

Теоретические аспекты эффективности диспергированной гранитной породы в цементном конструкционном бетоне

Апанасович Н. Г., Валькович В. П., Качановский И. Ю.
Научный руководитель – Смоляков А. В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В статье приведены данные результатов исследований по использованию гранитного отсева – побочного продукта от дробления горной породы на крупный заполнитель для бетона, в качестве минеральной добавки в бетон, введенной в портландцемент на стадии помола. Показана возможность и целесообразность использования в цементе с минеральной добавкой отсева РУПП «Гранит» Брестской области.

В Беларуси отсутствуют сталеплавильные производства, побочный продукт которых в виде, например, доменных шлаков был бы ценным сырьем для получения цементов с минеральными добавками, как более дешевого вида вяжущего. В этой связи были осуществлены исследования с целью использования в таком качестве мелкого гранитного отсева РУПП «Гранит». Подтверждением эффективности результатов исследований (частично приведены в настоящей статье) явилось то, что ОАО «Кричевцементношифер» к настоящему времени выпустило более 100 тыс. тонн портландцемента (ПЦГ-М400; ПЦГ-М500), успешно реализованного в Беларуси и России.

ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА НА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ С МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ

Методика исследований. В процессе исследований совместный помол портландцементного клинкера (производства) ОАО "Кричевцементношифер"), гипсового камня и гранитного отсева осуществляли в лабораторной шаровой мельнице с различной дозировкой гранитного отсева (0; 10; 20 и 30 % от массы клинкера).

На полученных цементах изготавливали образцы бетона стандартизованного по ГОСТ 30459-96 состава при прочих равных условиях для оценки влияния количества добавки на его прочность. По завершении этих экспериментов остальные исследования осуществили на полученном помолем ПЦ Д0; ПЦ Д20 и, для сравнения, на цементе заводского производства (ОАО "Кричевцементношифер") марки ПЦ М500 Д0.

Во всех случаях эксперименты выполнены с использованием образцов бетона в виде кубов с ребром 100 мм (поправочный масштабный коэффи-

циент: $\alpha = 0,95$, учтен). Бетон уплотняли на лабораторной виброплощадке со стандартными параметрами вибрирования: амплитуда (A) $\sim 0,5$ мм; частота колебаний (f) ~ 50 Гц. Твердение бетона в двух вариантах: при нормально-влажностных условиях (температура: $t \sim 20 \pm 3^{\circ}\text{C}$; относительная влажность: $\phi \geq 90$ %) и при пропаривании по режиму: предварительная выдержка – 2 ч; подъем температуры до $80 \dots 85^{\circ}\text{C}$ – 3 ч; изотермическая выдержка – 6 ч; остывание образцов в камере – 4 ч; остывание образцов после распалубки – 4 ч. Испытания пропаренных образцов бетона проводили не позже 24 ч от момента их изготовления.

Каждое значение прочности бетона, это среднее значение (единичное значение) серии из 6-ти образцов. Внутрисерийный коэффициент вариации прочности составил: $V_m \sim 6 \dots 8$ %, при допустимой его величине: $V_m \leq 13,5\%$, принимаемой для тяжелого бетона по ГОСТ 18105-86.

Увеличение дозировки миндобавки более 20% от МЦ очевидно приводит к снижению проектной прочности бетона, при прочих равных условиях. Этот отрицательный эффект связан, на наш взгляд, со следующими факторами.

Во-первых, введение значительного количества инертного по своей сути минерального наполнителя способствует снижению активности вяжущего.

Во-вторых, в большей мере проявляется эффект понижения качества сцепления цементного камня, содержащего большое количество инертного вещества, с заполнителями в бетоне.

В-третьих, возрастает величина истинного (по отношению к клинкерной части цемента) водоцементного отношения бетона, т.е. растет его пористость, что в совокупности приводит к превышению воздействия отрицательных факторов над положительно действующими на цементный камень и обеспечивающими рост его прочности.

В результате при дозировке добавки более 20% от МЦ прочность бетона существенно снижается и на свежемолотом цементе.

Вместе с тем, следует отметить, рост прочности образцов бетона (как нормально-влажностного твердения, так и пропаренных) в проектном возрасте (28 сут.) при дозировке миндобавки в 10% от МЦ, а во-вторых, небольшое увеличение относительной прочности пропаренного бетона. Последнее очевидно связано с общеизвестной тенденцией о большей эффективности цементов с миндобавками при твердении в среде с повышенной температурой.

Кинетика твердения бетона на цементе с минеральной добавкой. В процессе исследований отслеживали кинетику твердения, т.е. изменение прочности бетона во времени при твердении образцов в стандартных нормально-влажностных условиях и после пропаривания: непосредственно

после окончания тепловой обработки и после "дозревания" бетона в камере нормально-влажностного твердения до стандартного возраста в 28 сут.

Целью исследований было выявление влияния минеральной добавки в составе цемента на темп роста прочности бетона различных составов, консистенции смеси, и уровня проектной прочности.

Во всех приведенных экспериментальных данных результаты получены на практически одновременно подготовленных вяжущих: чистоклинкерном цементе и содержащем 10...20 % минеральной добавки. Марка вяжущего определяется степенью помола и процентным содержанием минеральной добавки в смешанном вяжущем.

Для получения подвижных бетонных смесей с осадкой конуса: ОК \geq 10 см (марок ПЗ и П5), в бетон вводили химическую добавку суперпластификатор "Стахемент-Ф Ж35" (Ст. - Ф Ж35; жидкость 35 % концентрации), характеризующуюся кроме пластифицирующего эффекта наличием в ней ускоряющего компонента.

Практически во всех случаях (при использовании жестких и пластичных бетонных смесей марок: П1; ПЗ и П5) образцы бетона приготовленного на цементе с содержанием добавки до 20%, обеспечили требуемую прочность, соответствующую заявленному классу при коэффициенте ее вариации $V_{ш} = 13,5\%$. В случае использования расчетного внутри серийного коэффициента вариации прочности бетона $V_{ш.р.} \sim 8\%$ уровень требуемой прочности бетона несколько превышает ее минимально необходимые значения.

Следует отметить примерно равный темп роста прочности бетона на цементе с минеральной добавкой в дозировке до 20% от массы цемента, в сравнении с образцами бетона на цементе без добавки, в пределах исследованного отрезка времени.

Проявляющаяся тенденция понижения этого параметра с введением 20% добавки в 1...3 сут. нормально-влажностного твердения к проектному возрасту (28 сут.) сохраняется, но не превышает 2...4%.

Прочность бетона при пропаривании. Оценку изменений прочности образцов бетона в зависимости от наличия и количества в цементе минеральной добавки в виде молотого гранитного отсева осуществляли после их пропаривания в лабораторной (ямной) камере, а также после последующей выдержки серий образцов до проектного 28 сут. возраста в камере нормально-влажностного твердения.

Целью исследований являлось не только выявление закономерностей влияния вещества миндобавки на темп роста прочности бетона в условиях прогрета ($t \sim 80...85^{\circ}\text{C}$), но и возможное ее влияние на изменение прочности бетона в дальнейшем (при благоприятных условиях твердения). Полученные экспериментальные данные на образцах пропаренного бетона

практически подтверждают результаты исследований и согласуются с экспериментальными данными, относящимися к прочности образцов бетона нормально-влажностного твердения аналогичных составов и классов.

Результаты экспериментов приведены для образцов после 3...4-х часового остывания; прочность "горячих" образцов была ниже в среднем на ~ 5...7%.

Важнейшим выводом является подтверждение возможности введения в цемент 20% добавки молотого гранитного отсева без снижения проектной прочности пропаренного бетона и без снижения прочности непосредственно после пропаривания, что важно для производства преднапряженных железобетонных изделий и конструкций.

Кроме этого, пропаренный бетон (при прочих равных условиях) незначительно, но "недобирает" (примерно, до 3...5%) прочности к проектному возрасту, в сопоставлении с данными для образцов нормально-влажностного твердения. Фактически эти результаты подтверждают известное в технологии бетона явление, и здесь нет зависимости, связанной с наличием или отсутствием в цементе минеральной добавки.

Заключение. Установленные закономерности влияния минеральной добавки в портландцемент (бетон) на прочность бетона в сочетании с данными об их влиянии на эксплуатационные характеристики и свойства бетона свидетельствуют о возможности использования такого цемента в бетонах (растворах) общестроительного назначения без ограничений, в соответствии с общими правилами применения вяжущего с миндобавками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батяновский, Э.И. Свойства цемента и цементного камня с минеральной добавкой в виде молотого гранитного отсева/ Э.И. Батяновский; А.А. Дрозд, А.В. Смоляков, // Строительная наука и техника -2009 -№1. – с.73-79.
2. Смоляков, А.В. Технологические свойства бетонных смесей и прочность бетона с добавкой в виде молотого гранитного отсева/ Э.И. Батяновский; А.А. Дрозд, А.В. Смоляков, // Строительная наука и техника -2009 - №1. –с.73-79.