УДК 624.074

© Б. С. Соколов, д-р техн. наук, профессор
(АО «Казанский Гипростройавиатранс»)

E-mail: sbs.1942@mail.ru

© А. Б. Антаков, канд. техн. наук, доцент
(Казанский государственный архитектурно-
строительный университет)

E-mail: antakof@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-5-62-65

© B. S. Sokolov, Dr. Sci. Tech., Professor
(JSC «Kazan Giprostroyaviatrans»)

E-mail: sbs.1942@mail.ru

© A. B. Antakov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Kazan State University of Architecture
and Engineering)

E-mail: antakof@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЛАДОК С СЕТЧАТЫМ АРМИРОВАНИЕМ ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

RESULTS OF PILOT STUDIES OF MASONRY WITH GRID REINFORCEMENT FROM COMPOSITE MATERIALS

Проведены исследования кладочных сеток из композитных стержней. Изготовлены и испытаны опытные образцы с различной интенсивностью армирования. Определены величины трещинообразующих и разрушающих нагрузок, выявлены особенности напряженно-деформированного состояния. Установлено, что эффективность композитных сеток сопоставима с показателями стальных традиционных сеток. Нормативная методика СП 15.13330.2012 может быть использована для расчета элементов с сетчатым армированием из композитных материалов, но показано наличие несущественных отклонений теоретических значений относительно опытных данных.

Ключевые слова: каменная кладка, кирпич, раствор, косвенное армирование, композит, арматура, прочность, трещиностойкость.

The article presents the results of the study of coil mesh from composite bars. There were made and tested some pilot specimen with various intensity of reinforcement. The values of crack formation loads and ultimate breaking loads were determined, the features of the intense deformed state were revealed. It has been established that composite grids efficiency is comparable to the indicators of the traditional steel mesh. The standard technique of SP15.13330.2012 can be used for calculation of members with mesh reinforcing from composite materials, but there may be some insignificant deviations of theoretical values from the ones obtained in the course of testing.

Keywords: stone masonry, brick, mortar, indirect reinforcement, composite, fittings, durability, crack resistance.

Работа выполнена в рамках сертификационных испытаний композитных сеток по заказу ООО «КомАР» (г. Сарапул), выпускаемых по ТУ 2296-002-24488682-2016, и является продолжением исследований в области влияния сетчатого армирования постельных швов каменных кладок на прочность и трещиностойкость конструкций [1–3]. Актуальность тематики связана с необходимостью внедрения композитных материалов в строительную отрасль [4–8]. Целью работы является опытная оценка эффективности композитных сеток «КомАР» при использовании в качестве кладочных. Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработана программа испытаний;
- изготовлены опытные образцы;

- проведены испытания с учетом требований ГОСТ 32047–2012;

- обработаны и проанализированы результаты испытаний;

- сформулированы выводы, разработаны рекомендации по использованию сеток.

Определение прочностных характеристик и сравнение испытываемых образцов кладки произведено в соответствии с требованиями технического задания заказчика и программы испытаний, регламентирующих следующие позиции:

- прочностные характеристики исходных материалов — кирпич и раствор марок М125 и М100 соответственно. Определение прочност-

ных характеристик кирпича и раствора проведено по ГОСТ 8462–85 и ГОСТ 5802–86;

- характеристики опытных образцов кладки — опытные образцы представляют собой столбы сечением 380×380 мм высотой 1000 ± 50 мм. Геометрические параметры образцов приняты с учетом результатов исследований авторов в данной области [3 и др.]. Толщины растворных швов не более 10 мм. Изготовлены четыре серии образцов — не армированные и армированные тремя видами сеток. В качестве армирующих постельные швы элементов использованы стальные и композитные сетки с сопоставимыми параметрами по величинам процента армирования. Исследуемые сетки укладываются в горизонтальных швах через один ряд кирпича. Перед укладкой кирпич увлажняют в емкости с водой. Период набора прочности кладки опытных образцов — не менее 28 суток;

- испытательное оборудование и режим нагружения — при проведении испытаний использован гидравлический пресс ИП-2500М-авто. Нагружение образцов кладок произведено равномерно со скоростью 20–30 кН/мин, зафиксировано время трещинообразования и разрушения;

- оценка результатов — оценка эффективности испытываемых кладочных сеток произведена по значениям фиксируемых показателей — величинам трещинообразующих и разрушающих нагрузок для образцов кладок с различными видами армирования и без него.

В табл. 1 и 2 приведены результаты испытаний образцов кирпича по ГОСТ 8462–85 и раствора по ГОСТ 5802–86.

По данным табл. 7 ГОСТ 530–2012 прочность соответствует марке М125, по данным табл. 3 ГОСТ 32047–2012 — марке М100.

Характеристики сеток косвенного армирования, использованных при изготовлении опытных образцов:

- композитная сетка «KomAR»: сечение стержней 2,4 мм, шаг стержней 50 ± 1 мм;
- стальная кладочная сетка: сечение стержней 3,0 мм, шаг стержней 65–70 мм;
- сетка СБНПс Гридекс по СТО 5952-022-982145892013* с размером ячеек 25 мм.

В табл. 3 приведены результаты испытаний образцов каменной кладки серий 1–4, в том числе армированных исследуемыми сетками.

В табл. 4 приведены усредненные показатели трещинообразующих и разрушающих напряжений в поперечных сечениях по сериям испытанных образцов.

По данным табл. 4 видно, что применение исследуемых сеток «KomAR» для косвенного армирования элементов из каменных кладок при значениях $\mu = 0,283$ позволяет повысить их трещиностойкость и прочность на 36 и 40,5 % соответственно, что сопоставимо с данными образцов со стальными традиционными сетками — 37 и 48 %.

Максимальное значение степени интенсивности армирования композитными сетками «KomAR» из стержней диаметром 2,4 мм исходя из конструктивных возможностей (сетки с шагом стержней 50 мм укладываются через каждый ряд одинарного кирпича) составляет

$$\mu^{\max} = 0,283 \text{ \%}$$

Значение временного сопротивления кладки опытного образца, армированного композитной сеткой, определяем по формуле (6) СП 15.13330.2012 [9] с подстановкой нормативного значения сопротивления растяжению композитных стержней:

$$R_{sku} = kR + 2\mu R_{sn} / 100 = 2 \cdot 2 + (2 \cdot 0,283 \cdot 800) / 100 = 8,528 \text{ МПа,}$$

Таблица 1

Результаты испытаний керамического кирпича на сжатие

№ образца	Размеры образцов $l \times b \times h$, мм	Разрушающая нагрузка N , кН	Прочность R , МПа
1	250×120×140	310	10,3
2	250×120×143	625	20,8
3	250×122×140	611	20,0
4	250×122×140	426	13,96
5	250×121×139	699	23,1

Таблица 2

Результаты испытаний образцов кладочного раствора на сжатие

№ образца	Размеры образцов $l \times b \times h$, мм	Разрушающая нагрузка N , кН	Прочность R , МПа
1	70×69×71	72,5	15,0
2	70×70×69	68	13,88
3	71×70×70	81,25	16,35
4	68×71×70	71,8	14,87
5	70×71×70	69,0	13,8

Таблица 3

Результаты испытаний образцов каменной кладки

№ серии	№ образца	Расположение сеток/процент армирования, %	Величина нагрузки N , кН	
			трещино-образующей $N_{сг}$	разрушающей N_u
1	1.1	Неармированные	420	734,5
	1.2		570	906,6
2	2.1	Сетки «КомАР» через 1 ряд кирпича/0,283	800	1497
	2.2		750	1259
3	3.1	Стальные сетки через 1 ряд кирпича/0,281	820	1510
	3.2		750	1652
4	4.1	Сетки СБНПс Гридекс через 1 ряд кирпича/*	680	1155
	4.2		700	1274

* Не определялся.

Таблица 4

Напряжения трещинообразования и разрушающие в поперечных сечениях образцов разных серий

№ серии	Процент армирования*, %	Напряжения s , МПа		Приращение $(\sigma_i - \sigma_l) \cdot 100 \% / \sigma_i, \sigma_{сг} / \sigma_u$
		трещинообразования ($\sigma_{сг}$)	при разрушении (σ_u)	
1	0	3,43	5,68	—
2	0,283	5,37	9,54	36/40,5
3	0,281	5,44	10,95	37/48
4	**	4,78	8,32	28,2/31,7

* В соответствии с положениями СП 15.13330.2012 [9] для оценки величины процента армирования кладки используется выражение $\mu = 100V_s/V_k$, где μ — процент армирования по объему.

** Не определялся.

где k — коэффициент надежности, $k = 2$ [9, табл. 15, п. 6.21]; R — расчетное значение прочности кладки сжатию, $R = 2,0$ МПа [9, табл. 2]; μ — значение интенсивности (процента) армирования, 0,283; R_{sn} — нормативное сопротивление стержней композитных сеток растяжению, $R_{sn} = 800$ МПа (ТУ2296-002-24488682-2016).

Расчетное сопротивление кладки определяется по формуле (3) [9, п. 6.21]:

$$R_{sk} = R_{sku} / k.$$

Экспериментально полученное значение $R_{sku} = 9,54$ МПа. Отклонение составляет $(9,54 - 8,528)100 \% / 9,54 = 10 \%$.

Учитывая несущественную величину отклонения опытных и расчетных данных, оценка прочности каменных конструкций, армированных композитными сетками «КомАР» может выполняться с использованием методики СП 15.13330.2012 без каких-либо изменений и дополнений.

Выводы

Выполнен комплекс работ по исследованию композитных сеток «КомАР» для армирования каменных кладок с диаметром и шагом стержней 2,4 мм и 50 мм соответственно. Установлено, что использование данных сеток для армирования

постельных швов позволяет повысить трещиностойкость и прочность каменных кладок на 36 и 40,5 % соответственно. На основе полученных результатов разработаны рекомендации по определению временного и расчетного сопротивлений сжатию армированной кладки, являющиеся развитием нормативного подхода.

Библиографический список

1. Антаков А. Б. Прочность каменных кладок, армированных композитными сетками // Успехи современного естествознания. 2014. № 7. С. 116–120.
2. Антаков А. Б., Плотников А. Н., Поздеев В. М. Несущая способность каменной кладки, армированной сетками из базальтопластиковой арматуры // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия / под ред. А. Г. Тамразяна, Д. Г. Копаницы. М.: МГСУ, 2016. С. 15–21.
3. Соколов Б. С., Антаков А. Б. Исследования сжатых элементов каменных и армокаменных конструкций. М.: АСВ, 2010. 111 с.
4. Староверов В. Д., Бароев Р. В., Цурупа А. А., Кришталевиц А. К. Композитная арматура: Проблемы применения // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3 (50). С. 171–178.
5. Гиль А. И., Бадалова Е. Н., Лазовский Е. Д. Стеклопластиковая и углепластиковая арматура в строительстве: преимущества, недостатки, перспективы применения // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Серия ф: строительство. Прикладные науки. 2015. № 16. С. 48–53.
6. Лапишинов А. Е. Исследование работы СПА и БПА на сжатие // Вестник МГСУ. 2014. № 1. С. 52–57.
7. Окольников Г. Э., Герасимов С. В. Перспективы использования композитной арматуры в строительстве // Экология и строительство. 2015. № 3. С. 14–21.
8. Корнюшин В. М., Кущев И. Е., Коченов В. В. Стеклопластиковая и базальтопластиковая композитная арматура // Новые технологии в науке, образовании, производстве. 2014. С. 440–447.
9. СП15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81* (с изменениями № 1, 2).

References

1. Antakov A. B. *Prochnost' kamennykh kladok, armirovannykh kompozitnymi setkami* [Durability of the stone masonry reinforced with composite grids]. *Uspekhi*

sovremennogo estestvoznaniya – Achievements of modern natural sciences, 2014, no. 7, pp. 116–120.

2. Antakov A. B., Plotnikov A. N., Pozdeev V. M. *Nesushchaya sposobnost' kamennoy kladki, armirovannoy setkami iz bazaltoplastikovoy armatury* [Bearing capacity of the stone laying reinforced with grids from basalt plastic fittings]. *Sovremennye problemy rascheta zhelezobetonnykh konstruktсий, zdaniy i sooruzheniy na avariynnye vozdeystviya* [Modern problems of calculation of steel concrete constructions, buildings and constructions under accidental exposure. Coll. works]. Ed. by Tamrazyan A. G., Kopanitsa D. G. 2016, pp. 15–21.

3. Sokolov B. S., Antakov A. B. *Issledovaniya szhatykh ehlementov kamennykh i armokamennykh konstruktсий* [Research of compressed members of stone and stone reinforced constructions]. Moscow, ASV Publ., 2010, 111 p.

4. Staroverov V. D., Baroev R. V., Tsurupa A. A., Krishtalevich A. K. *Kompozitnaya armatura. Problemy primeneniya* [Fiber-reinforced polymer reinforcement. The problems of application]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, no. 3 (50), pp. 171–178.

5. Gil' A. I., Badalova E. N., Lazovskiy E. D. *Stekloplastikovaya i ugleplastikovaya armatura v stroitel'stve: preimushchestva, nedostatki, perspektivy primeneniya* [Fiber plastic and carbon fiber fittings used in construction: advantages, shortcomings, application perspectives]. *Vestnik polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki – Bulletin of the Polotsk State University. Construction. Applied sciences*, 2015, no. 16, pp. 48–53.

6. Lapshinov A. E. *Issledovanie raboty SPA i BPA na szhatie* [The experimental research of GFRP and BFRP operation under compression]. *Vestnik MGSU – MGSU Bulletin*, 2014, no. 1, pp. 52–57.

7. Okol'nikova G. E., Gerasimov S. V. *Perspektivy ispol'zovaniya kompozitnoy armatury v stroitel'stve* [Perspectives of using composite fittings in construction]. *Ehkologiya i stroitel'stvo – Ecology and construction*, 2015, no. 3, pp. 14–21.

8. Korniyushin V. M., Kushchev I. E., Kochenov V. V. *Stekloplastikovaya i bazaltoplastikovaya kompozitnaya armatura* [Fiberglass and basalt plastic composite fittings]. *Novye tekhnologii v nauke, obrazovanii, proizvodstve – New technologies in science, education, production*, 2014, pp. 440–447.

9. СП15.13330.2012. *Kamennye i armokamennye konstruktсии. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP II-22-81* (s izmeneniyami no. 1, 2)* [SP15.13330.2012. Stone and stone reinforced constructions. Revised edition of SNIIP II-22-81* (with amendments no. 1, 2)].