

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

Кафедра железобетонных и каменных конструкций



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению лабораторных работ
«Испытания каменных и армокаменных конструкций»**

КАЗАНЬ, 2011

Составители: Соколов Б.С., Антаков А.Б.

УДК 624.012

Испытания каменных и армокаменных конструкций. Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальностей: 270100, 270102, 270106 / Казанский государственный архитектурно-строительный университет; Составители: Соколов Б.С., Антаков А.Б., Казань, 2007. – 50 с.

Методические указания содержат рекомендации по выполнению лабораторных занятий и электронную версию, позволяющую провести работы с использованием ПЭВМ в интерактивном режиме. Программное обеспечение разработано ведущим инженером кафедры ЖБ и КК КГАСУ Хусаиновой Е.Ф. Предназначены для использования студентами специальностей 270100, 270102, 270106.

Рецензент:

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры железобетонных и каменных конструкций КГАСУ (протокол № ___ от “__” _____ 2007 г.)

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ, 2007г.

3. Величина приращения нагрузки в процессе испытания принимается равной	1. ... 15% от ожидаемой контрольной разрушающей; 2. ...10% от нормативной; 3. ...10% от ожидаемой контрольной разрушающей; 4. ...20% от контрольной разрушающей.
4. Элементы стальной обоймы....	1. ...вертикальную нагрузку; 2. ...воспринимают горизонтальные растягивающие усилия и часть вертикальной нагрузки; 3. ...горизонтальные усилия от поперечных деформаций кладки; 4. ...часть вертикальной нагрузки.

Электронная версия для аудиторных или самостоятельных занятий.
Инструкция по установке на диске в файле *установка.doc*

- данные о величинах нагрузок трещинообразования и разрушения образца;
- данные о характере трещинообразования и разрушения образца;
- данные о величинах и характере изменений относительных горизонтальных и вертикальных деформациях кладки и элементов обоймы;
- данные по степени расхождения величин теоретических и фактической несущей способности образца;
- заключение о степени влияния усиления стальной обоймой каменных кладок на их трещиностойкость и несущую способность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-22-81*. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования. /Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
2. Соколов Б.С. Теоретические основы сопротивления бетона и железобетона при сжатии. Известия ВУЗов.Строительство.- 1993. - № 9. - С.39-43.
3. Электронный учебный курс «Каменные и армокаменные конструкции», КГАСУ, 2007.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 3

Вопрос	Варианты ответов
1. Усиление кладки стальной обоймой.....	1. ...повышает трещиностойкость; 2. ...повышает трещиностойкость и несущую способность; 3. ...повышает несущую способность кладки; 4. ...не оказывает существенного влияния на характеристики кладки.
2. Предварительное загрузку выполняется для	1. ...проверки несущей способности опытного образца; 2. ...проверки правильности показаний приборов и выверки положения образца в прессе; 3. ...проверки правильности показаний силоизмерителя пресса.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1. Общие сведения об испытании каменных и армокаменных конструкций	4
1.1. Нагрузка	4
1.2. Оборудование для проведения испытаний	5
1.3. Приборы и измерительные приспособления	7
2. Определение прочностных характеристик материалов кладки и арматуры	10
3. Проведение испытаний каменных и армокаменных конструкций	15
3.1. Разрушающие способы	15
3.2. Неразрушающие способы	16
4. Демонстрация процесса испытания каменного столба	16
5. Лабораторная работа №1. Испытание центрально нагруженного каменного столба	20
6. Лабораторная работа №2. Испытание центрально нагруженного каменного столба с косвенным армированием	29
7. Лабораторная работа №3. Испытание центрально нагруженного каменного столба, усиленного стальной обоймой	39

ВВЕДЕНИЕ

Данный блок лабораторных работ предназначен для изучения методов экспериментальных исследований каменных и армокаменных конструкций. Основной задачей таких исследований является получение фактических величин прочности материалов каменной кладки и несущей способности конструкций из нее, реальной картины напряженно-деформированного состояния элементов.

Лабораторные работы являются важной частью изучения дисциплины, позволяют студентам успешно освоить вопросы расчета, конструирования и методику проведения испытаний каменных конструкций.

В приложении к настоящим указаниям имеется диск с лабораторными работами, позволяющий выполнить их с использованием ПЭВМ [8]. Эта форма выполнения работ является наиболее предпочтительной, так как позволяет визуализировать практически все этапы лабораторных исследований.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПЫТАНИИ КАМЕННЫХ И АРМОКАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1.1. НАГРУЗКА

Экспериментальные исследования предназначены для определения фактических прочностных характеристик материалов и конструкций в целом. Указанные данные могут быть получены двумя способами – разрушающим и неразрушающим. Разрушающий способ связан с нагружением опытного образца, элемента или конструкции и доведением величины нагрузки до разрушения.

При испытании конструкций вводится понятие испытательной и контрольной нагрузки. Испытательная нагрузка – это нагрузка, включая собственный вес, которая прикладывается к конструкции в процессе испытания. Контрольной нагрузкой называют предельное значение испытательной нагрузки, по результатам воздействия которой производят оценку качества конструкций.

При проверке жесткости и трещиностойкости конструкций

Обработка результатов испытаний

По окончании испытания производится камеральная обработка полученных результатов. Обработка заключается в определении приращений деформаций по этапам испытания, вычислении величин относительных поперечных и продольных деформаций кладки, построении графических зависимостей. При этом необходимо выполнить сопоставление данных измерений поперечных деформаций по отсчетам индикаторов мессур и тензодатчиков, установленных на элементах обоймы.

Выражение для вычисления относительных деформаций на i -ом этапе испытания

$$\varepsilon_i = I_{n,i} - I_{n,0}/I_n,$$

где $I_{n,i}$ – отсчет n -го индикатора на i -ом этапе испытания;
 $I_{n,0}$ – «нулевой» отсчет n -го индикатора;
 I_n – база измерения n -го индикатора.

Сопоставление опытных и теоретических результатов производится по формуле

$$[(N_{\text{cal,теор.}} - N_{\text{exp}}) / N_{\text{cal,теор.}}] \times 100\%,$$

где $N_{\text{cal,теор.}}$ – значение несущей способности образца, вычисленное теоретически по методикам [1, 2];

N_{exp} – фактическое значение несущей способности столба.

Заключительными этапами лабораторной работы являются формулирование выводов и ответы на контрольные вопросы.

Выводы

Выводы по работе должны отражать следующие моменты:

- данные по опытному образцу – геометрические и физические характеристики;
- способы, использованные для определения теоретической величины несущей способности и ее значения, вычисленные по разным методикам;
- данные о режиме нагружения – количество этапов и значение, прикладываемой нагрузки на каждом из них;
- данные о методах измерений, приборах и приспособлениях;

Предварительное загрузеие.

Предварительное загрузеие является контрольным этапом испытания. На данной стадии проверяется надежность нагрузочных приспособлений, крепление приборов и испытываемой конструкции, правильность показаний установленных приборов и тензодатчиков.

Интенсивность предварительного загрузеия принимается обычно равной величине первой ступени нагрузки, предусмотренной программой испытаний. Все, неудовлетворительно работающие, приборы и приспособления, выявленные во время контрольных загрузеий, подлежат ремонту или замене.

Процесс испытания.

После приложения каждой ступени нагрузки производится тщательный осмотр конструкции для выявления как вновь появившихся повреждений, так и степени развития уже имеющихся. На поверхности конструкции и на шаблонах с помощью карандаша наносятся контуры трещин, обводятся контуры сколов и других повреждений. Концы трещин отмечают поперечными штрихами, рядом с которыми пишут ширину раскрытия и номера ступеней нагрузок. Совокупность таких отметок дает наглядную картину постепенного развития повреждений и трещин по мере роста испытательной нагрузки.

Ширина раскрытия трещин определяется при помощи микроскопа МПБ-2.

Запись показаний приборов на каждой ступени осуществляют после 10-ти минутной выдержки приложенной нагрузки. Отсчеты по всем измерительным приборам должны производиться быстро, чтобы их показания соответствовали одному и тому же деформированному состоянию испытываемой конструкции.

Демонтаж приборов, измеряющих поперечные деформации, выполняется при появлении вертикальных трещин пересекающих базу

измерения. Демонтаж мессур во избежание их повреждения производится при появлении признаков приближающегося разрушения образца.

контрольная нагрузка принимается равной нормативной нагрузке, при проверке прочности – контрольной разрушающей нагрузке. Величина нагрузки и скорость ее приложения при проведении лабораторных и научно-исследовательских работ назначается в соответствии с поставленными целями.

Скорость приложения и величины нагрузки на каждом этапе характеризуют режим нагружения. Для назначения режима нагружения необходимо теоретически или на основании результатов аналогичных исследований определить величину ожидаемой несущей способности опытного образца или элемента. Величина нагрузки прикладываемой на каждом этапе испытания принимается равной 8-10% от значения ожидаемой несущей способности.

1.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Испытательные прессы и машины являются основным оборудованием испытательных лабораторий железобетонных и каменных конструкций. Для испытания строительных конструкций используют машины и прессы, обеспечивающие максимальные усилия от 5 до 80 МН (рис. 1).



Рис. 1. Испытательный пресс для определения прочностных характеристик материалов

При статических испытаниях образцов и конструкций из каменной кладки на сжатие используются гидравлические прессы следующих марок: ИПС - 500, ПММ - 500 (с усилием до 5000 кН); ИПС-200 (рис. 2), ПММ – 200 (с усилием до 2000 кН); ПСУ-125 (с усилием до 1250 кН); 2 ПГ -50, ПСУ-50 (с усилием до 500 кН) и 2 ПГ -10, ПСУ -10 (с усилием до 700 кН).



Рис. 2. Проведение испытания керамического кирпича на прессе ИПС-200

Для испытания конструкций и материалов на растяжение и сжатие применяются универсальные испытательные машины следующих типов: ГРМ -1 (с максимальным усилием - 500 кН); ГМС -50 (с максимальным усилием -500 кН); Р-5, УМ-5 (с максимальным усилием - 50 кН).

Испытательные машины и прессы используют для испытания строительных конструкций только при наличии паспорта и свидетельства о поверке. Поверка и тарировка испытательных машин и прессов производится не реже одного раза в год, а также после каждого ремонта машины или замены основных деталей.

Если размеры конструкции и требуемые усилия превышают возможности прессового оборудования, испытания железобетонных конструкций проводят на специально изготовленных стендах. Такие стенды монтируются на отдельном фундаменте или силовой плите.

отсчетов», геометрических параметров образца и длин баз измерений мессур (рис. 18).

Для измерения деформаций продольных уголков и планок обоймы выполняется установка тензометрических датчиков. На каждой из четырех граней образца устанавливаются по 2 тензодатчика для измерений деформаций продольных уголков и центральной планки в средней зоне по высоте столба. Монтаж тензометрической установки выполняется на стадии установки образца в пресс и крепления других измерительных приборов. Описание тензометрической установки приведено в п. 1.3 настоящего пособия.

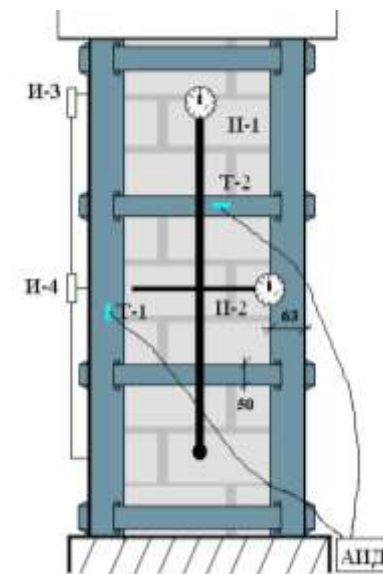


Рис. 18. Расстановка измерительного оборудования

Протокол испытания содержит 21 графу:

1. Дата проведения испытания;
2. Геометрические параметры образца – размеры сечения и высота, мм;
3. Номер этапа нагружения;
4. Значение нагрузки на каждом этапе, кН;
- 5-12. Отсчеты индикаторов мессур, установленных по 2 на каждой грани столба с указанием длин баз измерений;
- 13-20. Отсчеты по тензодатчикам, установленным на продольные уголки и планки обоймы;
21. Примечания.

Кроме протокола испытания необходимо подготовить шаблоны для фиксации характера трещинообразования, аналогичные используемым в лабораторных работах №№ 1, 2.

Примечание: Центральное вертикальное сечение в плоскости большего размера (380 мм) на 2/3 состоит из площадей растворных швов и на 1/3 из поперечных сечений кирпичей.

$$A_{t2}^{250} = (1-b \times \sin \alpha \times \cos \alpha) \times h = \\ = (900 - 380 \times \sin 48^{\circ} \times \cos 48^{\circ}) \times 250 = 177760 \text{ мм}^2$$

Величины усилий сопротивления растяжению, сдвигу и раздавливанию

$$N_t = R_{ts}^{380} A_{t1}^{380} + R_{ts}^{250} A_{t1}^{250} = 1,52 \times 98253 + 1,94 \times 177760 = \\ = 494199 \text{ кН};$$

$$N_{sq} = R_{sq} A_{sq} = 2,5 \times 98673 = 246682 \text{ кН};$$

$$N_{ef} = R_{ef} A_{ef} = 14,7 \times 28974 = 425926 \text{ кН}.$$

Величина несущей способности

$$N = [(N_t \cos \alpha + N_{sq}) / \sin \alpha] + N_{ef} = \\ = [(494199 \cos 48^{\circ} + 246682) / \sin 48^{\circ}] + 425926 = \\ = 1202848 \text{ Н} = 1202,8 \text{ кН}$$

НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА НАГРУЖЕНИЯ

Величины ожидаемой несущей способности опытного образца, вычисленные в соответствии с методиками СНиП [1] и теории сопротивления анизотропных материалов при сжатии составляют 727,2 кН и 1202,8 кН. Учитывая, отмечаемое во многих источниках, значительное занижение методикой СНиП [1] несущей способности каменных конструкций принимаем ожидаемую величину разрушающей нагрузки равной 1200 кН. При этом нагружение будет осуществляться в 10 этапов с шагом 120 кН.

ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

В ходе подготовки к испытанию выполняется установка образца в испытательном прессе или стенде, выверка вертикальности и центровка по отношению к грузовым плитам, установка измерительных приборов, снятие и фиксация в протоколе «нулевых

1.3. ПРИБОРЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Испытания строительных конструкций, материалов и моделей связаны с определением большого числа параметров, характеризующих процесс нагружения и поведения их под нагрузкой. К таким параметрам относятся: силовые воздействия, перемещения, деформации, углы поворота и другие. Для измерения перечисленных параметров используются приборы, приспособления и преобразователи, основанные на различных принципах действия.

При проведении натуральных испытаний предпочтение отдается приборам, которые быстро устанавливаются на конструкцию, имеют достаточно широкий измерительный диапазон при обеспечении необходимой точности. Применительно к испытаниям каменных и армокаменных конструкций для измерений продольных и поперечных деформаций используются индикаторы часового типа и электрические тензометрические установки.

Индикаторы часового типа (рис. 3) используются для измерения небольших по величине перемещений. Индикатор состоит из цилиндрического корпуса 4, внутри которого размещается система шестеренок 6. На лицевой стороне прибора под стеклом располагается большая 8 и малая 9 кольцевые шкалы со стрелками. Через корпус проходит измерительный шток 1, на котором нарезана зубчатая рейка-кремальера, соединенная с зубчатой шестеренной трубкой. Для устранения зазора между зубьями кремальеры и шестеренок поставлена пружина.

Часовой зубчатый механизм, расположенный в корпусе прибора, преобразует вертикальное перемещение штока 1 во вращательное движение указательных стрелок. Индикаторы часового типа просты в обращении и обладают высокой точностью, поэтому их часто используют при испытании строительных конструкций. Индикаторы используются в составе специальных приспособлений – мессур и устанавливаются с помощью специальных кронштейнов (рис. 4).

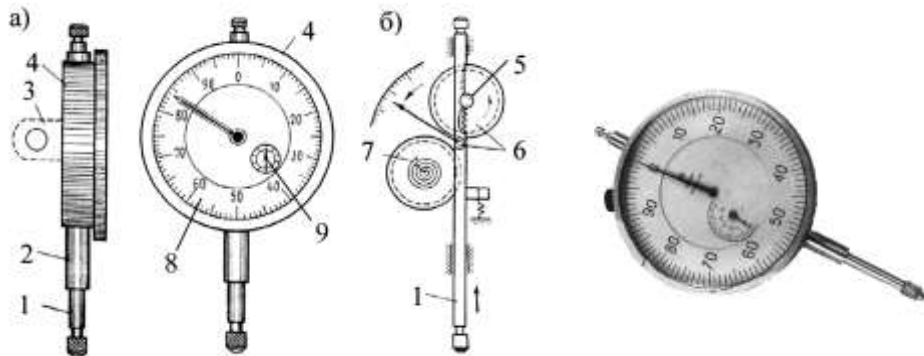


Рис.3. Индикатор часового типа:

а) конструктивная схема; б) кинематическая схема; в) общий вид;
 1 - измерительный шток с зубчатой рейкой кремальерой; 2 – муфта;
 3 – ушко; 4 – цилиндрический корпус; 5 – соединительная трубка с
 шестеренкой; 6 – шестеренки между кремальерой; 7 – пружина; 8 –
 большая шкала измерений; 9 – то же - малая



Рис. 4. Мессура для определения поперечных деформаций кладки

ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА

по методике теории сопротивления анизотропных
 материалов сжатию [2]

Исходные данные:

Высота столба $l = 900$ мм.

Сечение столба $b \times h = 380 \times 250$ мм.

Прочностные характеристики камня

$$R_{ef} = 14,7 \text{ МПа};$$

$$R_{sq} = 2,5 \text{ МПа};$$

$$R_t = 0,74 \text{ МПа};$$

Угол наклона граней клина $\alpha = 48^0$

Процент армирования вертикальных сечений

$$\mu_l^{380} = 100 A_{st}/(aS) = 100 \times 500 / (380 \times 250) = 0,52 \%,$$

$$\mu_l^{250} = 100 A_{st}/(aS) = 100 \times 500 / (250 \times 250) = 0,8 \%,$$

Приведенная прочность камня на растяжение

$$R_{ts}^{380} = R_t + \mu R_{sw}/100 = 0,74 + (0,52 \times 150)/100 = 1,52 \text{ МПа},$$

$$R_{ts}^{250} = R_t + \mu R_{sw}/100 = 0,74 + (0,8 \times 150)/100 = 1,94 \text{ МПа}.$$

Определение геометрических характеристик модели

A_{ef} – площадь поперечного сечения ядра сжатия

$$A_{ef} = b \times h \times \sin^4 \alpha = 380 \times 250 \times \sin^4 48^0 = 28974 \text{ мм}^2;$$

A_{sq} – площадь поверхности сдвига по граням клина

$$A_{sq} = h \times b (1 + \sin^2 \alpha) \cos \alpha = 250 \times 380 (1 + \sin^2 48^0) \cos 48^0 = 98673 \text{ мм}^2;$$

A_{t1}, A_{t2} – площадь поверхности отрыва по разным граням

клина

$$A_{t1}^{380} = (l - h \times \sin \alpha \times \cos \alpha) \times (b/3) =$$

$$= (900 - 250 \times \sin 48^0 \times \cos 48^0) \times 380/3 = 98253 \text{ мм}^2$$

**РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТАЛЬНОЙ
НЕ НАПРЯГАЕМОЙ ОБОЙМЫ**
по методике СНиП [1]

Характеристики элементов обоймы:

- опорные уголки - L63×5 ($A_s = 6,13 \text{ см}^2$);
- поперечные планки - 50×5 ($A_{sw} = 2,5 \text{ см}^2$). Шаг планок

250 мм.

Определение значения процента армирования:

$$\mu = \frac{2A_{sw}(h_{кл} + b_{кл})}{h_{кл}b_{кл}S} * 100\% = \frac{2 \times 2,5 \times (25 + 38)}{25 \times 38 \times 25} \times 100\% = 1,32\%$$

Площадь поперечного сечения кладки

$$A_{кл} = 380 \times 250 = 95000 \text{ мм}^2.$$

Несущая способность усиленного столба

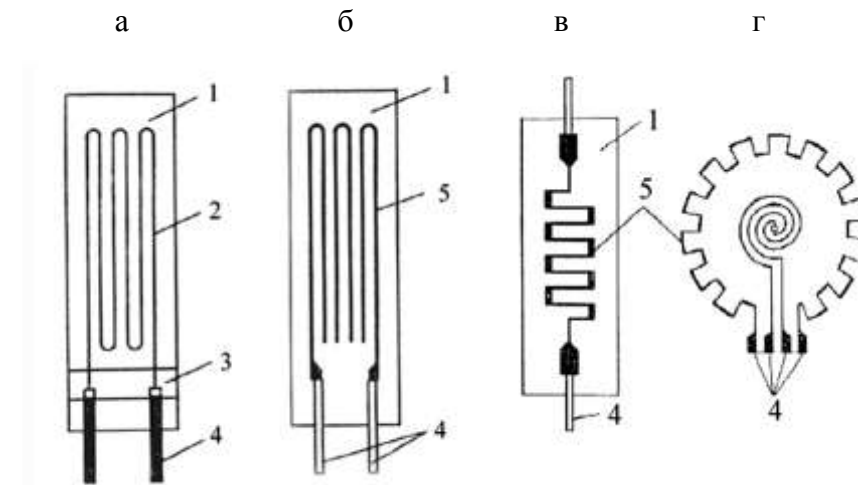
$$N = \psi \varphi \left[\left(m_g m_k R + \eta \frac{2,5\mu}{1 + 2,5\mu} \frac{R_{sw}}{100} \right) A_{кл} + R_{sc} A_s^1 \right] =$$

$$= 1 \times 1 \left[\left(1 \times 1 \times 1,6 + 1 \times \frac{2,5 \times 1,32}{1 + 2,5 \times 1,32} \times \frac{150}{100} \right) 95000 + 190 \times 2452 \right] = 727240 \text{ Н}$$

Несущая способность каменного столба, усиленного стальной обоймой, вычисленная по методике СНиП [1] составляет 727,2 кН.

При испытаниях строительных конструкций в настоящее время широкое применение получили приборы, позволяющие замерять неэлектрические величины (перемещения и деформации) электрическими методами. Такие приборы и аппаратура позволяют с высокой точностью измерять параметры во многих точках конструкций и на достаточно большом расстоянии. С помощью соответствующих регистрирующих устройств можно перейти к автоматической регистрации показаний, вводом их в ЭВМ для дальнейшей обработки и использования.

Для измерения деформаций электрическим методом широко используют проволочные тензорезисторы (рис. 5). В основу метода измерения деформаций с помощью тензорезисторов положен тензометрический эффект - изменения электрического сопротивления проводника при его удлинении или укорочении.



*Рис. 5. Тензорезисторы различных типов:
а - проволочный петлевой на бумажной основе; б - фольговый петлевой; в - фольговый короткобазный; г - фольговый мембранный сложной конфигурации; 1 - основа; 2 - константановая проволока; 3 - полоска бумаги; 4 - выводы; 5 - фольга*

К преимуществам тензорезисторов относятся: возможность регистрировать деформации, как на поверхности, так и внутри конструкции; высокая точность измерения деформаций; измерение деформаций на всех стадиях загрузки; сравнительная простота их установки на испытываемую конструкцию и в местах, недоступных для размещения механических приборов. Для измерения деформаций в бетоне используются тензорезисторы с базой 50; 80; 100 мм, а в арматуре - с базой 10, 20, 30 мм.

Измерения геометрических размеров образцов, элементов и конструкций производятся стальными линейками и рулетками в соответствии с ГОСТ 427-75 [5] и ГОСТ 7502-89 [6].

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ КЛАДКИ И АРМАТУРЫ

Определение прочностных характеристик камня и раствора необходимо для проведения расчетов и производится испытанием образцов материалов. Испытания кирпича и раствора проводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 8462-85 [3] и ГОСТ 5802-86 [4]. Испытания камня на сжатие производятся нагружением образцов, изготовленных из половинок или целых кирпичей, склеенных цементным раствором (рис. 7). На рис. 8 приведены фотографии испытываемых образцов камня на срез, изгиб и раствора на сжатие.



Рис. 7. Испытанный образец из керамического полнотелого кирпича

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ИСПЫТАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННОГО КИРПИЧНОГО СТОЛБА, УСИЛЕННОГО СТАЛЬНОЙ ОБОЙМОЙ

Цель работы – испытание центрально нагруженного кирпичного столба, усиленного стальной обоймой для определения его фактической несущей способности.

Этапы выполнения работы:

- изготовление опытного образца;
- определение расчетных характеристик кирпича и раствора (см. п. 2 настоящих указаний);
- конструирование обоймы;
- выполнение расчета опытного элемента по методикам СНиП [1] и теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [2];
- подготовка к испытаниям;
- проведение испытания опытного образца и заполнение протокола;
- обработка результатов и выполнение сопоставления теоретических и экспериментальных данных.

Исходные данные:

Размеры опытного образца $b \times h \times l$, мм	380×250×900
Кирпич	Силикатный полнотелый. Сопротивление сжатию – 14,7 МПа. Марка М150.
Раствор	Цементно-песчаный. Сопротивление сжатию – 3,2 МПа. Марка М30.
Характеристики элементов стальной обоймы	Продольные опорные уголки L63×5, гланки - 50×5, шаг – 250 мм

Для назначения режима нагружения необходимо определить теоретическую несущую способность образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-22-81*. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования. /Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
2. Соколов Б.С. Теоретические основы сопротивления бетона и железобетона при сжатии. Известия ВУЗов.Строительство.- 1993. - № 9. - С.39-43.
3. Электронный учебный курс «Каменные и армокаменные конструкции», КГАСУ, 2007.
4. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетоны конструкции без предварительного напряжения арматуры. 2004.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 2

Вопрос	Варианты ответов
1. Косвенное армирование кладки.....	1. ...повышает трещиностойкость; 2. ...повышает трещиностойкость и несущую способность; 3. ...повышает несущую способность кладки; 4. ...не оказывает существенного влияния на характеристики кладки.
2. Метод тензометрии основан на измерениях.....	1. ...электрического сопротивления датчиков; 2. ...электрического тока в цепи; 3. ...электрического напряжения в цепи.
3. Учет армирования по методике СНиП осуществляется	1. ...введением табличного эмпирического коэффициента; 2. ...вычислением приведенного сопротивления кладки с учетом процента ее армирования; 3. ... вычисления приведенного сопротивления кладки сжатию с учетом длительности нагружения.
4. Измерения продольных и поперечных деформаций армированной кладки осуществляются....	1. ... стальными линейками и рулетками; 2. ...геодезическими приборами; 3. ...мессурами с индикаторами часового типа и тензометрическими установками; 4. ...индикаторами часового типа.

а. Испытание на срез



б. Испытание на изгиб



в. Испытание на сжатие



Рис. 8. Испытываемые образцы камня (а, б) и раствора (в)

Последовательность проведения испытаний:

- отбор и изготовление опытных образцов камня и кладочного раствора в соответствии с ГОСТ [3, 4];
- проведение тщательных обмеров образцов с заполнением соответствующих граф протокола испытания (таблица 1);
- испытания опытных образцов с фиксацией разрушающих нагрузок;
- обработка результатов и заполнение протокола испытания.

Таблица 1

Форма протокола определения сопротивления образцов сжатию

Дата	№ образца п.п.	Геометрические размеры, мм			Разрушающая нагрузка, кН	Сопротивление, МПа	Статистические показатели	Примечания
		l	b	h				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

В результате проведения комплекса испытаний образцов камня и раствора получены их прочностные характеристики (таблица 2).

Таблица 2

Сводная таблица результатов испытаний силикатного кирпича

Сопротивление сжатию, $R_{сж}$	Сопротивление изгибу, $R_{изг}$	Сопротивление срезу, $R_{ср}$	Сопротивление растяжению, $R_{раст.}$	Угол наклона граней клина, α
<u>14,74</u>	<u>2,23</u>	<u>2,49</u>	<u>0,735</u>	48°
147,4	22,3	24,9	7,35	
В числителе – МПа, в знаменателе – кг/см ²				

По величине сопротивления материала сжатию кирпич соответствует марке М150.

Сопротивление цементно-песчаного раствора сжатию – 3,2 МПа, что соответствует марке М30.

В таблице 3 приведены соотношения прочностных характеристик силикатного кирпича.

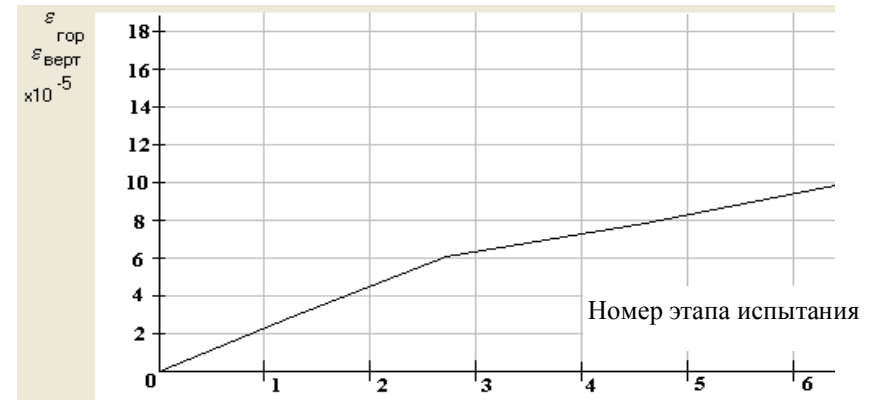


Рис. 17. Графическая зависимость «относительные вертикальные деформации – номер этапа испытания»

Выводы

Выводы по работе должны отражать следующие моменты:

- данные по опытному образцу – геометрические и физические характеристики;
- способы, использованные для определения теоретической величины несущей способности и ее значения, вычисленные по разным методикам;
- данные о режиме нагружения – количество этапов и значение, прикладываемой нагрузки на каждом из них;
- данные о методах измерений, приборах и приспособлениях;
- данные о величинах нагрузок трещинообразования и разрушения образца;
- данные о характере трещинообразования и разрушения образца;
- данные о величинах и характере изменений относительных горизонтальных и вертикальных деформаций кладки в процессе испытания измеренными различными способами;
- данные по степени расхождения величин теоретических и фактической несущей способности образца;
- заключение о степени влияния косвенного армирования каменных кладок на их трещиностойкость и несущую способность.

Обработка результатов испытаний

По окончании испытания производится камеральная обработка полученных результатов. Обработка заключается в определении приращений деформаций по этапам испытания, вычислении величин относительных поперечных и продольных деформаций кладки, построении графических зависимостей. При этом необходимо выполнить сопоставление данных измерений поперечных деформаций по отсчетам индикаторов мессур и тензодатчиков, установленных на стержнях арматурных сеток.

Выражение для вычисления относительных деформаций на i -ом этапе испытания

$$\varepsilon_i = I_{n,i} - I_{n,0} / I_n,$$

где $I_{n,i}$ – отсчет n -го индикатора на i -ом этапе испытания;
 $I_{n,0}$ – «нулевой» отсчет n -го индикатора;
 I_n – база измерения n -го индикатора.

Пример графика изменения вертикальных относительных деформаций приведен на рис. 17.

Сопоставление опытных и теоретических результатов производится по формуле

$$[(N_{\text{cal,теор.}} - N_{\text{exp}}) / N_{\text{cal,теор.}}] \times 100\%,$$

где $N_{\text{cal,теор.}}$ – значение несущей способности образца, вычисленное теоретически по методикам [1, 2];

N_{exp} – фактическое значение несущей способности столба.

Заключительными этапами лабораторной работы являются формулирование выводов и ответы на контрольные вопросы.

Таблица 3.

Соотношения прочностных характеристик камня

$R_{\text{изг}} / R$	$R_{\text{ср}} / R$	$R_{\text{раст}} / R$
0,13	0,17	0,05

Физико-механические свойства арматуры зависят от химического состава, способа производства и обработки. Основными прочностными характеристиками для мягких сталей является физический предел текучести σ_y . Для низколегированных сталей и высокопрочной проволоки – условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, принимаемый равным напряжению, при котором остаточные деформации составляют 0,2 %, и условный предел упругости $\sigma_{0,02}$, при котором остаточные деформации равны 0,02 %.

К основным физико-механическим характеристикам арматуры также относятся:

σ_u – напряжение, соответствующее временному сопротивлению;

E_s – модуль упругости арматуры;

$\delta\%$ – полное относительное удлинение после разрыва арматуры.

Определение физико-механических характеристик производится в соответствии с требованиями ГОСТ 12004-81 "Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение" [7].

Для испытания используются образцы арматуры с необработанной поверхностью диаметром от 3 до 80 мм. Горячекатаную стержневую арматуру диаметром более 20 мм допускается испытывать на обточенных образцах с сохранением поверхности проката на головках образца.

При определении площади поперечного сечения учитывается качество и вид образцов. Площадь поперечного сечения необработанных образцов арматуры определяется по формуле:

$$A_s = m / \rho l,$$

где m – вес испытываемого образца, г.; $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$ – плотность стали; l – длина образца, мм.

Площадь поперечного сечения обточенных и круглых образцов определяют по среднему арифметическому значению шести измерений диаметра в трех сечениях: в среднем и по концам рабочей длины в 2-х взаимно перпендикулярных направлениях. Диаметры образцов арматуры измеряют штангенциркулем или микрометром. Образцы арматурной стали, взвешивают на весах с погрешностью не более 1 г при диаметре меньше 10 мм, 2 г при диаметре 10...20 мм и не более 1% от массы при диаметре больше 20 мм.

При проведении испытаний арматуры должны соблюдаться следующие требования:

- надежное центрирование образца;
- плавное загрузеение;
- средняя скорость загрузеения при испытании до предела текучести не должна быть более 10 МПа в секунду, за пределом текучести скорость загрузеения может быть увеличена.

Физический предел текучести стали, устанавливается по диаграмме растяжения стержней и равен напряжению, соответствующему площадке текучести. Вычисление физического предела текучести производится по формуле:

$$\sigma_y = F_y / A_0;$$

где F_y - наименьшая нагрузка, при которой деформации образца нарастают без заметного увеличения нагрузки, кН; A_0 - площадь поперечного сечения образца, см².

Временное сопротивление стали разрыву равно отношению максимальной нагрузки, воспринимаемой образцом, к площади поперечного сечения образца

$$\sigma_u = F_{max} / A_0;$$

где F_{max} - максимальная нагрузка, кН.

Абсолютное удлинение образца определяется по шкале, закрепленной на станине разрывной машины.

Начальный модуль упругости вычисляется с погрешностью не более 1% по формуле

$$E_s = (\sigma_{0,35} - \sigma_{0,1}) / (\epsilon_{0,35} - \epsilon_{0,1});$$

где $\sigma_{0,1}$; $\sigma_{0,35}$ - напряжения в образце равные 0,1 σ_u и 0,35 σ_u ; $\epsilon_{0,1}$; $\epsilon_{0,35}$ - относительные деформации, соответствующие этим напряжениям.

тщательный осмотр конструкции для выявления как вновь появившихся повреждений, так и степени развития уже имеющихся. На поверхности конструкции и на шаблонах с помощью карандаша наносятся контуры трещин, обводятся контуры сколов и других повреждений. Концы трещин отмечают поперечными штрихами, рядом с которыми пишут ширину раскрытия и номера ступеней нагрузок (рис. 16). Совокупность таких отметок дает наглядную картину постепенного развития повреждений и трещин по мере роста испытательной нагрузки.

Ширина раскрытия трещин определяется при помощи микроскопа МПБ-2.

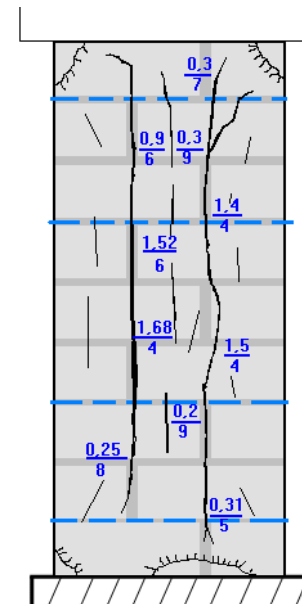


Рис. 16. Пример фиксации характера трещинообразования и разрушения

Запись показаний приборов на каждой ступени осуществляют после 10-ти минутной выдержки приложенной нагрузки. Отсчеты по всем измерительным приборам должны производиться быстро, чтобы их показания соответствовали одному и тому же деформированному состоянию испытываемой конструкции.

Демонтаж приборов, измеряющих поперечные деформации, выполняется при появлении вертикальных трещин пересекающих базу измерения. Демонтаж мессур во избежание их повреждения производится при появлении признаков приближающегося разрушения образца.

установка тензометрических датчиков. На каждой из четырех арматурных сеток устанавливаются по 2 тензодатчика для измерений деформаций стержней во взаимноперпендикулярных направлениях. Монтаж тензометрической установки выполняется на стадии установки образца в пресс и крепления других измерительных приборов. Описание тензометрической установки приведено в п. 1.3 настоящего пособия.

Протокол испытания содержит 21 графу:

1. Дата проведения испытания;
2. Геометрические параметры образца – размеры сечения и высота, мм;
3. Номер этапа нагружения;
4. Значение нагрузки на каждом этапе, кН;
- 5-12. Отсчеты индикаторов мессур, установленных по 2 на каждой грани столба с указанием длин баз измерений;
- 13-20. Отсчеты по тензодатчикам, наклеенным на стержни арматурных сеток;
21. Примечания.

Кроме протокола испытания необходимо подготовить шаблоны для фиксации характера трещинообразования, аналогичные используемым в лабораторной работе №1.

Предварительное загрузжение.

Предварительное загрузжение является контрольным этапом испытания. На данной стадии проверяется надежность нагрузочных приспособлений, крепление приборов и испытываемой конструкции, правильность показаний установленных приборов и тензодатчиков.

Интенсивность предварительного загрузжения принимается обычно равной величине первой ступени нагрузки, предусмотренной программой испытаний. Все, неудовлетворительно работающие, приборы и приспособления, выявленные во время контрольных загрузжений, подлежат ремонту или замене.

Процесс испытания.

После приложения каждой ступени нагрузки производится

3. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ КАМЕННЫХ И АРМОКАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

3.1. РАЗРУШАЮЩИЕ СПОСОБЫ

Испытания каменных и армокаменных конструкций разрушающими способами производится в следующей последовательности :

- изготовление опытных образцов каменной кладки. При этом параллельно отбираются и изготавливаются образцы камня и кладочного раствора;
- выдержка и хранение изготовленных образцов до набора проектной прочности;
- проведение испытаний образцов материалов кладки с определением сопротивлений камня сжатию, изгибу, раскалыванию, срезу;
- определение теоретической величины несущей способности опытных образцов из каменной кладки для назначения режима нагружения;
- подготовка протокола испытания;
- подготовка образца к испытанию, включающая установку образца в испытательном прессе или стенде, выверку вертикальности и центровку по отношению к грузовым плитам, установку измерительных приборов, снятие и фиксацию в протоколе «нулевых отсчетов», геометрических параметров образца и длин баз измерений мессур;
- проведение испытания поэтапным нагружением и снятием показаний измерительных приборов с соблюдением необходимых мер предосторожности и безопасности. На каждом этапе помимо отсчетов приборов фиксируются схемы образования и развития трещин. На этапах близких к разрушению, во избежание повреждения приборов, необходимо демонтировать измерительные приспособления;
- после фиксации разрушающей нагрузки следует разгрузить образец и аккуратно его разобрать, фотографируя или зарисовывая особенности разрушения кладки в различных зонах;
- обработка результатов испытания включает в себя следующие мероприятия: вычисления относительных деформаций и построение графических зависимостей, сравнение теоретических и опытных

величин несущей способности.

3.2. НЕРАЗРУШАЮЩИЕ СПОСОБЫ

Использование неразрушающих методов определения прочности материалов кладки позволяет получить необходимые для вычисления теоретической величины несущей способности без разрушения образца или конструкции. Данные методы используются в ходе технической диагностики строительных конструкций. Прочность материалов кладки определяется приборами серии ОНИКС или молотком Шмидта модель LB (рис. 9).



Рис. 9. Молоток Шмидта модель LB для определения прочностных характеристик материалов каменной кладки

Определение прочностных характеристик материалов кладки выполняется в соответствии с инструкциями по эксплуатации измерительных приборов. Получаемые значения прочности камня и кладочного раствора соответствуют маркам, по которым в таблице 2 СНиП II-22-81 [1]* можно определить сопротивление кладки сжатию.

4. ДЕМОНСТРАЦИЯ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЯ КАМЕННОГО СТОЛБА

В данном пособии по лабораторным работам приведены фотоиллюстрации испытания каменного столба из высокопустотного

$$A_{t2} = (1-b \times \sin \alpha \times \cos \alpha) \times h = \\ = (900-380 \times \sin 48^{\circ} \times \cos 48^{\circ}) \times 250 = 177760 \text{ мм}^2$$

Величины усилий сопротивления растяжению, сдвигу и раздавливанию

$$N_t = R_{ts} (A_{t1} + A_{t2}) = 1,118 \times (98253 + 177760) = 296988 \text{ кН} \\ N_{sq} = R_{sq} A_{sq} = 2,5 \times 3,17 \times 98673 = 246682 \text{ кН} \\ N_{ef} = R_{ef} A_{ef} = 14,7 \times 28974 = 425926 \text{ кН}$$

Величина несущей способности

$$N = [(N_t \cos \alpha + N_{sq}) / \sin \alpha] + N_{ef} = \\ = [(296988 \cos 48^{\circ} + 246682) / \sin 48^{\circ}] + 425926 = \\ = 1025279 \text{ Н} = 1025,3 \text{ кН}$$

НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА НАГРУЖЕНИЯ

Величины ожидаемой несущей способности опытного образца, вычисленные в соответствии с методиками СНиП [1] и теории сопротивления анизотропных материалов при сжатии составляют 289,7 кН и 1025 кН. Учитывая, отмечаемое во многих источниках, значительное занижение методикой СНиП [1] несущей способности каменных конструкций принимаем ожидаемую величину разрушающей нагрузки равной 1000 кН. При этом нагружение будет осуществляться в 10 этапов с шагом 100 кН.

ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

В ходе подготовки к испытанию выполняется установка образца в испытательном прессе или стенде, выверка вертикальности и центровка по отношению к грузовым плитам, установка измерительных приборов, снятие и фиксация в протоколе «нулевых отсчетов», геометрических параметров образца и длин баз измерений мессур.

Для измерения деформаций стержней сеток косвенного армирования на стадии изготовления образцов выполняется

ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА

по методике теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [2]

Исходные данные:

Высота столба $l = 900$ мм.

Сечение столба $b \times h = 380 \times 250$ мм.

Прочностные характеристики камня

$R_{сж.} = R_{ef} = 14,7$ МПа - сжатие;

$R_{ср.} = R_{sq} = 2,5$ МПа - сдвиг (срез);

$R_{раст.} = R_t = 0,74$ МПа – растяжение.

Угол наклона граней клина

$$\alpha = 48^{\circ}$$

Процент армирования вертикальных сечений

$$\mu = 100 A_{st} / (CS) = 100 \times 12,6 / (50 \times 200) = 0,126 \%$$

Приведенная прочность камня на растяжение

$$R_{ts} = R_t + \mu R_s / 100 = 0,74 + (0,126 \times 300) / 100 = 1,118 \text{ МПа,}$$

где R_s – расчетное сопротивление стали (табл. 5.8 [4]).

Определение геометрических характеристик модели

A_{ef} – площадь поперечного сечения ядра сжатия

$$A_{ef} = b \times h \times \sin^4 \alpha = 380 \times 250 \times \sin^4 48^{\circ} = 28974 \text{ мм}^2$$

A_{sq} – площадь поверхности сдвига по граням клина

$$A_{sq} = h \times b (1 + \sin^2 \alpha) \cos \alpha = 250 \times 380 (1 + \sin^2 48^{\circ}) \cos 48^{\circ} = 98673 \text{ мм}^2;$$

A_{t1}, A_{t2} – площадь поверхности отрыва по разным граням клина

$$A_{t1} = (1 - h \times \sin \alpha \times \cos \alpha) \times (b/3) = (900 - 250 \times \sin 48^{\circ} \times \cos 48^{\circ}) \times 380 / 3 = 98253 \text{ мм}^2$$

Примечание: Центральное вертикальное сечение в плоскости большего размера (380 мм) на 2/3 состоит из площадей растворных швов и на 1/3 из поперечных сечений кирпичей.

керамического кирпича (рис. 10). Однако в ходе выполнения лабораторных работ электронного курса «Каменные и армокаменные конструкции» [8] имеется возможность просмотра видеоролика испытания.

а. Установка и выверка образца



б. Начало трещинообразования



Образуются вертикальные трещины в средней зоне столба

в. Начало разрушения кирпичей в верхней опорной зоне столба



д. Дробление кирпичей опорной зоны, развитие трещин



г. Развитие процесса разрушения



е. Выделение клиновидной области под грузовой плитой пресса



φ — коэффициент продольного изгиба, определяемый по таблице 18 [1] для λ_h или λ_i ,

$$\lambda_h = \frac{l_0}{h} = 90/25 = 3,6$$

при упругой характеристике кладки с сетчатым армированием α_{sk} , определяемой по формуле

$$\alpha_{sk} = \alpha \frac{R_u}{R_{sku}} = 750 \times 3,2 / 4,712 = 509 \text{ по таблице 18 [1]}$$

$$\varphi = 0,98,$$

где кладки α принимается по таблице 15 [1] - $\alpha = 750$;

$$R_u = k R = 2 \times 1,6 = 3,2 \text{ МПа,}$$

$$R_{sk,u} = k R + 2 R_{sn} \mu / 100 =$$

$$= 2 \times 1,6 + 2 \times 0,252 \times (0,6 \times 500) / 100 = 4,712 \text{ МПа.}$$

A — площадь сечения элемента

$$A = b \times l = 380 \times 250 = 95000 \text{ мм}^2.$$

m_g — коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки

$$m_g = 1,0.$$

Несущая способность элемента

$$m_g \varphi R_{sk} A = 1,0 \times 0,98 \times 3,112 \times 95000 = 289727 \text{ Н} = 289,7 \text{ кН.}$$

Исходные данные:

Размеры опытного образца $b \times h \times l$, мм	380×250×900
Кирпич	Силикатный полнотельный. Сопротивление сжатию – 14,7 МПа. Марка М150.
Раствор	Цементно-песчаный. Сопротивление сжатию – 3,2 МПа. Марка М30.
Характеристики косвенного армирования	Сетки из стержней $\varnothing 4$ В500 с шагом 50 мм. Шаг сеток по высоте столба – 200 мм (через 2 ряда)

Для назначения режима нагружения необходимо определить теоретическую несущую способность образца.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА по СНиП-22-81*.

Условие прочности

$$N \leq m_g \varphi R_{sk} A.$$

R – расчетное сопротивление армированной кладки по табл. 2 [1]-
 $R = 1,6$ МПа;

$R_{sk} \leq 2R$ — расчетное сопротивление кладки при центральном сжатии, определяемое по формуле

$$R_{sk} = R + \frac{2\mu R_s}{100} = 1,6 + 2 \times 0,252 \times 300 / 100 = 3,112 \text{ МПа} < 2R = 3,2$$

МПа,

где μ — процент армирования кладки определяемый по формуле для сеток с квадратными ячейками из арматуры сечением $A_{st} = 12,6 \text{ мм}^2$ с размером ячейки $C = 50 \text{ мм}$ при расстоянии между сетками по высоте $s = 200 \text{ мм}$

$$\mu = \frac{2A_{st}}{CS} 100 = 2 \times 12,6 \times 100 / (50 \times 200) = 0,252 \%,$$

R_s – расчетное сопротивление арматурной проволоки, МПа (табл. 5.8. [9]).

ж. Разделение столба вертикальными трещинами



и. «Клин» под штампом прессы



к. Вдавливание «клина» в тело столба



Рис. 10. Фотоиллюстрации испытания столба из высокопустотного кирпича.

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ИСПЫТАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННОГО КИРПИЧНОГО СТОЛБА

Цель работы – испытание центрально нагруженного кирпичного столба для определения его фактической несущей способности.

Этапы выполнения работы:

- определение расчетных характеристик кирпича и раствора (см. п. 2 настоящих указаний);
- выполнение расчета опытного элемента по методикам СНиП [1] и теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [2];
- подготовка к испытаниям;
- проведение испытания опытного образца и заполнение протокола;
- обработка результатов и выполнение сопоставления теоретических и экспериментальных данных.

Исходные данные:

Размеры опытного образца $b \times h \times l$, мм	380×250×900
Кирпич	Силикатный полнотелый. Сопротивление сжатию – 14,7 МПа. Марка М150.
Раствор	Цементно-песчаный. Сопротивление сжатию – 3,2 МПа. Марка М30.

Для назначения режима нагружения необходимо определить теоретическую несущую способность образца.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА по СНиП III-22-81* [1].

Условие прочности

$$N \leq m_g \varphi R A.$$

R — расчетное сопротивление сжатию кладки, определяемое по таблице. 2 [1] – 1,6 МПа;

6. Вычисление относительных деформаций кладки на i -ом этапе испытания производится.....

1. ...делением приращения деформаций на i -ом этапе на длину базы измерения мессуры;
2. ...делением полной величины деформации, измеренной на i -ом этапе, на длину базы измерения мессуры;
3. ...умножением приращения деформаций на i -ом этапе на длину базы измерения мессуры;
4. ...умножением полной величины деформации, измеренной на i -ом этапе, на длину базы измерения мессуры.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ИСПЫТАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНО НАГРУЖЕННОГО КИРПИЧНОГО СТОЛБА С КОСВЕННЫМ АРМИРОВАНИЕМ

Цель работы – испытание центрально нагруженного кирпичного столба с косвенным армированием для определения его фактической несущей способности.

Этапы выполнения работы:

- изготовление опытного образца;
- определение расчетных характеристик кирпича, раствора и арматурной стали (см. п. 2 настоящих указаний);
- выполнение расчета опытного элемента по методикам СНиП [1] и теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [2];
- подготовка к испытаниям;
- проведение испытания опытного образца и заполнение протокола;
- обработка результатов и выполнение сопоставления теоретических и экспериментальных данных.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 1

Вопрос	Варианты ответов
1. Цель работы.....	1. ...определение теоретической несущей способности опытного образца; 2. ...определение фактической несущей способности опытного образца; 3. ...изучение методологии испытаний строительных конструкций.
2. Определение прочностных характеристик материалов кладки необходимо для....	1. ...определения модуля упругости кладки; 2. ...определения предельных относительных деформаций кладки; 3. ...проведения вычисления величины теоретической несущей способности.
3. Вычисление теоретической величины несущей способности опытного образца необходимо для	1. ...сопоставления с экспериментально определенным значением 2. ...назначения режима нагружения и последующего сопоставления с экспериментально определенным значением; 3. ... назначения режима нагружения.
4. Измерения продольных и поперечных деформаций кладки осуществляются....	1. ... стальными линейками и рулетками; 2. ...геодезическими приборами; 3. ...мессурами с индикаторами часового типа; 4. ...индикаторами часового типа.
5. В ходе испытания на каждом этапе фиксируются....	1. ...величина прикладываемой нагрузки; 2. ...характер трещинообразования и ширина раскрытия трещин; 3. ...отсчеты измерительных проборов; 4. ...все перечисленное в п.п. 1-3; 5. ...все перечисленное в п.п. 1-3 и геометрические размеры образца.

φ — коэффициент продольного изгиба, определяемый по п. 4.2 [1];

$$\lambda_h = \frac{l_0}{h} = 90/25 = 3,6$$

Упругая характеристика кладки α принимается по таблице 15 [1]

$$\alpha = 750.$$

По таблице 18 [1] находим значение коэффициента φ .

$$\varphi = 1,0.$$

A — площадь сечения элемента

$$A = b \times h = 380 \times 250 = 95000 \text{ мм}^2.$$

m_g — коэффициент, учитывающий влияние длительной нагрузки

$$m_g = 1,0.$$

Несущая способность элемента

$$m_g \varphi R A = 1,0 \times 1,0 \times 1,6 \times 95000 = 152000 \text{ Н} = 152 \text{ кН}.$$

ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТА

по методике теории сопротивления анизотропных материалов сжатию [2]

Исходные данные:

Высота столба $l = 900$ мм.

Сечение столба $b \times h = 380 \times 250$ мм.

Прочностные характеристики камня

$$R_{сж.} = R_{cf} = 14,7 \text{ МПа} - \text{сжатие};$$

$$R_{ср.} = R_{sq} = 2,5 \text{ МПа} - \text{сдвиг (срез)};$$

$$R_{раст.} = R_t = 0,74 \text{ МПа} - \text{растяжение}.$$

Угол наклона граней клина $\alpha = 48^0$

Определение геометрических характеристик модели

A_{ef} – площадь поперечного сечения ядра сжатия

$$A_{ef} = b \times h \times \sin^4 \alpha = 380 \times 250 \times \sin^4 48^\circ = 28974 \text{ мм}^2$$

A_{sq} – площадь поверхности сдвига по граням клина

$$A_{sq} = h \times b (1 + \sin^2 \alpha) \cos \alpha = 250 \times 380 (1 + \sin^2 48^\circ) \cos 48^\circ = 98673 \text{ мм}^2;$$

A_{t1} , A_{t2} – площадь поверхности отрыва по разным граням клина

$$A_{t1} = (1 - h \times \sin \alpha \times \cos \alpha) \times b = (900 - 250 \times \sin 48^\circ \times \cos 48^\circ) \times 380 / 3 = 98253 \text{ мм}^2$$

Примечание: Центральное вертикальное сечение в плоскости большего размера (380 мм) на 2/3 состоит из площадей растворных швов и на 1/3 из поперечных сечений кирпичей.

$$A_{t2} = (1 - b \times \sin \alpha \times \cos \alpha) \times h = (900 - 380 \times \sin 48^\circ \times \cos 48^\circ) \times 250 = 177760 \text{ мм}^2$$

Величины усилий сопротивления растяжению, сдвигу и раздавливанию

$$N_t = R_t (A_{t1} + A_{t2}) = 0,74 (98253 + 177760) = 250467 \text{ кН}$$

$$N_{sq} = R_{sq} A_{sq} = 2,53,17 \times 98673 = 246682 \text{ кН}$$

$$N_{ef} = R_{ef} A_{ef} = 14,7 \times 28974 = 425926 \text{ кН}$$

Величина несущей способности

$$N = [(N_t \cos \alpha + N_{sq}) / \sin \alpha] + N_{ef} = [(250467 \cos 48^\circ + 246682) / \sin 48^\circ] + 425926 = 983391 \text{ Н} = 983,4 \text{ кН}$$

НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМА НАГРУЖЕНИЯ

Величины ожидаемой несущей способности опытного образца, вычисленные в соответствии с методиками СНиП [1] и теории сопротивления анизотропных материалов при сжатии составляют 152 кН и 984,4 кН. Учитывая, отмечаемое во многих источниках, значительное занижение методикой СНиП [1] несущей

- способы, использованные для определения теоретической величины несущей способности и ее значения, вычисленные по разным методикам;

- данные о режиме нагружения – количество этапов и значение, прикладываемой нагрузки на каждом из них;

- данные о методах измерений, приборах и приспособлениях;

- данные о величинах нагрузок трещинообразования и разрушения образца;

- данные о характере трещинообразования и разрушения образца;

- данные о величинах и характере изменений относительных горизонтальных и вертикальных деформаций кладки в процессе испытания;

- данные по степени расхождения величин теоретических и фактической несущей способности образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-22-81*. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования. /Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
2. Соколов Б.С. Теоретические основы сопротивления бетона и железобетона при сжатии. Известия ВУЗов.Строительство.- 1993. - № 9. - С.39-43.
3. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.
4. ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.
5. ГОСТ 427-75. Линейки измерительные металлические. Технические условия.
6. ГОСТ 7502-89. Рулетки измерительные металлические. Технические условия.
7. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. 1995.
8. Электронный учебный курс «Каменные и армокаменные конструкции», КГАСУ, 2007.
9. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. 2004.

Выражение для вычисления относительных деформаций на i -ом этапе испытания

$$\varepsilon_i = I_{n,i} - I_{n,0}/I_n,$$

где $I_{n,i}$ – отсчет n -го индикатора на i -ом этапе испытания;

$I_{n,0}$ - «нулевой» отсчет n -го индикатора;

I_n – база измерения n -го индикатора.

Пример графика изменения вертикальных относительных деформаций приведен на рис. 14.

Сопоставление опытных и теоретических результатов производится по формуле

$$[(N_{\text{cal,теор.}} - N_{\text{exp}}) / N_{\text{cal,теор.}}] \times 100\%,$$

где $N_{\text{cal,теор.}}$ – значение несущей способности образца, вычисленное теоретически по методикам [1, 2];

N_{exp} – фактическое значение несущей способности столба.

Заключительными этапами лабораторной работы являются формулирование выводов и ответы на контрольные вопросы.

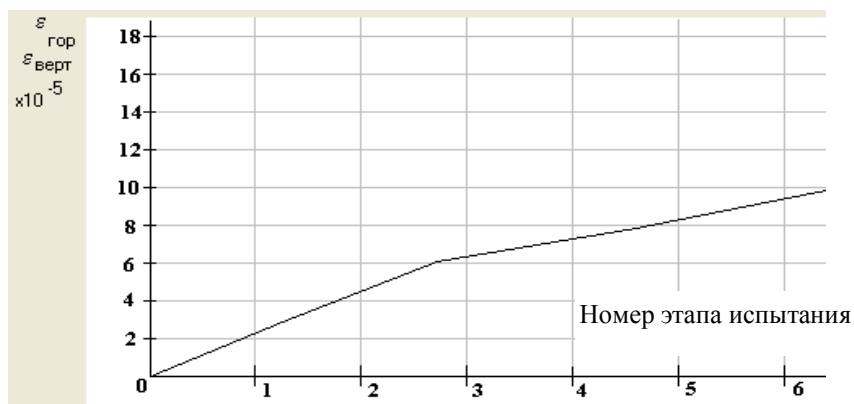


Рис. 14. Графическая зависимость «относительные деформации – номер этапа испытания»

Выводы

Выводы по работе должны отражать следующие моменты:

- данные по опытному образцу – геометрические и физические характеристики;

способности каменных конструкций принимаем ожидаемую величину разрушающей нагрузки равной 1000 кН. При этом нагружение будет осуществляться в 10 этапов с шагом 100 кН.

ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

В ходе подготовки к испытанию выполняется установка образца в испытательном прессе или стенде, выверка вертикальности и центровка по отношению к грузовым плитам, установка измерительных приборов (рис. 11), снятие и фиксация в протоколе «нулевых отсчетов», геометрических параметров образца и длин баз измерений мессур. Протокол испытания содержит 13 граф:

1. Дата проведения испытания;
2. Геометрические параметры образца – размеры сечения и высота, мм;
3. Номер этапа нагружения;
4. Значение нагрузки на каждом этапе, кН;
- 5-12. Отсчеты индикаторов мессур, установленных по 2 на каждой грани столба с указанием длин баз измерений;
13. Примечания



Рис. 11. Подготовленный к испытанию каменный столб

Кроме протокола испытания необходимо подготовить шаблоны для фиксации характера трещинообразования (рис. 12).

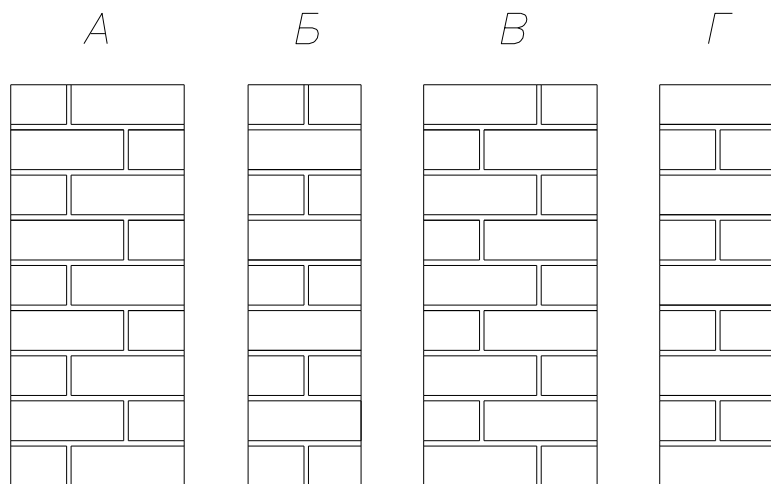


Рис. 12. Шаблоны для зарисовок характера трещинообразования

Предварительное загрузеие.

Предварительное загрузеие является контрольным этапом испытания. На данной стадии проверяется надежность нагрузочных приспособлений, крепление приборов и испытываемой конструкции, правильность показаний установленных приборов.

Интенсивность предварительного загрузеия принимается обычно равной величине первой ступени нагрузки, предусмотренной программой испытаний. Все, неудовлетворительно работающие, приборы и приспособления, выявленные во время контрольных загрузеий, подлежат ремонту или замене.

Процесс испытания.

После приложения каждой ступени нагрузки производится тщательный осмотр конструкции для выявления как вновь появившихся повреждений, так и степени развития уже имеющихся. На поверхности конструкции и на шаблонах с помощью карандаша

наносятся контуры трещин, обводятся контуры сколов и других повреждений. Концы трещин отмечают поперечными штрихами, рядом с которыми пишут ширину раскрытия и номера ступеней нагрузок (рис. 13). Совокупность таких отметок дает наглядную картину постепенного развития повреждений и трещин по мере роста испытательной нагрузки.

Ширина раскрытия трещин определяется при помощи микроскопа МПБ-2

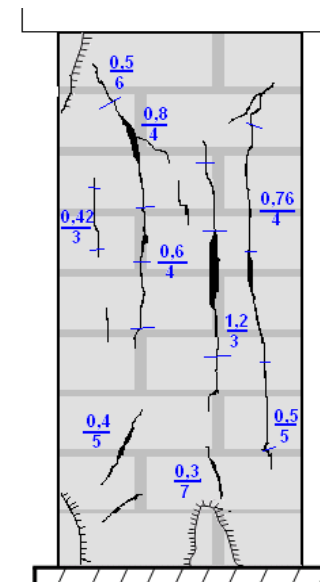


Рис. 13. Пример фиксации характера трещинообразования и разрушения

Запись показаний приборов на каждой ступени осуществляют после 10-ти минутной выдержки приложенной нагрузки. Отсчеты по всем измерительным приборам должны производиться быстро, чтобы их показания соответствовали одному и тому же деформированному состоянию испытываемой конструкции.

Демонтаж приборов, измеряющих поперечные деформации, выполняется при появлении вертикальных трещин пересекающих базу измерения. Демонтаж всех измерительных приспособлений во избежание их повреждения производится при появлении признаков приближающегося разрушения образца.

Обработка результатов испытаний

По окончании испытания производится камеральная обработка полученных результатов. Обработка заключается в определении приращений деформаций по этапам испытания, вычислении величин относительных поперечных и продольных деформаций кладки, построении графических зависимостей.