

УДК 625.84

Контроль качества покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из цементобетона

Канд. техн. наук С.В. ЭККЕЛЬ
(НАО «ИРМАСТ-ХОЛДИНГ», Москва)

Статья посвящена учету особенностей контроля свойств бетонной смеси при входном и операционном контроле и прочности бетона покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов с помощью формующих образцов и выбуриваемых кернов в качестве производственного и экспертного (выборочного) контроля, необходимости оперативной корректировки состава бетона.

Ключевые слова: прочность бетона, технологические свойства бетонной смеси, ее удобоукладываемость и удобообрабатываемость, содержание вовлеченного воздуха, сохранение свойств смеси со временем.

Введение

Контроль качества материалов, бетонной смеси и бетона, технологии работ при строительстве монолитных цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов призван:

- подтвердить достижение заданных проектом значений прочности и морозостойкости бетона (это осуществляется в рамках производственного, приемочного, инспекционного, выборочного и экспертного видов контроля по ГОСТ 18105-2010, ГОСТ 10180-2012, ГОСТ 10060-2012, ГОСТ 28570-90, СНиП 3.06.06-88, п. 8.78, табл. 6, СП 78.13330.2012, п. 14.6.4–14.6.8 [1–3] и проекта);
- оперативно корректировать состав бетона (по ГОСТ 27006-86) и технологию работ по СП 78.13330.2012, СНиП 3.06.06-88 для безусловного их обеспечения в процессе строительства.

Необходимые корректировки состава бетона и технологии работ должны компенсировать отрицательное влияние колебаний свойств материалов и неблагоприятных климатических факторов на свойства бетонной смеси и бетона и на качество устраиваемого слоя покрытия или основания так, чтобы на каждой захватке (обычно – сменной) были обеспечены требуемая ровность, сплошность и уклоны поверхности свежееуложенного бетона и чтобы прочность бетона была не меньше требуемой величины по ГОСТ 18105-2010 (R_T , R_{Tb_T}) для заданного проектом класса по прочности (B – по прочности на сжатие, B_{Tb} – по прочности на растяжение при изгибе), а морозостойкость – не меньше проектной марки (F_2 – для бетона покрытий, F_1 – для бетона оснований, по ГОСТ 10060-2012, СП 34.13330.2012, СП 121.13330.2012).

Указанные корректировки необходимы и осуществляются по данным входного контроля, результатам пробного бетонирования и ежесменного операционного контроля технологических свойств бетонной смеси в процессе строительства (по ГОСТ 7473-2010, приложение Г, обязательное, ГОСТ 10181-2014) [2] и др.).

При этом входной контроль качества материалов для бетона необходим, но не достаточен, не всегда позволяет принять одно-

значное решение без лабораторной или производственной проверки свойств бетонной смеси и бетона, на показателях которых любые изменения в свойствах материалах отражаются в первую очередь.

Основная часть

Неоднородное качество материалов для бетона. Необходимость в корректировках состава бетона и технологии работ, чаще всего, вызывается колебаниями свойств материалов для бетона (их неоднородностью, в том числе, в пределах действующих норм) и меняющимися условиями бетонирования и твердения бетона (изменением температуры и влажности воздуха).

Определенный разброс в свойствах материалов для бетона допускается действующими нормами.

Например, допускается, чтобы величина прочности цемента одного и того же класса ЦЕМ1 42,5 по ГОСТ Р 55224-2012, ГОСТ 33174-2012, ГОСТ 31108-2016, определенная по ГОСТ 30744-2001, изменялась в пределах от 42,5 до 62,5 МПа, в меньших пределах – для цемента марки ПЦ 500-Д0-Н по ГОСТ 10178-85, определенной по ГОСТ 310.4-81, на 5,0 МПа.

Песок одной и той же группы по ГОСТ 8736-2014 может характеризоваться модулем крупности в пределах $\Delta M_k = 0,50$, щебень фракции 5–20 мм одного и того же карьера при полном соответствии требованиям ГОСТ 8267-93 может отличаться содержанием частиц на отдельных ситах, например, на сите 12,5 мм и т.д.

Все эти колебания показателей свойств материалов влияют, в первую очередь, на водопотребность бетонной смеси, ее подвижность и объем вовлеченного воздуха, во вторую – на ее расслаиваемость и удобообрабатываемость, и требуют соответствующей корректировки состава бетона для поддержания постоянной величины водоцементного отношения В/Ц, подобранной по ГОСТ 27006-86, нормированного объема вовлеченного воздуха в смеси для бетона покрытий по ГОСТ 26633-2015 и других характеристик.

Корректировки состава бетона обычно заключаются в изменении расходов воды затворения, цемента, химических добавок в бетоне, соотношения между песком и щебнем.

Уточнение технологии работ, чаще всего, связано с корректировкой времени перемешивания смеси на ЦБЗ, объема загрузки барабана смесителя, уточнением расположения и частоты работы вибраторов бетоноукладчика, оптимальной скорости его движения и др.

Рис. 1–3 иллюстрируют колебания свойств материалов для бетона. На рис. 1 представлены данные завода-производителя цемента за март–июнь 2017 г., предоставленные по запросу АО «ИРМАСТ-ХОЛДИНГ» (строителя-потребителя), на рис. 2, 3 – данные лаборатории АО «ИРМАСТ-ХОЛДИНГ» при входном контроле качества песка и щебня при реконструкции а/п г. Якутск в 2018 г.

На рис. 4 представлены результаты производственного контроля прочности бетона покрытий по сериям (по сменным захваткам) по отформованным образцам, выполненного лабораторией АО «ИРМАСТ-ХОЛДИНГ» при реконструкции аэропорта г. Якутск в 2018 г. Они иллюстрируют колебания прочности бетона покрытий, вызванные как колебаниями свойств материалов, так и изменениями условий строительства. При этом задача контроля была своевременно предусмотреть такие корректировки состава бетона, чтобы каждая серия (каждая захватка) обеспечивала требуемую прочность бетона.

Технологические свойства бетонной смеси для бетона покрытий и оснований. Технологические свойства бетонной смеси при операционном контроле определяют в течение смены по ГОСТ 7473-2010, ГОСТ 10181-2014. Объем контроля – не менее одной пробы бетонной смеси на ЦБЗ и на месте укладки бетона, а также дополнительно, при появлении явных (видимых) признаков отклонения подвижности, объема вовлеченного воздуха, однородности бетонной смеси (ее нераслаиваемости) от требуемых параметров или неудовлетворительной ее удобообрабатываемости при укладке.

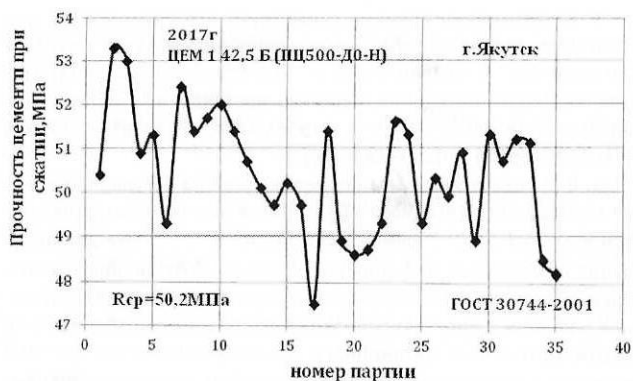


Рис. 1. Прочность цемента завода АО ПО «Якутцемент» по партиям.

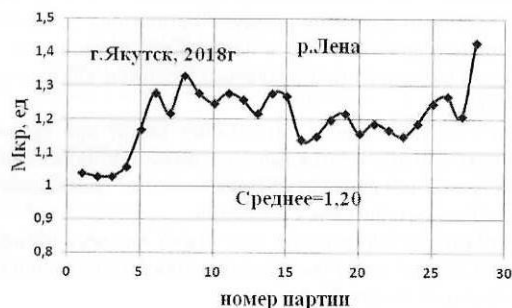


Рис. 2. Модуль крупности песка р. Лена.

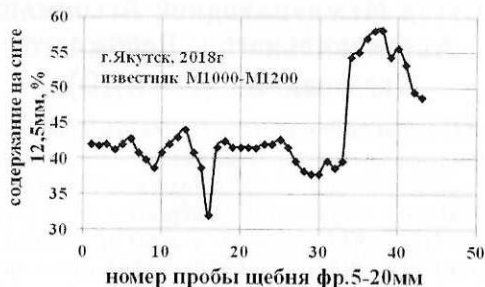


Рис. 3. Полный остаток щебня на сите 12,5 мм.

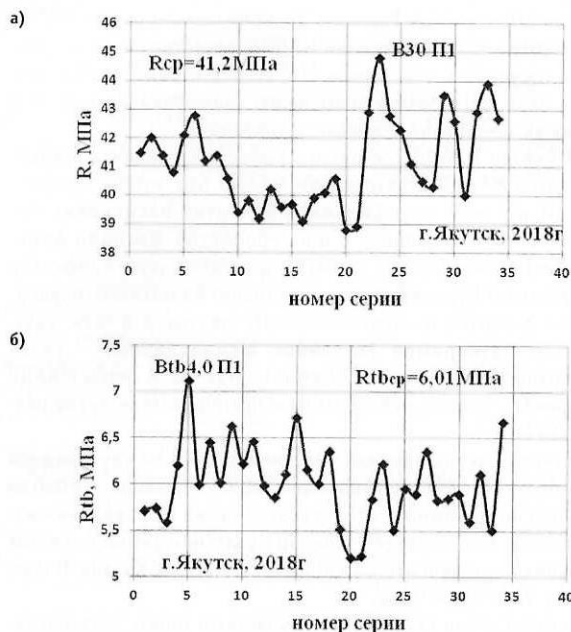


Рис. 4. Прочность бетона покрытий: а – при сжатии, б – на растяжение при изгибе.

Здесь технологические свойства бетонной смеси для бетона покрытий и оснований – ее удобоукладываемость (формуемость), плотность, содержание вовлеченного воздуха (для бетона покрытий), нерасслаиваемость, сохраняемость этих свойств со временем транспортирования и технологических перерывов по ГОСТ 7473-2010, ГОСТ 10181-2014, а также удобообрабатываемость (отделяемость поверхности свежееуложенного бетона) по принятой технологии работ.

Удобообрабатываемость бетонной смеси. Удобообрабатываемость бетонной смеси – характеристика, принятая именно в технологии строительства цементобетонных покрытий и оснований [1–3]. Это свойство бетонной смеси характеризует возможность осуществить обработку (отделку) поверхности свежееуложенного бетона покрытия или основания (бетонной смеси после ее распределения и уплотнения), обеспечить при этом требуемую ровность, уклоны и сплошность поверхности (без раковин, наслоений, пропусков и пр.) и возможность создания на ней искусственной шероховатости (для покрытий) с глубиной бороздок от до 2,5 мм (СП 121.13330.2012, табл. 7.1, СП 78.13330.2012, п. 14.3.6 [1, 2]) без применения затирочных машин, до того, как смесь начнет схватываться и потеряет свои технологические свойства (свою сохраняемость, «живучесть»).

Обработку механическим способом поверхности свежееуложенного бетона (бетона после уплотнения бетонной смеси в покрытии или основании) после схватывания бетонной смеси не применяют при строительстве покрытий, в отличие от других конструкций, не только из-за экономической нецелесообразности при наличии больших открытых площадей, но также из-за возможного образования микротрещин в бетоне поверхностного слоя при этом и последующего морозного шелушения поверхности покрытия, подвергающегося циклическому замораживанию и оттаиванию в присутствии солей-антиобледенителей, что недопустимо.

Удобообрабатываемость бетонной смеси коррелирует (взаимосвязана) с ее удобоукладываемостью на месте бетонирования, но не сводится к ней, является самостоятельной характеристикой бетонной смеси, зависит не только от абсолютной величины удобоукладываемости на месте бетонирования, но в большей мере – от скорости схватывания (кинетики структурообразования свежееуложенного бетона), сохраняемости удобоукладываемости со временем, и от состава бетона (например, от достаточного количества растворной части, наличия цементного «молока» на поверхности и др.), от принятой технологии работ, используемых машин и механизмов.

Удобообрабатываемость бетонной смеси определяется визуально в процессе бетонирования с учетом конкретных условий строительства, в том числе, на стадии пробного бетонирования (рекомендуемая протяженность участка пробного бетонирования должна быть не менее 200 пог. м [2], п. 5.28).

Однородность бетонной смеси. Нерасслаиваемость бетонной смеси для бетона покрытий и оснований – это свойство бетонной смеси не только соответствовать нормам расщепления и водоотделения по ГОСТ 7473-2010, ГОСТ 10181-2014, но и обеспечивать отсутствие ее расслоения, сегрегации на всех технологических переделах (при приготовлении на ЦБЗ, загрузке в транспортные средства и выгрузке из них, транспортировании, распределении и укладке в покрытие или основание).

Как правило, оценка расщепления и водоотделения бетонной смеси по ГОСТ 10181-2014 на соответствие нормам ГОСТ 7473-2010 достаточно информативна для принятия обоснованных решений по составу бетона и технологии работ на стадии его подбора.

Например, по опыту, из-за угрозы расщепления бетонной смеси можно рекомендовать использовать в бетоне щебень и щебень из гравия с истинной плотностью не выше 2,75 г/см³ (например, гранитный), а при высоком водоотделении бетонной смеси для бетона основания – применять дополнительно воздухововлекающую добавку с получением объема вовлеченного

воздуха в бетонной смеси $V_v = 3,5\text{--}5\%$, увеличивать расход цемента и др.

При использовании более тяжелого щебня (габбро-диабазового и др.) необходимо принимать меры против повышенного расщепления бетонной смеси (увеличивать расход щебня в бетоне в пределах, ограниченных возможностью обеспечить требуемое воздухововлечение в бетонную смесь и ее обрабатываемость и др.).

Однако в ряде случаев расслоение смеси можно выявить только при пробном бетонировании или производстве работ (рис. 5), что связано не только с составом бетона, но также с особенностью работы машин и механизмов и конструкции слоя.

Например, повышенное расщепление бетонной смеси в конструкции может быть вызвано использованием более подвижной бетонной смеси, чем необходимо для данной скорости движения бетоноукладчика и установленной частоты вибраторов, может возникнуть при укладке тонких бетонных слоев (толщиной менее 10 см) без использования специальных вибраторов, (например, Т-образных) и др., к повышенному водоотделению может привести повышенный расход добавки-суперпластификатора в бетоне основания с относительно невысоким расходом цемента (например, менее 200 кг/м³).

По опыту, щебенка в бетонной смеси при укладке в покрытие или основание не должна опускаться в глубину слоя («тонуть» в свежееуложенном бетоне) более, чем на 3–5 мм и не должно быть заметного водоотделения.

Сохраняемость бетонной смеси. Сохраняемость бетонной смеси для бетона покрытий и оснований целесообразно определять по ГОСТ 10181-2014, р. 9. Т.е. определять свойства смеси на ЦБЗ и месте бетонирования с учетом времени транспортирования и технологических перерывов, что отражает конкретные условия строительства, а не по ГОСТ 7473-2010, п. 7.2, ГОСТ 30459-2008, п. 8.4.4, где определяется условное время достаточно интенсивного снижения подвижности бетонной смеси абстрактного состава со временем и что не отражает реальности производства.

На практике контроль на укладке можно заменить выдерживанием смеси в лаборатории ЦБЗ в естественных условиях, включающих испарение (например, под влажной мешковиной), в течение определенного времени, после чего осуществлять проверку ее свойств и формование образцов для дальнейшего хранения в условиях твердения покрытия или основания (на улице, во влажном песке, опилках и т.п.) до испытания бетона на прочность и морозостойкость. Такое выдерживание смеси может, в основном, смоделировать время ее транспортирования до укладки и твердение образцов в условиях твердения конструкции.

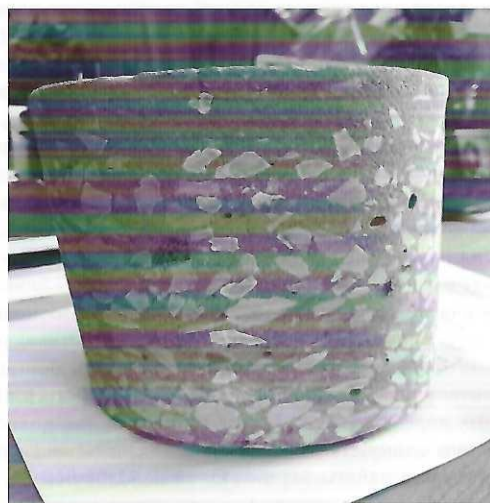


Рис. 5. Керн из выравнивающего слоя бетона В10 толщиной 10 см со следами расщепления бетонной смеси.

Как правило, для этого лаборатория ЦБЗ проверяет свойства смеси и формирует образцы не только через 15 минут (ГОСТ 7473-2010, п. 6.4, ГОСТ 27006-86, п. 3.13) или через 20 минут (ГОСТ 10180-2012, п. 4.2.5) после приготовления смеси, но также через 30–60 минут (это время транспортирования смеси от ЦБЗ к месту укладки регламентировано СП 78.13330.2012, п. 14.2.6, СНиП 3.06.06-88, табл. 6, п. 8.32 [1], п. 5.62 и др.).

Обычно так поступают, когда ЦБЗ и укладка представляют единое целое с точки зрения управления, являются одним юридическим лицом при приготовлении бетонной смеси на собственном ЦБЗ для укладки собственными силами, а не сторонними организациями-производителями и потребителями готовой бетонной смеси.

В этом случае, в частности, также возможно, при согласовании с Заказчиком, не сопровождать каждую партию бетонной смеси документом о качестве (паспортом), как требует ГОСТ 7473-2010, п. 6.3, а показатели ее качества фиксировать в журналах испытаний бетонной смеси и бетона на ЦБЗ и на месте укладки бетона. При этом в исполнительной документации представлять соответствующие выписки из указанных журналов, протоколы испытаний бетонной смеси и бетона, а также карты подбора составов бетона. Т.е., другими словами, нет необходимости самим себе выписывать паспорт на бетонную смесь – документ качества бетонной смеси, как при поставке готовой бетонной смеси (товарного бетона) сторонним потребителям.

Проектные свойства бетона покрытий и оснований. Проектные свойства бетона покрытий и оснований – его прочность и морозостойкость.

Требования к водонепроницаемости и износостойкости бетона покрытий не предъявляются, поскольку обеспечиваются автоматически при достижении существующих проектных требований к прочности (стираемость бетона при испытании по ГОСТ 13087-81 обеспечивается при его прочности на сжатие более 40,0 МПа) и морозостойкости, использовании стандартных материалов для бетона покрытий, соблюдения технологии работ, в частности при обеспечении нерасслаиваемости бетонной смеси на укладке, и поэтому не нормируются действующими СП 34.13330.2012, СП 121.13330.2012.

Для бетона покрытий и оснований, в отличие от бетона других видов, применяемых в других областях строительства, расчетной величиной является класс по прочности на растяжение при изгибе R_{bt} и соответствующая величина требуемой прочности $R_{bt,r}$, а не прочность бетона на сжатие, не величины B и R_{tr} . Заданный проектом класс B_{bt} , обеспеченный в процессе производства работ достижением величины $R_{bt,r}$ в соответствии со средним партионным коэффициентом вариации прочности бетона V_p , определяет расчетную толщину бетонных и армобетонных плит из условия недопущения появления трещин под действием подвижной нагрузки и климатических факторов (СП 34.13330.2012, СП 121.13330.2012).

При этом класс прочности бетона на сжатие B и соответствующая величина R_c , не будучи расчетной характеристикой, также является необходимой прочностной характеристикой бетона покрытий и оснований и определяет:

- стойкость бетона к износу, истиранию, против скалывания на кромках плит или продавливания (смятия);
- время нарезки деформационных швов в затвердевшем бетоне алмазными дисками;
- критическую прочность бетона против раннего замораживания;
- время открытия движения построечного транспорта;
- величину передаточной и отпускной прочности в преднапряженных железобетонных плитах типа ПАГ и др.;
- сметную стоимость по Федеральным единичным расценкам на строительные работы (например, «ФЕР 31-01-069-01. Аэродромы»);
- оценку морозостойкости бетона покрытий и оснований по ГОСТ 10060-2012.

Соотношение прочности бетона на сжатие и на растяжение при изгибе $K_1 = R/R_{bt}$ косвенно характеризует предельную деформативность бетона: чем меньше величина K_1 при заданной прочности R , тем выше трещиностойкость бетона. Для этой оценки также необходимо знать величину прочности бетона покрытий и оснований не только на растяжение при изгибе, но и на сжатие.

Для бетона покрытий и оснований обе характеристики прочности следует определять и оценивать при подборе состава и производственном контроле, в том числе, если в проекте указана только одна прочностная расчетная характеристика величина B_{bt} .

Контроль прочности бетона по образцам. Контрольные образцы бетона для испытания на прочность формируют на ЦБЗ и месте укладки ежемесячно (ГОСТ 18105-2010, п. 5.2) испытывают сериями по ГОСТ 10180-2012, результаты испытаний затем объединяют в партии по ГОСТ 18105-2010 [1–3], а также чаще при внесении корректировок в состав бетона и технологию работ, например в связи с изменением условий твердения или сроков открытия движения построечного транспорта и пр.

Обычно при строительстве покрытий и оснований прочность бетона определяют не только в проектном возрасте 28 суток, для подтверждения проектных характеристик, величин B и B_{bt} , но и в возрасте 7 суток, для подтверждения ожидаемой кинетики твердения бетона и предварительной оценки точности воспроизведения выбранного состава бетона.

Случаи производственного контроля прочности бетона не по отформованным образцам, а по выбуренным образцам-кернам по нормам ГОСТ 18105-2010 обычно согласовывают с Заказчиком и Проектировщиком и указывают в ППР. Например, такой контроль прочности бетона был принят при устройстве цементобетонного основания методом укатки жестких бетонных смесей при строительстве кольцевой автомобильной дороги вокруг г. Москвы, МКАД, когда каждую захватку принимали, в том числе, по результатам испытания кернов на прочность.

В связи с тем, что для бетона покрытий и оснований задана прочность на растяжение при изгибе, обязательным является контроль прочности бетона по образцам, отформованным из бетонной смеси и/или выбуренным из покрытия, как требует ГОСТ 18105-2010, п. 5.10, в отличие от других видов строительства, где не нормируется прочность бетона на растяжение и где широко применяются неразрушающие методы определения прочности бетона.

В свою очередь, необходимость использования образцов при контроле прочности бетона формально приводит к выбору схемы Г ГОСТ 18105-2010, так как стандартом предусмотрено для монолитного бетона две схемы контроля, В и Г, и схема В при этом основана на использовании неразрушающих методов контроля. Для контроля прочности бетона по образцам прямыми разрушающими методами остается только схема Г.

Важно, чтобы использование схемы контроля Г ГОСТ 18105-2010 при производственном контроле прочности бетона покрытий и оснований было отражено в подборе состава бетона, в заказе готовой бетонной смеси на ЦБЗ, в ППР или в технологическом регламенте работ.

В частности, в заказе готовой бетонной смеси следует указать не только проектный класс прочности бетона, но и величину требуемой прочности, что предусматривает ГОСТ 7473-2010, п. 4.3 (указание величины требуемой прочности бетона фактически означает задание значения V_p).

Опыт контроля прочности бетона аэродромных покрытий с помощью образцов, твердеющих в условиях конструкции и выбуренных кернов [4, 6, 7], подтвердил целесообразность выбора схемы контроля Г: фактически, средний партионный коэффициент вариации прочности бетона в покрытии составляет обычно $V_{p, \text{кern}} = 13\text{--}16\%$, что близко значениям, принятым по схеме Г ГОСТ 18105-2010, где задана величина $V_{p, \text{ГОСТ}} = 13\%$. При этом величина $V_{p, \text{обр}}$ по образцам, твердевших в нормальных условиях на ЦБЗ, может не превышать 5%.

Неразрушающие методы контроля прочности. Неразрушающие методы контроля прочности по ГОСТ 22690-2015 и ГОСТ 17624-2012 применяют в строительстве покрытий и оснований для ориентировочной оценки прочности бетона, времени расплывки или нарезки швов в затвердевшем бетоне, пропуска построеного транспорта и т.п., но не для производственного контроля прочности бетона или оценки ее однородности, в дополнение к контролю прочности по образцам, а не к его замене. В частности, величины среднего партионного коэффициента вариации прочности бетона $V_{пр}$, полученные по образцам и неразрушающими методами, по опыту, отличаются друг от друга, по неразрушающим методам значение $V_{п}$ меньше.

При использовании неразрушающих методов контроля прочности бетона в покрытии велик риск получения недостоверных результатов. Это связано с наличием на поверхности покрытия или основания пленкообразующих материалов, используемых для ухода за свежесутоложенным бетоном (СНиП 3.06.06-88, п. 8.35, СП 78.13330.2012, п. 14.3.9), и для покрытия, – также искусственной шероховатости, нанесенной на поверхность свежесутоложенного бетона.

Стадийность строительства покрытий и оснований, необходимость раннего открытия движения построеного транспорта или перекрытия основания вышележащими слоями до достижения бетоном основания проектного возраста (например, открытие движения построеного транспорта допускается при наборе бетоном 70% проектной прочности, СНиП 3.06.06-88, табл. 6 и др.) также затрудняет использование неразрушающих методов в качестве производственного контроля проектной прочности бетона, которая определяется в возрасте 28 суток.

Все это также обосновывает применение схемы контроля Г ГОСТ 18105-2010.

Метод вырыва (отрыв со скалыванием по ГОСТ 22690-2015) относится только к прочности на сжатие. При этом следует также учитывать необходимость восстановления ровности и монолитности поверхности покрытия и основания, что значительно труднее и менее надежно, чем заполнение скважины после выбурирования керна бетонной или ремонтной смесью (требуется оконтуривание образованного скола, подготовка поверхности вырванной части бетона, анкерное соединение с окружающим бетоном в плите, восстановление монолитности слоя и пр.), что также препятствует применению этого метода для производственного контроля прочности бетона покрытий.

Испытание бетона на прочность на растяжение при изгибе. Наличие двух требований к прочности бетона покрытий и оснований предусматривает изготовление не только образцов-кубов, но и образцов-балок (призм), их испытание на прессе на сжатие с диапазоном шкалы 50–100 кН (5–10 тн), позволяющим испытывать стандартный образец-балку на растяжение при изгибе в пределах 20–80% шкалы (требование ГОСТ 10180-2012, п. 7.1.3 [3]). Использование пресса для испытания на сжатие (обычно 500–1000 кН) для испытания бетона на растяжение при изгибе, в начальном диапазоне шкалы может привести к некорректным, часто заниженным результатам.

При испытании образцов бетона на прочность на растяжение при изгибе следует учитывать две главные особенности, отличающие его от испытания на сжатие. Это – необходимость выдерживания контрольных образцов-балок непосредственно перед испытанием в нормальных температурно-влажностных условиях (в камере, под влажной мешковиной и пр.), а не в лабораторных условиях, ГОСТ 10180-12, п. 6.1, как образцов-кубов для испытания на сжатие (образцы-кубы перед испытанием достают из камеры нормального твердения и содержат в лабораторных условиях в течение 2–4 ч), и нагружать балку на прессе через цилиндрический (линейный), а не плоский контакт [3, 5, 6] (рис. 6а, б).

Подсушивание образцов-балок перед испытанием, как образцов-кубов, по опыту, снижает величину прочности бетона на растяжение при изгибе на 0,5–1,0 МПа [3]. Это объясняют образованием при высыхивании градиента температуры и влажности бе-

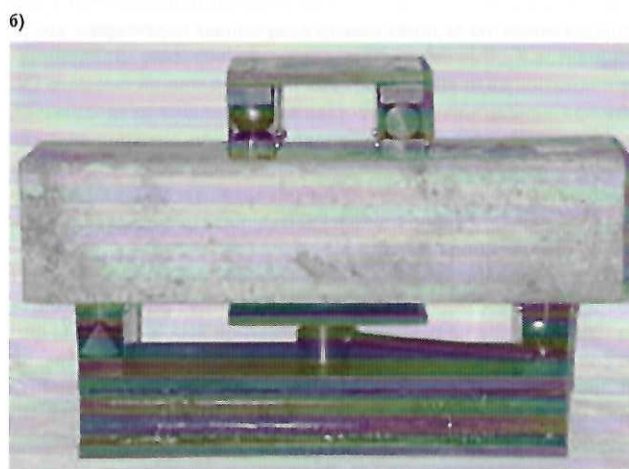
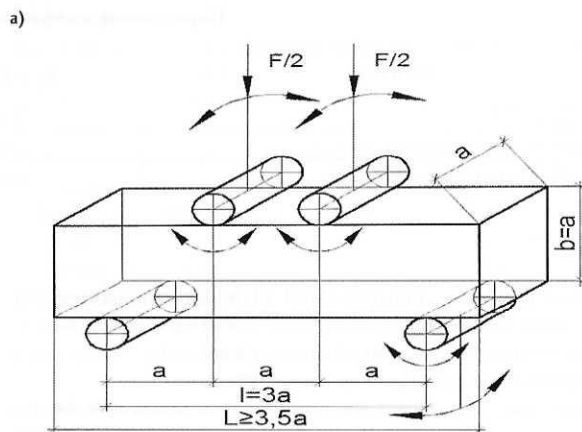


Рис. 6. Схема испытания бетона на растяжение при изгибе: а – через линейный (цилиндрический) контакт (базовая); б – через плоский контакт (небазовая)

тона по сечению балки (из-за неоднородности высыхания в объеме), усадкой и соответствующими напряжениями в поверхностных слоях, которые суммируются с напряжениями от внешней нагрузки.

Аналогичное по величине отрицательное влияние на измеряемую величину прочности R_{tb} оказывает замена цилиндрического контакта между образцом-балкой и передающими усилие частями пресса (базовой схемой нагружения) на плоский (снижает величину R_{tb} на 0,5–1,0 МПа [3–7]).

Это объясняют изменением контактных напряжений, различным деформированием образца-балки под опорами при этом. Физический смысл влияния условий контакта образца-балки с передающими усилие частями пресса при испытании на растяжение при изгибе и его количественная оценка требует дальнейшего изучения.

Плоский контакт при испытании бетона на растяжение при изгибе можно использовать, но при этом следует экспериментально определить коэффициент перехода к базовой схеме испытания с цилиндрическим (линейным) контактом, по методике ГОСТ 10180-2012, приложение Л.

Переходные коэффициенты. При контроле прочности бетона покрытий (оснований) также можно перейти к испытанию только образцов-кубов на сжатие (или образцов-цилиндров на сжатие или растяжение при раскалывании, R_{tt}) с последующим переходом к прочности на растяжение при изгибе с помощью коэффициентов вида $K_1 = R/R_{tb}$ (или, например, $K_2 = R_{tb}/R_{tt}$), опре-

Переходные коэффициенты прочности бетона

Источник	$K_1 = R/R_{tb}$	$K_2 = R/R_{tt}$	$K_3 = R_{tb}/R_{tt}$
Табл. Л1 ГОСТ 10180-2012	8,33	12,5	1,50
[1–2] для бетона покрытий, $V_v = 5–7\%$	7,00	11,9	1,70
[3] для бетона оснований, $V_v = 0$	6,67	10,0	1,50

деляемых экспериментально по ГОСТ 10180-2012, приложение Л, для каждого конкретного состава бетона и каждой принятой технологии работ, отдельно для образцов нормального твердения и для образцов, твердеющих в условиях покрытия.

Такой опыт производственного контроля прочности бетона покрытия не с помощью образцов-балок, а с помощью образцов-цилиндров, испытываемых на растяжение при раскалывании R_{tt} , с последующим переходом к нормируемой величине R_{tb} с использованием экспериментально полученных переходных коэффициентов K_2 , был осуществлен при строительстве аэродромного покрытия в а/п «Шереметьево» подразделением бывшего СУ-801 при использовании в составе бетона щебня двух фракций, 5–20 мм и 20–40 мм. Это позволило заменить контрольные образцы-балки размером 15×15×60 см (весом 30–40 кг) на образцы-цилиндры размером 15×15 см (диаметром и высотой) для испытания на растяжение при раскалывании, что существенно облегчило труд лаборантов.

При использовании переходных коэффициентов табл. Л1 ГОСТ 10180-2012 необходимо учитывать, что между прочностью бетона на сжатие R и на растяжение при изгибе R_{tb} нет однозначного соответствия, величина $K_1 = R/R_{tb}$ зависит главным образом от прочностных характеристик используемого в бетоне цемента (два цемента для бетона покрытий одной марки, например ПЦ 500-Д0-Н, могут отличаться величинами прочности при изгибе) и от объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси V_v , который по-разному влияет на прочность бетона при разном напряженном состоянии (по данным, полученным в Союздорнии, увеличение V_v на 1% приводит к снижению прочности бетона на сжатие в среднем на 6%, на растяжение при изгибе – на 2,5%).

Это ограничивает возможность использовать усредненные переходные коэффициенты от прочности на сжатие к прочности на растяжение при изгибе по ГОСТ 10180-2012, приложение Л, как универсальные, при производственном контроле. Переходные коэффициенты по табл. Л1 ГОСТ 10180-2012 следует использовать только для предварительной, ориентировочной оценки его прочности. Например, для предварительной оценки прочности при расчете начального состава бетона при его подборе по ГОСТ 27006-86 и др.

Испытание кернов. Отбор из покрытия или основания и последующее испытание кернов обычно применяют не для производственного контроля, а при экспертных и инспекционных проверках (например, СНиП 3.06.06-88, п. 8.78, табл. 6 или [1], п. 6.27) или в качестве арбитражного испытания при получении спорных результатов, по специально разработанной и согласованной заинтересованными сторонами программе и др.

При этом необходимо учитывать особенности таких испытаний, прежде всего, связанных с правилом отбора кернов для составления из них серий и дальнейшего объединения серий в партии по схеме Г ГОСТ 18105-2010.

В частности, рекомендуется выбуривать керны по дням укладки (по сменным захваткам), не менее чем по 4 керна на захватку, и не менее, чем по 2 керна из одной плиты покрытия или основания [3].

Отбор не менее чем двух кернов из одной плиты позволяет объединить их в серию, аналогично серии контрольных образцов бетона из одной пробы бетонной смеси, отобранной из одного транспортного средства, например, из одного автосамосвала или автобетоносмесителя. При этом, отбор не менее, чем 4 кернов в

смену позволяет объединить их в 2 серии, а указанные серии – в партию (с минимальным количеством – 2 керна в серии, 2 серии в партии) и оценить прочность бетона на каждой захватке по партиям по ГОСТ 18105-2010.

При испытании кернов рекомендуется [3] учитывать результаты испытаний всех кернов в серии, не отбрасывая минимальные результаты, как требует ГОСТ 28570-90, ГОСТ 10180-2012, так как каждый керн, в отличие от формируемых образцов, характеризует фактическую плотность и прочность бетона в конкретной плите покрытия или основания. Кстати, в зарубежных нормах (например, EN 206-1-2009) по испытанию образцов (также в ГОСТ 10060-2012) нет требования отбрасывать минимальные результаты.

Для образцов-кернов, особенно для бетона оснований относительно невысоких классов по прочности, до В20 $B_{tb}2,4$, важно их выдерживать после мокрого выбуривания в лабораторных условиях до испытания на прочность не менее 6 суток, желательно до постоянства массы (при температуре воздуха плюс $20 \pm 5^\circ\text{C}$ и относительной влажности не менее 55%, ГОСТ 22690-90, п. 4.1), из-за отрицательного влияния влажности бетона, в том числе неоднородно распределенной по объему керна, на величину прочности.

Наиболее надежно испытывать керны на прочность на растяжение при раскалывании R_{tt} по ГОСТ 10180-2012 и переходить к проектным величинам прочности бетона на сжатие и на растяжение при изгибе по экспериментально определенным по приложению Л указанного стандарта переходным коэффициентам вида $K_2 = R_{tb}/R_{tt}$, $K_3 = R/R_{tt}$ [1–3], а не на сжатие.

Испытание кернов на прочность на растяжение при раскалывании оказывается более воспроизводимым, стабильным, менее чувствительным к ровности и перпендикулярности цилиндрической и торцевой поверхности кернов, чем их испытание на сжатие [3–7].

При отсутствии экспериментальных коэффициентов перехода для оценки прочности бетона оснований (бетона без вовлеченного воздуха классов $B_{tb}2,4$ В20 и ниже) предварительно рекомендуется использовать коэффициенты таблицы Л1 ГОСТ 10180-2012, для бетона покрытий (бетона с вовлеченным воздухом классов $B_{tb}3,6$ В25 и выше) – коэффициенты по [1–3] (таблица).

При испытании кернов бетона на растяжение при раскалывании важно обратить внимание на ровность образующей цилиндрической поверхности, к которой прикладывается нагрузка и которая должна быть без бороздок после выбуривания или каких-либо выступов (ГОСТ 10180-2012, п. 4.1.5, ГОСТ 28570-90, п. 1.5). Это позволяет при испытании исключить смятие, раскалывание образца не на две приблизительно равные части, а на несколько частей, что искажает результат.

Для выравнивания цилиндрической (боковой) поверхности кернов используют фанерные (картонные) подкладки или специальные кондукторы в качестве опалубки для нанесения выравнивающего слоя («подливки») из цементного теста или иного быстротвердеющего материала [1–3] (рис. 7, 8).

При испытании кернов бетона (цилиндров) на сжатие следует учитывать, что базовой схемой испытания является испытание на сжатие образцов-кубов (половинок балок).

При испытании кернов (цилиндров) на сжатие изменяется базовая форма образца (цилиндр вместо куба) и базовая схема испытания (изменяется направление приложения нагрузки относи-

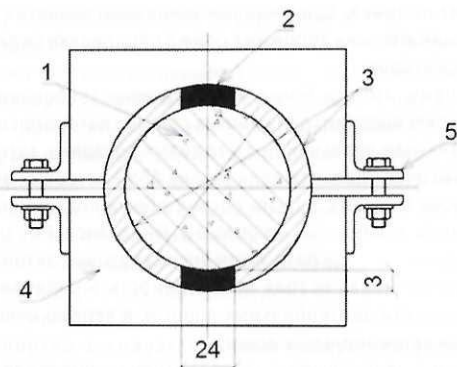


Рис. 7. Схема устройства подливки вдоль керна по двум образующим с помощью кондуктора: 1 – бетонный керн; 2 – продольная подливка; 3 – полуобоймы; 4 – хомут, скрепляющий две полуобоймы; 5 – крепление хомутов.

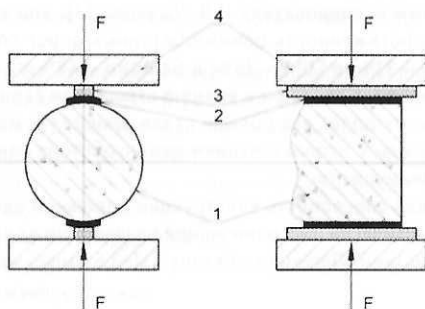


Рис. 8. Схема испытания на раскалывание керна с продольными подливками: 1 – керн; 2 – продольные подливки; 3 – фанерная прокладка; 4 – плита пресса; F – сжимающее усилие.

тельно слоев укладки бетона цилиндра или керна по сравнению с испытанием образцов-кубов): при испытании на сжатие образец-куб поворачивают заглаженной поверхностью к испытателю, нагрузку прикладывают к боковой поверхности, в отличие от цилиндра. Разница между испытанием на сжатие кубов и цилиндров, как показала практика, может достигать 30% и более [3], показания цилиндров меньше. Испытание кернов на сжатие не является базовой схемой испытания бетона.

Соответственно, в этом случае необходимо определить экспериментально переходной коэффициент от прочности на сжатие кернов (цилиндров) $R_{ц}$ к прочности на сжатие кубов бетона $R_{к}$ базового размера и формы, $K_4 = R_{ц}/R_{к}$, по ГОСТ 10180-2012, приложение Л.

Изменение формы образца (замена куба на цилиндр) отражается на скольжении (трении) бетона по плите пресса при испытании бетона на сжатие.

Поворот образца-кубика при его испытании на сжатие на 90 градусов («лицом» к испытателю) делает его в меньшей степени чувствительным к допустимому расслоению бетонной смеси, чем испытание цилиндра, который испытывают «лицом» вверх.

При отборе из покрытия или основания образцов-кернов важно также предусмотреть возможность оперативного заполнения образованных скважин бетоном той же прочности и морозостойкости, или более высокой, чем показатели бетона испытываемого слоя.

Заключение

Обеспечение требуемого качества строительства цементно-бетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэро-

дромов должно сопровождаться системой лабораторного контроля, частью которого является необходимая корректировка состава бетона и технологии работ. При этом следует:

- выполнять испытание материалов для бетона при поступлении на ЦБЗ (входной контроль) и бетонной смеси на ЦБЗ и на месте бетонирования (операционный контроль), по ГОСТ 7473-2010;
- определять прочность и морозостойкость бетона по отформованным контрольным образцам на ЦБЗ при твердении в нормальных условиях по ГОСТ 10180-2012 и на месте укладки при твердении в условиях конструкции по ГОСТ 18105-2010, ГОСТ 10060-2012 (производственный контроль);
- производить оценку прочности и, при необходимости, морозостойкости бетона по выбуренным образцам-кернам по ГОСТ 28570-90, ГОСТ 18105-2010, ГОСТ 10060-2012 и, при необходимости, параметров пористости бетона по ГОСТ 12730-78 по отформованным образцам и выбуренным кернам (производственный, инспекционный, экспертный выборочный, арбитражный и прочие виды контроля).

Никакие обязательные декларации свойств бетонной смеси и бетона или сертификаты соответствия, являющиеся по сути оформленными результатами выборочного, а не сплошного, непрерывного контроля, не заменяют эти виды контроля, не позволяют оперативно корректировать состав бетона и технологию работ в течение рабочей смены, не обеспечивают, сами по себе, требуемое качество строительства.

Литература

1. ВСН 139-80. Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог. – Минтрансстрой СССР. – 1980. – 61 с.
2. Руководство по организации и технологии строительства аэродромных цементобетонных покрытий. – Минтрансстрой СССР. – 1982. – 220 с.
3. ОДМ 218.3.037-2014 «Рекомендации по контролю прочности цементобетона покрытий и оснований автомобильных дорог по образцам». Росавтодор. М., 2015. – 29 с.
4. Шейнин А.М., Эккель С.В. Об определении прочности дорожного бетона // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2003. – № 3, с. 15–17.
5. Шейнин А.М., Эккель С.В. О влиянии условий твердения на свойства монолитного бетона // Проектирование, строительство, эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов, Труды СоюздорНИИ, вып. 204. М., 2004, с. 110–116.
6. Шейнин А.М., Эккель С.В. Проблемы контроля качества строительства цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов // Автомобильные дороги. – 2009. – № 3, с. 53–56.
7. Шейнин А.М., Эккель С.В. Оценка качества монолитного бетона в дорожном и аэродромном строительстве при испытании кернов // Строительные материалы. – 2009. – № 5, с. 17–20.

SOME FEATURES OF THE QUALITY CONTROL OF PAVEMENTS AND BASEMENTS OF HIGHWAYS AND AIRFIELDS

Dr. Sergei V. Ekkel (NJSC "IRMAST-HOLDING", Moscow, Russia)

The article is devoted to taking into account the features of monitoring the properties of a concrete mix during input and operational control and the concrete strength of pavements and foundations of roads and airfields using formable samples and drilled cores as production and expert (selective) control, the need for prompt adjustment of the composition of concrete.

Keywords: concrete strength, technological properties of a concrete mix, its placeability and workability, the content of entrained air, the persistence of the properties of the mixture over time.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.П. Носов. Статья поступила в редакцию 05.03.2019 г.

Автор: Эккель Сергей Викторович, канд. техн. наук, технолог компании НАО «ИРМАСТ-ХОЛДИНГ», тел.: +7-916-644-05-44, e-mail: eksvik@mail.ru.