификаторами.

При отрицательных температурах при введении комплексных добавок, состоящих из поташа и пластификатора, наблюдается очень медленное нарастание прочности.

Более эффективным ускорителем схватывания является метаалюминат натрия $NaAlO_2$, применяемый в виде водного раствора. Выделяющийся при его гидролизе гидроксид алюминия способствует формированию более плотной структуры цементного камня.

Наблюдается уменьшение общей пористости цементного камня с одновременным уменьшением доли капиллярных пор. При использовании этой добавки также имеет место значительное повышение показателя рН жидкой фазы бетонной смеси, что приводит к снижению прочности и долговечности бетонов. Эффективным вяжущим для бетонных смесей, твердеющих при отрицательных температурах, является глиноземистый цемент, который может использоваться и как добавка к портландцементу. Но глиноземистый цемент является дефицитным и дорогостоящим материалом.

В настоящее время наметилась тенденция перехода на использование ускорителей, не содержащих щелочей. Осуществляемые разработки безщелочных ускорителей обусловлены необходимостью повысить эксплуатационные характеристики объектов, возводимых в зимних условиях, прежде всего, добиться устойчивости к щелочной коррозии и сохранить высокие прочностные показатели в позднем возрасте. В качестве перспективных ускорителей схватывания и твердения портландцемента, не содержащих хлоридов и щелочей и лишенных указанных выше недостатков, предлагаются активные оксиды и гидроксиды алюминия [1].

Влияние добавок на основе оксидов и гидроксидов алюминия на кинетику твердения цементных растворов изучалось авторами на примере цемента ПЦ500Д0 при соотношении цемент:песок, равном 1:3. Определение предела прочности образцов при сжатии показало, что введение 1-3% добавок повышает в 2-3 раза раннюю прочность (1 сутки) по сравнению с бездобавочным составом. Но применение гидроксида алюминия в современной практике в качестве добавки в бетоны маловероятно из-за его высокой стоимости.

Рядом авторов [2] предлагается для ускорения схватывания и твердения бетонной смеси вводить в ее состав наномодифицированные добавки многокомпонентного зольа, одновременно содержащего кремневую кислоту, гидроксид алюминия, гидроксид железа и хлорид кальция. Введение этой добавки в малых дозировках позволяет получить бетон с высокими физико-механическими свойствами. Несмотря на повышенный интерес исследователей к золь-гель-технологии, применение таких добавок в практических условиях затруднено из-за сложности их изготовления и использования.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Нами была изучена возможность замены добавок дорогостоящего гидроксида алюминия на добавки высокоглиноземистых отходов алюминотермического производства хрома, в виде высокоглиноземистого клинкера КВЦ-70Б и несепарируемой мелочи (НМ). Химический состав добавок приведен в таблице 1. Фазовый состав высокоглиноземистого клинкера представлен однокальциевым диалюминатом CA_2 и однокальциевым шестиалюминатом CA_6 . Продукты помола клинкера обладают вяжущими свойствами. В качестве основного компонента при изготовлении экспериментальных портландцементов для зимнего бетонирования использовался бездобавочный портландцемент ПЦ500Д0 ОАО «Искитимцемент». Указанный портландцемент изготавливается помолом клинкера с добавкой 5% гипса. Химический состав клинкера приведен в таблице 2.

Клинкер содержит 57,0% C_3S , 18,0% C_2S , 7,0% C_3A , 13,0% C_4AF , 0,5% $CaO_{своб.}$

Коэффициент насыщения – 0,90;

Силикатный модуль – 2,21;

Глиноземный модуль – 1,25.

Для сравнения в качестве добавки, ускоряющей схватывание композиционного портландцемента, был использован также высокоглиноземистый цемент производства Китая, состав этого цемента представлен 98% однокальциевого алюмината CA . Образцы композиционных портландцементов были изготовлены на основе портландцемента ПЦ500Д0 (ЦЕМ I 42,5) с введением различных тонкомолотых добавок, общее количество которых составляло 20%. Контрольный состав содержал 20% доменного гранулированного шлака, в остальных цементах половина шлака заменялась высокоглиноземистыми отходами.

Для полученных композиционных портландцементов определены нормальная густота, сроки схватывания, водоотделение, пределы прочности при сжатии в различные сроки нормального твердения, пористость полученного цементного камня и его стойкость против выщелачивающей коррозии.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нормальная густота всех исследованных цементов составляла от 28,2% до 29,5%. Для контрольного цемента, начало схватывания составляло 65 минут. Для цементов с добавками высокоалюминатных отходов до 25-35 минут. Композиционные портландцементы с такими добавками характеризуются значительно меньшим водоотделением

(18,0÷21,0% против 31,0% у контрольного состава), что особенно важно для портландцементов такого назначения.

На рисунке 1 показан характер изменения прочности цементных образцов-кубов с размером ребра 2 см при твердении в нормальных условиях в течение 7 суток.

При твердении в течение 3 суток прочность образцов из композиционных портландцементов составов с алюминатными добавками нарастает значительно быстрее, чем прочность образцов из цемента контрольного состава, содержащего 20% доменного гранулированного шлака. Особенно быстро нарастает прочность образцов из портландцемента с добавкой 10% высокоглиноземистого цемента. Но после двух суток набора прочности начинается падение этого показателя и к семи суткам твердения падение прочности составляет 15%.

Образцы, изготовленные из цементов с другими алюминатными добавками, продолжают набирать прочность после 3 суток с несколько меньшей скоростью, и в возрасте 7 суток прочность близка к прочности образцов контрольного цемента. Наибольший положительный эффект обеспечивается введением алюминатной добавки в виде высокоглиноземистого клинкера КВЦ-70Б.

В возрасте 28 суток прочность всех цементных образцов, изготовленных из композиционных цементов с высокоалюминатными добавками несколько ниже, чем прочность образцов контрольного состава. Однако к 180 суткам прочность контрольного состава достигла 80 МПа, прочность экспериментальных составов от 83,5 до 88 МПа. К годичному сроку твердения (360 суток) контрольный состав характеризовался прочностью при сжатии 94,1 МПа, образцы из композиционных портландцементов с комплексными добавками, содержащими 10% клинкера КВЦ-70Б, имели прочность 110,2 МПа. В отдаленные сроки твердения прочность образцов из композиционных портландцементов, содержащих около 10% шлаков алюминотермического производства, превышает прочность контрольного портландцемента ПЦ400Д20 (с 20% ДГШ) на 10-15%.

Такой характер нарастания прочности цементов экспериментального состава объясняется тем, что в возрасте 28 суток продукты гидратации этих цементов содержат заметное количество гидроксидов алюминия в коллоидном состоянии. С течением времени происходит кристаллизация гиббсита и бемита, также увеличивается количество хорошо

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЫ ДЛЯ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ

Таблица 1 – Химический состав компонентов (масс. %)

Вид добавки	Химический состав, масс. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂
КВЦ-70Б	1,0	68,0	1,0	22,0	4,0	–	–	–	–
НМ	18,0	48,0	–	10,5	1,0	5,2	2,5	3,5	0,3

Таблица 2 – Химический состав портландцементного клинкера ОАО «Искитимцемент»

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	п.п.п.
21,48	5,42	4,33	66,08	0,71	0,32	0,58	0,18	0,42

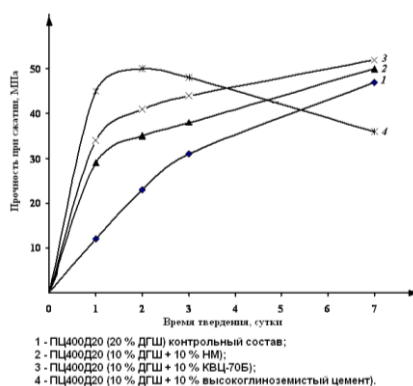


Рисунок 1 – Кинетика набора прочности композиционных портландцементов при твердении с высокоалюминатными добавками

закристаллизованного гидрокарбоалюмината кальция $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, что сопровождается ростом прочности.

Полученный при твердении цементный камень характеризуется значительно большей плотностью и меньшей пористостью по сравнению с цементным камнем на основе портландцемента контрольного состава. Так, пористость цементного камня на основе полученного композиционного цемента составляет 16,4%, в то время как пористость цементного камня контрольного состава – 24,8%. При твердении композиционных портландцементов с добавками высокоалюминатных отходов наблюдается заметное уменьшение усадки по сравнению с контрольным составом (усадка составляет 1,5 мм/м, у контрольных образцов – 3,0 мм/м).

Положительным фактором, способствующим использованию таких композиционных портландцементов для изготовления бетонных смесей, укладываемых при отрицательных температурах, является также повышенное тепловыделение, особенно в начальные сроки твердения. Продукты гидратации композиционных портландцементов с высокоалюминатными добавками содержат значительно меньшее количество свободного

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1-2014

$\text{Ca}(\text{OH})_2$. В цементном камне контрольного состава содержится 5,0% гидроксида кальция в несвязанном состоянии, в цементном камне экспериментальных составов – 2,0÷2,5%.

Кроме того такой цементный камень обладает значительно большей стойкостью к коррозии выщелачивания. При испытании из его состава растворяются в воде соли кальция в количестве 560 мг/л, у цементного камня контрольного состава – 1120 мг/л (в расчете на CaO). Цементный камень экспериментального состава обладает высокой водонепроницаемостью (W8 - W12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе полученных результатов исследования можно утверждать, что использование добавок в виде высокоалюминатных отходов алюминотермического производства хрома в количестве 10% позволяет получать композиционные портландцементы, характеризующихся рядом благоприятных свойств, позволяющих рекомендовать эти цементы для изготовления бетонных смесей, укладываемых в зимних условиях.

Композиционные цементы с такими добавками отличаются пониженным водоотделением, ранним началом схватывания це-

ментного теста, повышенным тепловыделением при гидратации, более быстрым набором прочности в ранние сроки твердения, повышенной прочностью в возрасте 180 и 360 суток. Получаемый цементный камень имеет более низкую пористость и отличается повышенной коррозионной стойкостью против углекислотной коррозии и коррозии выщелачивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильясов А.Г., Медведева И.Н., Корнеев В.И. Ускорители схватывания и твердения портландцементов на основе оксидов и гидроксидов алюминия // Цемент и его применение, 2005. – № 2. – С. 61-63.

2. Войтович В.А., Хряпченкова И.Н., Яворский А.А. Нанотехнологии в производстве силикатного кирпича // Строительные материалы, 2010. – № 3. – С. 60-61.

Себелев И.М. – д.т.н., профессор, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, E-mail: kozlova36@mail.ru; **Соколов А.М.** – д.т.н., профессор, Ивановский государственный энергетический университет; **Манюха А.М.** – докторант, **Божок Е.В.** – аспирант, **Ибе Е.Е.** – аспирант, Алтайский государственный технический университет.

УДК 721.011.2

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МОЛОДЕЖИ

А.В. Сидоров

Многофункциональные комплексы как явление в городской среде занимают все более значимое положение. В связи с этим необходимо переосмысливать и изменять требования, нормы и понятия к таким видам зданий.

Ключевые слова: многофункциональность, комплекс, современный город.

В России и за рубежом многофункциональные универсальные комплексы, в которых можно жить, работать, отдыхать, существуют давно, подобные комплексы стали активно строиться в конце 1980-х годов. Разработчики концепций руководствовались идеей экономии ресурсов, в том числе электроэнергии и земли. Для самих же арендаторов площадей в таких комплексах важным фактором стала экономия времени и транспортных затрат, чтобы попасть в офис или в спортклуб, достаточно нажать нужную кнопку в лифте, опуститься или подняться на соответствующий уровень-этаж. К тому же, такие сооружения оборудовались энергосберегающими и водосберегающими системами. Поэтому закономерно, что вопросами развития многофункциональных комплексов (МК), поиском путей решения проблем связанных с эксплуатацией, местом в городской среде, в настоящее время, занимается достаточно много людей, разных профессий и специальностей [1]. Именно городская жилая среда является первичной в формировании мировоззрения и

эстетического вкуса проживающего в ней населения.

Одним из эффективных путей нейтрализации негативных тенденций современных городов может стать строительство многофункциональных комплексов (МК). Они объединяют, сочетают жилые, обслуживающие и рекреационные функции, отвечают тем требованиям, которые диктует быстроразвивающееся общество. МК пользуются большой популярностью, так как это достаточно выгодно с коммерческой точки зрения и актуально для людей. И если раньше в них чаще всего были лишь коммерческие и офисные помещения, то сейчас их область применения серьезно расширилась. Одним из примеров может служить проектируемый многофункциональный комплекс в Берлине «THE:SQUARE» [2], в котором располагается 1000 квартир, 100.000 м² под коммерческие и офисные помещения, медицинский и научный центр, спортивные учреждения, пространство для образования и подземная парковка (рисунк 1).