

2. Латыш, В.В. Экспериментальные исследования сталефибробетонных элементов при продавливании (местном срезе) / В.В. Латыш, Н.А. Рак // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. тр. XV междунар. науч.-методич. семинара, Полоцк, 27–28 ноября 2008 г.; ред. кол.: Д.Н. Лазовский (отв. ред.), Т.М. Пецольд, А.А. Бакалович: в 2 т. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – Т.1. – С. 187–191.

3. Конструкции бетонные и железобетонные: СНБ 5.03.01-02 / МАиС РБ. – Минск, 2003. – 140 с.

4. Narayanan, R. Punching shear tests on steel-fiber-reinforced micro-concrete slabs" / R. Narayanan, I. Darwish // Magazine of Concrete Research. – March, 1987. – V. 39, No. 138. – P. 42–50.

УДК 624.012.45.046

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ МЕСТНОМ СРЕЗЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАНКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Тамкович С.Ю., Рак Н.А.

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь ведется работа по созданию технических кодексов установившейся практики Республики Беларусь (далее ТКП) в области проектирования железобетонных конструкций. Важным требованием при разработке этого ТКП явилось включение в него, как правило, только тех методов расчета, которые основаны на максимально приближенных к реальным физическим расчетным моделях. В данной статье рассмотрены возможности использования банка экспериментальных данных (БЭД) при оценке точности методов расчета железобетонных конструкций при продавливании. Сформулированы критерии формирования БЭД, требования к полноте представления экспериментальных данных. Показан порядок формирования БЭД для случая продавливания плиты без поперечной арматуры центрально сжатой колонной. На основе использования этого БЭД в дальнейшем будут разработаны предложения по дальнейшему совершенствованию методики расчета прочности железобетонных элементов при продавливании.

Основные положения методики расчета. Согласно методике расчета норм [1] прочность плиты без поперечного армирования на продавливание (местный срез) следует проверять из условия

$$V_{sd} \leq V_{Rd1} = \max \left\{ \left[0,15k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ctk})^{2/3} \right] \cdot \frac{u \cdot d}{\beta}, \right. \\ \left. 0,5 \cdot f_{ctk} \cdot \frac{u \cdot d}{\beta} \right. \quad (1)$$

где f_{ctk} — нормативное (характеристическое) сопротивление бетона осевому сжатию;

k — коэффициент, который определяется по формуле:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2, \quad (2)$$

здесь (d — в мм); d — рабочая высота сечения, определяемая по формуле:

$$d = \frac{(d_x + d_y)}{2}, \quad (3)$$

здесь d_x, d_y — рабочие высоты плиты в x -направлении и y -направлении соответственно, определяемые в критическом сечении; ρ_l — коэффициент продольного армирования, который определяется по формуле:

$$\rho_l = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} \leq 0,02, \quad (4)$$

здесь ρ_x, ρ_y — коэффициенты продольного армирования в x -направлении и y -направлении соответственно, рассчитанные для ширины плиты, равной ширине колонны плюс $3d$; u — критический периметр, определяемый для круговых и прямоугольных в плане площадей приложения местной нагрузки на расстоянии $1,5d$ от их внешней грани; f_{ct} — расчетное сопротивление бетона растяжению; β — коэффициент, учитывающий влияние внецентренного приложения нагрузки.

Формирование и критерии составления БЭД. Сформированный по доступным литературным источникам банк экспериментальных данных по испытаниям железобетонных элементов на продавливание содержит 7 групп сведений. Название групп и перечень параметров, содержащихся в каждой из них, с указанием обозначения, размерности и определения приведен в таблице 1. Банк экспериментальных данных на данный момент составлен по более чем 40 источникам и содержит свыше 680 образцов.

Таблица 1 — Перечень параметров БЭД по испытаниям железобетонных образцов на местный срез

Параметр	Единица измерения	Определение
1	2	3
ОБЩИЕ ДАННЫЕ		
Номер образца		Порядковый номер в базе
Автор		Автор, год
Марка образца		Обозначение, данное автором
РАЗМЕРЫ ОБРАЗЦА		
l	мм	Длина образца
b	мм	Ширина образца
\emptyset	мм	Диаметр образца
h	мм	Высота образца
d	мм	Рабочая высота образца
ФОРМА И РАЗМЕРЫ ПЛОЩАДКИ НАГРУЖЕНИЯ (ПГТМПА)		
FL		Форма площадки нагружения
l_c	мм	Длина площадки нагружения
b_c	мм	Ширина площадки нагружения
\emptyset_c	мм	Диаметр площадки нагружения
u_c	мм	Периметр площадки нагружения
ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА		
$f_{c\ кубе}$	МПа	Кубиковая прочность бетона
f_{ck}	МПа	Призменная прочность бетона
f_{ctk}	МПа	Прочность бетона на осевое растяжение
ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДОЛЬНОЙ АРМАТУРЫ		
f_{yk}	МПа	Прочность продольной арматуры
$\emptyset_{ар}$	мм	Диаметр арматуры

Продолжение таблицы 1

1	2	3
A_s	мм ²	Площадь арматуры
ρ	%	Коэффициент продольного армирования
ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦА		
α	°	Угол пирамиды продавливания
ОПЫТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НАГРУЗКИ		
V_{exp}	кН	Разрушающая нагрузка

На первом этапе формирования БЭД из полной выборки были исключены образцы малой высоты (рабочая высота менее 90 мм). На втором этапе из оставшейся выборки были исключены образцы, имеющие расстояние от внешней грани колонны до свободного края плиты менее чем $3d$ (где d — рабочая высота плиты), а также из бетонов, имеющих прочность менее 10 МПа. После первых двух этапов формирования БЭД содержал 374 образца. Основная выборка с краткими сведениями приведена в таблице 2.

Таблица 2 — Основная выборка с краткими данными опытных образцов и результатами вычислений

Автор (год исследования)	Кол-во	d , мм	l_c , мм	f_{ck} , МПа	ρ , %	V_{exp} , кН	V_{cal} , кН
Elstner (1956)	30	102~117	254	12,8~50,6	1~3,72	287~579	230~488
Kinnunen (1960)	12	117~128	150	25,1~28,5	0,48~1,04	255~438	218~350
Мос (1961)	16	114	254	21,2~25,8	1,05~1,5	362~440	261~361
Andersson (1963)	11	119~123	300	23,4~29,9	0,76~1,06	249~459	225~325
Franz (1963)	13	125~129	210	19,8~26,9	0,48~1,21	280~432	222~318
Langohr (1976)	6	110,7	305	27,6	1,41	421~532	363
Petcu (1979)	7	110~203	200	22,1~32,1	0,43~0,8	275~636	235~489
Seible (1980)	7	121	305	33,6	1,17	580~623	419~422
Regan (1980, 1986)	34	93~259	150	9,52~102	0,58~1,4	123~1800	97~1355
Mokhtar (1985)	5	113	250	35,4~47,2	1,46	520~583	376~422
Tolf (1988, 1989)	8	100~200	150	22,9~26,3	0,34~0,8	144~603	114~607
Broms (1990)	4	150	250	17,2~27,9	0,58~0,94	415~558	321~452
Hussein (1991)	11	95~120	150	30~80	0,49~2,33	178~645	200~499
Gomes (1991, 1999, 2004)	7	153~164	200	28,4~41,1	1,23~1,31	693~830	535~599
Chana (1992, 1993)	6	188~210	300	37~40	0,79~0,85	981~1283	761~920
Yamada (1992)	5	167	300	18,8~20,3	1,32	600~762	561~579
Ramdane (1996)	6	100	150	54,4~99,2	0,58~1,28	190~405	214~344
Marzouk (1997)	4	120	250	61,2~80	0,89~2,3	419~645	426~499
Oliveira (1999, 2004)	5	103~108	120	57~66,4	1,08~1,3	240~386	277~291
Beutel (2000, 2002)	5	190	400	21,9~37,5	0,59~0,81	615~1276	486~871
Osman (2000)	5	115~120	250	36~76	0,5~1	295~538	296~511
Ebead (2002, 2004)	8	120~125	250	33~35	0,35~1	250~450	271~354
Mirzaci (2008)	11	102	130	31~40,4	0,25~1,41	176~295	137~244

Примечание:

В таблице представлены исследования, в которых были испытаны 4 и более опытных образцов.

Оценка точности методики расчета. Для оценки точности и надежности методики расчета по зависимостям (2) и (4) были определены значения коэффициента k , процента продольного армирования ρ и критического периметра u для каждого образца. Далее для каждого образца находилось теоретическое значение разрушающей нагрузки при местном срезе. Результаты вычислений приведены в таблице 2, а также на рисунке 1. Как видно из графика, расчетная зависимость (1) дает достаточно хорошее совпадение с опытными значениями. Среднее по образцам отношение экспериментальных значений к рассчитанным оказалось равным 1,205 при коэффициенте вариации 0,137. Это свидетельствует о том, что предлагаемая методика расчета обладает требуемой точностью и обеспечивает необходимую надежность расчета при местном срезе железобетонных элементов для случая продавливания плиты без поперечной арматуры центрально сжатой колонной.

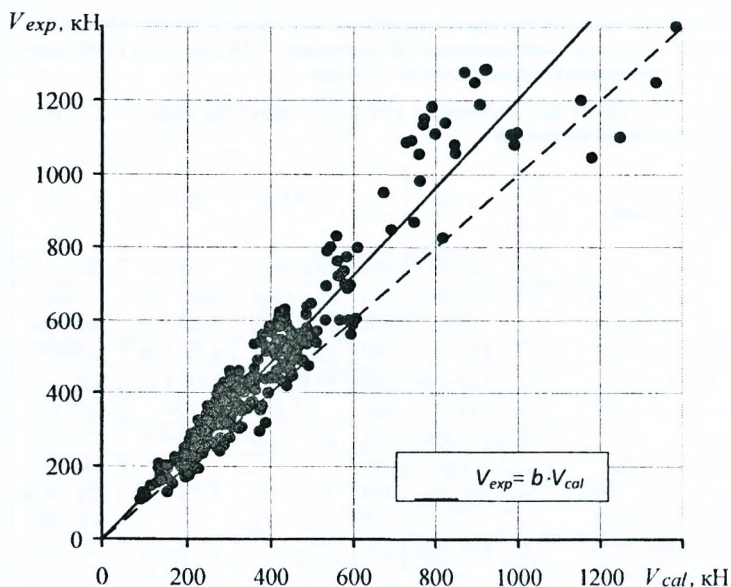


Рисунок 1 – Сравнение опытных, V_{exp} и расчетных, V_{cal} значений разрушающих усилий при местном срезе (продавливании)

Заключение. Рассмотрены возможности использования банка экспериментальных данных (БЭД) при совершенствовании методов расчета железобетонных конструкций при местном срезе (продавливании). Сформулированы критерии формирования БЭД и показан порядок формирования БЭД для случая продавливания плиты без поперечной арматуры центрально сжатой колонной. Выполнена оценка точности предложенной методики расчета с результатами экспериментальных исследований. Показано, что эта методика расчета обладает требуемой точностью и обеспечивает необходимую надежность расчета, что позволяет рекомендовать разработанную методику для использования в разрабатываемых технических нормативных правовых актах Республики Беларусь по проектированию бетонных и железобетонных конструкций.

Список цитированных источников

1. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Строительные нормы Республики Беларусь: Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01–02 Введен 01.07.03. – Минск, Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2003. – 140 с.
2. Beutel, R. Durchstanzen schubbewehrter Flachdecken im Bereich von Innenstützen: Diss. ... Doktors der Ingenieurwissenschaften / R. Beutel. – Aachen, 2002. – 355 s.
3. Ebead, U. Strengthening of two-way slabs subjected to moment and cyclic load / U. Ebead, H. Marzouk // ACI Structural Journal. – Jul/Aug., 2002. – V. 99, № 4. – P. 435–444
4. Ebead, U. Tension-Stiffening Model for FRP-Strengthened Concrete Two-Way slabs / U. Ebead, H. Marzouk // Materials and Structures (Materiaux et Constructions), RILEM Publications. – 2004. – V. 37.
5. Marzouk, H. Punching shear of slabs: crack and size effects / H. Marzouk, M. Osman, A. Hussein // Magazine of Concrete Research. – Feb., 2002. – V. 54, No. 1. – P. 13–21.
6. Mirzaci, Y. Tests on the Post-Punching Behavior of Reinforced Concrete Flat Slabs / Y. Mirzaci // Ecole Polytechnique Federale de Lausanne Institut de Structures Laboratoire de Construction en Beton. – June 2008. – 58 p.
7. Moc J. Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs and Footings under Concentrated Loads // Development Department Bulletin No. D47, Portland Cement Association. — 1961.— 130 p.
8. Qi Zhang. The punching strength of high-strength flat slabs: experimental study / Qi Zhang // Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland. – 2003. – 34 p.

УДК 953.23.56

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРИДОВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ

С.Н. Леонович, В.Ю. Гуринович
В.С. Бураков, С.Н. Райков

1. Введение. Общеизвестным фактором, способствующим снижению прочностных характеристик железобетонных конструкций, является миграция внутрь конструкции ионов хлора, являющихся активными катализаторами процесса коррозии, как самого бетона, так и стальной арматуры.

Определение количественного содержания хлоридов в железобетонных конструкциях осуществляется достаточно трудоемкими химическими методами, связанными с отбором пробы, необходимой пробоподготовкой, растворением анализируемого материала. Кроме того, данные методы не позволяют оперативно получать информацию о количественном содержании хлоридов по сечению конструкции. В связи с этим возникает потребность в разработке новых методов, позволяющих быстро и качественно выполнять сбор информации об эксплуатируемой железобетонной конструкции.

В данной статье представлены результаты оптимизации условий спектрального определения содержания хлора и представлены данные мониторинга железобетонной конструкции, эксплуатирующейся в агрессивных условиях, методом лазерной индуцированной пробной спектроскопии.

2. Определение хлоридов в бетоне методом спектрального анализа

Измерение элементов, таких как хлор, в строительных материалах представляет собой сложную задачу вследствие низких концентраций и относительной слабости спектральных линий этих элементов по сравнению со спектральными линиями основных компонентов бетона.