

альных - на контакте с заполнителем, особенно в начальный период твердения. Управление процессом внешней контракции, а также частичная компенсация деформаций влажностной усадки с целью снижения дефектности структуры бетона обеспечивается оптимальным сочетанием процессов химической контракции и химического расширения путем введения минеральной сульфоалюминатной расширяющей добавки в портландцемент в необходимом количестве или использованием расширяющегося или напрягающего цементов с малой энергией расширения.

Как показали исследования, для обеспечения морозостойкости бетона, подверженного усадочным деформациям, на уровне марочной необходимо обеспечивать величину удельной усадки (проявившейся усадки, приходящейся на единицу массы цемента в бетоне) на уровне, не превышающем $0,7 \times 10^{-5}$ на 1 кг цемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стольников В.В. Исследования по гидротехническому бетону - М.: Госэнергоиздат, 1962. - с.47-53.
2. Шестоперов С.В. Долговечность бетона. - М.: Транспорт. 1966. - 499с.
3. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. - М.: Стройиздат. 1979. - 344с.
4. Горчаков Г.И., Капкин М.М., Скрамтаев Б.Г. Повышение морозостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений. - М.: Стройиздат, 1965. - 215с.
5. Panchenko A. I. Frost Resistance and Other Properties of Concrete with Expansive Additives. // *ibausil*, b.2, 1997, pp. 269-276.
6. Panchenko A.I. Hardening of Ordinary and Expansive Cement with Silica Fume Admixture. // 9-th Int. Congress on Chemistry of Cement. - New Delhi, vol.IV, 1992. - pp 646-650.
7. Панченко А. И. Механизм расширения цементов сульфоалюминатного типа. // II Межд. Совец. по химии и технологии цемента. - М., 2000, -с. 95-99
8. Десов А.Е., Красильников К.Г., Цилюсани З.Н. Некоторые вопросы усадки бетона. // Ползучесть и усадка бетона и железобетонных конструкций. - М., 1976.
9. Bernal J., Jeffery J., Taylor H.F.W. Magazine of Concrete Research. 1952, No.11, 47.
10. Панченко А. И. Критерии оценки долговечности бетона. // Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. - Ростов-на-Дону, 2000. - с. 277-284.
11. Panchenko A. I. Eigene Deformationen und Dauerhaftigkeit von Beton. // *ibausil*, b.2, 2000, ss. 689-698/

Пирадов К.А., Мамаев Т.Л.

МЕТОДИКА ПОДБОРА СОСТАВА БЕТОНА ПО ПАРАМЕТРАМ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

В исследованиях по прогнозированию долговечности решаются 2 основные задачи:

- 1) подбор составов бетона, обеспечивающих требуемую долговечность бетона проектируемых конструкций;
- 2) определить остаточный ресурс долговечности бетона существующих конструкций.

Решение первой задачи в настоящее время осуществляется на основе эмпирического подхода к подбору состава бетона по параметру его прочности на сжатие.

Прочность на сжатие является характеристикой, которая зависит от размеров образцов, условий испытания и др. В связи с этим возникла необходимость разработки способа подбора состава бетона по инвариантным характеристикам, отражающих структуру и контролирующую разрушение бетона.

В этом отношении целесообразен переход от прочностной концепции к кинетической концепции разрушения, в основу которой положены инвариантные константы цементного камня и бетона – критические коэффициенты интенсивности напряжения и энергия разрушения. Указанные параметры позволяют оценить кинетику развития повреждений (трещин) при силовых и несиловых воздействиях до критического уровня, т.е. определить долговечность бетона. Методика расчета состава бетона требуемой долговечности должна основываться на обеспечении трещиностойкости бетона, которая определяется структурными свойствами бетона. Поэтому для подбора состава бетона необходимо располагать данными о связях между параметрами состава бетона и параметрами трещиностойкости (долговечности).

Проведенный многофакторный эксперимент по насыщенному трехуровневому плану позволил получить зависимости между параметрами прочности, трещиностойкости и параметрами состава бетона. Решая систему уравнений с заданными (требуемыми) силовыми и энергетическими характеристиками можно подобрать состав бетона, который обеспечит требуемую долговечность. При этом состав бетона должен удовлетворять технологическим требованиям.

В задании на подбор состава бетона должны задаваться нормируемые показатели качества бетона:

- долговечность – D ;
- класс бетона по прочности на сжатие – B .

В зависимости от конструкций конкретной номенклатуры, для которых предназначен бетон, и конкретных условий эксплуатации по нормируемым показателям качества бетона задаются параметры трещиностойкости – K_{1c} и K_{1cs} .

По задаваемым характеристикам трещиностойкости и прочности проектируемого бетона с учетом технологических требований производится подбор состава бетона.

Параметры состава бетона – расход цемента (ζ), водоцементное отношение (B/ζ), объемная доля щебня в бетонной смеси K_{1a} определяются из решения системы уравнений 2-го порядка, установленных на основе многофакторного эксперимента:

$$R_m = 120,65 + 0,00032\zeta^2 - 185,03(B/\zeta)^2 + 65,22K_{1a}^2 + 23133d_{max}^2 - 0,256\zeta + 92,17(B/\zeta) - 74,93K_{1a} - 413,2d_{max} - 0,021\zeta \cdot (B/\zeta) - 0,06\zeta \cdot K_{1a} - 0,644\zeta \cdot d_{max} + 38,77(B/\zeta) \cdot K_{1a} - 588,6(B/\zeta) \cdot d_{max} + 57,39K_{1a} \cdot d_{max} \quad (1)$$

$$R_{bt} = 22,16 + 0,000032\zeta^2 + 19,87(B/\zeta)^2 - 3,74K_{1a}^2 - 4253d_{max}^2 - 0,0373\zeta - 31,42(B/\zeta) - 25,9K_{1a} + 230,46d_{max} - 0,00284\zeta \cdot (B/\zeta) + 0,032\zeta \cdot K_{1a} - 0,133\zeta \cdot d_{max} + 22,98(B/\zeta) \cdot K_{1a} - 33,785(B/\zeta) \cdot d_{max} + 78,31K_{1a} \cdot d_{max} \quad (2)$$

$$E_b = 2,356 - 0,000051C^2 + 28,76(B/C)^2 - 33,45K_{la}^2 + 3640,7d_{max}^2 + 0,037C - 38,87(B/C) + 27,87K_{la} - 96,764d_{max} + 0,011C \cdot (B/C) - 0,00034C \cdot K_{la} - 0,0764C \cdot d_{max} + 0,372(B/C) \cdot K_{la} + 3,35(B/C) \cdot d_{max} - 5,355K_{la} \cdot d_{max} \quad (3)$$

$$K_{1c} = 1,983 + 0,000008C^2 + 0,025(B/C)^2 - 0,597K_{la}^2 - 395,9d_{max}^2 - 0,005C + 0,58(B/C) - 2,346K_{la} + 23,74d_{max} - 0,0059C \cdot (B/C) + 0,0028C \cdot K_{la} + 0,004C \cdot d_{max} + 3,022(B/C) \cdot K_{la} + 9,39(B/C) \cdot d_{max} - 24,155K_{la} \cdot d_{max} \quad (4)$$

$$K_{1c} = 32,065 + 0,000037C^2 + 47,098(B/C)^2 + 34,744K_{la}^2 - 1810,7d_{max}^2 - 0,013C - 56,962(B/C) - 40,567K_{la} - 143,843d_{max} - 0,035C \cdot (B/C) + 0,0093C \cdot K_{la} + 0,0339C \cdot d_{max} + 17,074(B/C) \cdot K_{la} + 378,66(B/C) \cdot d_{max} + 31,033K_{la} \cdot d_{max} \quad (5)$$

$$D = -519,56 + 0,00318C^2 - 535,3(B/C)^2 - 1117,4K_{la}^2 - 166759d_{max}^2 - 0,455C + 1823(B/C) + 680,9K_{la} + 23154d_{max} - 3,014C \cdot (B/C) - 1,012C \cdot K_{la} - 16,747C \cdot d_{max} - 195,9(B/C) \cdot K_{la} - 5262,6(B/C) \cdot d_{max} - 13927,9K_{la} \cdot d_{max} \quad (6)$$

при этом долговечность бетонов была рассчитана теоретически по методике [1].

Количество уравнений при проектировании составов бетонов подбирается в зависимости от числа задаваемых (требуемых) параметров качества бетона. Параметр d_{max} задается из технологических соображений.

Для решения системы уравнений с N неизвестными параметрами состава бетона необходимы N уравнений. Причем можно решить уравнения с меньшим количеством неизвестных, задаваясь одним (или двумя) параметрами состава бетона вместе с требуемыми механическими характеристиками параметрами бетона. Для расчета параметров состава бетона используется программа для компьютера.

Для достаточной для практики точности расчета можно рекомендовать графическую форму зависимости (4) между $-K_{1c}$ и B/C , C и K_{la} (рис. 1, 2 и 3). Расчет состава бетона ведется по существующим рекомендациям, при этом значения B/C , C и K_{la} уточняются по графикам для обеспечения заданной долговечности, связанной с величиной K_{1c} так, как это показано в табл. 1 [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Пирадов К.А. Теоретические и экспериментальные основы механики разрушения бетона и железобетона. – Тбилиси, Энергия, 1998. – 318 с.
2. Гузев Е.А., Леонович С.Н., Пирадов К.А. Механика разрушения бетона: вопросы теории и практики. – Брест, БПИ, 1999. – 218 с.

Таблица 1. Свойства бетона

Свойства бетона	Значения характеристики								
	В-20			В-30			В-40		
Класс по прочности на сжатие	В-20			В-30			В-40		
Коэффициент интенсивности напряжения при нормальном отрыве K_{10} , МПа м ^{1/2}	0,6-0,79	0,8-0,89	более 0,9	0,5-0,69	0,7-0,84	Более 0,85	0,4-0,59	0,6-0,79	Более 0,8
Временные категории долговечности, годы	А до 60	В 60-99	С более 100	А до 60	В 60-99	С более 100	А до 60	В 60-99	С более 100

Полейко Н.Л., Рашевский Н.Т., Рашевский А.С., Ковшар С.Н., Осос Р.Ф.

КОМПЛЕКСНАЯ ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ «ДЕКСИЛ-01»

В Отраслевой научно-исследовательской лаборатории модифицированного бетона БГПА были проведены испытания комплексной добавки «Дексил-01». В качестве сырьевых материалов для приготовления добавки применяют натриевое жидкое стекло, характеризующееся силикатным модулем от 2,5 до 3,4 и модифицированная упаренная последрожевая барда, отход производства сахара. Добавка представляет собой продукт, получаемый совместным смешиванием жидкого стекла и модифицированной упаренной последрожевой барды (УПБ).

Эффективность добавки зависит от качества сырьевых материалов, технологии приготовления, а также вида применяемого цемента. Согласно разработанным техническим условиям ТУ РБ 02071903.299-99 «Комплексная добавка для бетонной смеси «Дексил-01» на основе жидкого стекла и упаренной последрожевой барды» по основному эффекту действия добавка относится к группе кольматирующих добавок. Наряду с основным эффектом действия существуют и дополнительные – увеличение морозостойкости бетонов и ускорение твердения. Для получения максимального эффекта от введения добавки рекомендуется использовать высокомодульное жидкое стекло (3,0 и выше), а также цементы не содержащие минеральных добавок с удельной поверхностью не более 3500 см²/г. На эффективность добавки, также влияет вид применяемого заполнителя, рекомендуется применять гранитный щебень и пески с модулем крупности от 2,0 до 3,0, причем эффективность добавки увеличивается при применении мелких песков.

Ниже излагаются некоторые результаты исследований влияния добавки «Дексил-01» на технологические и физико-механические характеристики бетона.

Для проведения экспериментов использовались следующие материалы:

- вяжущее – портландцемент ПЦ-500-Д20 Волковыского завода;
- крупный заполнитель – гранитный щебень Микашевического карьера фракции 5:20 мм;
- мелкий заполнитель – песок кварцевый Заславльского карьера $M_k = 2,9$;
- натриевое жидкое стекло Домановского КСМ с силикатным модулем 2,9;
- модифицированная упаренная последрожевая барда (50% концентрации).

Оценка влияния добавки на прочностные показатели проводилась на трех составах бетона (состав 1, состав 2 и состав 3) с расходом цемента и водоцементным