

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра железобетонных и каменных конструкций

Испытания железобетонных конструкций.

Методические указания по выполнению
лабораторных работ
по дисциплинам
“Строительные конструкции” и “Железобетонные конструкции”
Для студентов направления подготовки
08.03.01 Строительство
Направленность (профиль):
Все профили

Казань 2015

Составители: Фабричная К.А.

УДК 692.22

Испытания железобетонных конструкций.. Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 08.03.01 "Строительство" по дисциплинам "Строительные конструкции" и "Железобетонные конструкции"/ Казанский государственный архитектурно-строительный университет; Составитель К.А. Фабричная. Казань, 2015. – 30 с.

Методические указания содержат рекомендации по схемам, использованию приборов, обработке результатов испытаний и оформлению отчета по лабораторным работам для дисциплин "Строительные конструкции" и "Железобетонные конструкции", а также могут быть использованы при планировании экспериментальных исследований в НИР.

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры железобетонных и каменных конструкций КГАСУ (протокол № ____ от “__” _____ 2015г.)

Илл. 25; табл. 9.

© Фабричная К.А., 2015.

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2015.

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы являются важной составной частью учебного процесса. При их выполнении студенты знакомятся с методикой испытания и приобретают некоторые навыки экспериментальных исследований железобетонных конструкций.

Для студентов направления «Строительство» программой курсов «Железобетонные конструкции» и «Строительные конструкции» предусматривается проведение следующих

лабораторных работ:

1. Испытание железобетонной балки на изгиб с разрушением по нормальному сечению.
2. Испытание железобетонной балки на изгиб с разрушением по наклонному сечению от действия поперечной силы.
3. Испытание железобетонной стойки на внецентренное сжатие с большим эксцентриситетом
4. Испытание предварительно напряженной железобетонной балки

Каждая лабораторная работа включает следующие этапы.

1. Подготовка. При подготовке студент обязан проработать соответствующие разделы теоретического курса, ознакомиться с методическими материалами.

2. Исходные данные. К исходным данным относятся результаты испытаний бетона и арматуры; геометрия и армирование образцов; устройство и размеры испытательных установок; схемы расстановки, марки, единицы и погрешности измерительных приборов.

3. Испытания. Последовательное нагружение образцов статической нагрузкой, запись показаний приборов и наблюдений за развитием трещин. Запись схемы разрушения образцов.

4. Обработка. Вычисление прочностных и деформативных характеристик материалов, величин нагрузок, перемещений, относительных деформаций, кривизн и ширины раскрытия трещин. Расчет

экспериментальных значений измеряемых параметров с учетом погрешностей измерений, построение диаграмм, теоретический расчет трещиностойкости и прочности образцов, сопоставление экспериментальных и теоретических результатов, оформление отчета и подготовка к защите.

5. Защита. Проводится индивидуально каждым студентом после оформления отчета. Отчет должен быть проверен и подписан преподавателем. Защита подразумевает собеседование по материалам отчета и ответы на контрольные вопросы.

Лабораторные работы традиционно являются важной частью в изучении конструкторских дисциплин. Испытания железобетонных конструкций наглядно демонстрируют их поведения на всех стадиях нагружения, дают возможность осмыслить результаты испытаний, позволяют успешно освоить сущность конструирования и концепции теории железобетонных конструкций.

При выполнении лабораторных работ студенту представляется практиче-

ская возможность изучить:

- планирование и подготовку физического эксперимента по испытанию строительных конструкций на статические нагрузки;
- устройство, установку и работу измерительных приборов;
- поведение образцов железобетонных конструкций в стадиях деформирования, характеризующихся работой без трещин и с трещинами в растянутой зоне сечений;
- схемы разрушения образцов железобетонных конструкций при изгибе и сжатии;
- методику и расчеты, связанные с обработкой эксперимента;
- анализ и сопоставление результатов эксперимента и теоретического расчета

Наблюдая за поведением конструкций на протяжении всего процесса испытания - от начала нагружения до разрушения, студенты

получают наглядное представление о действительной работе железобетонных конструкций и их составных элементов при восприятии внешней нагрузки.

Определение деформаций в бетоне и арматуре, прогибов и ширины раскрытия трещин в испытываемых конструкциях осуществляется с помощью приборов (тензометров, прогибомеров и индикаторов, отсчётного микроскопа), что даёт возможность проверить экспериментально-теоретические положения, принятые в расчетах железобетонных конструкций. Все испытания лабораторных образцов проводятся при кратковременных нагрузках, задаваемых скоростью нагружения.

Для сопоставления результатов натуральных испытаний с теоретическими, а так же для предварительного определения разрушающей нагрузки студентам необходимо выполнить расчеты испытываемых образцов, с учетом контрольных геометрических размеров и прочностных характеристик полученных из испытаний контрольных образцов материалов. После обработки результатов испытаний, необходимо установить расхождения значений, построить графики – сопоставления ожидаемых и полученных результатов.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При выполнении лабораторных работ студенты изучают методы испытания железобетонных конструкций, знакомятся с практическим использованием измерительных приборов, производят замеры деформаций, обрабатывают результаты испытаний. На основании данных экспериментальных исследований определяют несущую способность, трещиностойкость, жёсткость элементов. Сопоставление результатов теоретических расчетов и экспериментальных данных позволяет студенту оценить правильность принятых расчетных предпосылок.

После выполнения лабораторных работ студент должен уметь:

- подготовить к испытаниям железобетонные конструкции, а также образцы арматуры и бетона:

- использовать измерительные приборы и аппаратуру и с их помощью провести замеры деформаций бетона и арматуры, ширину раскрытия трещин, прогибы;

- составлять схемы развития трещин

- проводить обработку и анализ материалов испытаний, определить необходимые прочностные и деформативные характеристики, построить кривые прогибов, график зависимости $\sigma - \epsilon$ и т.д.;

- проводить проверочные расчеты усилий в сечениях элементов конструкций и сравнивать их с результатами испытаний

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

С настоящими методическими указаниями студенты знакомятся самостоятельно до лабораторных занятий. Перед началом испытаний образцов они получают консультацию преподавателя о порядке выполнения работ, об испытательных машинах и приборах, а также о правилах поведения в лаборатории и технике безопасности.

Загрузка образцов ведется ступенями, величина которых не должна превышать 5-10% от разрушающей нагрузки. После каждой ступени нагружения делается выдержка 3-5 минут. Под нормативной нагрузкой балки выдерживаются 10 минут. Во время выдержек снимаются отчеты по приборам, производится осмотр конструкций, фиксируется появление и развитие трещин, измеряется ширина их раскрытия в уровне расположения арматуры. Измеряются три-четыре наиболее раскрывшиеся трещины в одних и тех же местах, помеченных на боковых поверхностях образцов. Для лучшей видимости трещин поверхность балок и стоек перед испытаниями окрашивается жидким известковым раствором, а глубина раскрытия отмечается маркером на каждом этапе. Все отсчеты по приборам заносятся в специальный бланк-журнал испытаний. Последние ступени нагружения рекомендуется

уменьшать наполовину. Это позволяет точнее установить величину разрушающей нагрузки. Приборы (индикаторы) снять при нагрузках более 70 % от разрушающей.

Момент разрушения конструкций определяется по одному из следующих признаков:

- а) напряжения в арматуре достигли предела текучести (интенсивный рост деформаций без увеличения нагрузок);
- б) разрушилась сжатая зона бетона (отслоение лещадок);
- в) ширина раскрытия трещин превышает 3 мм;
- г) прогиб в середине пролета балки превышает $L/50$.

В процессе испытания образцов определяются:

- величина разрушающей нагрузки;
- прогиб балок (деформация колонны) при нормативной нагрузке;
- нагрузка, соответствующая образованию первых видимых трещин. характер их развития и максимальная ширина раскрытия при нормативной нагрузке.

По результатам испытаний и сравнению теоретических и опытных данных должны быть сделаны выводы. Следует также зарисовать картины разрушения, произвести вскрытие арматуры в расчетных сечениях. Обнаруженные отклонения необходимо учесть при обработке результатов испытаний.

Настоящие методические указания составлены в соответствии с требованиями стандартов:

- ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости;
- ГОСТ 12004-81 (1995). Сталь арматурная. Методы испытаний на растяжение;
- ГОСТ Р 53231-2008. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности;

- ГОСТ17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности;
- ГОСТ10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам;
- ГОСТ24452-80, ГОСТ24544-81, ГОСТ24545-81. Бетоны. Методы испытаний.

УКАЗАНИЯ ПО РАБОТЕ С ПРИБОРАМИ И ОБОРУДОВАНИЕМ

При испытании железобетонных конструкций изучаются не только особенности их работы под нагрузкой, но и определяются прогибы, напряжения и ширина раскрытия трещин. Если прогибы, ширину раскрытия трещин можно измерить специальными приборами, то напряжения непосредственно измерить нельзя. При небольших нагрузках, когда наблюдается упругая работа материала, связь между напряжениями и деформациями описывается законом Гука. Подобную зависимость между напряжениями и деформациями можно считать справедливой до момента появления трещин, когда определив модуль упругости бетона при сжатии E_b , несложно перейти от относительных деформаций к напряжениям $\sigma = \varepsilon \cdot E_b$.

С появлением трещин зависимость между напряжениями и деформациями становится сложной и можно измерять только деформации образца или элемента конструкции. Для замера перемещений и деформаций испытываемых конструкций или их элементов применяются специальные измерительные приборы. Они должны быть приспособлены для быстрой и надежной установки их при испытаниях, обладать достаточной точностью и широким диапазоном измерений деформаций и перемещений без перестановки и переналадки их в процессе испытаний, иметь простую и надежную конструкцию, малый вес и небольшие размеры.

Для измерения деформаций (перемещений) используются приборы механического действия, основанные на принципе механического

увеличения и преобразования измеряемых величин, и электрические, позволяющие измерять электрические величины (перемещения, деформации) электрическими методами. Электрические приборы, наряду с высокой точностью, имеют следующие преимущества: возможность измерения перемещений и деформаций почти одновременно во многих точках конструкции и др.

Приборы механического действия

При испытании образцов или элементов конструкций для измерения деформаций (перемещений) применяют прогибомеры, индикаторы и тензометры.

Прогибомеры заводского изготовления по характеру работы и конструктивному решению могут быть подразделены на прогибомеры с проволочной связью и прогибомеры контактные.

Прогибомеры с проволочной связью отличаются тем, что для связи с испытываемой конструкцией используется тонкая мягкая проволока диаметром 0,25...0,4 мм. Проволока прикрепляется к испытываемой конструкции, а на свободном конце ее подвешивается уравнивающий груз массой 1...3 кг. Прогибомер устанавливается на специальной опоре (штативе) под исследуемой конструкцией, а иногда непосредственно на испытываемой конструкции (рис. 1).

Индикаторы часового типа применяются для измерения небольших перемещений. В лабораторных работах используются индикаторы с ценой деления 0,01 мм. Через корпус прибора (рис. 2) проходит шток 1, имеющий зубчатую нарезку 4, продольное перемещение штока через систему зубчатых передач 3 передается на стрелку 2. Передача рассчитана таким образом, что при перемещении штока на 1 мм большая стрелка делает один оборот. Циферблат 5 имеет 100 делений по окружности. Кроме того, на циферблате имеется небольшая стрелка или штифт, показывающий число целых

миллиметров. Величина перемещений штока 10 мм. При снятии отсчетов

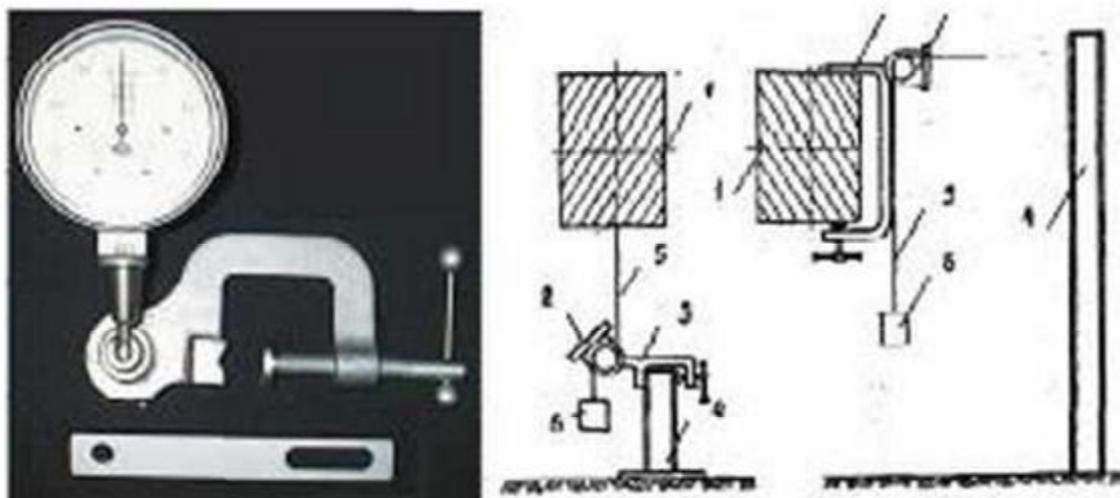


Рис. 1. ПрогибомерАистова и схема его установки:

1 – испытываемая конструкция; 2 – прогибомер; 3 – трубочина; 4 – специальная опора(штатив); 5 – прогибомерная проволока; 6 – прогибомерный груз

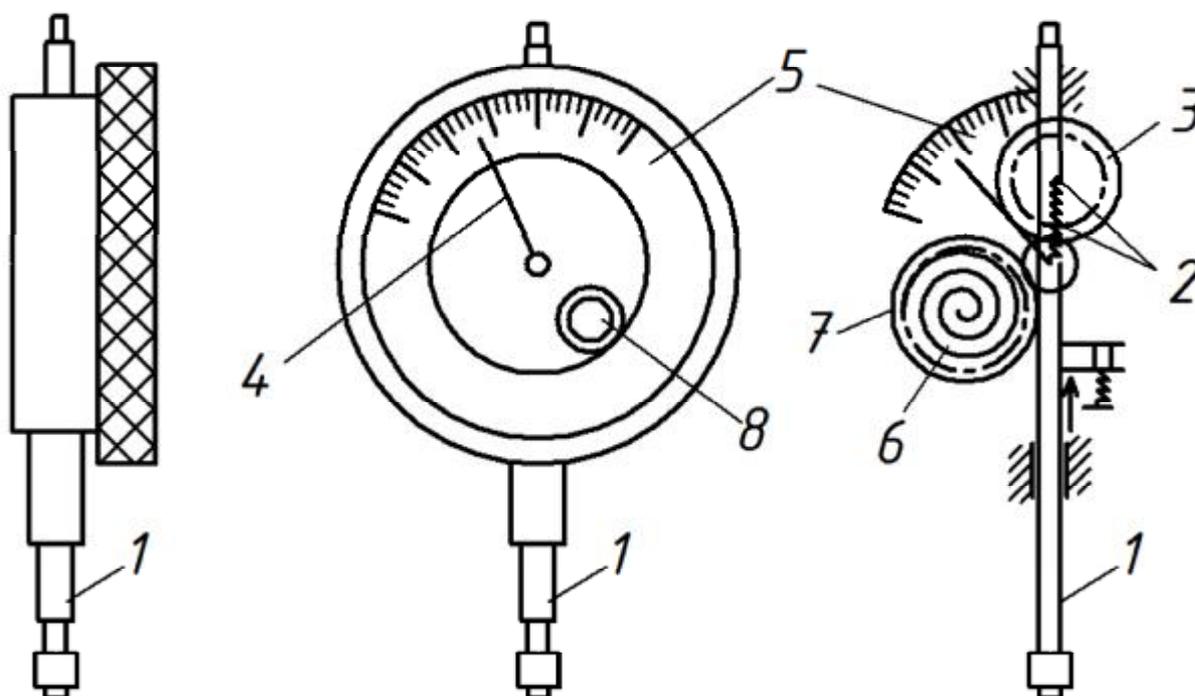


Рис. 2. Индикатор часового типа

следует помнить, что цена деления на малой шкале 1 мм, на большой 0.01 мм. Отсчет записывается в следующем порядке: сначала пишут показания малой шкалы, а затем число делений на большой шкале. Для измерения различного рода перемещений или прогибов индикатор

укрепляют таким образом, чтобы обеспечить передачу измеряемых перемещений на шток. Закрепление индикатора можно производить при помощи специальных подставок, струбцин, мессур или просто винтом через специальное ушко на задней крышке.

В электроизмерительных приборах различают две основные части. Первая, называемая датчиком (тензорезистором), воспринимает деформации исследуемого элемента конструкции и преобразует их в величины электрического измерения.

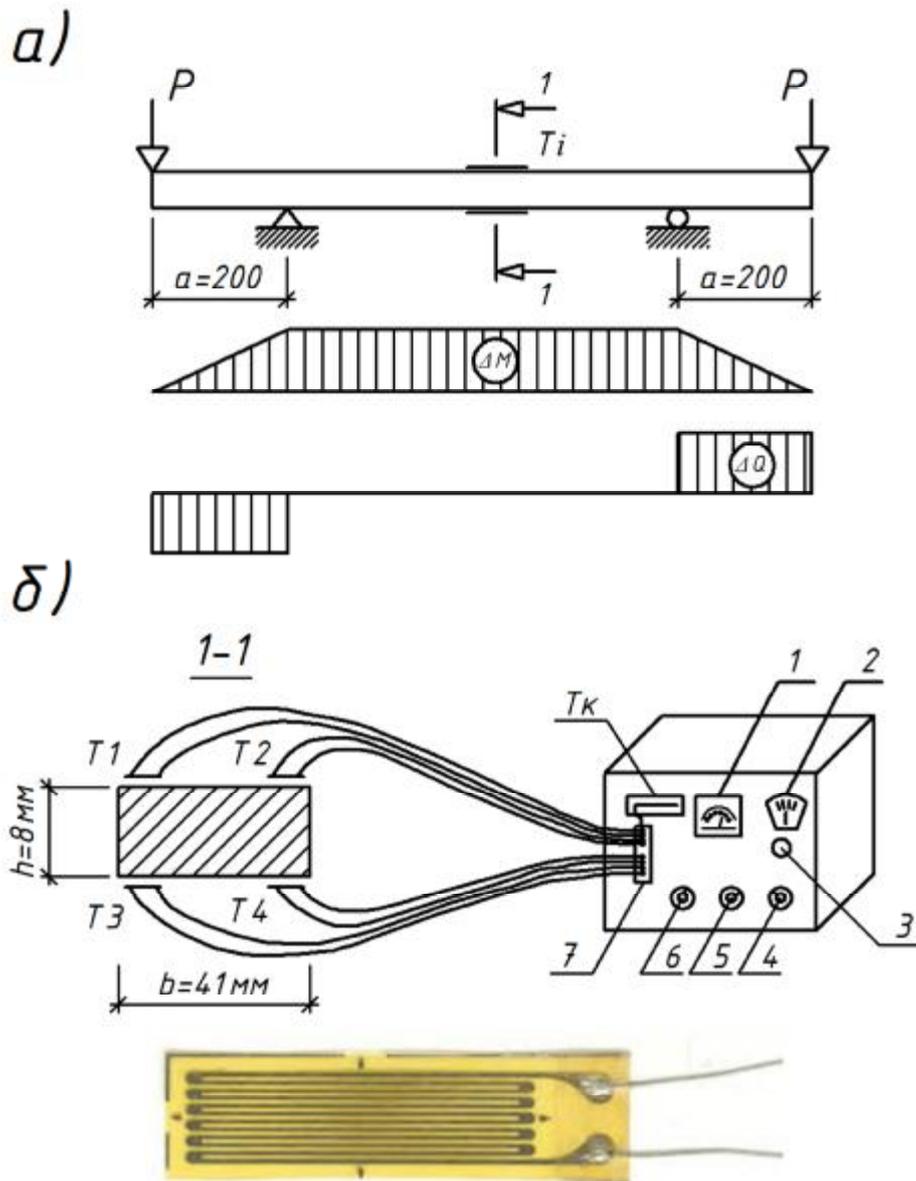


Рис. 3. Схема расположения и общий вид установки при использовании тензорезисторов

Другая часть, называемая регистрирующей установкой или устройством, регистрирует изменения того или иного электрического параметра, происходящего вследствие деформации датчика.

Электрические тензометры. В настоящее время для измерения деформаций при испытаниях сооружений, строительных конструкции и деталей наиболее широко используются тензорезисторы, рис.3. Принцип действия тензорезисторов основан на изменении омического сопротивления R проводников (полупроводников) при деформации.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОБРАЗЦЫ

Образцы железобетонных балок для испытаний на изгиб с разрушением по нормальному сечению и с разрушением по наклонному сечению приняты одинаковых размеров. Используется железобетонная балка прямоугольного сечения из тяжелого бетона, армированная плоским сварным каркасом (рис. 4). Продольная рабочая арматура стержневая диаметром 10 мм класса А – I (А240), поперечная диаметром 6 мм класса А – I (А240). Длина балки L 120 (± 5) см, ширина балки b 8(± 1) см, высота сечения h 16 (± 1) см.

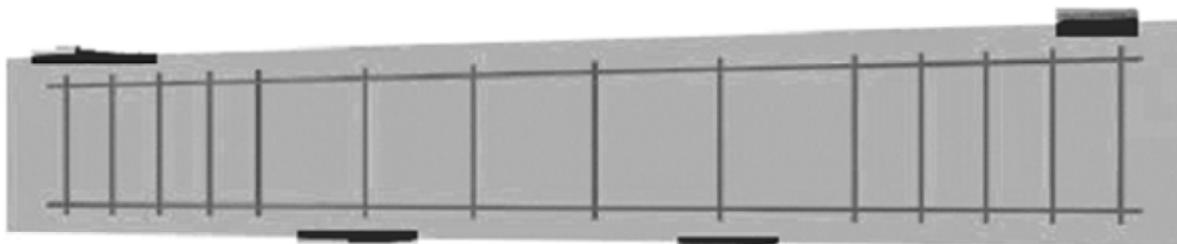


Рис. 4. Общий вид испытываемых балок.

Для испытаний на сжатие цели используется железобетонная колонна прямоугольного сечения с уширениями в опорных частях из тяжелого бетона, армированная пространственным каркасом (рис. 5). Продольная рабочая арматура в растянутой и сжатой зонах – стержневая класса А-I (А240) диаметром 10мм. Длина колонны L 120 см, длина участка

постоянного сечения $L_1 = 80$ см, ширина сечения $b = 10$ см, высота сечения $h = 17$ см, рабочая высота сечения $h_0 = 15$ см.

Для проведения четвертой работы используется балка, близкая по размерам к первым образцам, однако отличающаяся армированием. Используется железобетонная балка прямоугольного сечения из тяжелого бетона, армированная стержневой предварительно напряженной арматурой класса А-IV (А600) и пространственными каркасами на опорных участках, рис.6. Предварительное напряжение в арматуре создается электротермическим способом. Длина балки $l = 138$ см, ширина сечения $b = 9$ см, высота сечения $h = 18$ см.

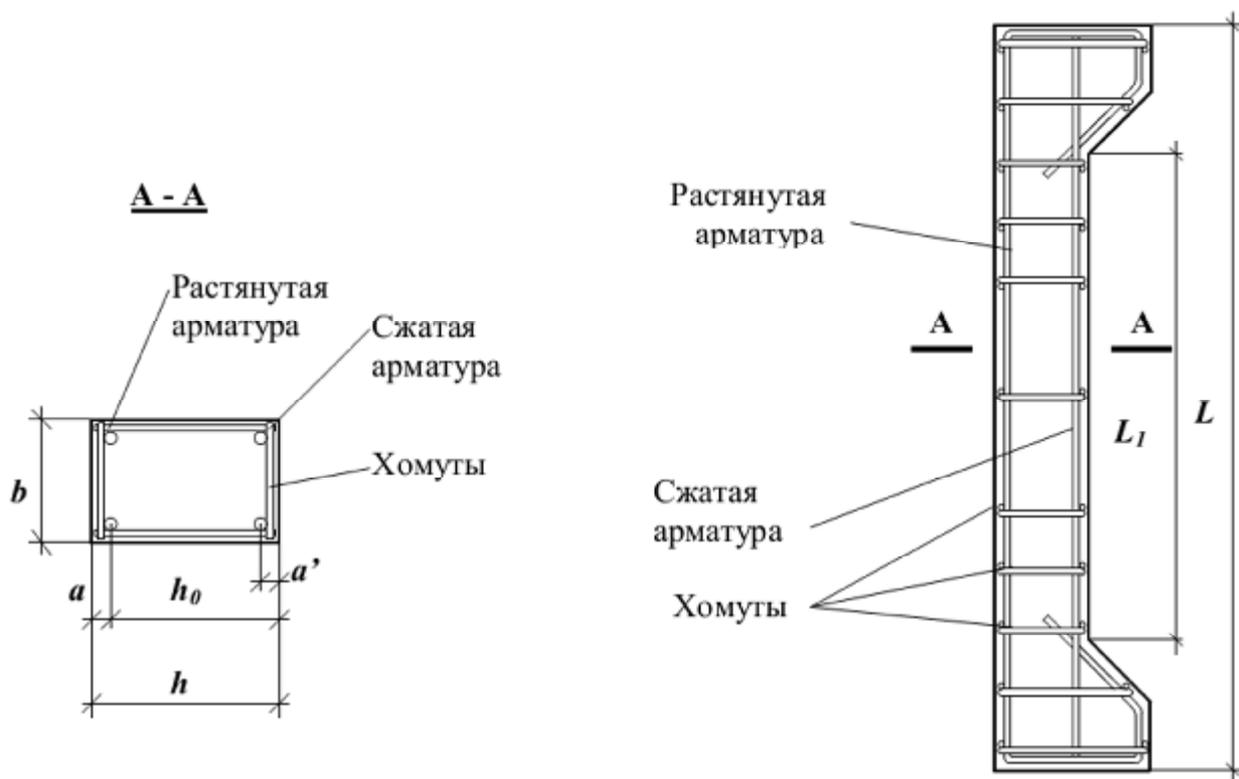
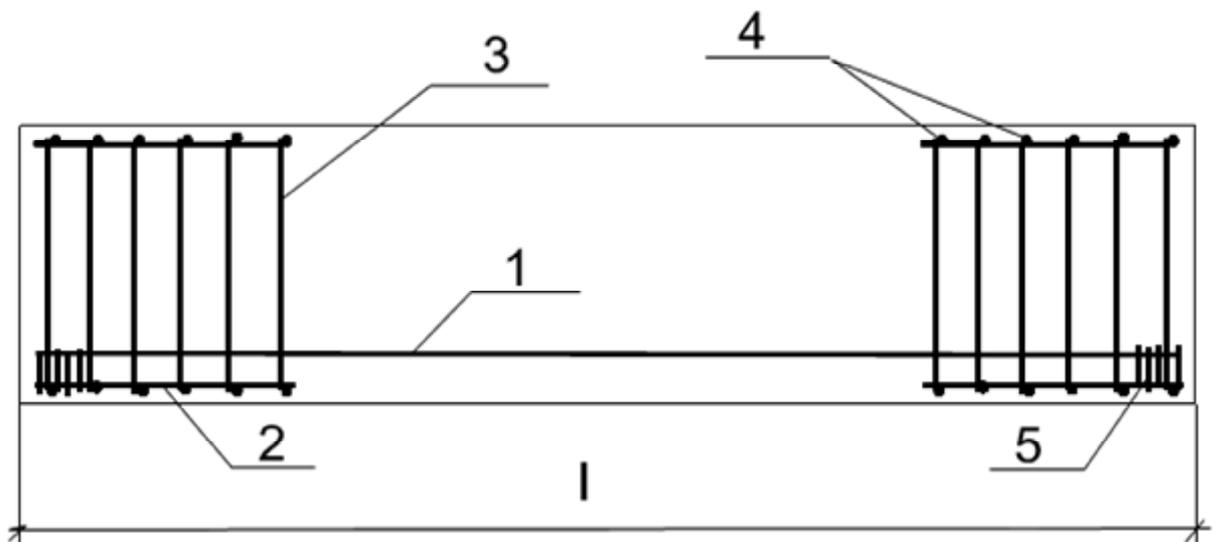


Рис. 5. Схема испытываемой колонны



.Рис. 6. Схема балки с предварительно-напряженной арматурой:
 1 - предварительно напряженная продольная арматура; 2 - продольные стержни каркасов; 3 - поперечные стержни каркасов; 4 - соединительные стержни каркасов; 5 - дополнительное армирование зоны передачи напряжений

ПРОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ

Выполняются по известным методикам, с учетом указаний нормативных документов и результатов контрольных измерений геометрии и определения прочностных характеристик материалов с помощью испытаний образцов по ГОСТ.

УКАЗАНИЯ ПО ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Обработку результатов испытаний можно разбить на два этапа. Первый этап включает заполнение всех граф журнала испытания, составление схем появления и развития трещин, зарисовки местных разрушений т.е. работа выполняется параллельно процессу испытания образца. В начале работы в журнал испытаний записываются «нулевые» отсчеты по приборам. На каждом этапе при постоянной нагрузке снимают показания приборов. При проведении испытаний следует внимательно следить за поведением конструкции, чтобы выделить характерные этапы в ее работе, например, момент образования трещин и

др. С этой целью рекомендуется сравнивать между собой приращения деформаций между этапами.

На втором этапе данные испытаний приводят к такому виду, чтобы при помощи полученных материалов можно было проанализировать состояние конструкции на отдельных этапах ее испытания, то есть сводят величины перемещений, деформаций, зарисовки трещин, отдельные записи в таблицы, графики, сводные карты трещин, характеристики поведения конструкции при различных ступенях загрузки и др - т.е. выполняют обработку полученных данных и анализ их результатов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ С РАЗРУШЕНИЕМ ПОНОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение напряженно-деформированного состояния железобетонной балки в зоне чистого изгиба на всех стадиях ее загрузки.

В ходе выполнения первой лабораторной работы решаются следующие задачи:

- изучение работы балки до появления трещин в растянутой зоне(первая стадия напряженно-деформированного состояния);
- изучение особенностей напряженно-деформированного состояния железобетонной балки при образовании трещин и их последующее раскрытие(вторая стадия напряженно-деформированного состояния);
- исследование характера образования и развития трещин и разрушения балки по нормальному сечению;
- определение экспериментального и теоретического моментов образования трещин, сравнение их величин;
- определение экспериментального и теоретического разрушающего моментов, сравнение их величин;
- обработка и анализ полученных экспериментальных данных.

Схема расположения опор и приложения нагрузки от пресса, а так же характерная эпюра изгибающего момента показаны на рис. 7. Схема загрузки экспериментального образца определяется задачами испытания. Усилие на балку передается в двух точках через распределительную траверсу, при этом на участке балки между парой сосредоточенных сил создается зона чистого изгиба. На рис. 8 приведено расположение измерительных приборов.

До начала испытаний замеряется расчетный пролет балки L_0 , расстояние между точками приложения нагрузки L_1 и L_2 - от опоры балки до точки приложения нагрузки. При этом определяется база измерения деформации K и расстояние между сжатыми и растянутыми волокнами - H . Данные заносятся в журнал испытания.

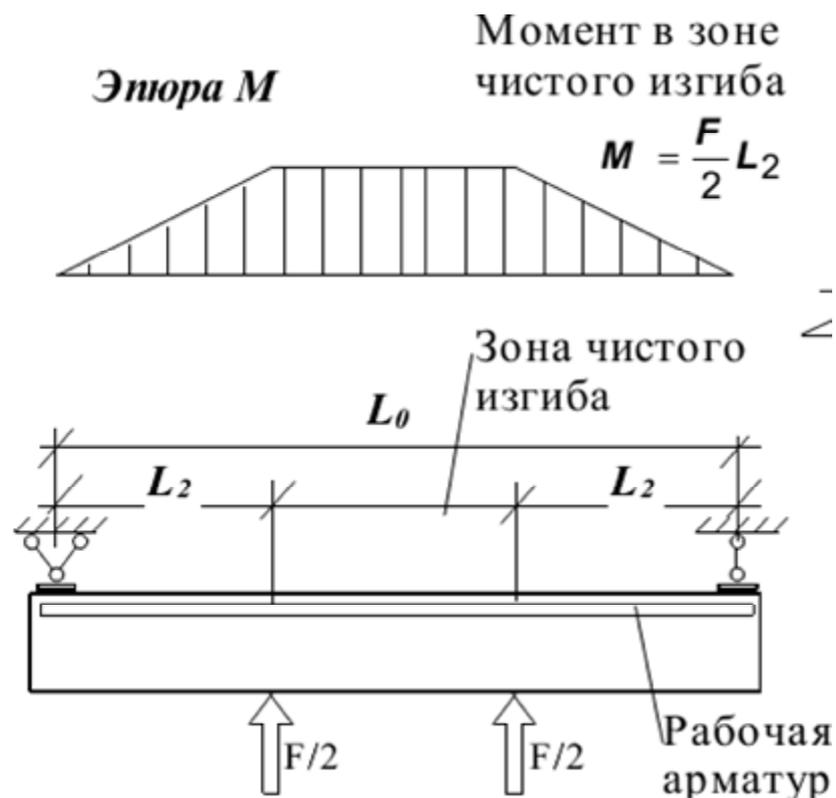


Рис. 7. Схема расположения опор и приложения нагрузки, а так же характерная эпюра изгибающего момента

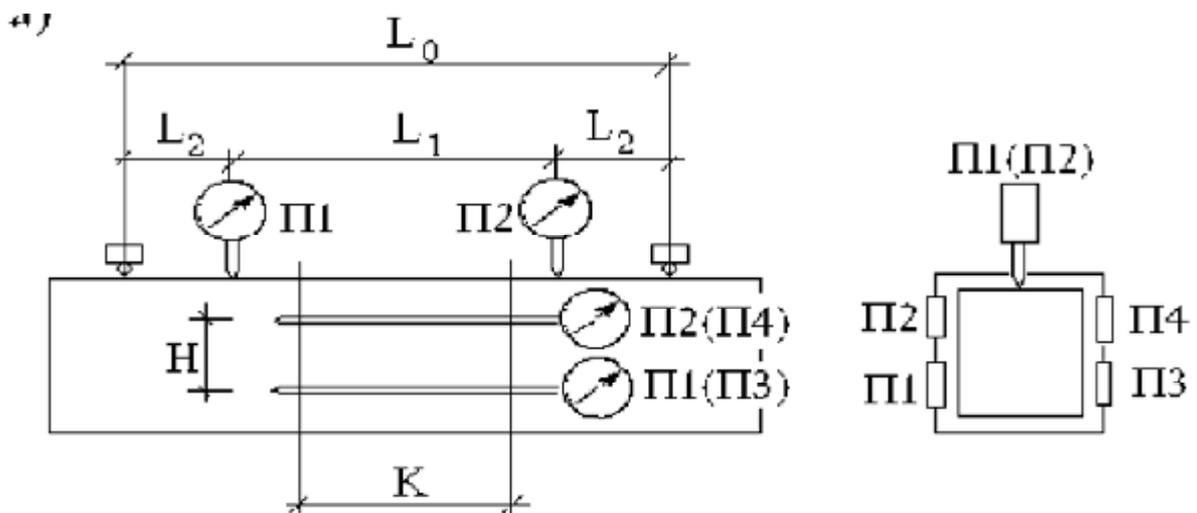


Рис. 8. Схема расположения измерительных приборов

Измерение геометрических размеров балки производится с помощью рулетки, диаметры арматуры измеряются штангенциркулем. Вертикальные перемещения балки фиксируются индикаторами часового типа ИЧ-25, деформации удлинения или укорочения - индикаторами часового типа ИЧ-10. Ширина раскрытия трещин определяется с помощью микроскопа МПБ-3.

Перед загрузением балку осматривают, зарисовывают начальные(нулевые) трещины и околы бетона. Затем снимают начальные отсчеты по индикаторам и заносят в ведомость испытаний (табл.3 журнала испытаний). Загружение балки осуществляется этапами. После каждого этапа нагружения делается выдержка не менее 5 минут. В конце выдержки снимаются показания по приборам, измеряется ширина раскрытия трещин. На поверхности балки проводятся карандашом линии параллельные трещинам с проставлением номера этапа, после чего делается контрольная фотофиксация. Показания приборов заносятся в ведомость испытаний. Испытания балки проводятся до ее полного разрушения. В процессе работы может выполняться видеосъемка.

Обработка экспериментальных данных

Обработка результатов испытаний производится в следующей последовательности:

1. Нагрузка (усилие) создаваемое установкой, определяется как произведение величины давления Р на площадь пластины А:

$$F = PA$$

2. Вычисляется изгибающий момент в зоне чистого изгиба:

$$M = 0,5F_iL_2,$$

где F_i - нагрузка на этапе загрузки, кН; L_2 -- расстояние от опор доточки приложения силы, м.

3. Прогибы по каждому прогибомеру определяется по формуле:

$$f_i = (N_i - N_0) \gamma,$$

где N_i - показания приборов на i - том этапе; N_0 - показания индикатора на начальном этапе; γ – цена деления прибора, мм. Величина прогиба балки определяется как среднее арифметическое прогибов рассчитанных по показаниям прогибомеров П1 и П2.

4. Вычисляются относительные деформации сжатия и растяжения бетона на каждом этапе загрузки по показаниям индикаторов из условий:

$$\varepsilon = (N_i - N_0) \gamma / K,$$

где К – база измерения деформаций.

Величина относительных деформаций принимается как среднее арифметическое значение по показаниям 2-х индикаторов.

5. Кривизна продольной оси $1/r$ определяются приближенно по формуле:

$$1/r = \operatorname{tg} \varphi = (\varepsilon_c / + \varepsilon_t) / H,$$

где Н-расстояние между индикаторами(по вертикали).

6. Опытные усилия

а) опытное значение момента трещинообразования

$$M_{cr,on} = 0,5 F L_2,$$

где F-нагрузка на i -том этапе, при которой возникли трещины в балке.

$$F = P \times \pi \times D^2 / 4,$$

где Р – давление; D – диаметр поршня прессы.

Погрешность определения опытного значения момента трещинообразования определяется по формуле:

$$\Delta M = 0,5(\Delta F L_2 + F \Delta L_2),$$

где ΔF -погрешность измерения нагрузки, равная $\Delta F = \Delta P \times \pi \times D^2 / 4 + \Delta D \times P \times \pi \times D / 2$,

ΔP - погрешность измерения давления; D - диаметр поршня; P - давление, при котором появляются трещины в балке; ΔD - погрешность измерения диаметра поршня; ΔL_2 - погрешность измерения расстояния.

б) Опытное значение предельного момента (прочность балки)

$$M_{u, on} = 0,5 F_{max} \times L_2,$$

где F_{max} - разрушающая нагрузка.

Погрешность определения опытного значения предельного момента вычисляется по формулам:

$$\Delta M = 0,5(\Delta F_{max} L_2 + F_{max} \Delta L_2),$$

$$\Delta F = \Delta P \times \pi \times D^2 / 4 + \Delta D \times P \times \pi \times D / 2$$

Расчеты по показаниям приборов заносятся в табл.2.

7. На основе обработанных данных строятся диаграммы:

- «Нагрузка F - прогиб- f »;
- «изгибающий момент M – кривизна $1/r$ »;
- «Нагрузка F -ширина раскрытия трещин a_{cr} ».

Проверочные расчеты балки проводим с учетом указаний [1,2,3].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ С РАЗРУШЕНИЕМ ПО НАКЛОННОМУ СЕЧЕНИЮ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение напряженно – деформированного состояния железобетонной балки при изгибе по наклонному сечению.

В ходе выполнения второй лабораторной работы решаются следующие основные задачи:

- изучение работы балки до и после появления наклонных трещин;

- исследование характера образования и раскрытия наклонных трещин;
- определение экспериментального и теоретического значения поперечных сил, сравнение их величин;
- обработка и анализ полученных экспериментальных данных.

Для балочных конструкций на приопорных участках характерны напряженные состояния, связанные с проявлением деформации сдвига. Разрушение конструкций происходит по сечению наклонному к продольной оси от воздействия поперечной силы и изгибающего момента.

Возможны три случая разрушения изгибаемых элементов:

- разрушение по наклонной сжатой полосе;
- разрушение по наклонной трещине от действия изгибающего момента;
- разрушение по наклонной трещине от действия поперечной силы.

В лабораторной работе исследуется последний случай разрушения железобетонной балки по наклонной трещине от действия поперечной силы. Схема расположения опор и приложения нагрузки, рис.9 аналогична первой работе, однако для получения требуемого результата траверса удлинена, до расстояния от опор $\frac{1}{4}$ пролета. При этом на участке балки между опорами и точками приложения нагрузки действует поперечная сила (создается зона, где преобладают деформации сдвига).

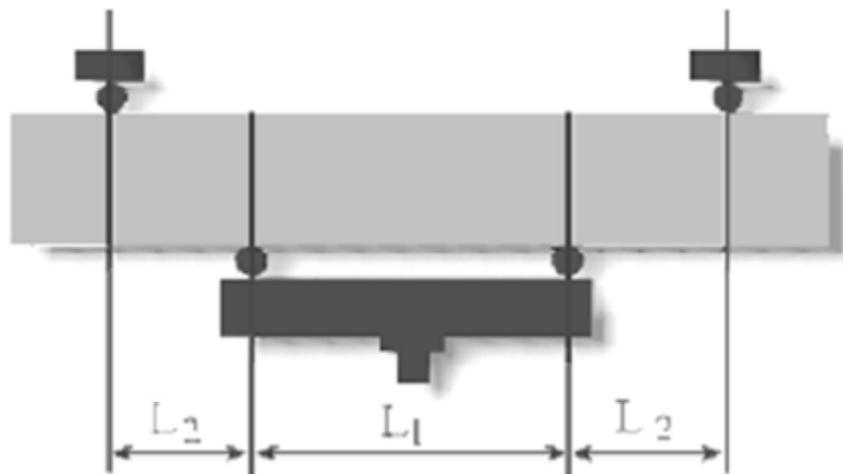


Рис.9 Схема расположения опор и приложения нагрузки

До начала испытаний замеряются: расчетный пролет балки $-L_0$, расстояние между точками приложения нагрузки L_1 , а также L_2 - от опоры балки до точки приложения нагрузки. Данные заносятся в журнал испытаний.

Экспериментальная балка оснащается приборами для измерения прогибов Π_1 и Π_2 , деформаций волокон бетона - T_1 и T_2 . Расстановка приборов показана на рис. 9. Балку осматривают, зарисовывают начальные (нулевые) трещины и околы перед загрузкой. Затем снимают начальные отчеты по прогибомерам Π_1 и Π_2 , по тензOMETрам T_1 и T_2 и заносят их в журнал испытаний. При загрузке балки испытательной нагрузкой в ведомость испытаний заносят показания манометра и отсчеты по приборам. Загрузка балки осуществляется этапами. После каждого этапа нагружения делается выдержка, фиксируются показания приборов, которые заносятся в журнал испытаний, отмечается начало образования наклонных к продольной оси трещин, замеряется ширина их раскрытия и характер разрушения железобетонной балки. Испытание проводится до полного разрушения образца.

Обработка экспериментальных данных

Обработка результатов испытаний производится в следующей последовательности :

1. Усилие, создаваемое установкой, определяется, как произведение величины давления P на площадь площадки A

$$F = P \times A.$$

2. Вычисляется поперечная сила в балке

$$Q = 0,5 \times F_i,$$

где F_i – нагрузка на i -ом этапе.

3. Прогибы по каждому прогибомеру определяются разностью отсчетов по приборам $(N_i - N_0)$, умноженной на цену деления γ

$$f_i = (N_i - N_0) \gamma.$$

Величина прогиба балки определяется на каждом этапе как среднеарифметическое прогибов, рассчитанных по показаниям прогибомеров П1 и П2.

4. Относительные деформации растяжения определяются по показаниям тензометров Т1 и Т2 как разность отсчетов по приборам ($N_i - N_0$), умноженной на цену деления Ψ и поделенным на базу прибора K

$$\varepsilon_t = (N_i - N_0)\Psi / K.$$

Например, для прибора Т1 начальный отсчет равен $N_0 = 174$, на первом этапе загрузки $N_1 = 170$, цена деления прибора ТА-2 $\Psi = 0,001$. Тогда относительные деформации на первом этапе загрузки равняются

$$\varepsilon_1 = (174 - 170)0,001 / 150 = - 0,0000266,$$

где $K = 150$ мм – база измерения удлинений волокон бетона или расстояние между точками опоры тензометра.

Величины ε заносятся в таблицу журнала испытаний.

5. Устанавливается погрешность измерения нагрузки, соответствующая разрушению балки

$$\Delta Q = \Delta P \times \pi \times D^2 / 4 + \Delta D \times P \times \pi \times D / 2,$$

где P – давление, при котором произошло разрушение балки по наклонному сечению.

Остальные обозначения аналогичны, представленным в первой лабораторной работе.

6. Определяется поперечная сила (прочность балки) с учетом погрешности измерения

$$Q = Q_{u,оп} + \Delta Q$$

7. По полученным данным строятся диаграммы:

«Нагрузка F – прогиб f »;

«Поперечная сила Q – ширина раскрытия трещин $a_{ске}$ ».

Проверочные расчеты балки проводим с учетом указаний 1,2,3.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ НА ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ С БОЛЬШИМ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение напряженно – деформированного состояния внецентренно-сжатого элемента с большим эксцентриситетом.

В ходе выполнения третьей лабораторной работы решаются следующие основные задачи:

- изучение работы колонны до и после появления нормальных к продольной оси трещин;
- исследование характера образования и развития нормальных трещин;
- исследование характера разрушения колонны;
- определение теоретической и экспериментальной разрушающей силы, сравнение их величин;
- обработка и анализ полученных данных.

Для конструкций колонн характерны напряженные состояния, связанные с проявлением осевых деформаций в растянутой и сжатой зонах поперечных относительно продольной оси. Напряженное состояние описывается условиями совместности деформаций и равновесия.

Схема загрузки образца приведена на рис. 11. Испытание железобетонной колонны производится на специальном металлическом стенде. Измерение длин производится рулеткой; диаметры – штангенциркулем; горизонтальные перемещения (выгиб колонны) определяются прогибомером БПАО; относительные деформации сжатия и растяжения – мессурами с индикаторами часового типа ИЧ-10. Для измерения ширины раскрытия трещин применяется микроскоп МПБ-3.

Схема загрузки определяется задачами испытаний. Оси опорных цилиндрических шарниров смещаются относительно геометрической продольной оси колонны на величину e_0 . Эксцентриситет

приложения нагрузки превышает размеры радиуса инерции сечения – случай больших эксцентриситетов.

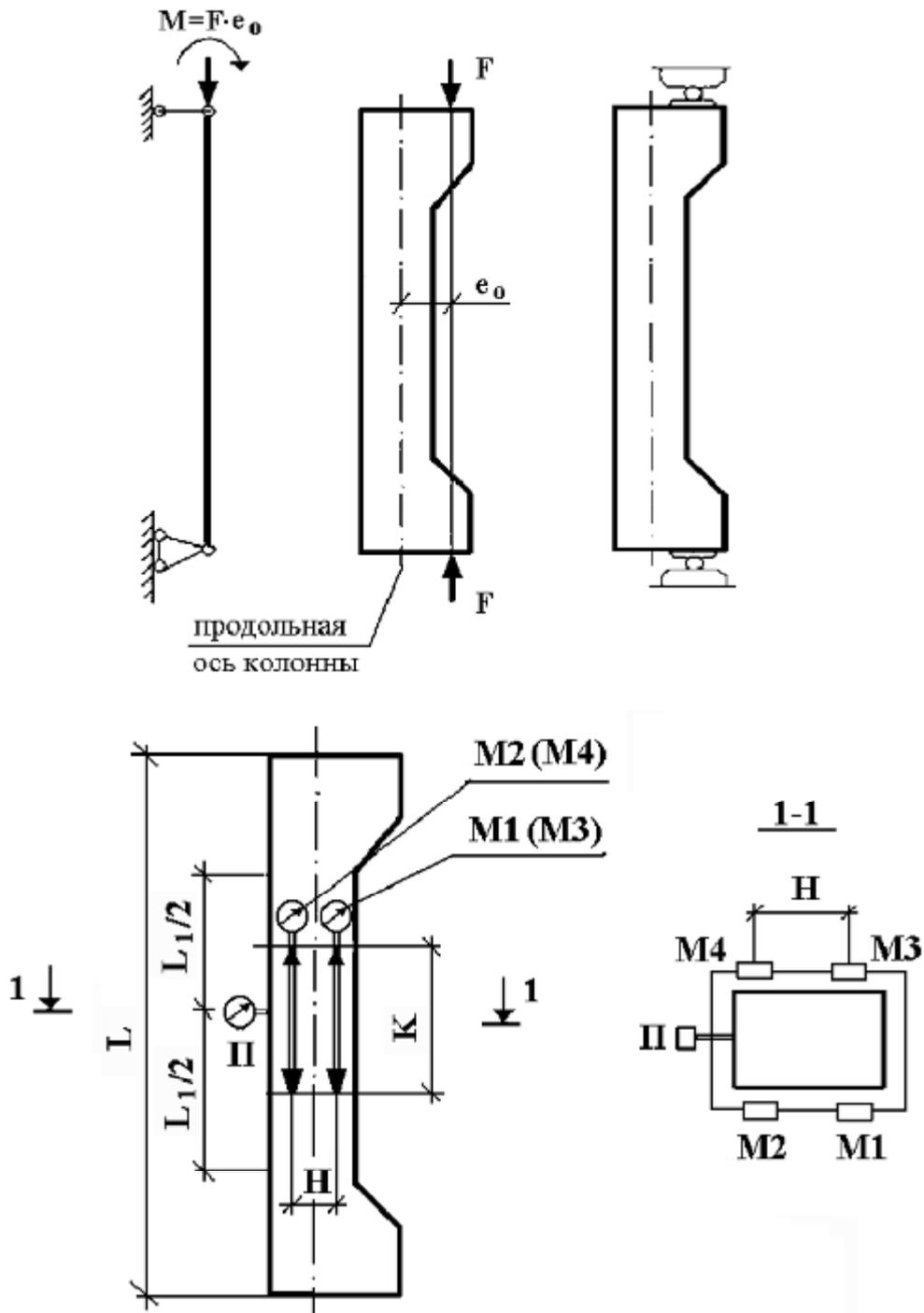


Рис. 11. Схема загрузки образца и расположения измерительных приборов.

До начала испытаний измеряются: длина колонны L , длина участка постоянного сечения L_1 , ширина сечения b и высота колонны h . Данные заносятся в журнал испытаний. Экспериментальная колонна оснащается приборами для измерения горизонтальных перемещений

колонны(выгиба) П; относительных деформаций – мессурами с индикаторами часового типа М1...М4. Расстановка приборов на натурном образце показана на рис. 11. При этом фиксируется база измерения деформаций К и расстояние между растянутыми и сжатыми волокнами Н.

Перед загрузкой колонну осматривают, отмечают дефекты в бетоне (начальные трещины, околы) и затем снимают начальные отсчеты по прогибомерам и индикаторам и заносят в журнал испытаний. Загрузка колонны осуществляется этапами. При загрузке колонны испытательной нагрузкой в ведомость испытаний заносятся показания манометра и отсчеты по приборам на каждом этапе загрузки. Отмечается начало образования нормальных к продольной оси трещин и замеряется ширина их раскрытия.

В процессе испытания колонны наблюдаются три стадии напряженно-деформированного состояния в ее нормальном сечении. В начале загрузки напряжения в бетоне и арматуре невелики. Затем в бетоне растянутой зоны развиваются неупругие деформации. Напряжения приближаются к пределу прочности бетона на растяжение – R_{bt} (стадия I). В бетоне в растянутой зоне образуются трещины в начале в середине, а затем по всей длине участка постоянного сечения колонны (стадия II). В местах образования трещин совместность работы бетона и арматуры нарушается. Высота сжатой зоны сечения постепенно уменьшается, увеличивается ширина раскрытия трещин. Конец стадии II характеризуется началом заметных неупругих деформаций в растянутой арматуре. Напряжения в растянутой арматуре достигают физического предела текучести. При увеличении выгиба колонны величина эксцентриситета e_0 также увеличивается, т.е. изгибающий момент в колонне возрастает $M = F (e_0 + f)$, где f – перемещение середины элемента. Разрушение железобетонной колонны начинается с арматуры растянутой зоны и заканчивается раздроблением бетона сжатой зоны. Разрушение носит пластический характер. После разрушения колонны уточняется диаметр растянутой и сжатой арматуры d и толщины защитных слоев – a .

Обработка экспериментальных данных

1. Усилие, создаваемое установкой, определяется, как произведение величины давления P на площадь площадки A , через которую оно передается

$$F = P \times A.$$

2. Выгиб колонны вычисляется по разности отсчетов прогибомеров, умноженной на цену деления γ

$$f = (N_i - N_0) \gamma$$

3. Вычисляются относительные деформации растяжения e_t и сжатия e_c , являющиеся средними арифметическими деформациями, рассчитанными по показаниям мессур $M1, M3$ и $M2, M4$ (аналогично предыдущим работам).

4. Устанавливается погрешность измерения нагрузки, соответствующая разрушению колонны

$$\Delta F = \Delta P \pi D^2/4 + \Delta D P \pi D/2,$$

где P – давление, при котором произошло разрушение колонны; D , ΔD , ΔP – обозначения аналогичные лабораторной работе N1, 2.

5. Фиксируется предельная сила (прочность колонны) с учетом погрешностей измерения.

Расчеты по показаниям приборов заносятся в табл.4 журнала испытаний.

На основе обработанных данных строится диаграмма " Нагрузка F – выгиб колонны f ". Дается анализ результатов, описываются схемы образования и развития трещин, схемы разрушения колонны.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ БАЛКИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение напряженно-деформированного состояния предварительно напряженной балки в зоне чистого изгиба до и после образования нормальных трещин.

В ходе выполнения этой лабораторной работы решаются следующие задачи:

- изучение работы балки до появления трещин в растянутой зоне;
- изучение особенности напряженного состояния при образовании трещин;
- определение опытного и теоретического моментов трещинообразования, сравнение их величин;
- определение теоретического момента трещинообразования в балке без предварительного напряжения;
- определение опытного и теоретического значения прогиба балки, сравнение их величин;
- обработка и анализ полученных данных.

Схема испытаний балки, рис. 12, и расстановка приборов аналогична лабораторной работе 1. Прогибы балки фиксируются прогибомером БПАО, деформации в растянутой зоне – тензотрами ТА-2. Смещение концов предварительно напряженного арматурного стержня относительно бетона контролируется с помощью индикаторов часового типа ИЧ-10. Ширина раскрытия трещин определяется микроскопом МПБ-3. Ход работы так же аналогичен Лабораторной работе 1.

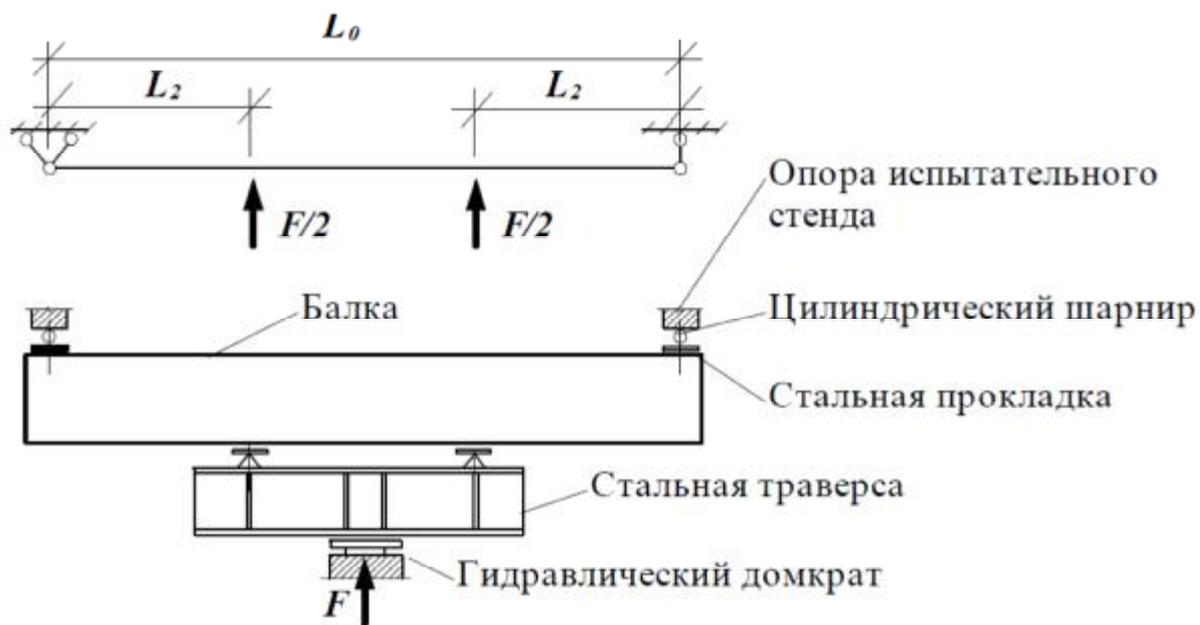


Рис. 12. Схема испытаний .

Обработка экспериментальных данных

Обработка результатов эксперимента (по аналогии с ранее выполненными работами) производится в следующей последовательности:

1. Определяется изгибающий момент в зоне чистого изгиба

$$M=0,5F_iL_2 ,$$

где F_i – нагрузка на этапе загрузки, кН; L_2 – расстояние от опор до точки приложения силы, м.

2. Величина прогибов определяется по формуле

$$f_i=(N_i-N_0)\gamma ,$$

где N_i - показания приборов на i -ом этапе загрузки; N_0 – начальные показания прибора; γ – цена деления прибора.

3. Относительные деформации бетона определяются по показаниям тензометров Т1 и Т2

$$\varepsilon_i=(N_i-N_0) \gamma / K ,$$

где N_i - показания тензометров на i -ом этапе загрузки; N_0 - начальные показания тензометров; γ - цена деления тензометра, мм; K - база измерения деформаций, мм.

4. Строятся диаграммы «Нагрузка F – прогиб f » и «Изгибающий момент M – ширина раскрытия трещин a_{cr} ».

5. По показаниям индикаторов И1 и И2 контролируется совместная работа стержневой арматуры периодического профиля в зоне передачи напряжений.

6. Вычисляется погрешность измерения ΔF , ΔM , Δf .

Памятка студенту

1. Студент должен заранее подготовиться к выполнению лабораторной работы, ознакомиться с методикой ее проведения, вычертить схемы, эскизы, приготовить таблицу (1) для журнала испытаний.

2. Лабораторные работы выполняются в составе группы под руководством преподавателя. Каждый студент ведет записи измерений и наблюдений, проводит теоретические вычисления и анализ результатов самостоятельно.

3. Студент обязан бережно относиться к приборам, машинами оборудованию лаборатории. Устанавливать приборы и приспособления, пускать машины только с разрешения преподавателя.

4. Отчет по всем лабораторным работам с аккуратно выполненными схемами испытаний и развития трещин, заполненными таблицами результатов испытаний, с необходимыми вычислениями и выводами предъявляется преподавателю. По материалам отчета проводится собеседование и защита выполненной работы.

Список рекомендуемой литературы

- 1. СП 63.13330.2012. (СНиП 52-01-2003) Бетонные и железобетонные конструкции. основные положения. «НИИЖБ» Госстроя России. 2013.*
- 2. Испытание железобетонных конструкций: Учебное пособие /В.А. Яров; О.П. Медведева; В.И. Колдырев; Л.В. Щербаков - Красноярск, КрасГАСА, 1999.- стр. с илл.*
- 3. Соколов Б.С. Никитин Г.П. Седов А.Н. Примеры расчета и конструирования железобетонных конструкций по СП 52-101-2003. Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2009г. – 96с.*

Табл.1 Показания приборов в процессе испытаний

Номер этапа	Показания приборов						Примечания
	Манометр P, кПа	Прогибомер		Микроскоп	Тензомер		
		П1	П2		T1	T2	
1	0	100	232		78	66	2 этап – появление нормальных трещин в середине пролета. 3 этап – появление наклонных трещин у опор в пределах пролетов среза с. 6 этап – тензомеры T1, T2 демонтированы. 7,8 этап – раскрытие наклонных трещин сопровождается нарушением анкеровки продольной растянутой арматуры на опорах.
2	1000	137	274		72	60	
3	2000	185	318		71	58	
4	3000	240	407	2	44	57	
5	4000	302	419	3	04	55	
6	5000	356	499	5			
7	6000	404	509	6			
8	7000	410	598	7			
9	8000	412	621				

Табл.2 Обработка результатов испытаний

Номер этапа	Нагрузка, F, кН	Поперечная сила, Q, кН	Прогиб, f, мм	Относительные деформации растяжения по показаниям тензометра		Ширина раскрытия наклонной трещины, a_{cr} , мм
				T1	T2	
2	7,8 ± 1,1	3,9 ± 0,5	0,4	0,00040	0,00040	
3	15,8 ± 1,4	7,9 ± 0,7	0,9	0,00047	0,00053	
4	23,6 ± 1,7	11,8 ± 0,9	1,6	0,00227	0,00060	0,08
5	31,4 ± 2,0	15,7 ± 1,0	1,9	0,00493	0,00073	0,12
6	39,2 ± 2,4	19,6 ± 1,2	2,6			0,2
7	47,2 ± 2,7	23,6 ± 1,3	2,9			0,24
8	55,0 ± 3,0	27,5 ± 1,5	3,4			0,28
9	62,8 ± 3,3	31,4 ± 1,6	3,5			



Рис. 13 Пример оформления схемы развития трещин