

Организационно-технологические особенности использования армированного расширяющегося бетона

О.А. Побегайлов, А.В. Агафонов, Е.К. Ганус
Донской государственной технической университет

Аннотация: Поднимаются вопросы организации работ с использованием расширяющихся бетоном, которые армированы углеродным волокном. Рассматривается пример использования современных технологий в строительстве. Описывается решение некоторых конкретных проблем, возникающих при поддержании качества строительства сложных зданий, уделяется внимание особенностям повышения качества выполняемых работ.

Ключевые слова: организация строительства; качество выполнения строительно-монтажных работ.

Современные технологии и вопросы организации строительства сложных высотных и большепролетных объектов требуют новых организационно-технологических решений. Проблемы организации производственного процесса часто упираются в проблемы технологии строительного производства и должны решаться одновременно, в синтезе организационных и технологических решений. Одна из таких проблем – усадка и растрескивание бетона с потерей несущих свойств конструкции, а также потерями, связанными с парированием этой особенности бетона.

В бетоне на обычном цементе при высыхании происходит усадка, приводящая к появлению трещин. Современный расширяющийся цемент с дополнительным армированием углеродным волокном позволяет успешно решить эту проблему. Применение расширяющихся цементов для предотвращения трещинообразования от высыхания и усадки бетона впервые осуществлено еще в 1921 г. [1-2]. В течение последующих трех десятилетий исследования по расширяющимся цементам проводились в основном во Франции, СССР и США. Большинство работ, выполненных до настоящего времени в США, ставили целью получение такого вяжущего, которое компенсировало бы усадку, обеспечивало сцепление с арматурой и создавало бы в ней натяжение с тем, чтобы бетон оставался слегка сжатым. В 1994 г.

была запатентована первая схема применения комбинированного армирования расширяющихся бетонов углеродно-волоконными сетками, которые дополнительно сохраняли первичный объем смеси и не позволяли растрескиваться, за счет создания стабилизированных поверхностей. При этом подобное армирование на первом этапе оказалось в семь раз затратнее, чем использование традиционных технологий [3-5].

В 2007 году была запатентована технология изготовления и применения углеволоконных сеток, синтезированных промышленным, а не лабораторным способом, как в 1994 г. С этого момента начинается отчет внедрения в строительное производство новейшей технологии комбинированного парирования усадки бетонной смеси.

Нас интересует в первую очередь организационная составляющая данного вопроса.

Для успешной организации и внедрения новейшей технологии в строительство сложных объектов необходимо учесть многочисленные факторы, обусловленные технологией строительства из такого бетона.

Большинство этих факторов относится к скорости расширения материала, а также к вторичным факторам, влияющим на этот процесс. Основное внимание в статье уделено технологии «CombV» [6].

При использовании этой технологии происходят следующие процессы в бетоне:

Наиболее интенсивное расширение материала (от 60 до 80% от конечного значения) происходит в течение первых 10—12 ч. Благодаря этому достигается уплотнение раствора вокруг заполнителей, что уменьшает потенциальную способность к образованию микротрещин в раннем возрасте и вызывает слабое предварительное натяжение арматуры. Остальные 20—

40% увеличения объема могут быть использованы для дальнейшего натяжения арматуры с целью обеспечения некоторого обжатия бетона (рис. 1).

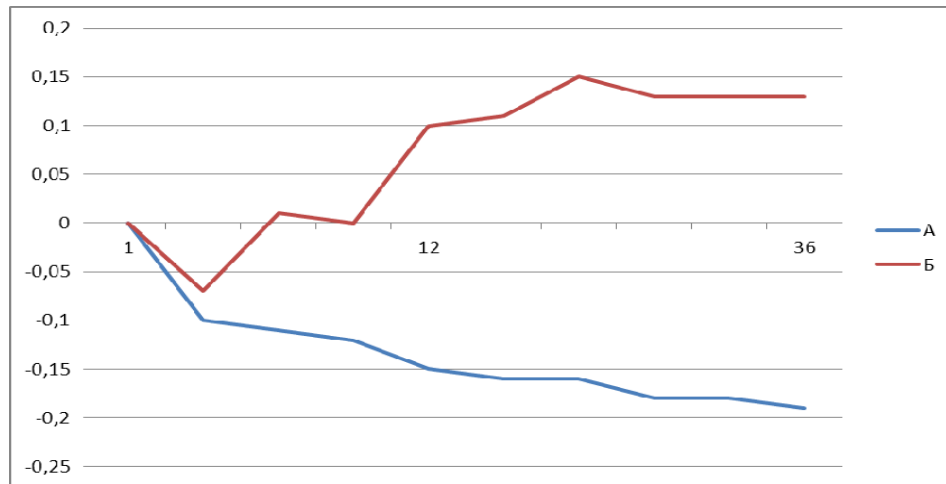


Рис.1. - Диаграммы усадки и расширения бетонов.

На диаграмме (рис.1) линия А обозначает поведение саморасширяющегося армированного бетона, Линия Б – традиционных смесей, дающих усадку. При этом следует обратить внимание на колебания расширяющегося бетона в период максимального расширения смеси с последующим некоторым осаживанием за счет испарения жидкости

При этом расчет делается на то, что железобетонные изделия и конструктивные элементы зданий содержат всего лишь от 0,06 до 0,10% углеволоконных армирующих заполнителей. Это не означает, что применение расширяющихся цементов в таких случаях является оптимальным. Но следует иметь в виду, что чем выше процент армирования, тем больший эффект может быть достигнут. При этом равномерность укладки заполнителя в форму и соблюдение геометрии пространства оказывается решающим [7]. Специфика армирования углеволоконными

заполнителями такова, что любое небрежение и отход от заданных параметров неизбежно приводит к образованию полостей, пустот или разрушению изделия уже на этапе набора мощности [8]. Поэтому со стороны организации строительного производства требуется строгий контроль качества выполняемых бетонных работ до завершения цикла с последующим параметрическим контролем полученного изделия или конструкции [9].

Для создания сжимающих усилий в слабо армированных сталью конструкциях, можно использовать заземление в грунте, бетонном массиве либо в существующих наружных конструкциях, например стенах или плитах [10].

Двумя основными факторами, влияющими на скорость расширения и требуемый расход расширяющегося цемента, являются температура и водоцементное отношение. Было установлено, что с повышением температуры бетона и расхода воды расширение также возрастает, причем зависимость эта близка к линейной. Чем выше температура бетонной смеси в момент укладки, тем больше будет уменьшение объема бетона при последующем понижении температуры окружающей среды. И наоборот, чем холоднее бетонная смесь в момент укладки, тем меньше ожидаемое сокращение объема бетона, но тем больше будет расширение материала при повышении температуры воздуха, что создает дополнительные сжимающие усилия. При этом поведение углеволоконных сеток не остается неизменным. При нагреве за счет относительно теплой смеси сетки теряют свойства сохранения геометрии пространства и поддаются деформациям осаживающейся смеси. При высыхании сетки вновь обретают жесткость, что при их способности восстанавливать форму приводит к разрушению конструкций, деформациям.

При нормальных отклонениях расхода и температуры воды в бетонных смесях контролируемого качества скорость расширения изменяется в приемлемых пределах.

Можно назвать ряд основных факторов, предопределяющих свойства бетона на расширяющемся цементе при армировании углеволоконными сетками. К ним относятся: химический состав и физические свойства цемента, включая данные о трехкальциевом алюминате и трехкальциевом силикате, тонкость помола, содержание гипса; водоцементное отношение; температура, условия заземления конструкции; качество и сечение армирующих сеток-заполнителей, состав бетонозаполнителей; соблюдение геометрии и технологии укладки армирующих сеток-заполнителей из углеволокна, условия твердения; продолжительность перемешивания.

Одним из факторов, требующих особого внимания, является обеспечение организационно - технологических мер, которые предназначены для соблюдения технологии защиты бетона в период твердения бетона. При строительстве большинства сооружений бетон в период твердения защищают специальными составами, наносимыми путем распыления и образующими водонепроницаемую пленку, либо покрывают полиэтиленовой пленкой. Проведенные различными лабораториями исследования показали, что в образцах, покрытых полиэтиленом, происходит значительно меньшее увеличение объема и накопление деформаций за счет изменения геометрии или свойств армирующих углеволоконных элементов по сравнению с образцами, погруженными в воду. Однако объем всех этих образцов был во много раз меньше объема реальных конструкций. Поэтому можно предположить, что в действительности разница не будет такой

существенной, как в лабораторных условиях, хотя водное твердение и обеспечит несколько более интенсивное расширение.

Таким образом, варьируя различные подходы к технологии и организации устройства бетонных изделий и конструкций из саморасширяющихся бетонов, армированных углеволоконными сетками, можно достичь приемлемого результата для каждого конкретного проекта современных зданий.

Литература

1. Тамразян А.Г., Есаян С.Г. Механика ползучести бетона: монография. – М.: МГСУ, 2012. – 324 с.
2. Шилов А.В. Инновационные методы армирования сборных конструкций из железобетона углеволоконными сетками // Инженерный вестник Дона, 2016. № 1. - URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3572
3. Каданцева, А.И., Тверской, В.А. Углеродные волокна. - М.: Изд-во МГФТХТ, 2008. - 55 с.
4. EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels – 225 p.
5. Цементы, бетоны, строительные растворы и сухие смеси: Ползучесть. Ч.1: Справ. Под ред. Комохова П.Г. С.-Пб: НПО «Профессионал», 2007. С. 310-322.
6. Несветаев Г.В., Кардумян Г.С. Модуль упругости цементного камня с суперпластификаторами и органоминеральными модификаторами с учетом его собственных деформаций при твердении / Г.В. Несветаев, Г.С. Кардумян // Бетон и железобетон. - 2013. - №6. - С. 10-13.
7. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Коновалова В.С., Караваев И.В. Композитная арматура как способ повышения долговечности строительных

конструкций. В сборнике: Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85-летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 700-710.

8. Романенко И.И., Пинт Э.М., Романенко М.И. Деформации цементного камня приводящие к образованию поверхностных трещин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2012. № 4. С. 32-36..

9. Dresner S. The Principles of Sustainability // Earthscan, London, 2002. –200 p.

10. Davis H.W. Physical Distribution Costs: Performance in Selected Industries. – 1987. – pp. 371-379.

References

1. Tamrazyan, A.G., Esayan S.G. Mekhanika polzuchesti betona [Mechanics of concrete creep]. M.: MGSU, 2012. 324 p.

2. Shilov A.V. Inženernyj vestnik Dona. 2016. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3572

3. Kadanceva, A.I., Tverskoj, V.A. Uglerodnye volokna [Carbon fiber]. M.: Izd-vo MGFTHT, 2008. 55 p.

4. EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels – 225 p.

5. Cementy, betony, stroitel`nye rastvory i sukhie smesi: Polzuchest`. [Cements, concretes, mortars and dry mixtures: Creep]. Ch.1: Sprav. pod red. Komokhova P.G. SPb.: NPO «Professional», 2007. pp. 310-322.



6. Nesvetaev, G.V. Kardumyan G.S. Beton i zhelezobeton. 2013. №6. pp. 10- 13.
7. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Konovalova V.S., Karavaev I.V. Kompozitnaya armatura kak sposob povysheniya dolgovechnosti stroitel'nykh konstruktsiy. [The composite reinforcement as a way to improve the durability of building structures] V sbornike: Effektivnye stroitel'nye kompozity Nauchno-prakticheskaya konferentsiya k 85-letiyu zaslužennogo deyatelya nauki RF, akademika RAASN, doktora tekhnicheskikh nauk Bazhenova Yuriya Mikhaylovicha. Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskiy universitet im. V.G. Shukhova. 2015. pp. 700-710.
8. Romanenko I.I., Pint E.H.M., Romanenko M.I. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova, 2012. № 4. pp. 32-36
9. Dresner S. The Principles of Sustainability. Earthscan, London, 2002. –200 p.
10. Davis H.W. Physical Distribution Costs: Performance in Selected Industries. 1987. pp. 371-379.2