

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра строительных конструкций

Р.Г. КАСИМОВ

В.И. РЯЗАНОВ

«ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА ИЗГИБ С РАЗРУШЕНИЕМ ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе №2

по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции»
для специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство»

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 624.013.35 001.4(07)
ББК 38.53 я 7
К-28

Рецензент
кандидат технических наук В.О.Штерн

Касимов Р.Г.
К 28 **Испытание железобетонной балки на изгиб с разрушением по нормаль-
альному сечению:** методические указания / Р.Г.Касимов, В.И. Рязанов - ГОУ ОГУ, 2009 - 12 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторной работы по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» для студентов по специальности 270102 (ПГС).

ББК 38.53 я 7

3306000000
Н-----

© Касимов, Р.Г., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

1	Общие положения.....	4
2	Цели и задачи лабораторной работы.....	4
3	Определение прочности и деформативных характеристик бетона..	5
3.1	Определение относительной высоты сжатой зоны бетона.....	5
3.2	Определение теоретического разрушающего момента.....	6
4	Геометрические характеристики приведенного сечения.....	6
5	Расчет теоретического момента трещинообразования.....	7
6	Расчет прогиба балки в середине пролета.....	8
7	Методика испытания балки.....	8
8	Вопросы для самоконтроля.....	9
	Список использованных источников.....	11
	Приложение А. Относительные деформации бетона.....	12

1 Цель работы

Исследование прочности и жесткости железобетонной балки при изгибе с разрушением её по нормальному сечению.

2 Задача испытаний

2.1 Ознакомиться с характером образования и развития трещин, а также с картиной разрушения.

2.2 Зарисовать образец в момент разрушения.

2.3 Ознакомиться с характером прогибов балки под нагрузкой, построить график прогибов балки.

2.4 Определить расчетом прогибы балки в середине пролета и сравнить их с полученными из опыта.

2.5 Определить теоретический момент появления первых трещин $M_{разр}^{теор}$ и сравнить его с полученными из опыта $M_{разр}^{опыт}$.

2.6 Определить относительные деформации бетона и построить графики деформации.

2.7 Определить теоретически разрушающий момент $M_{разр}^{теор}$ и сравнить его с соответствующим опытом назначения $M_{разр}^{опыт}$.

2.8 Освидетельствование опытного образца.

Геометрические размеры и армирование балки.

Заполняется таблица 1 и указываются размеры на рисунке 1.

Таблица 1

	Наименование величины	Обозначение	Единица величин	Числовое значение проекту
1	Высота сечения	h	см	
2	Ширина сечения	b	см	
3	Площадь поперечного сечения продольной арматуры	$A^s A_s^I$	см ²	
4	Расстояние от граней бетона до центров тяжести арматуры A^s A_s^I	a, a^I	см	
5	Длина балки	l	м	
6	Расчетный пролет	l_0	м	

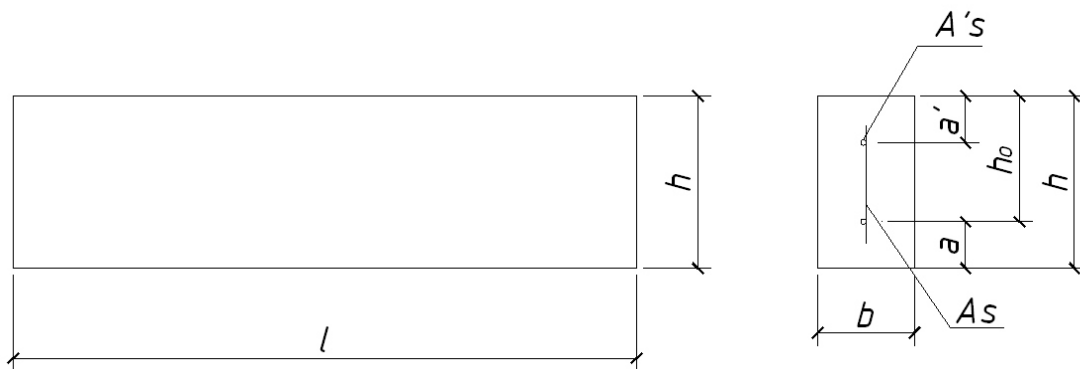


Рисунок 1 - Конструкция железобетонной балки, армирование

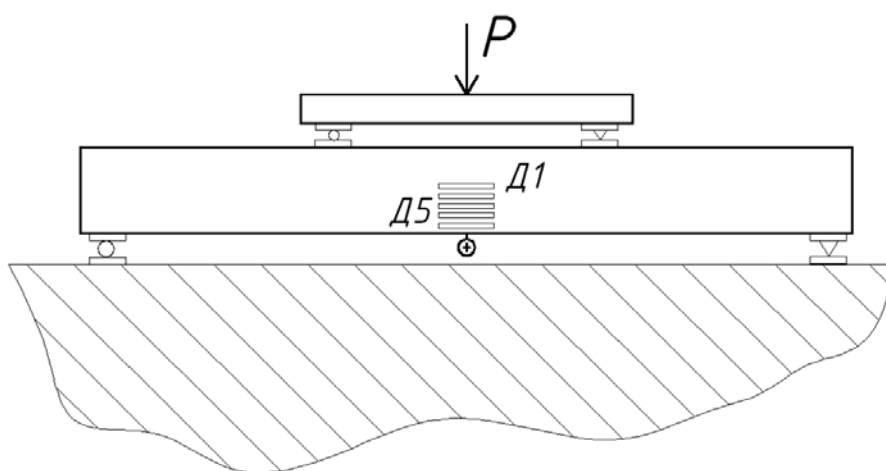


Рисунок 2 – Схема испытания образца, расположение приборов

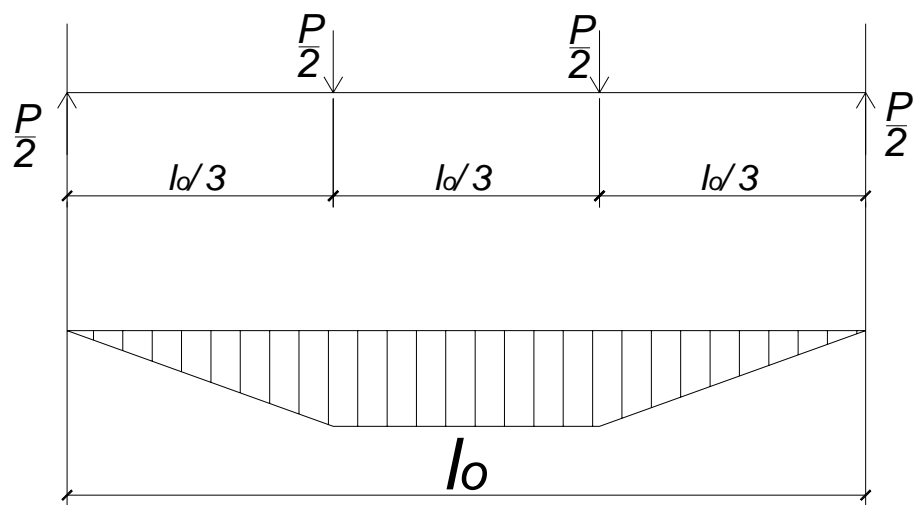


Рисунок 3 – Расчетная схема балки

3 Определение прочности и деформативных характеристик бетона

Прочностные и деформативные характеристики материалов определяются экспериментально или по СНиП 2.03.10-84 в зависимости от проектного класса бетона по прочности на сжатие и класса арматуры.

3.1 Определение относительной высоты сжатой зоны бетона.

Относительную высоту сжатой зоны бетона вычисляют по формуле:

$$\xi = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{b \cdot R_b \cdot h_0}, \quad (1)$$

затем граничную относительную высоту сжатой зоны бетона вычисляют по формуле:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{400} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} \quad (2)$$

где ω - характеристика сжатой зоны бетона, вычисляемая по формуле:

$$\omega = \alpha - 0,008 R_b \quad (3)$$

где α – коэффициент, принимаемый равным для бетона

тяжелого – 0,85;

на пористых заполнителях – 0,8;

R_b – МПа

σ_{SR} – напряжение на арматуре МПа, принимаемое равным для арматуры классов:

А-I, А-II, А-III, Вр-I - R_s

При соблюдении условия: $\frac{2 \cdot a'}{h_0} < \xi < \xi_R$

3.2 Определение теоретического разрушающего момента

Теоретически разрушающий момент вычисляется по формуле:

$$M_{разр}^{теор} = [R_b \cdot b \cdot h_0^2 \cdot \xi \cdot (1 - 0,5\xi) + R'_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a')] \cdot 10^{-3} \text{ (кН} \cdot \text{м)} \quad (4)$$

Если $\xi \geq \xi_R$, то $M_{разр}^{теор}$ вычисляется по формуле (4) при $\xi = \xi_R$

Если $\xi \leq \frac{2 \cdot a'}{h_0}$, то $M_{разр}^{теор}$ вычисляется по формуле (5)

$$M_{разр}^{теор} = R_s \cdot A_s \cdot (h_0 - a') \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ (кН} \cdot \text{м)} \quad (5)$$

Предполагаемая разрушающая нагрузка составит (см. рисунок 3)

$$P_{разр}^{теор} = \frac{6M_{разр}^{теор}}{l_0} \quad (6)$$

где l_0 - расчетный пролет балки, (м).

4 Геометрические характеристики приведенного сечения

4.1 Приведенное бетонное сечение A_{red} - сечение, в котором площадь сечения арматуры заменена эквивалентной по модулю упругости площадью сечения бетона. Исходя из равенства деформаций арматуры и бетона, приведение выполняется по отношению модулей упругости двух материалов $a = \frac{E_s}{E_b}$.

Площадь приведенного сечения элемента A_{red} (см²) вычисляется по формуле

$$A_{red} = b \cdot h + a \cdot A_s + a - A_s^I \quad (7)$$

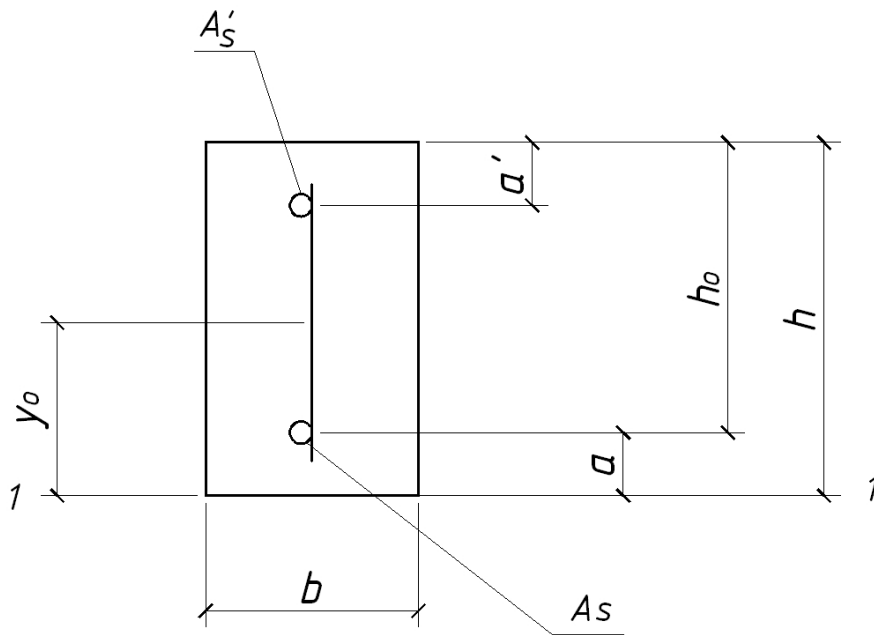


Рисунок 4 - Сечение балки

4.2 Статический момент приведенного сечения S (см³) относительно оси 1-1 вычисляется по формуле:

$$S_{red} = \frac{b \cdot h^2}{2} + \alpha \cdot A_s' + A \cdot \alpha \cdot A_s' \cdot (h - a') \quad (8)$$

4.3 Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до оси 1-1

$$y_0 = \frac{S_{red}}{A_{red}} \quad (9)$$

4.4 Момент инерции приведенного сечения относительно оси, проходящей через его центр тяжести I_{red} (см⁴) вычисляется по формуле:

$$I_{red} = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \left(\frac{h}{2} - y_0 \right)^2 + \alpha \cdot A_s \cdot (y_0 - a)^2 + \alpha \cdot A_s' \cdot (h - a' - y_0)^2 \quad (10)$$

4.5 Упругопластический момент сопротивления приведенного сечения вычисляются по формуле:

$$W_{red} = \chi \cdot \frac{I_{red}}{y_0} \quad (11)$$

где для прямоугольного сечения $\chi=1,75$

5 Расчет теоретического момента трещинообразования

Момент внутренних усилий в сечении перед образованием трещин продольных к продольной оси элемента M_{crc}^{meop} (кНм) вычисляется по формуле:

$$M_{crc}^{meop} = R_{bt,ser} \cdot W_{pe} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \quad (12)$$

Предполагаемая нагрузка, при которой появится первая нормальная трещина, вычисляется в соответствии с рисунком 3 по формуле:

$$P_{crc}^{meop} = \frac{6 \cdot M_{crc}}{l_0} \quad (13)$$

6 Расчет прогиба балки в середине пролета

При кратковременном действии нагрузки, в стадии до появления трещин, прогиб в середине пролета балки вычисляется по формуле:

$$f_{pac} = \rho \frac{M \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot E_b \cdot I_{red}} \cdot l_0^2 \quad (14)$$

где l_0 - пролет балки, см;

ρ - коэффициент, зависящий от условий опирания балки и схемы нагружения $\rho=23/216$ – для длинной схемы нагружения;

M - изгибающий момент от нагрузки, при которой определяется прогиб, кН·м.

7 Методика испытания балки

Балка при испытании опирается на одной опоре шарнирно-подвижно, на другой шарнирно – неподвижно. Загружение осуществляется в соответствии с рисунком 3 двумя сосредоточенными силами. Нагрузка на балку прикладывается ступенями, составляющими: до момента появления нормальных трещин 0,1 от ожидаемой (предполагаемой) нагрузки трещинообразования, после появления первой трещины –0,1 от ожидаемой (разрушающей нагрузки).

После приложения нагрузки конструкцию выдерживают под этой нагрузкой не менее 10 мин.

На каждом этапе нагружения (снимаются в начале и в конце выдержки) отсчеты по прогибомерам и тензорезисторам в соответствии с рисунком 3. Отсчеты заносятся в таблицы 2 и 3. По результатам измерений и обработки данных строятся графики:

- а) прогибов балки в середине пролета в зависимости от нагрузок;
- б) относительных деформаций бетона в зависимости от нагрузки.

По графику прогибов устанавливается момент появления трещиностойкости в бетоне и сравнивается с моментом трещинообразования, определяемым визуально.

В процессе испытания, возникающие на бетонной поверхности трещины обводятся мягким карандашом, отмечается длина их распределения и номер соответствующего этапа загрузки. После испытания изображается характер разрушения балки.

Прогиб балки определяется с учетом цены деления прибора. Цена деления прогибомера Максимова 0,1 мм.

Таблица 2. – Прогибы в середине балки, в зависимости от Р

№ этапа загрузки	Нагрузка Р, Н	Прогибомер Максимова цена деления 0,1мм			Опыт. $f_{опыт}$	Расч. $f_{расч}$
		отсчет		Δ		
		начало выдержки	конец выдержки			

В результате испытания устанавливается $M_t^{опыт}$ и $M_{разр}^{теор}$

$$M_t^{опыт} = \frac{D \cdot \delta}{2} \cdot \frac{l_0}{3}$$

(16)

где D - достигнутое давление (кгс/см²), МПа;

δ - цена деления системы «манометр-домкрат» (площадь поршня домкрата, см²);

l_0 - расчетный пролет балки, см.

Затем вычисляется величина относительного расхождения между опытным и расчетным значением моментов:

$$\Delta M = \frac{M_{опыт} - M_{теор}}{M_{теор}} \cdot 100\%$$

(17)

Дается вероятная оценка полученным экспериментальным результатам ($M_{разр}$ или $M_{срс}$ – по указанию преподавателя).

Делается вывод (заключение).

8 Контрольные вопросы

1. Сформулировать и объяснить задачи, поставленные в работе.
2. Как определяются физико-механические характеристики материалов, используемых в работе?
3. Как устанавливаются геометрические характеристики опытного образца?
4. Какие исходные данные и расчетные предпосылки положены в основу определения $M_{разр}^{теор}$?

5. Каким требованиям должна удовлетворять высота сжатой зоны, принимаемая в расчете прочности нормального сечения?
6. Описать характер разрушения балки.
7. Описать схему образования и развития трещин.
8. Описать схему образования и развития трещин.
9. Как определяется $M_{разр}^{теор}$ и $M_{срс}^{опыт}$?
10. Какие факторы влияют на расхождение опытных и теоретических величин?
11. Какие задачи решаются при вероятностной оценке результатов испытаний?
12. Как вычисляются величины $M_{опыт}^{ср}$?
13. Какие из опытных результатов признаются неудовлетворительными?
14. Когда сходность между $M_{разр}^{теор}$ и $M_{опыт}^{ср}$ признается неудовлетворительной?

Список использованных источников

1. **ГОСТ 8829-94. Изделия железобетонные сборные. Методы испытаний и оценка прочности, жесткости и трещиностойкости.**- Взамен ГОСТ 8829-85. Введ. 17.07.1997. – М. Стройиздат, 2000. – 17 с.
2. **СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции.** – Взамен СНиП II-21-75. Введ. 1.01.1986. – М. ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 102 с.
3. **Байков, В. Н. Железобетонные конструкции :** Общий курс: [по спец. 'Пром. и гражд. стр-во'] / В. Н. Байков, Э. Е. Сигалов .- 5-изд., перераб. и доп. - М. : Стройиздат, 1991. - 766 с. : ил. - (Учебники для вузов). - Предм. указ.: с. 762-767. - ISBN 5-274-01528-X.
4. **Иванов, В. М. Лабораторные работы по железобетонным конструкциям** /В. М. Иванов. - М.: Росвузиздат, 1963.- 25 с.
5. **Байков, В. Н. Методические пособия к лабораторным работам по железобетонным конструкциям**/ В. Н. Байков, М. И. Додонов. - М. : МИСИ, 1976 - 48с.

Приложение А
(обязательное)
Относительные деформации бетона

Таблица А.1

Этапы за- грузки	Нагрузка Р (кН)	Показания приборов															
		Д-1			Д-2			Д-3			Д-4			Д-5			
		отсчет		Δ	отсчет		Δ	отсчет		Δ	отсчет		Δ	отсчет		Δ	
		начало	конец		начало	конец		начало	конец		начало	конец		начало	конец		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	

Относительные деформации вычисляют по формуле: $\varepsilon = \Delta \cdot \eta$

где: Δ - разность отсчетов,

η - величина деления шкалы тензостанции в единицах относительных деформаций $\eta = 1 \cdot 10^{-5}$