

Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное  
агентство по образованию  
Казанский Государственный архитектурно-строительный университет  
Кафедра железобетонных и каменных конструкций

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №16

по дисциплине БЗБВ.5. «Железобетонные и каменные конструкции»

## **Испытание каменной кладки, армированной композитами**

Разработал: к.т.н. Антаков А.Б.

Казань, 2013

Цель работы – ознакомление с методами определения прочности каменной кладки, армированной композитной арматурой

Задачи:

- ознакомление с результатами испытаний кладок, армированных композитами;
- ознакомление с расчетными предпосылками.

Определение прочностных характеристик, испытываемых образцов кладки произведено в соответствии с программой испытаний, регламентирующих следующие позиции:

- прочностные характеристики исходных материалов – кирпич и раствор марок М125 и М50 соответственно. Определение прочностных характеристик кирпича и раствора проведено по ГОСТ 8462-85 [1] и ГОСТ 5802-86 [2];
- характеристики опытных образцов кладки – опытные образцы представляют собой столбы сечением 380\*380 мм высотой 1000±50 мм. Геометрические параметры образцов при отсутствии соответствующих нормативных требований приняты с учетом результатов исследований в данной области [3-5]. Толщины растворных швов не более 10 мм. Исследуемые сетки укладываются в горизонтальных швах в зависимости от требуемой интенсивности армирования через 1, 2 и 3 ряда кирпича. Кирпич перед укладкой увлажнялся в емкости с водой.
- период набора прочности кладки опытных образцов – не менее 28 суток;
- подготовка к испытаниям – испытания проведены при положительной температуре (+18±2°C). В ходе подготовки к испытаниям были проведены обмеры опытных образцов;
- испытательное оборудование и режим нагружения – при проведении испытаний использован гидравлический пресс ИПС-200. Нагружение образцов кладок осуществлялось равномерно со скоростью 100-150 кН/мин с фиксацией моментов трещинообразования и разрушения;
- оценка результатов – оценка эффективности испытываемых кладочных сеток произведена по значениям фиксируемых показателей – величинам трещинообразующих и разрушающих нагрузок для образцов кладок с различной интенсивностью армирования и без него.

В таблицах 1-2 приведены результаты испытаний образцов кирпича по ГОСТ 8462-85 [1] и раствора по ГОСТ 5802-86 [2].

Таблица 1.

№ образца	Размеры образцов l*b*h, мм	Разрушающая нагрузка N, кН	Прочность R, МПа
1	250*120*140	512,0	17,0
2	250*120*143	312,0	10,4
3	250*122*140	358,0	11,7
4	250*122*140	384,0	12,6
5	250*121*139	314,0	10,4

Таблица 2.

№ образца	Размеры образцов l*b*h, мм	Разрушающая нагрузка N, кН	Прочность R, МПа
1	96*101*101	61,0	6,29
2	98*102*100	71,5	7,15
3	100*98*101	73,5	7,27
4	97*101*101	81,0	8,26
5	96*101*101	64,0	6,60

В таблице 3 приведены результаты испытаний образцов каменной кладки серий 1-5, в том числе армированных исследуемыми сетками с размером ячеек 50-85 мм.

Таблица 3.

№ серии/ № образца	Расположение сеток/Интенсивность армирования, %	Величина нагрузки N, кН	
		трещино- образующая $N_{срс}$	разрушающая $N_u$
1/1.1	не армированный	700	1100
1/1.2	- « -	740	925
2/2.1	через 3 ряда кирпича/0,062	800	1330
2/2.2	- « -	750	1050
3/3.1	через 2 ряда кирпича/0,093	820	1200
3/3.2	- « -	750	1025
4/4.1	через 1 ряд кирпича/0,186	1000	1580
4/4.2	- « -	850	1350
5/5.1	через 1 ряд кирпича/0,422	1100	1500
5/5.2	- « -	1050	1520

В таблице 4 приведены усредненные показатели трещинообразующих и разрушающих напряжений по сериям испытанных образцов.

Таблица 4.

№ серии	Интенсивность армирования, %	Напряжения $\sigma$ , МПа		Приращение $(\sigma_i - \sigma_1) * 100\% / \sigma_i$ , $\sigma_{срс} / \sigma_u$
		трещино- образование ( $\sigma_{срс}$ )	разрушение ( $\sigma_u$ )	
1	0	4,96	7,01	-
2	0,062	5,36	8,24	7,5/14,9
3	0,093	5,44	7,70	8,8/8,96
4	0,186	6,41	10,15	22,6/30,9
5	0,422	7,44	10,45	33,3/32,9



Образец, подготовленный к испытанию



Разрушенный образец

Зависимость относительных величин трещинообразующих и разрушающих напряжений от значений  $\mu$  приведена на рис. 1.

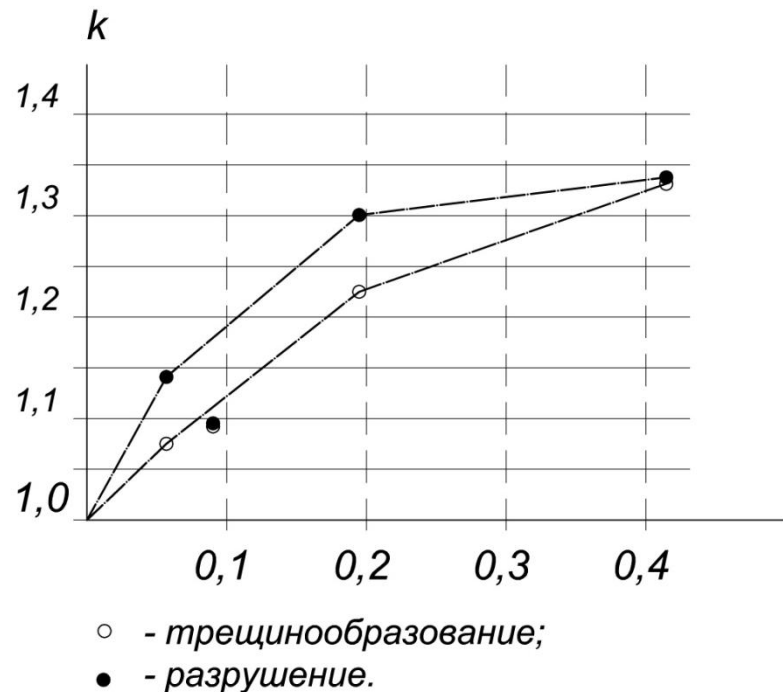


Рис. 1. Зависимости величин трещинообразующих и разрушающих напряжений от степени интенсивности косвенного армирования  $\mu$

По данным таблицы 4 видно, что использование исследуемых сеток в качестве косвенного армирования каменных кладок позволяет повысить их трещиностойкость и прочность до 33%. При этом диапазон значений  $\mu$ , соответствующих области эффективного использования исследуемых изделий, соответствует данным полученным для стальных сеток [3].

## Ознакомление с расчетными предпосылками

В соответствии с положениями СП15.13330.2012 [6] для оценки интенсивности армирования кладки используется выражение

$$\mu = 100 \cdot V_s / V_k,$$

где  $\mu$  - процент армирования по объему.

Максимальное значение степени интенсивности армирования базальтопластиковыми сетками из стержней диаметром 3 мм исходя из конструктивных возможностей\* составляет

$$\mu^{\max} = 0,4\%.$$

\* - сетки с шагом стержней 50 мм укладываются через каждый ряд одинарного кирпича.

Расчетное сопротивление армированной кладки

$$R_{sk} = k R,$$

где  $R$  – расчетное сопротивление неармированной кладки, определяемое в соответствии с положениями СП [6];

$k$  – определяется по формуле -  $k = 1 + 1,4\mu$ .



## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ

### Нормативный подход:

В соответствии с положениями СП15.13330.2012 [6] для оценки прочности армированной кладки используется выражение

$$R_{sk} = R + \rho \mu R_s / 100, \quad (1)$$

где  $R$  – расчетное сопротивление неармированной кладки, определяемое по табл. п. 6 СП [6];

$\rho$  – коэффициент, учитывающий пустотность кирпича ( $\rho=1,0-2,0$ );

$\mu$  – процент армирования по объему,  $\mu=100 \cdot V_s / V_k$ ;

$R_s$  – расчетное сопротивление арматуры ( $R_s=300$  МПа – для проволочной арматуры В-500  $\varnothing 3-5$  мм,  $R_s=1200 \cdot 0,6=720$  МПа – для базальтопластиковых стержней  $\varnothing 3$  мм).

Соответственно максимальные значения степени интенсивности армирования базальтопластиковыми сетками составляет

$\mu^{\max} = 50R / R_s = 0,07 \cdot R$  – для случаев центрального сжатия;

$\mu^{\max} = 50R / [(1-2e_0/\gamma)R_s] = 0,07 \cdot R / (1-2e_0/\gamma)$  – для случаев внецентренного сжатия.

### Пример расчета:

Кирпич керамический полнотелый марки М100, раствор марки М50 – по таблице 2 СП [6]  
 $R=1,5$  МПа.

Интенсивность армирования базальтопластиковыми сетками  $\mu = 0,186$  (серия 4).

Ограничения по максимальной величине  $\mu^{\max}$  не учитываются.

Расчетное сопротивление армированной кладки

$$R_{sk} = R + \rho \mu R_s / 100 = 1,5 + 2 \cdot 0,186 \cdot 72 / 100 = 1,77 \text{ МПа.}$$

Экспериментально полученная величина расчетного сопротивления армированной кладки составляет

$$R_{sk}^{\text{эксп.}} = \sigma_u / k = 10,15 / 2 = 5,075 \text{ МПа,}$$

где  $\sigma_u = 10,15$  МПа – средняя величина временного сопротивления армированной кладки образцов серии 4;

$k=2$  – коэффициент надежности по таблице 15 СП [6].

В таблице 5 приведены величины расчетных сопротивлений армированной кладки экспериментальных образцов и рекомендуемого коэффициента  $k_2$ , учитывающего существенное занижение данных значений нормативной методикой расчета.

Таблица 5

№ серии	Интенсивность армирования $\mu$ , %	Расчетные сопротивления кладки, МПа		Коэффициент $k_2$	
		$R_{sk}$	$R_{sk}^{эксп.}$	$R_{sk}^{эксп.}/R_{sk}$	рекомендуемый
1	2	3	4	5	6
2	0,062	1,59*	4,12	2,59	2,0
3	0,093	1,63*	3,85	2,36	
4	0,186	1,77	5,075	2,87	
5	0,422	2,11	5,225	2,48	

\* - при  $\mu < 0,1$  сечение рассчитывается как неармированное (п. 7.31 СП [6]), т.е.  $R_{sk}=R$ .

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
2. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.
3. Л.И. Онищик. Каменные конструкции. Гос. Издательство строительной литературы. М. 1939. – 208 с.
4. Исследования каменных конструкций. Сборник статей под ред. Онищика Л.И., М., ЦНИИСК, 1957 – 58 с.
5. Соколов Б.С., Антаков А.Б. Исследования сжатых элементов каменных и армокаменных конструкций. Научное издание. - М.: Издательство АСВ, 2010.-104 с.
6. СП15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП11.22-81\*. 2012 – 78 с.