

УДК 624.012.35:69.057.43

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ПРИ МЕСТНОМ СЖАТИИ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА, АРМИРОВАННЫХ ПОПЕРЕЧНЫМИ СВАРНЫМИ СЕТКАМИ

канд. техн. наук, доц. Н.А. РАК
(Белорусский национальный технический университет, Минск)

Представлены результаты анализа методов расчета прочности при местном сжатии элементов из тяжелого бетона, армированных поперечными сварными сетками. Выполнена оценка точности расчета по девяти нормам проектирования с использованием банка экспериментальных данных. Определен индекс надежности конструкций, обеспечиваемый при расчете по нормам проектирования Республики Беларусь и Российской Федерации. Показано, что значения индекса надежности зависят от вариации прочности бетона и прочности арматуры сеток. Вариации геометрических параметров элементов отражаются на значениях индекса надежности незначительно.

Введение. В настоящее время взамен действующего в Республике Беларусь СНБ 5.03.01-02 [1] разрабатывается группа технических кодексов установившейся практики Республики Беларусь, основным из которых является ТКП «Бетонные и железобетонные конструкции. Строительные нормы проектирования. Часть 1. Основные положения». В числе группы технических кодексов предусмотрена разработка ТКП «Бетонные и железобетонные конструкции. Часть 2. Общие правила проектирования ненапряженных конструкций из тяжелого бетона». В процессе разработки этого ТКП потребовалось проведение анализа существующих методов расчета прочности при местном сжатии элементов из тяжелого бетона, армированных поперечными сварными сетками. При анализе выполнялась оценка точности и надежности методик расчета, приведенных в различных нормативных документах, с использованием банка экспериментальных данных по испытаниям при местном сжатии элементов из тяжелого бетона, армированных поперечными сварными сетками.

Обзор методов расчета. Изучение более 20 нормативных документов, действовавших в различных странах, начиная с 1950-х годов, показало, что методы расчета прочности при местном сжатии элементов, армированных поперечными сварными сетками, содержатся только в нескольких нормативных документах [1 – 9].

Анализ этих методов расчета показал, что зависимость для определения несущей способности элемента N_{Rd} может быть представлена в следующем общем виде (обозначения для всех нормативных документов приняты согласно [5])

$$N_{Rd} = (\omega_u f_{cd} + \varphi_0 \rho_{xy} f_{yd,xy} \varphi_s) A_{c0} \leq k \omega_u f_{cd} A_{c0}, \quad (1)$$

где f_{cd} – цилиндрическая или призмная прочность бетона на осевое сжатие (МПа); A_{c0} – площадь бетона, на которую приложена местная сжимающая нагрузка; A_{eff} – площадь бетона в пределах поперечной сетки, считая по осям крайних стержней; ω_u – коэффициент, учитывающий повышение прочности бетона при местном сжатии; φ_0 – коэффициент эффективности косвенного армирования поперечными сетками; ρ_{xy} – коэффициент армирования (объемный); $f_{yd,xy}$ – расчетное сопротивление арматуры сеток; φ_s – коэффициент, учитывающий повышение прочности бетона при местном сжатии вследствие установки поперечных сеток; k – коэффициент, устанавливающий ограничение степени повышения прочности бетона при местном сжатии за счет установки поперечных сварных сеток.

Зависимости для определения коэффициентов ω_u , φ_0 , φ_s и k по расчетным формулам норм проектирования [1 – 9] представлены в таблице 1. Некоторые из этих зависимостей отсутствуют в прямом виде в расчетных формулах соответствующих норм и были получены путем преобразования этих формул к общему виду (1). Следует отметить, что зависимость (1) содержит в себе два слагаемых (в скобке), первое из которых представляет собой долю несущей способности, обеспечиваемой сопротивлением бетона, а второе – долю несущей способности, обеспечиваемой сопротивлением арматуры поперечных сварных сеток.

Ранее автором в работах [10 – 12] был выполнен подробный анализ различных методов расчета при местном сжатии элементов без поперечного армирования. При этом особое внимание уделялось вопросу определения коэффициента ω_u , учитывающего повышение прочности бетона при местном сжа-

тии, обеспечиваемое сопротивлением бетона. В связи с этим в данной работе преимущественное внимание уделено анализу зависимостей для коэффициентов, содержащихся во втором слагаемом (1).

Таблица 1

Расчетные зависимости для определения коэффициентов зависимости (1)

Нормы	Коэффициенты			
	ω_u	φ_0	φ_s	k
СНиП II-В.1-62 [1]	$4 - 3\sqrt{\frac{A_{c0}}{A_{c1}}} \leq 3,5$	1	$\frac{A_{eff}}{A_{c0}}$	Нет
СНиП II-21-75 [2]	$\sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,5$	$\frac{5 + \frac{\rho_{xy} f_{yd,xy}}{f_{cd}}}{1 + 4,5 \frac{\rho_{xy} f_{yd,xy}}{f_{cd}}}$	$4,5 - 3,5 \frac{A_{c0}}{A_{eff}}$	Нет
СНиП 2.03.01-84* [3]	$\sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,5$	$\frac{1}{0,23 + \frac{\rho_{xy} f_{yd,xy}}{f_{cd} + 10}}$	$4,5 - 3,5 \frac{A_{c0}}{A_{eff}}$	Нет
СНиП 2.05.03-84* [4]	$\sqrt[3]{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3$	$\frac{1}{0,23 + \frac{\rho_{xy} f_{yd,xy}}{f_{cd} + 10}}$	$4,5 - 3,5 \frac{A_{c0}}{A_{eff}}$	Нет
СНБ 5.03.01-02 [5]	$1 + k_u \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \cdot \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) \leq 3$	$\frac{1}{0,23 + \frac{\rho_{xy} f_{yd,xy}}{f_{cd} + 10}}$	$4,5 - 3,5 \frac{A_{c0}}{A_{eff}}$	2
PN-B-03264:2002 [6]	$\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 2,5$	1,5	$\frac{A_{eff}}{A_{c0}}$	1,75
GB 50010-2002 [7]	$0,9 \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}}$	1,8	$\sqrt{\frac{A_{eff}}{A_{c0}}}$	Нет
СП 52-101-2003 [8]	$1,0 \leq 0,8 \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 2,5$	2	$\sqrt{\frac{A_{eff}}{A_{c0}}}$	2
STR 2.05.05:2005 [9]	$1 + k_u \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \cdot \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) \leq 3$	$\frac{1}{0,23 + \frac{\rho_{xy} f_{yd,xy}}{f_{cd} + 10}}$	$4,5 - 3,5 \frac{A_{c0}}{A_{eff}}$	Нет

Примечание. A_{c1} – условная площадь бетона, на которую распределяются напряжения при местном действии сжимающей нагрузки; A_{eff} – площадь бетона в пределах поперечной сетки, считая по осям крайних стержней. Остальные обозначения приведены в пояснении к зависимости (1).

Анализ зависимостей, представленных в таблице 1, позволил сделать следующие выводы:

1) существуют различные подходы к определению коэффициента эффективности косвенного армирования φ_0 (рис. 1). В ряде норм [2 – 5, 9] значение коэффициента φ_0 зависит от объемного коэффициента армирования, уменьшаясь с его увеличением. В нормах [1, 6 – 8] принято постоянное значение этого коэффициента на сравнительно низком уровне, причем эти значения различаются до 2 раз;

2) все нормы связывают значение коэффициента φ_s , учитывающего повышение прочности бетона при местном сжатии вследствие установки поперечных сеток, с соотношением площади A_{eff} бетона, находящегося в пределах сетки, и площади A_{c0} приложения нагрузки. Однако степень увеличения значения коэффициента φ_s с увеличением соотношения A_{eff} к A_{c0} существенно различается (рис. 2). Следует отметить, что значительное превышение значений коэффициента φ_s при $A_{eff}/A_{c0} \geq 5$ по нормам [1, 6] над значениями, получаемыми по зависимостям остальных норм, по-видимому, компенсируется в окончательной зависимости (1) низкими значениями коэффициента эффективности косвенного армирования φ_0 ;

3) не во всех нормах установлено ограничение степени повышения прочности бетона при местном сжатии за счет установки поперечных сварных сеток.

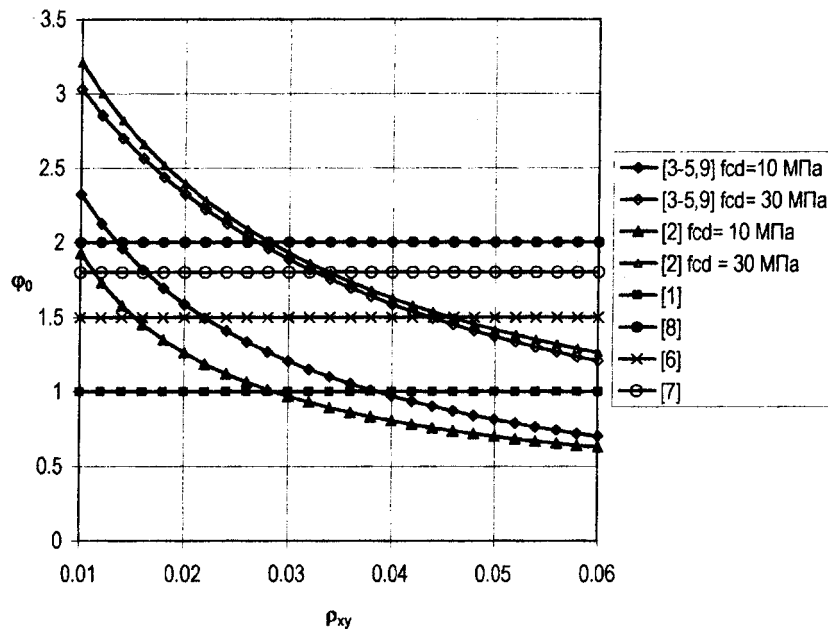


Рис. 1. Зависимость коэффициента ϕ_0 от коэффициента ρ_{xy} по [1 – 9]

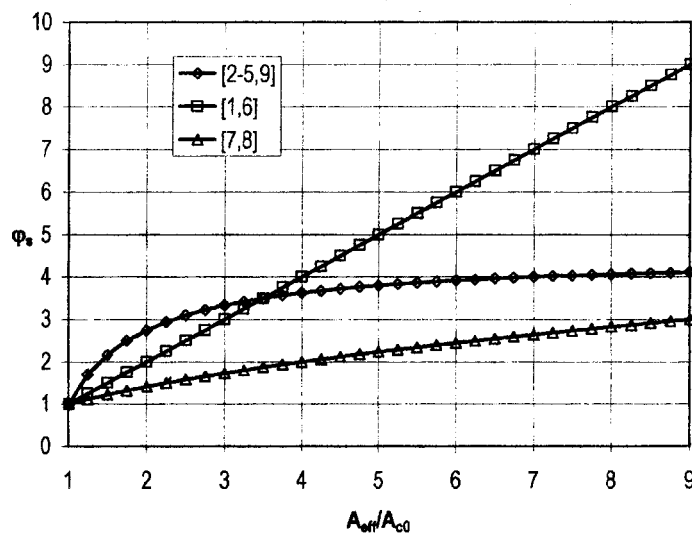


Рис. 2. Зависимость коэффициента ϕ_x от отношения A_{eff}/A_{c0} по [1 – 9]

В связи со столь существенными различиями в подходах, была поставлена задача – изучить степень соответствия положений норм данным экспериментальных исследований. В рамках решения этой задачи на первом этапе изучения был сформирован банк экспериментальных данных, а на втором – выполнены расчеты для всех образцов по зависимостям норм [1 – 9].

Формирование банка экспериментальных данных. При формировании банка экспериментальных данных была использована методика, приведенная в работе [11]. Банк экспериментальных данных по испытаниям бетонных элементов на местное сжатие, сформированный в этой работе, содержал 8 групп сведений. Для банка экспериментальных данных по испытаниям на местное сжатие элементов, армированных поперечными сварными сетками, дополнительно добавлена еще одна группа сведений, содержащая параметры сеток (площади сечений стержней сетки, количество стержней и их шаг в каждом направлении, шаг сеток по высоте элемента, предел текучести арматуры при растяжении).

Банк экспериментальных данных по испытаниям на местное сжатие элементов, армированных поперечными сварными сетками, составлен по более чем 10 источникам и содержит около 200 образцов. В зависимости от схемы расположения площади нагружения на торце образца все образцы разделены на 2 основные группы (концентричное и центральное полосовое). При этом количество экспериментальных данных в каждой из групп примерно одинаково.

В рамках настоящей работы была составлена выборка данных для концентричной схемы приложения нагрузки. Полная выборка экспериментальных данных для концентричной схемы приложения нагрузки на опытные образцы, изготовленные из тяжелого трехкомпонентного бетона, содержит их более 100. При формировании рабочей выборки из полной выборки были исключены образцы малой высоты и образцы, параметры поперечных сеток которых не соответствуют конструктивным требованиям по минимальному армированию, шагу стержней в сетке, шагу сеток по высоте образца, соотношению армирования в двух ортогональных направлениях сетки.

Окончательно рабочая выборка экспериментальных данных содержала 46 образцов [13 – 15]. Краткая характеристика образцов рабочей выборки приведена в таблице 2.

Таблица 2

Основные сведения о выборке опытных образцов

Авторы исследований	Количество образцов	f_c , МПа	ρ_{xy}	$\frac{A_{eff}}{A_{c0}}$
Червонобаба В.Н. [13, 14]	34	12,4...22,3	0,010...0,058	1,8...7,3
Мирмунинов М.М. [15]	12	22,2...45,8	0,018...0,049	6,1...14,1

Оценка точности методов расчета. Оценка точности методов расчета, регламентированных нормами [1 – 9], выполнялась согласно этапам 1 – 4 приложения D [16]:

- этап 1. Формулирование расчетной модели в форме теоретической функции сопротивления, которая содержит все определяющие основные базисные переменные X , оказывающие воздействие на рассматриваемое предельное состояние;

- этап 2. Сравнение экспериментальных и теоретических значений с построением диаграммы, содержащей пары этих значений;

- этап 3. Определение поправки среднего значения b ;

- этап 4. Определение коэффициента вариации величины рассеяния δ .

При всех вычислениях использовались фактические (средние) значения геометрических параметров образцов и прочностных характеристик материалов. Вычисления выполнялись исходя из равенства площадей A_{eff} и A_{c1} , при этом не учитывались коэффициент k и ограничения значений коэффициента ω_u . Это обусловлено тем, что коэффициенты k и ω_u предназначены для обеспечения дополнительного запаса прочности и установлены экспертным путем.

Основные результаты оценки точности методов расчета представлены в таблице 3, а для действующих в Республике Беларусь норм [5] – на рисунке 3.

Таблица 3

Основные результаты оценки точности методов расчета норм [1 – 9]

Параметры	Нормы проектирования						
	[1]	[2]	[3, 4]	[5, 9]	[6]	[7]	[8]
Поправка среднего значения b	0,999	1,261	1,274	1,032	0,771	1,354	1,343
Коэффициент вариации V_δ величины рассеяния δ	0,158	0,166	0,174	0,161	0,236	0,121	0,135

Анализ результатов (табл. 3), позволил сделать следующие выводы:

1) наименьшее отклонение поправки среднего значения b от 1 наблюдается для норм [1, 5, 9], а наибольшие – для норм [6 – 8];

2) в большинстве случаев значения коэффициента вариации V_δ величины рассеяния δ не превышает 0,2 и только для норм [6] превышает его;

3) большое значение поправки среднего значения b для нормы [8], по-видимому, обусловлено специально предусмотренным разработчиками этих норм запасом несущей способности.

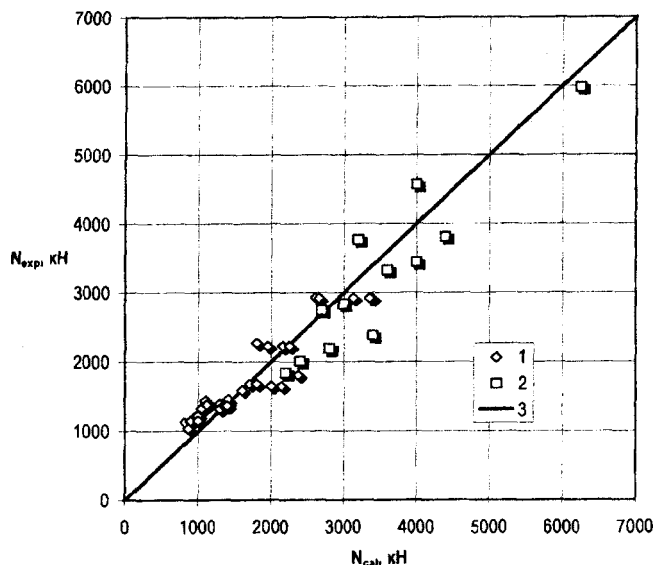


Рис. 3. Сравнение экспериментальных значений несущей способности образцов N_{exp} с теоретическими по нормам [5] значениями N_{cal} :

1 – опытные данные [13, 14]; 2 – опытные данные [15]; 3 – линия, соответствующая уравнению $N_{cal} = N_{exp}$

Оценка надежности методов расчета. Дальнейший анализ согласно этапам 5 – 7 приложения D [16] с учетом изменчивости базисных переменных был выполнен только для методов расчета норм Республики Беларусь [5] и Российской Федерации [8]:

- этап 5. Проверка совместимости. При проверке совместимости не выявлено существенных систематических отклонений, исключение которых позволило бы улучшить сходимость и уточнить вид функции сопротивления;

- этап 6. Определение коэффициентов вариации базисных переменных V_{X_i} . В качестве базисных переменных X , оказывающих воздействие на рассматриваемое предельное состояние, приняты следующие переменные (для случая концентричного нагружения образца квадратного сечения): прочность бетона при осевом сжатии f_c ; предел текучести арматуры сеток при осевом растяжении $f_{y,xy}$; размер a_0 площади приложения нагрузки A_{c0} ($A_{c0} = a_0^2$); размер a_1 условной площади распределения нагрузки A_{c1} ($A_{c1} = a_1^2$); длина l_1 стержней сетки поперечного армирования, определенная по осям крайних стержней перпендикулярного направления (площадь бетона внутри крайних стержней сетки $A_{eff} = l_1^2$); площадь всех стержней одного направления A_s ; шаг сеток по высоте образцов s .

Для расчета коэффициентов вариации базисных переменных V_{X_i} приняты средние значения переменных и их среднеквадратические отклонения (табл. 4).

Таблица 4

Средние значения базисных переменных и их среднеквадратические отклонения

Базисная переменная	Обозначение (размерность)	Среднее значение, \bar{X}_n	Среднеквадратическое отклонение, σ
X_1	f_c , МПа	16; 20; 24; 28; 33; 38; 43; 48; 58; 68; 78; 88; 98	5 (при расчете по [5]) 13,5 % среднего значения (при расчете по [8])
X_2	$f_{y,xy}$, МПа	450	7 % среднего значения
X_3	a_0 , мм	100; 150; 200	2
X_4	a_1 , мм	300	2,5
X_5	l_1 , мм	280	2,5
X_6	A_s , мм ²	42; 84; 126; 168	2,5 % среднего значения
X_7	s , мм	60	2,5

При этом среднеквадратические отклонения большинства базисных переменных приняты равными половине предельного отклонения, устанавливаемого соответствующими стандартами на материалы

и изготовление конструкций. Среднеквадратическое отклонение прочности бетона на сжатие при расчете по нормам [5] принято исходя из того, что средняя прочность бетона превышает на 8 МПа гарантируемую с обеспеченностью 95 % прочность независимо от значения средней прочности. При расчете по нормам [8] имеем в виду, что среднеквадратическое отклонение составляет 13,5 % от среднего значения прочности бетона;

- этап 7. Определение расчетного значения функции сопротивления r_d при значении индекса надежности β .

Суммарный коэффициент вариации базисных переменных V_n определялся по формуле

$$V_n = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^j \left(\frac{\partial g_n}{\partial X_i} \sigma_i \right)^2}}{g_n(\bar{X}_m)},$$

где $g_n(\bar{X}_m)$ – значение функции сопротивления при средних значениях всех базисных переменных;

σ_i – среднеквадратическое отклонение базисной переменной X_i ; $\frac{\partial g_n}{\partial X_i}$ – производная функции сопротивления по базисной переменной X_i при средних значениях всех базисных переменных.

Значения производных функции сопротивления из-за громоздкости аналитических выражений определялись численным дифференцированием.

Анализ результатов вычислений суммарного коэффициента вариации базисных переменных V_n показал, что определяющее влияние на его значение оказывают вариации прочности бетона и прочности арматуры, а изменчивость остальных параметров (геометрических) сказывается несущественно. В таблице 4 базисные переменные выстроены в порядке вклада их коэффициента вариации в суммарный коэффициент вариации V_n .

Суммарный коэффициент вариации V_r функции сопротивления определялся по формуле:

$$V_r = \sqrt{V_n^2 + V_g^2}.$$

Результаты вычисления суммарного коэффициента вариации V_r приведены на рисунке 4 (для наглядности показаны только варианты вычислений, которые давали максимальные и минимальные значения).

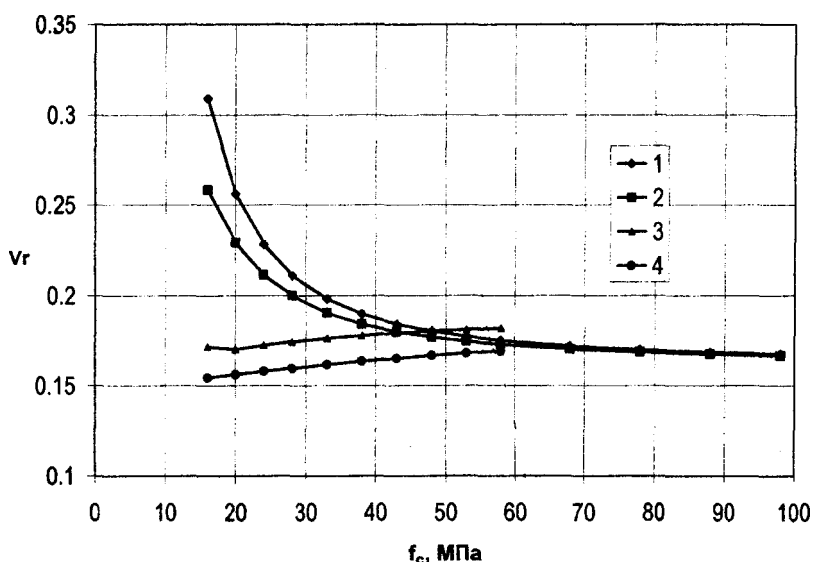


Рис. 4. Зависимость суммарного коэффициента вариации функции сопротивления V_r от прочности бетона f_c :

- 1 – расчет по [5] при $\rho_{xy} = 0,005$ и $A_{c1}/A_{c0} = 9$; 2 – расчет по [5] при $\rho_{xy} = 0,02$ и $A_{c1}/A_{c0} = 2,25$;
3 – расчет по [8] при $\rho_{xy} = 0,005$ и $A_{c1}/A_{c0} = 9$; 4 – расчет по [8] при $\rho_{xy} = 0,02$ и $A_{c1}/A_{c0} = 2,25$

Динамика изменения значений суммарного коэффициента вариации V_r с ростом значений прочности бетона f_c при расчете по нормам [5] и [8] существенно различается. Это обусловлено тем, что определяющее значение на динамику изменения V_r имеет характер изменения среднеквадратического отклонения прочности бетона. При расчете по нормам [8] среднеквадратическое отклонение прочности бетона возрастает пропорционально росту прочности бетона, что и определяет линейный характер изменения значений V_r . При расчете по нормам [5] среднеквадратическое отклонение прочности бетона не зависит от прочности бетона, что определяет нелинейный характер изменения значений V_r . В связи с этим при низких прочностях бетона значения коэффициента V_r , определенные согласно нормам [5], значительно превышают значения коэффициента V_r , определенные согласно нормам [8]. При значениях прочности бетона, равных 45...60 МПа, значения V_r , определенные согласно нормам [5] и [8], сближаются и различаются незначительно.

Расчетное значение функции сопротивления r_d согласно стандартизированному методу оценки (методу b приложения D [16]) при значении индекса надежности β может быть определено по формуле:

$$r_d = b \cdot g_n(\bar{X}_m) \cdot \exp(-\alpha_R \beta Q - 0,5Q^2),$$

где b – поправка среднего значения; $g_n(\bar{X}_m)$ – значение функции сопротивления при средних значениях всех базисных переменных; α_R – средневзвешенный коэффициент для стороны сопротивления (по методу надежности 1 порядка), принимаемый согласно [16] равным 0,8; $Q = \sqrt{\ln(V_r^2 + 1)}$.

С другой стороны, проектирование по нормам предполагает, что расчетное значение функции сопротивления определяется прямой подстановкой в нее расчетных значений характеристик свойств материалов и средних (номинальных) значений геометрических размеров, т.е.

$$r_d = g_n(\bar{X}_d).$$

Исходя из равенства получаемых расчетных значений обеспечиваемый нормами расчета индекс надежности β можно определить по формуле:

$$\beta = \frac{1}{\alpha_R Q} \left[\ln \frac{b \cdot g_n(\bar{X}_m)}{g_n(\bar{X}_d)} - 0,5Q^2 \right].$$

Результаты вычисления значений обеспечиваемого нормами расчета индекса надежности β приведены на рисунке 5 (для наглядности показаны только варианты вычислений, которые давали максимальные и минимальные значения).

Динамика изменения значений индекса надежности β в определяющей степени зависит от динамики изменения значений суммарного коэффициент вариации функции сопротивления V_r .

При расчете по нормам [8] изменение значений индекса надежности β происходит линейно. При этом значения индекса надежности β находятся в пределах 5...5,5, что указывает на чрезмерную надежность конструкций и указывает на наличие значительных запасов несущей способности.

При расчете по нормам [5] изменение значений индекса надежности β происходит нелинейно. Сначала наблюдается рост значений индекса надежности, которые достигают максимума при значениях прочности бетона, равных 50...60 МПа. Затем наблюдается плавное снижение значений индекса надежности.

Следует отметить, что для бетонов классов по прочности на сжатие ниже $C^{16}/_{20}$ значения индекса надежности меньше установленного для конструкций класса надежности RC2 значения $\beta = 3,8$. В связи с этим не рекомендуется применять для работающих на местное сжатие конструкций этого класса надежности бетоны класса по прочности на сжатие ниже $C^{16}/_{20}$. В то же время для бетонов классов $C^{30}/_{37}$ и выше наблюдается существенное превышение значений индекса надежности значения $\beta = 3,8$, что указывает на необходимость выполнения корректировки представленного в нормах [5] метода расчета.

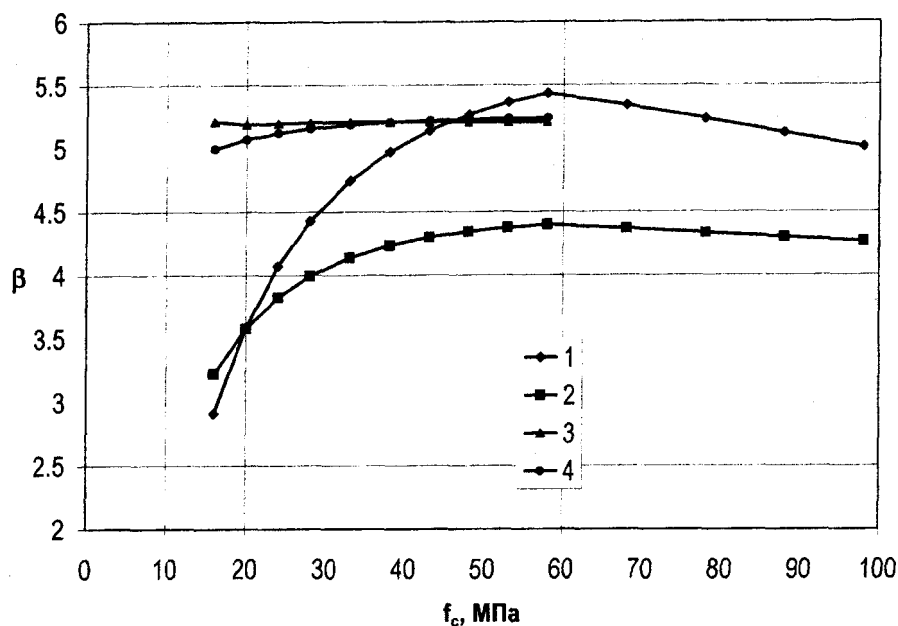


Рис. 5. Зависимость значений индекса надежности β от прочности бетона f_c :

- 1 – расчет по [5] при $\rho_{xy} = 0,005$ и $A_{c1}/A_{c0} = 9$; 2 – расчет по [5] при $\rho_{xy} = 0,02$ и $A_{c1}/A_{c0} = 2,25$;
 3 – расчет по [8] при $\rho_{xy} = 0,005$ и $A_{c1}/A_{c0} = 9$; 4 – расчет по [8] при $\rho_{xy} = 0,02$ и $A_{c1}/A_{c0} = 2,25$

Заключение. Анализ методов расчета прочности при местном сжатии элементов из тяжелого бетона, армированных поперечными сварными сетками, показал, что зависимости норм [1 – 9] могут быть приведены к зависимости общего вида, содержащей два слагаемых. Имеются значительные различия в зависимостях для определения коэффициента эффективности косвенного армирования φ_0 и коэффициента φ_s , учитывающего повышение прочности бетона при местном сжатии вследствие установки поперечных сеток.

С использованием специально сформированного банка экспериментальных данных по испытаниям на местное сжатие элементов, армированных поперечными сварными сетками, была выполнена оценка точности методов расчета, регламентированных нормами [1 – 9] согласно приложению D [16].

Оценка надежности методов расчета прочности при местном сжатии элементов, армированных поперечными сварными сетками, показала, что представленный в нормах [5] метод расчета в большинстве случаев обеспечивает требуемую надежность конструкций, а метод расчета норм [8] создает необоснованно высокие запасы несущей способности.

Исходя из обеспечиваемого нормами [5] индекса надежности не рекомендуется применять для работающих на местное сжатие конструкций, армированных поперечными сварными сетками, класса надежности RC2 бетоны класса по прочности на сжатие ниже $C^{16}/_{20}$.

Необходимо выполнить корректировку представленного в нормах [5] метода расчета прочности при местном сжатии элементов, армированных поперечными сварными сетками, с целью повышения надежности конструкций при низких классах бетона и исключения излишних запасов прочности при бетонах классов $C^{30}/_{37}$ и выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования: СНиП II-V.1-62 / Госстрой СССР. – М.: Гостройиздат, 1962. – 100 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования: СНиП II-21-75 / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1976. – 89 с.
3. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования: СНиП 2.03.01-84* / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.
4. Мосты и трубы. Нормы проектирования: СНиП 2.05.03-84* / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 199 с.

5. Бетонные и железобетонные конструкции. РУП «Стройтехнорм»: СНБ 5.03.01-02. – Минск: Минстрой-архитектуры Респ. Беларусь, 2003. – 139 с.
6. Konstrukcje betonowe, zelbetowe i sprezone. Obliczenia statyczne i proejtowanie: PN-B-03264:2002. – Warszawa: PKN, 2002. – 142 p.
7. Code for Design of Concrete Structures: GB 50010-2002. – Beijing: China Architecture & Building Press, 2002. – 204 p.
8. Свод правил по проектированию и строительству. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры: СП 52-101-2003. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 30 с.
9. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas: STR 2.05.05:2005. – Vilnius, 2005.
10. Рак, Н.А. Прочностные и деформативные свойства бетона при местном сжатии / Н.А. Рак, Н.А. Рак // Прочность и деформации бетона. – Брест, 2003. – С. 179 – 226.
11. Рак, Н.А. Совершенствование методики расчета бетонных элементов при местном сжатии с использованием банка экспериментальных данных / Н.А. Рак // Строительная наука и техника. – 2007. – № 5(14). – С. 84 – 90.
12. Рак, Н.А. Обобщенный анализ методов расчета бетонных элементов при местном сжатии по отечественным и зарубежным нормам / Н.А. Рак // Вестн. БрГТУ. – 2009. – № 1 (55): Строительство и архитектура. – С. 141 – 147.
13. Червонобаба, В.Н. Исследование сопротивления смятию и сжатию бетона, армированного сетками, применительно к стыкам железобетонных колонн: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / В.Н. Червонобаба; МИСИ. – М., 1958. – 21 с.
14. Червонобаба, В.Н. Исследование сопротивления бетона, армированного сетками, смятию / В.Н. Червонобаба // Исследование прочности элементов железобетонных конструкций. – М.: Госстройиздат, 1959. – С. 110 – 126.
15. Мирмуминов, М.М. Сопротивление местному сжатию торцов железобетонных колонн, армированных сетками: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / М.М. Мирмуминов; НИИЖБ. – М., 1977. – 20 с.
16. Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций: СТБ ЕН 1990 – 2007 / МАиС Респ. Беларусь. – Минск, 2008. – 64 с.

Исследования выполнялись в рамках задания 32 «Разработать структурно-механические модели бетона и железобетона для применения в деформационных расчетах железобетонных конструкций при сложном напряженном состоянии» Государственной программы ориентированных фундаментальных исследований «Строительство и архитектура» (2006 – 2010).

Поступила 04.06.2010

THE ANALYSIS OF METHODS OF CALCULATION OF STRENGTH UNDER LOCAL COMPRESSION OF CONCRETE ELEMENTS REINFORCED BY WELDED GRIDS

N. RAK

Results of the analysis of methods of calculation of strength under local compression of concrete elements reinforced by welded grids are submitted. The estimation of accuracy of nine design codes procedures using of experimental databank is executed. The index of reliability of the designs, provided is determined at calculation on design codes of Republic of Belarus and Russian Federation. It is shown, that the reliability index values depend on a strength variation of concrete and grid reinforcement. Variations of geometrical parameters of elements are reflected in reliability index values insignificantly.