

УДК 624.015.45:624.046.3+519.213

В. М. ЛЕВИН, В. В. ГОРЯИНОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОЧНОСТИ СЕЧЕНИЙ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ

Была исследована дисперсия средней прочности бетона в пределах большого сечения и даны рекомендации по учету ее уменьшения по сравнению с принятой в нормах дисперсией прочности стандартного образца. Предложено использовать условную величину класса бетона, полученную умножением проектного класса на поправочный коэффициент. Найдено его аналитическое выражение и построены графики изменения.

прочность, бетон, сечение, случайная величина, коэффициент изменчивости, участки, прочностные характеристики

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Прочность бетона распределена по сечению статистически неравномерно, вследствие чего она имеет различные величины на отдельных участках при одинаковых числовых характеристиках ее распределения. В действующих нормах для всего сечения принимается один и тот же класс бетона. В то же время дисперсия и коэффициент изменчивости средней кубиковой прочности по сечению (по свойству дисперсии среднего) ниже дисперсии и коэффициента изменчивости прочности стандартного образца. Поэтому для той же обеспеченности прочности сечения достаточен более низкий класс бетона. Проблема заключается в отсутствии методики учёта этого обстоятельства.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В современных нормах учет изменчивости прочности бетона осуществляется полувероятностным методом, изложенным, в частности, в [1, 2]. Согласно этому методу, во всем сечении независимо от его размера принимается единый класс бетона, исходя из кубиковой прочности одного изолированного стандартного образца с обеспеченностью 0,95.

ЦЕЛИ

Целью работы является получение оценки изменчивости прочностных свойств всего сечения бетонной стойки при увеличении размеров поперечного сечения по сравнению с изменчивостью стандартных образцов и определение поправочного коэффициента к проектному классу бетона. Полученный «условный» класс бетона для данного сечения приводит к заданным нормами обеспеченности прочности всего сечения и может быть использован для расчета.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Современные нормы проектирования предполагают, что прочность всего материала является одной и той же случайной величиной, которая во всех областях сечения одновременно реализуется одним и тем же возможным наблюдаемым значением. При расчете сечения по современным нормам предполагается, что оно соответствует обеспеченности кубиковой прочности бетона, равной 0,95. При этом игнорируется важный для крупноразмерных конструкций факт изменчивости бетона в пределах сечения; в частности, важно, что лишь не более чем на 0,05 сечения прочность бетона может быть ниже

этой величины (фактически, еще на меньшей части, так как этот бетон взят из одного замеса), на остальных 0,95 сечения бетон прочнее.

На начальной стадии исследования приняты следующие исходные допущения:

- предполагается осевое нагружение бетонного столба;
- сечение статистически однородно (это значит, что распределение прочности бетона всех участков сечения одинаково и имеет одинаковые числовые характеристики);
- случайные величины прочности бетона различных участков независимы;
- призмная прочность линейно зависит от кубиковой (что немного не соответствует экспериментальным данным).

В действительности изменчивость прочности бетона в пределах сечения приведет к тому, что не менее чем на 0,95 сечения прочность бетона будет выше проектной на случайную величину, которая будет индивидуальной на каждом участке сечения. Размер этих участков целесообразно согласовать с размером стандартных образцов для испытания бетона, так как именно на таких образцах проводились испытания, результаты которых были использованы для оценки коэффициента изменчивости прочности бетона, приведенной в нормах.

Исходя из этого, можно сказать, что если принять допущение, что прочность всех участков имеет одинаковые значения, то есть пренебречь фактором неоднородности бетона, то расчёт прочностных характеристик можно проводить по нормам, используя стандартные значения. А если принять во внимание то, что прочность всех участков реализуется не синхронно, целесообразно принять во внимание следующие соображения, идея которых была предложена в [3, 4].

Формула, выражающая класс бетона имеет следующий вид:

$$B = \bar{R} (1 - 1,64v), \quad (1)$$

где \bar{R} – средняя величина прочности (по генеральной совокупности всех бетонов);
 v – коэффициент изменчивости прочности бетона.

Принимая во внимание допущение о независимости случайных величин прочности бетона на каждом участке, получим:

$$R_1 A_{ст} + R_2 A_{ст} + \dots + R_i A_{ст} = A_{ст} \sum R = n A_{ст} \frac{\sum R}{n} = A_{сеч} \bar{R}, \quad (2)$$

где R_i – прочность бетона на отдельном участке;
 $A_{ст}$ – площадь участка сечения стандартного образца бетона;
 $A_{сеч}$ – площадь всего сечения;
 \bar{R} – средняя прочностей бетона участков.

Коэффициент изменчивости средней прочности сечения можно определить при помощи следующей формулы:

$$v_{ст} = \frac{v_{cm}}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

где $v_{ст}$ – коэффициент изменчивости прочности бетона, использованный в нормах;
 n – количество участков в сечении.

Подставив полученный в результате расчётов коэффициент изменчивости средней прочности бетона в общую формулу для класса бетона, получим выражение для условного класса бетона сечения:

$$B_{усл} = \frac{B}{1 - 1,64v_{ст}} \left(1 - 1,64 \frac{v_{cm}}{\sqrt{n}} \right). \quad (4)$$

Отсюда поправочный коэффициент, учитывающий уменьшение дисперсии средней прочности бетона в сечении по отношению к дисперсии прочности стандартных образцов бетона:

$$\gamma = \frac{1 - 1,64 \frac{v_{cm}}{\sqrt{n}}}{1 - 1,64v_{ст}}. \quad (5)$$

Тогда формула для условного класса бетона будет иметь вид:

$$V_{\text{усл}} = V\gamma. \quad (6)$$

Графическая зависимость полученного в результатах расчётов поправочного коэффициента от количества стандартных участков в сечении показана на следующих графиках (рисунок, а, б).

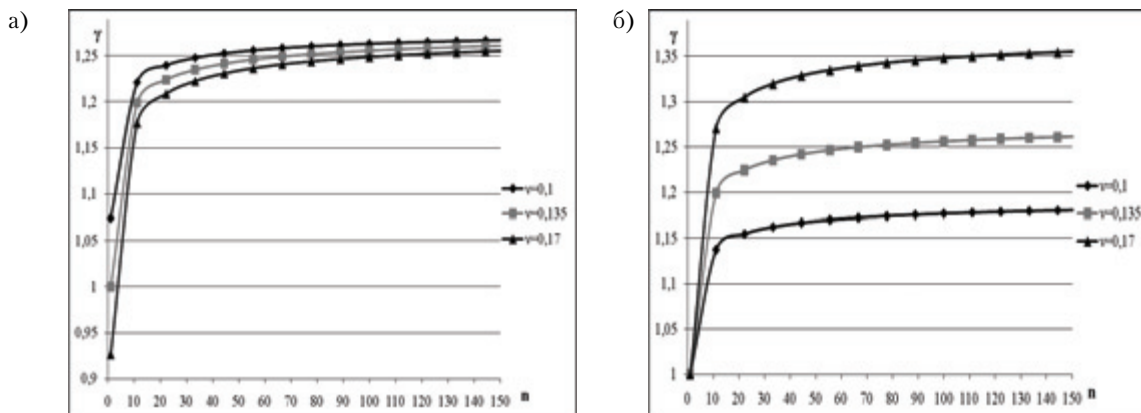


Рисунок – График зависимости поправочного коэффициента γ от количества стандартных участков в сечении: а) без учёта уровня технологии производства; б) с учётом уровня технологии и соответствующего коэффициента изменчивости прочности бетона стандартного образца.

ВЫВОДЫ

1. Есть основания предположить, что при расчете большеразмерных конструкций учет изменчивости бетона можно уточнить с учетом меньшей изменчивости средней по сечению прочности бетона.
2. Прочность бетона в расчете можно принимать исходя из повышенного по сравнению с указанным в проекте «условного» класса бетона путем умножения проектного класса бетона на указанный выше коэффициент.
3. Для более строгого обоснования данных предложений необходимо оценить адекватность принятых допущений и роль других, неучтенных здесь факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков, В. Н. Железобетонные конструкции. Общий курс [Текст] : Учебник для вузов / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов – М. : Стройиздат, 1991. – 767 с.
2. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М. : [Б. и.], 2012. – 152 с.
3. Левин, В. М. Учёт изменчивости свойств материалов при расчёте проектируемых и обследуемых железобетонных башенных сооружений [Текст] / В. М. Левин // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2002. – Вип. 2002-2(33) : Будівельні конструкції, будівлі та споруди. – С. 55–58.
4. Левин, В. М. Факторы, влияющие на достоверность расчёта конструкций зданий и сооружений [Текст] / В. М. Левин // Современные проблемы строительства : Ежегодный научно-технический сборник. – Донецк : Донецкий ПромстройНИИпроект, 2008. – № 6(11). – С. 262–270.

Получено 24.02.2016

В. М. ЛЕВІН, В. В. ГОРЯІНОВ
СТАТИСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІЦНОСТІ ПЕРЕРІЗІВ ВЕЛИКИХ РОЗМІРІВ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Була досліджена дисперсія середньої міцності бетону в межах великого перерізу і дані рекомендації щодо урахування її зменшення в порівнянні з прийнятою в нормах дисперсією міцності стандартного зразка. Запропоновано використати умовну величину класу бетону, отриману множенням проектного класу на поправний коефіцієнт. Дано його аналітичне вираження і побудовані графіки зміни.

міцність, бетон, переріз, випадкова величина, коефіцієнт мінливості, ділянки, характеристики міцності

VIKTOR LEVIN, VLADISLAV GORYAINOV
STATISTICAL PROPERTIES OF SECTIONS OF STRENGTH OF LARGE SIZE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

We investigated the dispersion of medium strength concrete within a large cross-section and made recommendations to integrate its reduction compared with the accepted norms in the dispersion of the standard sample strength. It is proposed to use the conditional value of the concrete class received with multiplying design class by a correction factor. Its analytical expression and the changes in graphics have been found out.

strength, concrete, section, random variable, the coefficient of variation, portions, strength characteristics

Левін Віктор Матвійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри вищої та прикладної математики та інформатики Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Дійсний член Академії будівництва України. Наукові інтереси: розрахунок конструкцій методами МДТТ, у т. ч. при наявності джерел збурення напружено-деформованого стану та при навантаженні тривалими і короткочасними навантаженнями, чисельні методи вирішення крайових задач МДТТ.

Горяинов Владислав Віталійович – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка і впровадження інноваційних способів розвитку будівництва.

Левин Виктор Матвеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей и прикладной математики и информатики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Действительный член Академии строительства Украины. Научные интересы: расчет конструкций методами МДТТ, в т. ч. при наличии источников возмущения напряженно-деформированного состояния и при нагружении длительными и кратковременными нагрузками, численные методы решения краевых задач МДТТ.

Горяинов Владислав Витальевич – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка и внедрение инновационных способов развития строительства.

Levin Viktor – D. Sc. (Eng), professor, Head of the Higher and Applied Mathematics and Informatics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Actual member of Academy of building of Ukraine. Scientific interests: calculation of constructions by the methods of MDS, including at presence of sources of indignation tensely – deformed state and at a loudening the protracted and brief loading, numeral methods of decision of regional problems of MDS.

Goryainov Vladislav – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development and introduction of innovative methods of building.