

Влияние качества уплотнения и условий твердения на физико-технические характеристики бетона

Смычник, А.Н., Романюк Л.Б.

Научный руководитель – Бондарович А.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В данных исследованиях использовались материалы для бетона со следующими характеристиками:

- в качестве вяжущего использовали портландцемент марки ПЦ 500-Д0 ПО «Кричевцементошифер»;
- в качестве мелкого заполнителя использовали природный песок Заславльского и Капружинского месторождений ($M_k 2.7$);
- в качестве крупного заполнителя использовали щебень гранитный (марка по дробимости 1400) Микашевичского месторождения обычного дробления и кубовидной формы.

В исследованиях использовали цементно-песчаный бетон и бетон со щебнем гранитным при В/Ц~0,33-36 0,36-040 соответственно, при показателе жесткости $J \sim 15 \dots 25$ с. Образцы бетона уплотняли на виброплощадке со стандартными параметрами в течение времени и под пригрузом, обеспечивающим получение расчетного качества его уплотнения.

Качество уплотнения, как технологический фактор, влияющий на проницаемость бетона, исследовали, варьируя среднюю плотность бетона за счет изменения эффективности уплотнения при формовании образцов.

Фактор времени твердения бетона и его роль в изменении проницаемости оценивали, отслеживая кинетику изменения водопоглощения, используя стандартную методику и водонасыщения под вакуумом бетона в возрасте 3,7,14 и 28 сут твердения.

Влияние условий твердения бетона на его проницаемость оценивали, моделируя условия нормально-влажностного твердения, воздушно-сухие, при хранении образцов открытыми в помещении лаборатории, естественные (при которых образцы помещали в полиэтиленовый мешок и хранили в помещении лаборатории), пропаривание и т.д.

Фактор качества заполнителя и его влияние на проницаемость и другие свойства бетона оценивали по сравнительными характеристикам пропаренных образцов, изготовленных с использованием песка, природного (без промывки) Крапужинского карьера. Использованный крапужинский песок по значению модуля крупности отвечает нижнему допускаемому значению, т.е. $M_n > 2,2$, по ГОСТ 1071-97.

Учитывая, что в процессе исследований идет накопление эмпирического материала для выработки общих рекомендаций важно отследить возможные изменения их свойств не только во времени, но и в сравнении влияния одних и тех же факторов на мелкозернистый бетон и бетон с крупным заполнителем.

На начальном этапе экспериментов исследовали кинетику водопоглощения бетона в зависимости от изменения технологических факторов, затем для основных значений последних определяли водонепроницаемость и коэффициент фильтрации бетона. Параллельно отслеживали изменения кинетики роста прочности бетона в состоянии естественной влажности для различных условий твердения и в водонасыщенном состоянии разной степени.

Водопоглощение и прочность на сжатие определяли на образцах размерами 70x70x70 мм. Водонепроницаемость определяли на образцах-цилиндрах диаметром и высотой в 150мм. Коэффициент фильтрации определяли на образцах в виде усеченного конуса с размером меньшего диаметра 70мм и высотой 50мм.

Исследование изменений в водопоглощении бетона под влиянием различных технологических факторов осуществляли с использованием основных положений ГОСТ 12730.3 и нестандартной методики водонасыщения под вакуумом. Образцы бетона, твердевшие в различных условиях 3,7,4,28 и 90 суток, помещали в воду и определяли количество поглощенной за 24 часа воды. Затем ванну с водой и образцами помещали в вакуумный шкаф и выдерживали еще 24 часа. После чего определял как дополнительное количество поглощенной воды, так и общее водопоглощение бетона. Полученные при вакуумировании значения водопоглощения не ниже соответствующих истинному водопоглощению бетона.

Водонасыщение под вакуумом, в отличие от стандартного метода, создает условия для заполнения капиллярных пор бетона, которые в обычных условиях водонасыщения не заполняются водой из-за противодействия заземления газообразной фазы, что и отражается в росте количества «поглощаемой» жидкости и водопоглощения бетона.

Тенденция роста поглощаемой бетоном воды напрямую связана с условиями его твердения.

Условия твердения, ограничивающие развитие процесса гидратации цемента и приводящие к испарению воды затворения, а в общем итоге к росту капиллярной пористости (например, воздушно-сухие), вызывают рост объема поглощаемой воды в разные сроки твердения и водопоглощение бетона как в проектном возрасте, так и в более позднем возрасте. Например, для 3, 7, 14 и 28 сут. воздушно-сухого твердения образцов мелкозернистого бетона количество «поглощаемой» воды составляет: 47, 80, 96 л

на 1 м^3 и для бетона со щебнем: 35, 57, 80 л, что больше, чем при других условиях твердения. Это есть количественное отражение роста капиллярной пористости бетона, вызванного замедлением процесса гидратации цемента и снижением степени гидратации. В это же время процесс водонасыщения образцов одинакового состава и качества уплотнения, но твердеющих в других, более благоприятных условиях, характеризуются достаточно стабильным ростом количества поглощаемой воды во все сроки твердения бетона, что отражает нормальное развитие гидратационного процесса и связанное с ним формирование структуры цементного камня и бетона более высокой плотности.

В зависимости от условий твердения образцов степень гидратации цемента составила для образцов мелкозернистого бетона и бетона со щебнем нормально-влажностного твердения и хранившихся в полиэтиленовой упаковке 65-70%, при воздушно-сухих 55...61%, после пропаривания – 55%. Следует отметить, что бетон с крупным заполнителем характеризуется при равных условиях несколько меньшей степенью гидратации цемента, чем мелкозернистый. Этот факт согласуется с известными данными о взаимосвязи степени гидратации цемента, при росте плотности бетона.

Выявленные зависимости количественной оценки процесса водонасыщения бетона мелкозернистого и с крупным заполнителем под влиянием условий твердения позволяют оценить общую тенденцию их изменений.

Так, практикуемые достаточно широко (что следует констатировать с сожалением) воздушно-сухие условия твердения бетона (которые ошибочно считают «естественными») по существу недопустимы для цементного бетона, так как приводят к росту водопоглощения бетона до значений превышающих нормируемые. А значит можно ожидать снижения эксплуатационных свойств бетона.

Нормальное развитие гидратационного процесса, обеспечиваемое при твердении бетона в условиях, предотвращающих испарение влаги или пропаривании по «мягким» режимам, закономерно приводит к снижению количества поглощаемой воды и величины водопоглощения бетона. Например, некоторое превышение качественных характеристик бетона над образцами нормально-влажностного твердения наблюдалось при твердении в естественных условиях под «пленкой». Ограниченный объем полиэтиленовой упаковки обеспечил влажность около 95% при аккумуляции теплоты экзотермии при гидратации.

Хотелось бы подчеркнуть, что использование этого приема в производственных условиях («парникового эффекта») может дать существенный экономический эффект в сочетании с благоприятным воздействием на качественные характеристики бетона.

Из приведенных данных о кинетике и количестве поглощаемой бетоном воды следует, что бетон, приготовленный с использованием крупного заполнителя – гранитного щебня, обладает более высоким качеством уплотнения, меньшей по объему пористостью. Как следствие, образцы бетона со щебнем характеризуются меньшим количеством поглощаемой жидкости и величиной водопоглощения, что является предпосылкой для повышения эксплуатационных характеристик.

Снижение качества уплотнения бетона как мелкозернистого, так и содержащего крупный заполнитель при соответствующем росте капиллярной пористости сопровождается повышением проницаемости и ростом количества поглощаемой им воды.

Следует отметить, что снижение средней плотности бетона на 50 кг/м^3 сопровождается увеличением пор примерно на $2 \dots 2,5\%$ и, в соответствии с этим, примерно на $20 \dots 22\%$ увеличивается количество «поглощаемой» бетоном воды в пересчёте на 1 м .

Из данных, полученных при испытаниях на водонепроницаемость, следует, что качество уплотнения бетона, возрастающее при наличии крупного заполнителя, существенно сказывается на непроницаемости для одинаковых условий твердения образцов. Во всех случаях водонепроницаемость бетона со щебнем выше, чем у мелкозернистого при меньшем расходе бетона.

Изменение прочности бетона под влиянием увлажнения при водонасыщении под вакуумом отражает ее взаимосвязь с пористостью. Чем больше количество поглощаемой воды, тем значительно снижается прочность влажного бетона. Это связано с проявлением в бетоне расклинивающего эффекта жидкой фазы, возникающего под нормально приложенной нагрузкой и прямо зависящего от количества поглощенной им жидкости.

Методика экспериментов на установление взаимосвязи условий твердения, водопоглощения и прочности бетона заключалась в определении изменений прочности мелкозернистого бетона в зависимости от возраста (3, 7, 14 или 28 сут.) и бетона со щебнем в возрасте до 28 сут., степени насыщения водой (естественная влажность для данных условий твердения; водонасыщение за 24 часа и полное водонасыщение под вакуумом) и условий твердения: нормально-влажных; воздушно-сухих; естественных (под пленкой); пропаривание и нормально-влажные после пропаривания. Результаты экспериментов отражают известную закономерность снижения прочности цементного бетона с ростом его пористости при твердении в воздушно-сухих условиях. Из итогов испытаний видна тенденция некоторого превышения роста прочности бетона при воздушно-сухих ус-

ловиях его твердения в первые 3 суток и закономерное ее снижение в дальнейшем, в сравнении с нормально-влажностными.

Анализируя результаты, можно отметить, что наилучшими условиями твердения бетона являются нормально-влажностные, так как при этих условиях твердения все физико-технические показатели оказались выше сравниваемых и удовлетворяют нормируемым значениям.

К тому же, использование крупного заполнителя, в частности – гранитного щебня, позволяет получить более плотную структуру, малопроницаемую для жидкости, как следствие – значение водонепроницаемости выше, водопоглощения – ниже, что напрямую влияет на долговечность и надёжность бетона.

ЛИТЕРАТУРА:

Отчёт о НИР «Влияние качества уплотнения и условий твердения на физико-технические характеристики бетона».