



Министерство регионального развития Российской Федерации
Федеральное агентство по управлению государственным имуществом
Открытое акционерное общество
"Научно-исследовательский центр "Строительство"
(ОАО "НИЦ "Строительство")

Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В.А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко)
109428, Москва, 2-я Институтская ул. 6, тел.: (499) 170-1548; факс: (499) 171-2250
E-mail: inf@cstroy.ru, Интернет: www.cstroy.ru

№ 2-135 от «10» 02 2014г

Генеральному директору
ООО «НПО Рекстром»
ЛИЛИНУ В.В.

По договору № 1742/24-63-13/ск в Центре исследований сейсмостойкости сооружений были выполнены исследования прочности кладки стен из крупноформатного поризованного керамического камня пустотностью 50% производства ОАО «Славянский кирпич» (на цементном растворе) и ООО «Рябовский завод керамических изделий» (на клеевом растворе марки РК), а также полнотелого кирпича производства ОАО «Славянский кирпич» (на цементном растворе).

Цели исследований:

- оценить эффективность применения базальтовой сетки марки «ГРИДЕКС-СБНПС 50» производства ООО «РЕКСТРОМ-К» г. Кимры с ячейкой 9×9мм при диаметре стержней сетки 2-3мм в части снижения расхода растворной смеси (цементной или клеевой) для кладки стен из крупноформатного камня;
- оценить прочность кладки на цементном растворе при армировании швов базальтовой сеткой «ГРИДЕКС-СБНПС 50» с ячейкой 25×25мм при диаметре стержней сетки 2.5-3мм (усилие разрыва – 50кН/м, относительное удлинение – < 4%). Для сравнения были проведены испытания аналогичной кладки без и с армированием металлической сеткой из проволоки Вр1 по ГОСТ 6727-80 с ячейкой 50 × 50 мм при диаметре стержней сетки 4мм. Камень марки М75, раствор – М100.

Анализ результатов исследований позволил установить следующее.

1. Расход клеевого и цементного раствора за счет применения сетки с ячейкой 9×9мм снизился на 20% (для тонкошовной кладки на клеевом растворе) и на 30% (для кладки на цементном растворе при толщине шва 10-12мм) по сравнению с неармированной кладкой. При этом исключалось заполнение вертикальных пустот камня раствором.
2. При кладке образцов из камня марки М75 на растворе М100 прочность кладки, армированной базальтовой сеткой с ячейкой 25×25мм, увеличилась на 12-16% по сравнению с неармированной кладкой и практически близка к прочности кладки армированной арматурной сеткой с ячейкой 50 × 50 мм при диаметре стержней сетки 4мм.

По результатам испытаний базальтовая сетка марки «ГРИДЕКС-СБНПС 50» с ячейкой 9×9 мм, 25×25 мм рекомендуется для использования при кладке стен из крупноформатного керамического камня пустотностью более 40% с целью снижения расхода клеевого и цементного раствора, а также для повышения прочности кладки из этого камня на цементном растворе при использовании вместо указанной выше арматурной сетки. Кроме этого допускается использовать базальтовую сетку в двухслойных стенах зданий, возводимых в обычных условиях, для соединения облицовочного слоя с внутренним из крупноформатных керамических камней или из ячеистобетонных блоков.

Результаты испытаний будут представлены в Техническом отчете института.

Директор института
д.т.н.



И.И. Ведяков

Исполнитель: Грановский А.В.
Тел. (499) 174-77-87



Федеральное агентство по управлению
государственным имуществом
Открытое акционерное общество
"Научно-исследовательский центр "Строительство"
(ОАО "НИЦ "Строительство")
«Центральный научно-исследовательский институт
строительных конструкций имени В.А. Кучеренко»

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко



УТВЕРЖДАЮ:

Директор
ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко
доктор технических наук

И.И. Ведяков

_____ 2014г.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме: **«Проведение экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки стен из крупноформатных камней, армированных базальтовой сеткой, с разработкой рекомендаций по применению»**

по договору №1742/24-63-13/ск от 18.12.2013г.

Руководитель ЦИСС,
кандидат технических наук

В.И. Смирнов

Заведующий Лабораторией,
кандидат технических наук

А.В. Грановский

Заведующий сектором

А.И. Доттуев

Старший научный сотрудник

С.С. Хактаев

Москва 2014 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	3
2. Описание опытных образцов и методики испытаний	5
3. Результаты испытаний опытных образцов и их анализ	8
4. Заключение	17
5. Расчет сопротивления сжатия кладки из керамического и силикатного кирпича.....	18
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	19
ПРИЛОЖЕНИЕ: Свидетельство.....	20

1. Введение

Настоящий технический отчет составлен по результатам экспериментальных исследований прочности и деформативности кладки стен из крупноформатного поризованного керамического камня пустотностью 52% (далее – КПКК) производства ОАО «Славянский кирпич» марки по прочности на сжатие М75 на цементном растворе марки М100 с использованием различных методов усиления на основе применения арматурной и базальтовой сеток.

Цели исследований:

- оценить эффективность применения базальтовой сетки марки «ГРИДЕКС-СБНПс 50» производства ООО «РЕКСТРОМ-К» (г.Кимры) с ячейкой 9×9мм при диаметре стержней сетки 2-3мм в части снижения расхода растворной смеси (цементной или клеевой) для кладки стен из КПКК – этап 1;
- оценить прочность кладки на цементном растворе при армировании швов базальтовой сеткой марки «ГРИДЕКС-СБНПс 50» с ячейкой 25×25мм при диаметре стержней сетки 2.5-3.0мм (усилие разрыва – 50кН/м, относительное удлинение – 4%) - этап 2;
- провести испытания и выполнить сравнительную оценку прочности кладки на цементном растворе с армированием швов металлической сеткой из проволоки Вр1 (по ГОСТ 6727-80) Ø4 с ячейкой 50×50мм с прочностью кладки с применением базальтовой сетки – этап 3.

Экспериментальные исследования проводились по методике ГОСТ 8829-94 [1]. Для кладки стен использовался крупноформатный поризованный керамический камень с пустотностью 52% марки POROMAX 250 (L×B×H –

398×250×219) размером 11,3NF. При этом марка камня по прочности на сжатие – М75, цементного раствора – марка М100. Испытания проводились на оборудовании Центра исследований сейсмостойкости сооружений (корпус 36) и Лаборатории испытаний конструкций (корпус 9).

Для армирования швов кладки опытных образцов использовалась металлическая сетка из проволоки Вр1 по ГОСТ 6727-80 с ячейкой 50×50 мм при диаметре стержней сетки 4мм и базальтовая сетка марки «ГРИДЕКС-СБНПС 50» производства ООО «РЕКСТРОМ-К» (г.Кимры) с ячейкой 9×9мм и 25×25мм при диаметре стержней сетки 2-3мм. Основные физико-механические характеристики базальтовой сетки марки «ГРИДЕКС-СБНПС 50»:

- масса сетки на единицу площади – 285 г/м²;
- разрывная нагрузка для продольных и поперечных нитей – 50 кН/м;
- удлинение при разрыве по продольным и поперечным нитям – 4%;
- потеря прочности по морозостойкости после 50 циклов – 10%.

2. Описание опытных образцов и методики испытаний

В соответствии с программой работ были изготовлены 3 серии образцов по 2-3 образца-близнеца в каждой серии. При этом:

- **I серия** – опытные образцы с размерами в плане 1205×250×1350 (Н) мм выполнены на цементном растворе марки М100, толщина растворного шва – 12 мм;
- **II серия** – опытные образцы с размерами в плане 800×250×1350 (Н) мм выполнены на цементном растворе марки М100. Швы армированы металлической сеткой из проволоки Вр1 по ГОСТ 6727-80 с ячейкой 50×50 мм при диаметре стержней сетки 4мм;
- **III серия** – опытные образцы с размерами в плане 800×250×1350 (Н) мм выполнены на цементном растворе марки М100. Швы армированы базальтовой сеткой марки «ГРИДЕКС-СБНПс 50» с ячейкой 9×9мм (серия **IIIа**) и 25×25мм (серия **IIIб**) при диаметре стержней сетки 2-3мм. На фото рис. 2.1 показан общий вид сетки с ячейкой 25×25мм.

Испытания опытных образцов проводились на гидравлическом прессе со шкалой 250 (100) тс. Прочность раствора в кладке швов определялась по результатам испытаний по ГОСТ [2] растворных кубов размером 7.07×7.07×7.07см. Испытания камня на сжатие проводились по методике ГОСТ [3]. Испытания опытных образцов проводились согласно методике ГОСТ [1] с поэтапным нагружением и измерением деформаций кладки на каждом этапе после приложения нагрузки и перед приложением следующего шага нагружения. Интервал во времени между замерами деформаций на каждом шаге нагружения составлял 7-8 минут. Измерения деформаций кладки осуществлялись с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0.01мм. На фото рис. 2.2 показан общий вид образца II серии в прессе до начала испытаний.

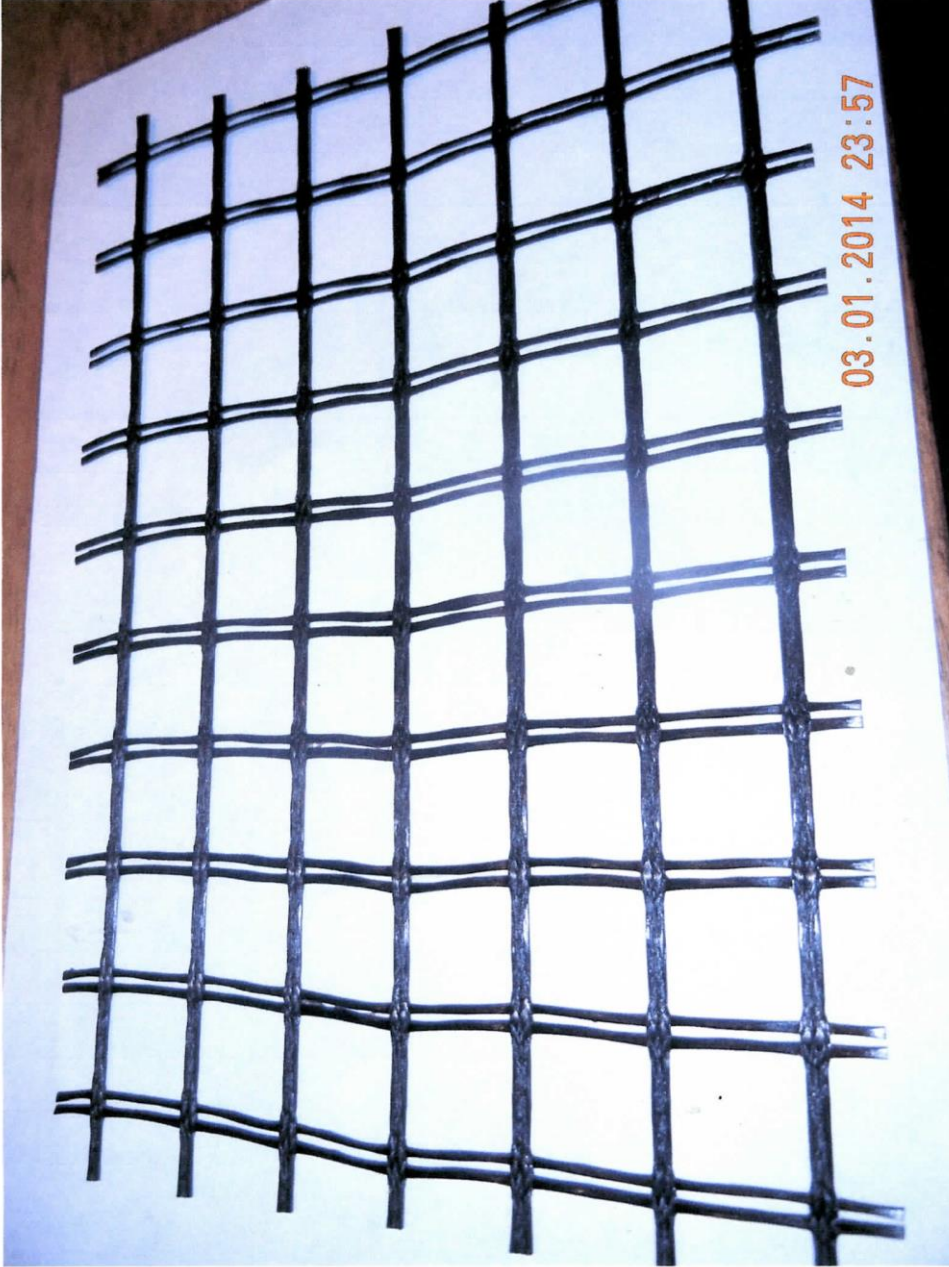


Рис. 2.1. Общий вид базальтовой сетки с ячейкой 25×25мм

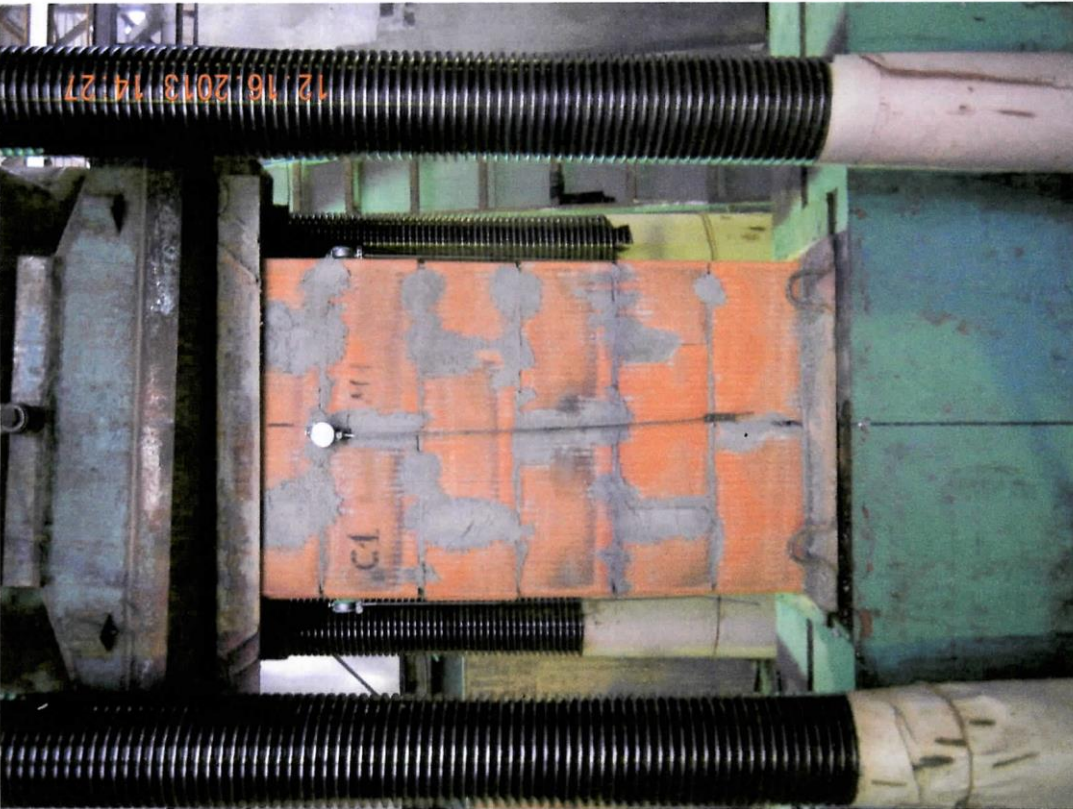


Рис. 2.2 . . Общий вид опытного образца II серии

3. Результаты испытаний опытных образцов и их анализ

В табл. 3.1 приведены результаты испытаний опытных образцов кладки фрагментов стен на сжатие при различных вариантах усиления растворного шва. При этом для оценки влияния армирования опытных образцов металлической (II серия) и базальтовой (III серия) сетками на прочность кладки были проведены сравнительные испытания с образцами фрагментов стен без армирования (I серия).

Методика обработки экспериментальных данных включала в себя определение основных нормативных параметров кладки, необходимых как для определения её несущей способности, так и для выявления показателей, характеризующих особенности работы образцов на основе использования крупноформатных камней пористостью 52% и цементного раствора при различных конструктивных решениях армирования растворного шва.

В соответствии с указаниями СП [4] несущая способность внецентренно сжатых каменных конструкций определяется по формуле:

$$N = m_q \times \varphi_1 \times R \times A_c \times \omega,$$

где

N – несущая способность кладки при внецентренном сжатии. В нашем случае это значение разрушающей нагрузки;

ω – коэффициент формы сечения, определяемый по формуле:

$$\omega = 1 + \frac{e_0}{h}; \quad \omega = 1$$

φ_1 – коэффициент продольного изгиба кладки;

Принимая во внимание, что для опытных образцов в ф-ле (15) [4] $\varphi = \varphi_c$ и $\lambda \leq 4$, получаем $\varphi_1 = 1$.

A_c – площадь сжатой части сечения стены при прямоугольной эпюре напряжений:

$$A_c = A \times \left[1 - \frac{2e_0}{h} \right].$$

Принимая во внимание, что в процессе обжаривания кладки имеет место смещение нагрузки (эксцентриситет приложения силы), площадь сжатой зоны определялась по формуле:

$$A_c = A \times \psi,$$

где

$$\psi = \left[1 - \left(2 \times \frac{e_x}{h} \right) \right]$$

Для возможности сравнения показателей прочности кладки опытных образцов I-ой и II-ой серий при различных эксцентриситетах приложения нагрузки величины напряжения сжатия в кладке определялись с учетом приведения результатов испытаний образцов к центральному сжатию:

$$R_u = \frac{N_{\text{разр}}}{A_c}$$

По результатам проведенных испытаний опытных образцов кладки из крупноформатных поризованных керамических камней пустотностью 52% на сжатие, установлено следующее.

1. На фото рис. 2.2, 3.1-3.4 показаны общие виды опытных образцов I- III серий до и после испытаний.
2. Сравнение результатов испытаний опытных образцов кладки стен I- III серий показало, что если принять прочность кладки опытных образцов без армирования при центральном сжатии за 100%, то:
 - прочность кладки, армированной металлической сеткой из проволоки Вр1 по ГОСТ 6727-80 с ячейкой 50×50 мм при диаметре стержней сетки 4мм, увеличилась по сравнению с прочностью неармированной кладки в среднем на 13% (при колебаниях прочности образцов от 10 до 16%);
 - прочность кладки, армированной базальтовой сеткой с ячейкой 9×9мм при диаметре стержней сетки 2-3мм, увеличилась по сравнению с прочностью неармированной кладки в среднем на 15% (при колебаниях прочности образцов от 11 до 18%);

- прочность кладки, армированной базальтовой сеткой с ячейкой 25×25мм при диаметре стержней сетки 2.5-3мм, увеличилась по сравнению с прочностью неармированной кладки в среднем на 12% (при колебаниях прочности образцов от 10 до 16%).

3. В соответствии с п. 7.30 СП [4] расчетное сопротивление армированной кладки при центральном сжатии определяется по формуле:

$$R_{sk} = R + \frac{p\mu R_s}{100}$$

Вычислим расчетное сопротивление кладки из крупноформатных камней высотой 219мм, армированной металлической сеткой из арматуры диаметром 4мм и ячейкой 50×50 мм, по формуле:

$$R_{sk} = R + R_1; \quad R_1 = \frac{p\mu R_s}{100}; \quad R=15 \text{ кгс/см}^2,$$

где $p = 1$ (СП [4], п.7.30); $R_s = 3600 \times 0.6 = 2160 \text{ кгс/см}^2$

$$\mu = \frac{2 \times A_{st}}{c \times S} \times 100 = \frac{2 \times 3.14 \times 0.3^2 / 4}{10 \times 22} \times 100 = 0.064\%$$

$$R_1 = \frac{1 \times 0.064 \times 2160}{100} = 1.38 \text{ кгс/см}^2$$

$$R_{sk} = 15 + 1.38 = 16.38 \text{ кгс/см}^2$$

На основе анализа результатов экспериментальных исследований установлено, что прочность кладки при сжатии крупноформатного камня М75 на цементном растворе М100 при армировании швов каждого ряда металлической сеткой с ячейкой 50×50 мм из арматуры диаметром 4мм аналогична прочности кладки, армированной базальтовой сеткой из стержней диаметром 3мм с ячейкой 25×25мм. Как отмечалось выше, усилие разрыва базальтовой сетки составлял 50 кН/м, т.е. при ячейке 25 × 25 мм каждый стержень выдерживает усилие

растяжения $N_i = 5000/40 = 125$ кгс. По аналогии с арматурной сеткой при ячейке 50×50 мм количество базальтовых стержней на данный шаг стеки составляло $n=4$, а воспринимаемое усилие – $N=125 \times 4 = 500$ кгс.

Отсюда:

$$\mu = \frac{2 \times 3.14 \times \frac{0.3^2}{4}}{2.5 \times 22} \times 100 = 0.256$$

$$R_1 = \frac{1 \times 0.256 \times 500}{100} = 1.28$$

Для кладки, армированной базальтовой сеткой:

$$R_{sk} = 15 + 1.28 = 16.28 \text{ кгс/см}^2 \sim R = 16.38 \text{ кгс/см}^2$$

Таким образом, для рассматриваемого случая прочность кладки при сжатии, армированной базальтовой сеткой марки «ГРИДЕКС-СБНПс 50» производства ООО «РЕКСТРОМ-К» из стержней диаметром 3 мм при размере ячейки 25×25 мм, аналогична прочности кладки при сжатии, армированной металлической сеткой из стержней диаметром 4 мм при размере ячейки 50×50 мм.

Для уточнения приведенной в СП [4] зависимости для оценки расчетного сопротивления армированной кладки сжатию в случае использования базальтовой сетки марки «ГРИДЕКС-СБНПс 50» производства ООО «РЕКСТРОМ-К» вместо металлической необходимо проведение комплекса испытаний при различных вариантах прочности раствора в швах кладки.

Результаты испытаний опытных образцов I - III серий на центральное (внецентренное) сжатие

Таблица 3.1

№ серии	№ п.п.	Тип камня	Размер образца (см)	Марка камня раствора	N _{разр} (кН)	N _{гр} ^l (кН)	$\frac{N'_{гр}}{N_{разр}}$	Предел прочности при сжатии R _{р.ур.} (МПа)	Эксцентриситет e ^x (см)	ψ	Предел прочности кладки (при центральном сжатии) (МПа)		Относительная прочность (%)
											$\frac{R_u^i}{R_i}$	$\frac{R_u^{cp}}{R_{cp}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	
I серия	1	11,3 NF	120,5x25x135	M75 M100	780	440	0.56	2.59	2.36	0.81	3.2/1.6	3.09/1.53	100
	2				680	375	0.55	2.26	3.02	0.76	2.98/1.49		
II серия	1	11,3 NF	80x25x135	M75 M100	460	240	0.521	2.31	4.1	0.68	3.4/1.7	3.5/1.75	113
	2				650	330	0.510	3.24	1.3	0.90	3.6/1.8		
III серия	1	11,3 NF	80x25x135	M75 M100	660	370	0.560	3.30	0.9	0.93	3.55/1.77	3.55/1.77	115
	2				605	370	0.610	3.03	2.1	0.83	3.65/1.82		
	3				600	350	0.580	3.00	1.4	0.89	3.43/1.72		
IIIb	1				515	280	0.540	2.57	3.8	0.70	3.60/1.83	3.47/1.74	112
	2				650	410	0.630	3.25	0.5	0.96	3.39/1.69		
	3				595	360	0.605	2.98	1.6	0.87	3.42/1.71		

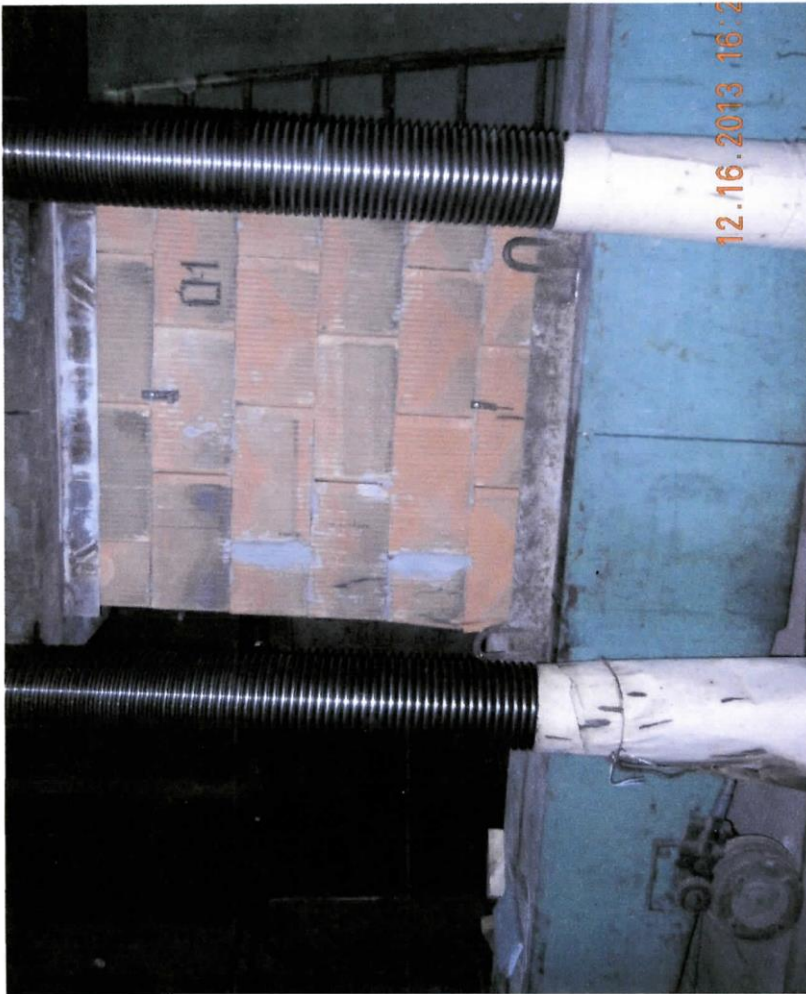
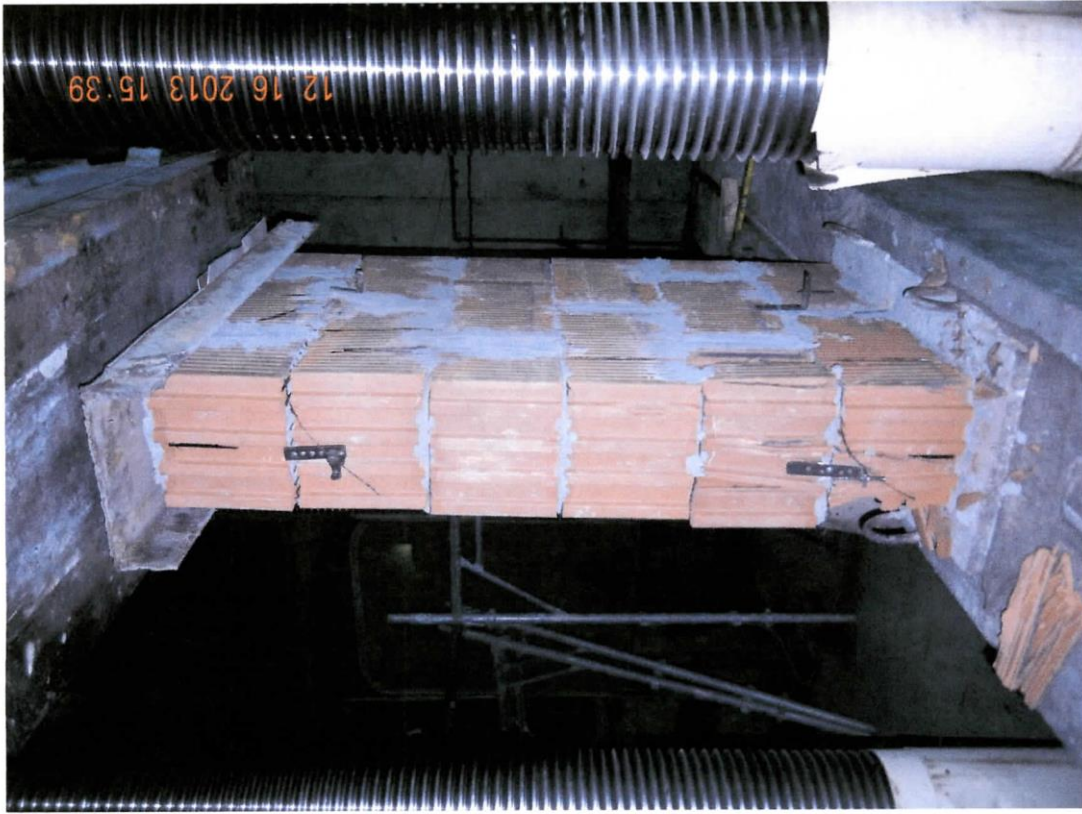


Рис. 3.1 . Общий вид образцов I серии до и после испытаний

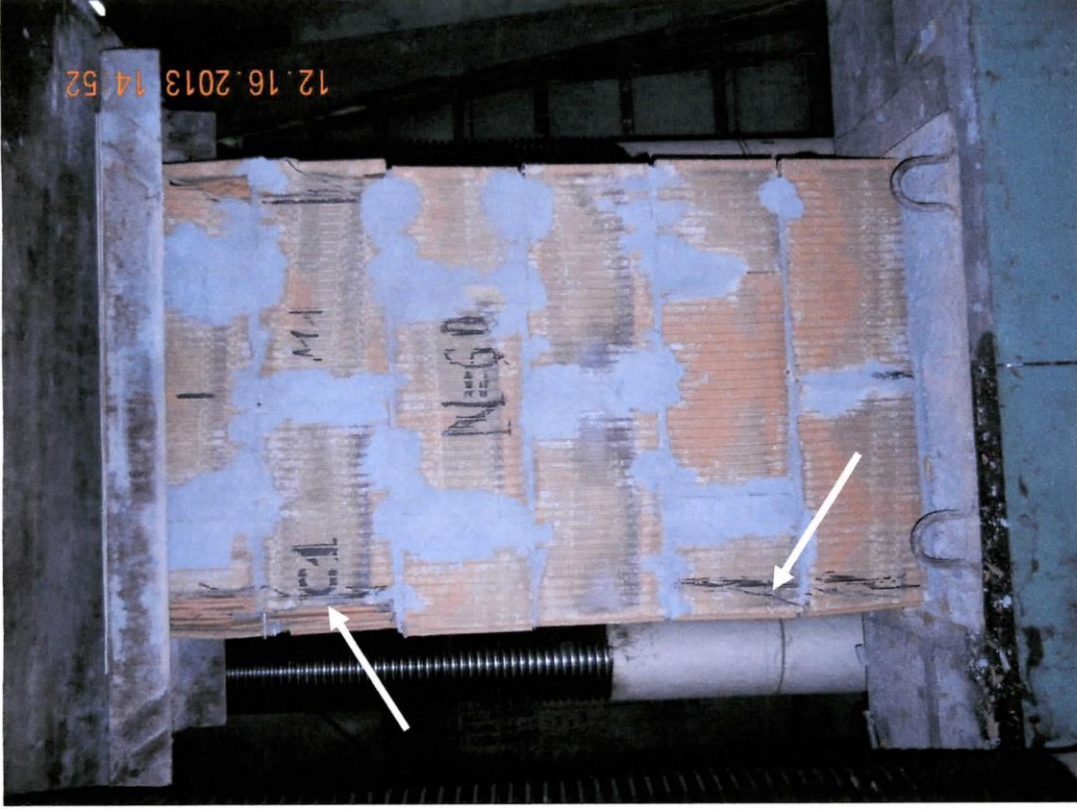
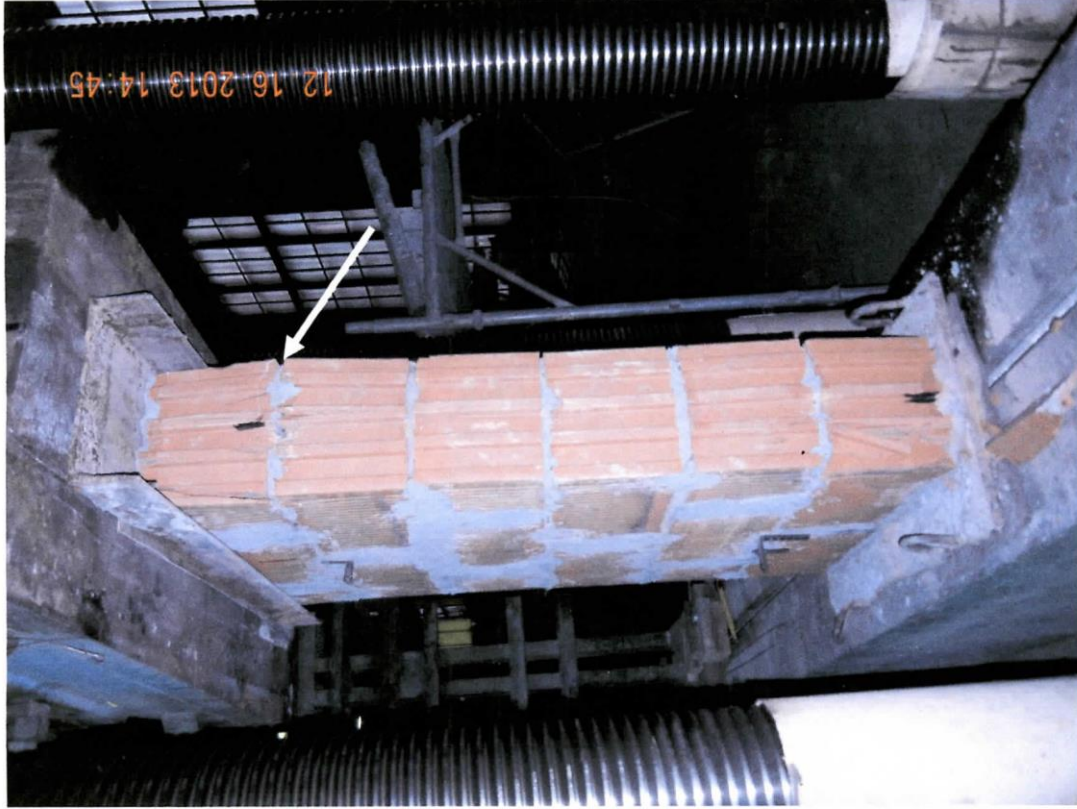


Рис. 3.2 . Характер разрушения образцов II серии

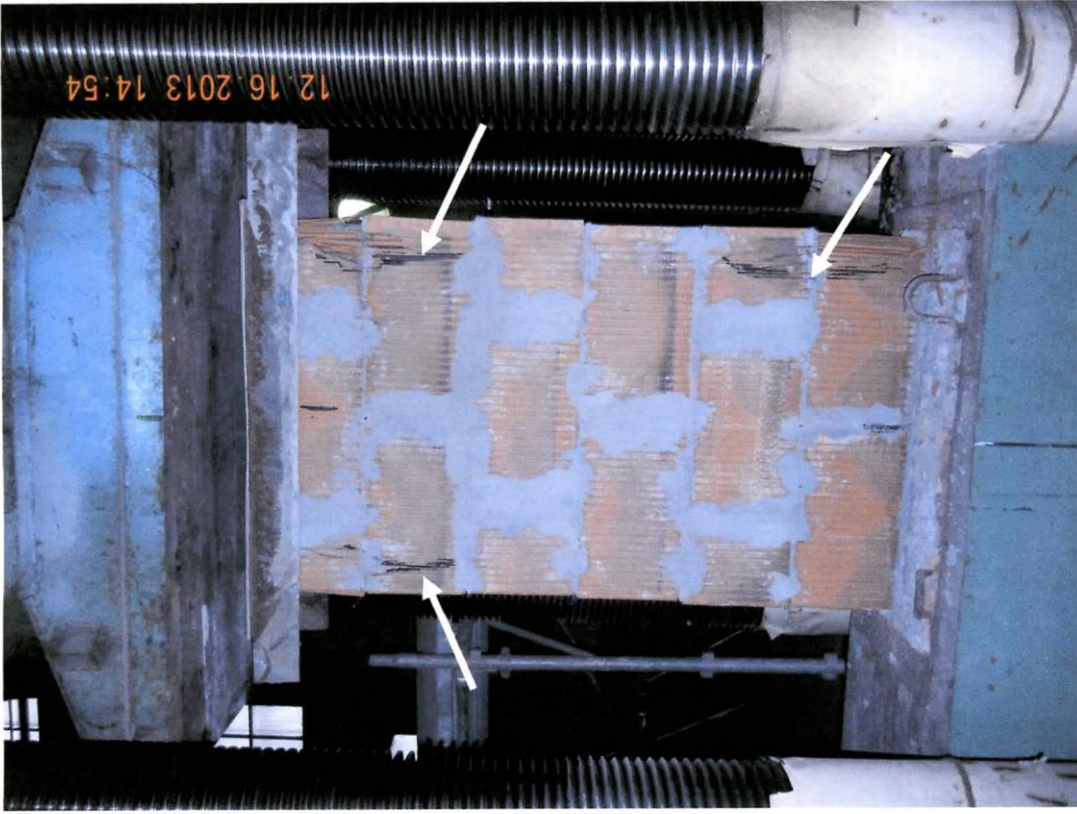


Рис. 3.3 .Общий вид образца III серии до и после испытаний

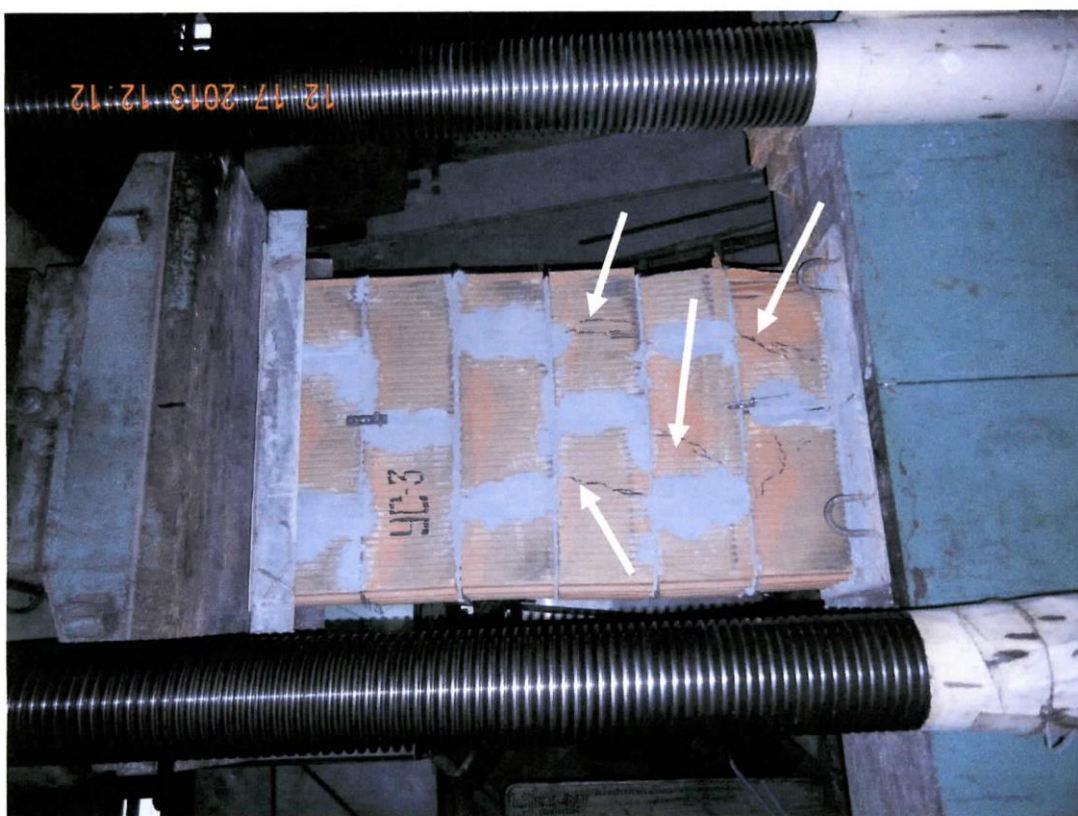
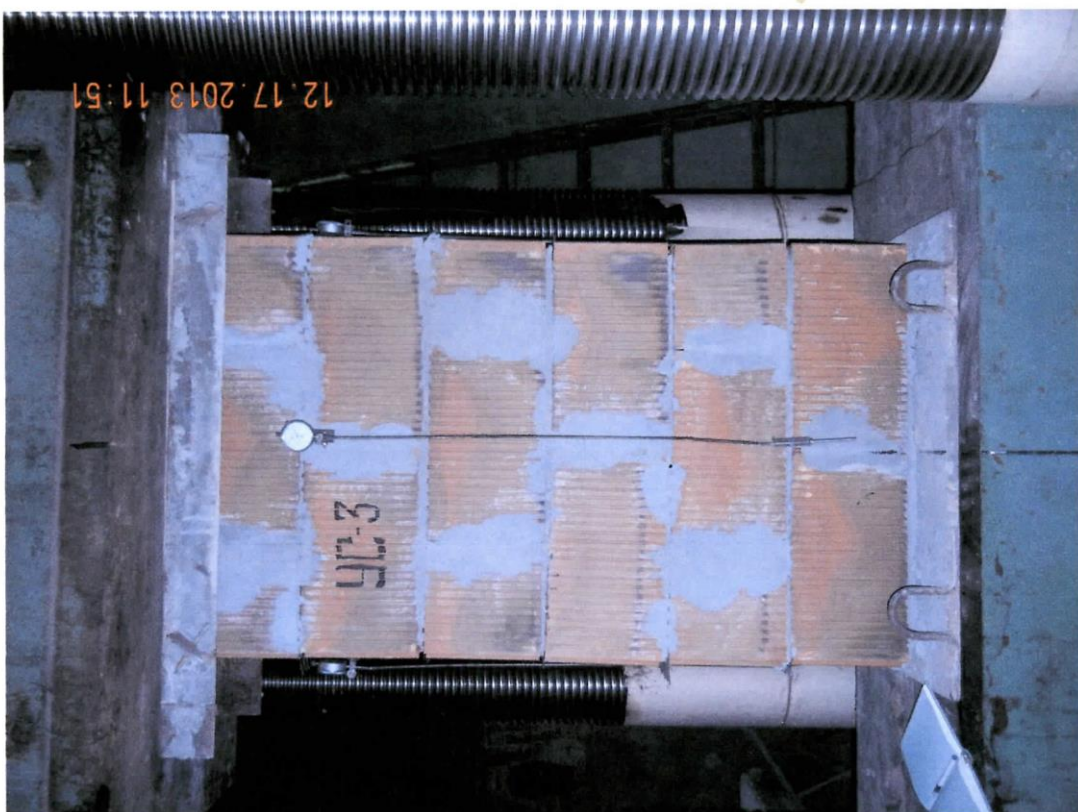


Рис. 3.4 . Общий вид образца Ш серии до и после испытаний

4. Заключение

Анализ результатов экспериментальных исследований прочности кладки, армированной базальтовой сеткой марки «ГРИДЕКС-СБНПс 50» производства ООО «РЕКСТРОМ-К», позволяет отметить следующее.

1. Расход цементного раствора за счет применения базальтовой сетки с ячейкой 9×9мм при толщине шва 10-12мм снизился на 30% по сравнению с неармированной кладкой.
2. Прочность кладки опытных образцов из крупноформатного камня марки М75 (производства ОАО «Славянский кирпич») на растворе марки М100, армированной базальтовой сеткой с ячейкой 25×25мм, увеличилась для отдельных образцов от 12 до 16% по сравнению с неармированной кладкой и оказалась практически близка к прочности кладки, армированной металлической арматурной сеткой с ячейкой 50×50 мм при диаметре стержня сетки 4мм.
3. По результатам испытаний базальтовая сетка марки «ГРИДЕКС-СБНПс 50» производства ООО «РЕКСТРОМ-К» может быть рекомендована для использования при кладке стен из крупноформатного керамического камня пустотностью более 40% с целью снижения расхода цементного раствора, а также для повышения прочности кладки из этого камня на цементном растворе вместо металлической арматурной сетки с диаметром стержней 4мм и ячейкой 50×50 мм.

Кроме этого допускается использовать базальтовую сетку в двухслойных стенах зданий, возводимых в обычных условиях, для соединения облицовочного слоя с внутренним из крупноформатных керамических камней или ячеистобетонных блоков.

4. Для возможности установления зависимости прочности кладки при сжатии при различной прочности раствора в швах от процента армирования базальтовой сеткой необходимо проведение специального комплекса испытаний.



Федеральное агентство по управлению государственным имуществом
Открытое акционерное общество
"Научно-исследовательский центр "Строительство"
(ОАО "НИЦ "Строительство")

Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В.А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко)
109428, Москва, 2-я Институтская ул. 6, тел.: (499) 170-1548; факс: (499) 171-2250
E-mail: inf@cstroy.ru, Интернет: www.cstroy.ru

№ 40/24 от « 12 » марта 2014г.

Генеральному директору
ООО «НПО РЕКСТРОМ»

Лилину В.В.

В Центре исследований сейсмостойкости сооружений в соответствии с договором № 1742/24-63-14/ск от 18.12.2013г. выполнены экспериментальные исследования прочности кладки стен из керамического (силикатного) кирпича и крупноформатного камня пустотностью 52%, армированных базальтовой сеткой марки СБНПС (Гридекс) с ячейкой 25x25 мм (37x37мм) и диаметром 2(3)мм с усилием разрыва 50 кН/м в ортогональных осях.

По результатам испытаний установлено, что при проектировании кирпичных стен с армированием базальтовой сеткой расчетные сопротивления сжатию кладки и керамического и силикатного кирпича следует принимать равными:

- при кирпиче марки М125 на растворе М100 – 22кгс/см² (R= 20 кг/см²);
- при кирпиче марки М150 на растворе М125 – 25кгс/см² (R= 23 кг/см²);
- при кирпиче марки М200 на растворе М175 – 34кгс/см² (R= 31 кг/см²);

В скобках указаны значения расчетных сопротивлений сжатию аналогичной кладки по СП 15.13330.2012.

Зав лабораторией
к.т.н.

А.В.Грановский

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости.
2. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.
3. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения прочности при сжатии и изгибе.
4. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*.