

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»**

(г. Минск, БНТУ — 24.05.2011)

УДК 629.735

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ
ИЗ ЛЕГКОГО БЕТОНА ПРИ МЕСТНОМ СЖАТИИ
АРМИРОВАННЫХ ПОПЕРЕЧНЫМИ СЕТКАМИ**

БОНДАРЬ В.В., РАК Н.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В рамках этого исследования были впервые в мире проведены экспериментальные исследования прочности при местном сжатии элементов из легкого бетона, имеющих косвенное армирование поперечными сварными сетками.

При исследовании варьировались не только характер приложения нагрузки и прочностные характеристики бетона, но и его средняя плотность в реальном диапазоне ее изменения.

В качестве образцов приняты призмы с отношением их высоты к размеру поперечного сечения равным 2, армированные поперечными сетками С-1 или С-2 (объемный процент армирования $\rho_{ху}$ соответственно равен 1,88% и 3,35%). Основные сведения об опытных армированных образцах приведены в таблице 1.

Образцы изготавливались в деревянной опалубке в заводских условиях на ОАО «Минскжелезобетон» из бетонной смеси, состав которой был предварительно подобран отделом технологии бетона и растворов РУП «Институт БелНИИС». В качестве легкого заполнителя использовался керамзитовый гравий фракции 4/10 производства ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль». В качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый песок.

Изготовление образцов производилось посерийно из замесов легкобетона одинакового состава.

Для контроля физико-механических характеристик бетона были изготовлены контрольные образцы кубы (по 3 на каждый замес) размером 100x100x100 мм.

Испытания опытных образцов производились в лаборатории кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» БНТУ на прессе мощностью 5000 кН (рис. 1) при рабочем диапазоне до 2000 кН. Нагрузка на образцы прикладывалась через штампы, размеры которых приведены в таблице 1.



Рис. 1. Общий вид испытаний

Перед испытаниями каждый из образцов осматривался, измерялись его размеры, и выполнялось взвешивание образца для последующего определения фактической средней плотности.

В начале испытания образец центрировался на плите прессы, а затем для достижения concentricity приложения усилия центрировался стальной штамп на образце при помощи измерительных приборов.

Таблица 1. Основные сведения об опытных образцах-призмах, армированных поперечными сетками. Результаты испытаний

ρ^* , кг/м ³	Размер образца, мм	Размер грани штампа, мм	Процент армирования, ρ_{xy} , %	Разрушающая нагрузка, N _{obs} , кН			
				1	2	3	Средняя
1760	300×300×600	30	1,88	284,9	284,9	292,6	287,5
		60		546,7	546,7	616	569,8
		90		754,6	746,9	839,3	780,3
		120		962,5	1185,8	1105,6	1084,6
1648	300×300×600	30	3,35	269,5	277,2	285,4	277,4
		60		415,8	423,5	443,7	427,7
		90		723,8	654,5	684,6	687,6
		120		823,9	870,1	992,6	895,5
1215	300×300×600	30	3,35	200,2	184,6	178,5	187,8
		60		384,5	412,7	384,5	393,9
		90		585,2	568,7	592,4	582,1
		120		716,1	744,3	768,2	742,9
ρ^* — средняя плотность по опытным образцам							

Нагружение опытных образцов производилось с постоянной скоростью прироста напряжений под штампом 2-3 МПа/сек, но не менее 30 секунд.

Разрушение всех образцов происходило с образованием в области под штампом так называемого клина, имеющего вид перевернутой пирамиды, и сопровождалось раскалыванием образца по вертикальным плоскостям с последующим сдвигом клина по одной из его боковых граней. Зафиксированная разрушающая нагрузка представлена в последнем столбце таблицы 1. Образование трещин и разрушение образцов представлены на рисунках 2 и 3.



Рис. 2. Характер разрушения образца при передаче нагрузки через штампы сечением 60x60 мм



Рис. 3. Характер разрушения образца при передаче нагрузки через штампы сечением 120x120 мм

По результатам испытаний была разработана методика расчета прочности при местном сжатии элементов из легкого бетона, имеющих косвенное армирование поперечными сварными сетками. В основу методики была положена методика расчета, разработанная ранее для элементов из тяжелого бетона.

Расчет прочности при местном сжатии элементов из легкого бетона, имеющих косвенное армирование поперечными сварными сетками, рекомендуется выполнять по следующей зависимости

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

где f_{cd} – цилиндрическая или призмная прочность легкого 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.

При этом коэффициент ω_u , учитывающий повышение прочности бетона при местном сжатии, следует определять по формуле

$$\omega_u = 1 + k_u \cdot \frac{f_{lct}}{f_{lc}} \cdot \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) = 1 + k_u \cdot \psi \leq \omega_{u,max}, \quad (2)$$

Здесь k_u – коэффициент эффективности бокового давления при смятии; f_{lc} и f_{lct} – сопротивление легкого бетона осевому сжатию и растяжению соответственно; ψ – параметр относительного бокового обжатия.

Сопротивление бетона осевому растяжению должно определяться по формуле

$$f_{lct} = \left(0,4 + \frac{0,6\rho}{2200} \right) \cdot f_{ct}, \quad (3)$$

Значение коэффициента эффективности k_u следует определять по следующей зависимости

$$K_u = 12 \cdot \frac{\rho}{2200}, \quad (4)$$

Коэффициент эффективности косвенного армирования поперечными сетками следует определять по формуле

$$\varphi_0 = \frac{1}{0,23 + 0,77 \frac{\rho_{xy} \cdot f_{yd,xy}}{f_{cd}}}, \quad (5)$$

Коэффициент, учитывающий повышение прочности бетона при местном сжатии вследствие установки поперечных сеток, следует определять по формуле

$$\varphi_s = \sqrt{\frac{A_{eff}}{A_{c0}}}, \quad (6)$$

По результатам проведенных экспериментов, с учетом описанной выше расчетной модели, была проведена оценка надежности разработанной расчетной модели в соответствии с положениями СТБ ИСО 2394-2007 «Надежность строительных конструкций. Общие принципы» и СТБ ЕН 1990-2007 «Еврокод. Основы проектирования несущих конструкций». Последнее особенно важно в связи с предстоящим переходом к проектированию конструкций в соответствии с европейскими нормативными документами.

Полученная диаграмма (рис. 4) свидетельствует о том, что предложенный метод расчета прочности при местном сжатии элементов из легкого бетона, имеющих косвенное армирование поперечными свар-

ными сетками, позволяет получить теоретические значения, удовлетворительно совпадающие с экспериментальными значениями.

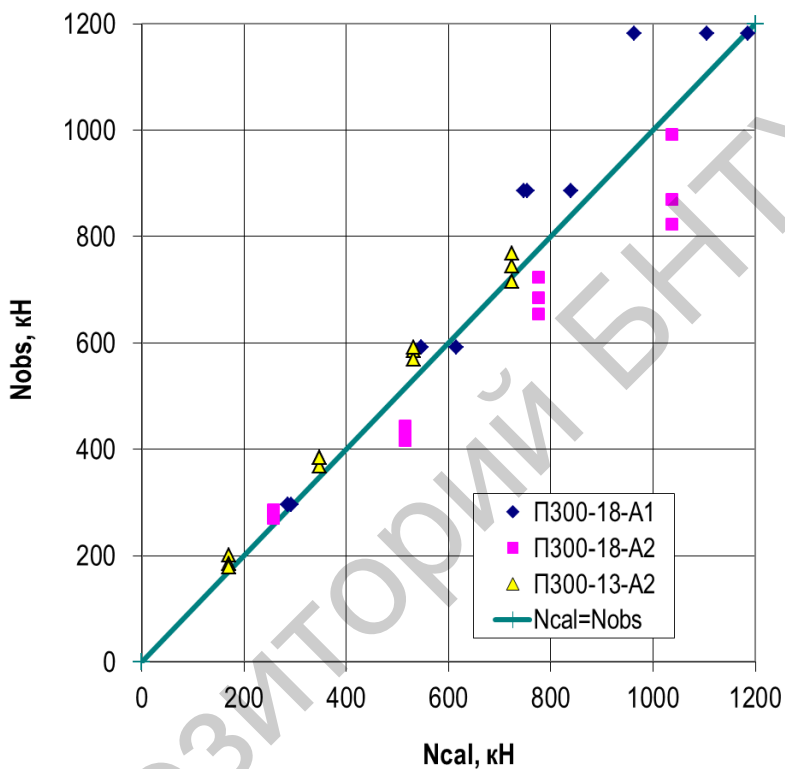


Рис. 4. Сравнение опытных и расчетных значений прочности элементов из легкого бетона, армированных поперечными сварными сетками

ЛИТЕРАТУРА

1. Тур, В.В. Прочность и деформации бетона в расчетах конструкций: монография / В.В. Тур, Н.А. Рак. – Брест: БГТУ, 2003. – 252 с.
2. Rak, N. Plain Concrete Strength Under Local Compression According To Belarusian Building Code // Behavior of Concrete at High Temperatures and Advanced Design of Concrete Structures. – Минск: Технопринт, 2003. – С. 206–217.
3. Рак, Н.А. О нормировании методов расчета железобетонных конструкций на местное сжатие / Н.А. Рак // Архитектура и строительство-2005. I международный научно-практического семинар: сборник трудов. – Брест: БГТУ, 2005. – С. 141–144.
4. Hawkins, N. The bearing strength of Concrete Loaded through Rigid Plate / N. Hawkins // Magazine of Concrete Research. – 1968. – V. 22, № 62. – P. 31–40.
5. Цискрели, Г.Д. Прочность легкого бетона на смятие / Г.Д. Цискрели, А.Б. Пирадов, А.С. Кубанейшвили, О.М. Тодрия // Бетон и железобетон. – 1970. – № 6. – С. 18–20.
6. Семенов, С.А. Местное краевое и внецентренное сжатие бетона и кладки / С.А. Семенов // Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1978. – С. 98–106.
7. Соколов, Б.С. Исследования керамзитобетонных элементов при местном действии нагрузки / Б.С. Соколов, И.И. Мустафин // Инженерные проблемы современного железобетона: сб. ст. – Иваново: ИВИСИ, 1995. – С. 381–387.
8. Walraven J. et all. Structural lightweight Concrete: Recent research // HERON, Vol. 40, Nr. 1, 1995. – pp. 5-30.
9. Bonetti R. Ultimate Strength of the Local Zone in Load Transfer Tests: MSc thesis.– Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2005.– 98 p.
10. DIN 4219-2:1979 Leichtbeton und Stahlleichtbeton mit geschlossenem Gefüge; Bemessung und Ausführung. – 1979.
11. NS 3473:1994. Concrete structures. Design and detailing rules. – 1994. – 136 p.