

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Лабораторная работа № 1. ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА ИЗГИБ С РАЗРУШЕНИЕМ ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ.....	6
Лабораторная работа № 2. ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА ИЗГИБ С РАЗРУШЕНИЕМ ПО НАКЛОННОМУ СЕЧЕНИЮ	16
Лабораторная работа № 3. ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ НА ВНЕЦЕНТРЕННОЕ СЖАТИЕ С БОЛЬШИМ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ	24
Лабораторная работа № 4. ИСПЫТАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА ИЗГИБ С РАЗРУШЕНИЕМ ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ	33
Лабораторная работа № 5. УСТРОЙСТВА, ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ	47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	57
ПРИЛОЖЕНИЕ. Протоколы испытаний	58

ВВЕДЕНИЕ

При изучении студентами курса «Железобетонные и каменные конструкции» предусмотрено выполнение лабораторных работ, направленных на углубленное изучение и понимание физических основ, заложенных в теорию расчета железобетонных сооружений, и основных положений проектирования железобетонных конструкций, внесенных в действующие нормативные документы.

В соответствии с учебными планами за учебный период (семестр) необходимо выполнить 4 лабораторные работы № 1–4 (с общим объемом учебного времени 8 ч) — для студентов очной формы обучения и 1 лабораторную работу № 5 (с общим объемом учебного времени 2 ч) — для студентов заочной формы обучения. Лабораторные работы посвящены испытанию железобетонных элементов при различных видах напряженного состояния. При выполнении лабораторных работ студенты углубленно изучают поведение железобетонных конструкций на различных стадиях их загрузки и получают уверенность в правильности понимания используемых в России методов расчета конструкций. Кроме того, будущие инженеры-строители знакомятся с методологией проведения испытаний конструкций, устройствами и приборами, используемыми при испытании, а также методами определения прочностных и деформативных характеристик конструкционных материалов.

Учебно-методическое пособие включает в себя:

- сведения о характере работы изгибаемых и сжатых железобетонных элементов на всех уровнях их нагружения (в том числе при разрушении);
- данные о материалах, конструкциях экспериментальных образцов, приборах, оборудовании и схемах нагружения;
- основные положения по расчету изучаемых элементов;
- рекомендации по обработке экспериментальных данных и составлению обоснованных выводов о результатах испытаний.

По результатам испытаний и теоретических расчетов студентами оформляются протоколы по формам, указанным в Приложении к настоящему учебно-методическому пособию. В протоколах выполняется анализ полученных данных, приводится сравнение опытных и теоретических значений исследуемых параметров, дается пояснение о причинах отклонений в этих величинах. Представленные в настоящем пособии лабораторные работы могут проводиться по одному из двух вариантов:

- испытание реальных физических образцов, выполненных из железобетона на силовом оборудовании;
- виртуальные испытания компьютерных моделей балок с использованием программных комплексов или отдельных программ.

Защита лабораторных работ производится после выполнения одной или нескольких работ при наличии правильно оформленного протокола. В конце каждой лабораторной работы содержатся контрольные вопросы, позволяющие лучше освоить изучаемый материал и подготовиться к ее защите.

Данное учебно-методическое пособие предлагается использовать как дополнительный материал при освоении студентами курса «Железобетонные и каменные конструкции».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.

ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА ИЗГИБ С РАЗРУШЕНИЕМ ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ

Цели работы:

- изучение напряженно-деформированного состояния изгибаемой железобетонной балки на различных стадиях ее загрузки вплоть до разрушения по нормальному сечению;
- определение расчетных характеристик бетона и арматуры на момент испытаний, момента трещинообразования и разрушающего момента, максимального прогиба конструкции;
- установление экспериментальных значений контролируемых величин и их сопоставление с расчетными данными с последующим анализом полученных результатов и выводами по работе в целом.

Особенности напряженно-деформированного состояния в балке при действии изгибающего момента

При чистом изгибе железобетонной балки возникают напряжения в сечениях, нормальных к продольной оси элемента. В процессе постепенного нагружения в этих сечениях, расположенных в зоне чистого изгиба, можно наблюдать 3 характерные стадии напряженно-деформированного состояния.

Стадия I — стадия квазиупругой работы бетона. Из-за относительно небольших напряжений в бетоне и арматуре в них развиваются большей частью упругие деформации. Эпюры напряжений в бетоне сжатой и растянутой зон имеют треугольную форму или близкую к треугольной (рис. 1.1, а), бетон и арматура деформируются совместно благодаря имеющемуся между ними сцеплению.

С увеличением нагрузки в бетоне растянутой зоны развиваются неупругие деформации, эпюра напряжений становится криволинейной, а ее наибольшая ордината достигает значения предельного сопротивления бетона растяжению. В этот момент наступает стадия Ia (рис. 1.1, б).

Стадия II начинается с появлением трещин в растянутой зоне бетона (рис. 1.1, в). Растягивающие напряжения в сечении с трещиной воспринимаются растянутой арматурой и участком растянутого бетона над трещиной. С увеличением нагрузки эпюра напряжений в сжатом бетоне искривляется, так как начинают проявляться неупругие деформации, но напряжения остаются меньше призмочной прочности бетона на сжатие (временного сопротивления сжатию). Напряжения в растянутой арматуре в конце стадии II могут достигать физического предела текучести.

Стадия III — стадия, при которой происходит разрушение изгибаемого железобетонного элемента. При этом разрушение может произойти по одному из двух случаев.

Случай 1 (рис. 1.1, г). Разрушение по случаю 1 происходит при развитии больших пластических деформаций в растянутой арматуре, т.е. когда напряжения в растянутой арматуре достигают ее предела текучести. Происходит увеличение ширины и высоты раскрытия трещин, а также уменьшение высоты сжатой зоны бетона. Это приводит к росту напряжений в сжатом бетоне, и когда эти напряжения достигают призмочной прочности (временного сопротивления сжатию), происходит раздробление бетона сжатой зоны и разрушение балки. При этом резко увеличиваются прогибы конструкции.

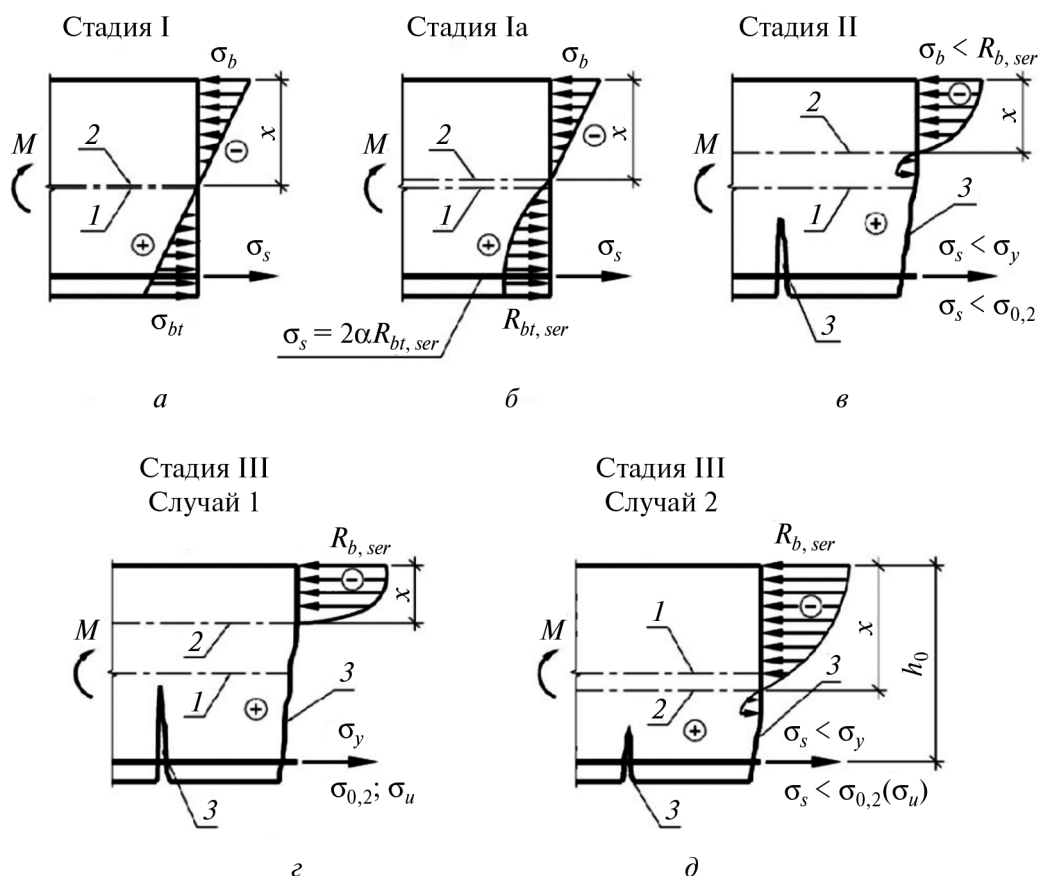


Рис. 1.1. Стадии напряженно-деформированного состояния железобетонного изгибаемого элемента:

1 — ось, проходящая через центр тяжести приведенного сечения;
 2 — нейтральная ось; 3 — трещины

Рассматриваемый вид разрушения элемента по характеру является пластическим и происходит при постоянной или незначительно увеличивающейся нагрузке. Непосредственно перед разрушением прогиб балки может достигать $1/25 \dots 1/50$ пролета, а ширина раскрытия трещин $5-10$ мм. Такой случай разрушения называют «разрушение по арматуре».

Случай 2 (рис. 1.1, д). Разрушение по случаю 2 происходит, когда напряжения в сжатом бетоне достигают предельного значения (временного сопротивления сжатию). При этом напряжения в растянутой арматуре не превышают предела текучести. Рассматриваемый вид разрушения элемента по характеру является хрупким и может наблюдаться в переармированных элементах (с избыточным содержанием растянутой арматуры).

Разрушение по случаю 2 происходит при малых прогибах и незначительной ширине раскрытия трещин, его называют «разрушением по бетону».

Хрупко также разрушаются слабоармированные элементы и элементы, армированные холоднодеформированной твердой сталью с низкой предельной растяжимостью (менее $3-4\%$).

Случай разрушения может быть определен по следующему выражению: $\xi \leq \xi_R$ — случай 1, $\xi > \xi_R$ — случай 2, где ξ и ξ_R — соответственно относительная высота сжатой зоны бетона и ее граничное значение.

В данной лабораторной работе опытные конструкции запроектированы так, чтобы разрушение происходило по случаю 1, как наиболее приемлемое для нормальных сечений железобетонных конструкций, используемых в промышленном и гражданском строительстве.

Стадии напряженного состояния положены в основу расчета железобетонных элементов по предельным состояниям [1]. Так, расчет по несущей способности (прочности, устойчивости и выносливости) производится на стадии III. Расчет по образованию трещин — на стадии Ia; по раскрытию трещин и их закрытию — на стадии II; по деформациям — на стадии I или II в зависимости от наличия трещин.

Сбор исходных данных

Для проведения испытаний используется опытный образец в виде балки прямоугольного сечения длиной 1300 мм (L), шириной 100 мм (b) и высотой 150 мм (h). Расчетный пролет балки (L_0) составляет 1170 мм (рис. 1.2). Балка армирована пространственным каркасом: в качестве продольной рабочей арматуры в нижней зоне балки установлено 2 стержня $\varnothing 12$ A400, в качестве поперечной — стержни $\varnothing 3$ B500. Рабочая высота сечения (h_0) составляет 120 мм. Для обеспечения разрушения опытного образца (балки) по нормальному сечению поперечная арматура установлена только в крайних третях пролета.

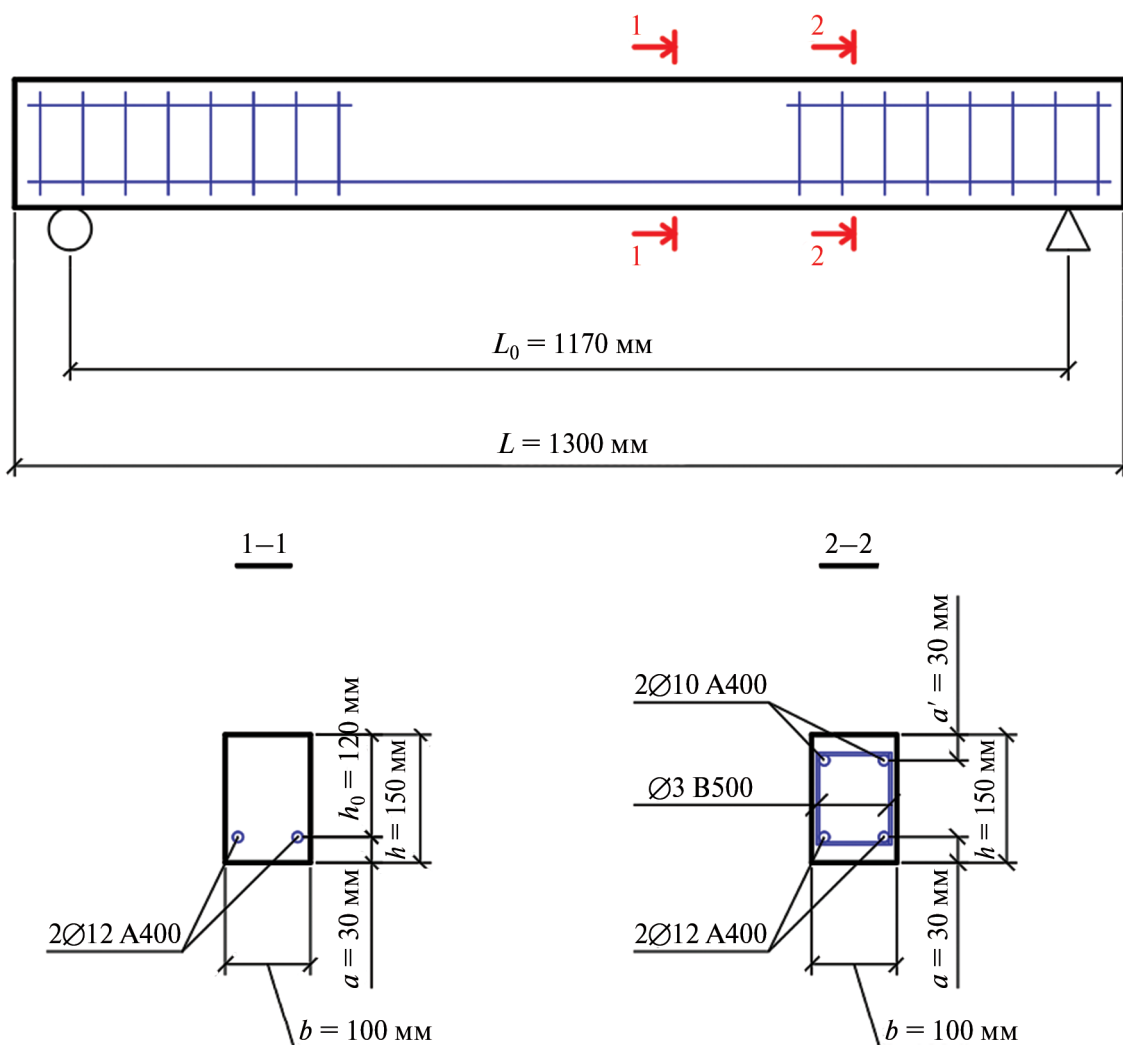


Рис. 1.2. Схема армирования опытной конструкции балки

Среднее значение кубиковой прочности, призмная прочность, прочность бетона при осевом растяжении, начальный модуль бетона и расчетное сопротивление арматуры растяжению определяются путем непосредственных испытаний образцов (бетонных кубиков и стержней арматуры).

Для определения прочностных характеристик бетона, использованного при изготовлении опытного образца (балки), предварительно производятся испытания 3-х бетонных кубов с ребром 150 мм. В соответствии с указаниями ГОСТ 10180–2012 [3] кубы должны быть изготовлены из бетона рабочего состава и находившегося в тех же условиях твердения, что и опытный образец балки. Испытания кубов необходимо производить не менее чем через 28 дней твердения в условиях, определяемых ГОСТ 10180–2012 [3]. По результатам испытаний кубов определяется среднее значение кубиковой прочности бетона (R):

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}, \quad (1.1)$$

где R_1, R_2, R_3 — кубиковая прочность соответственно 1-го, 2-го и 3-го образцов, МПа.

По величине среднего значения кубиковой прочности определяется призмная прочность бетона (R_b) опытной балки:

$$R_b = (0,77 - 0,00125R)R. \quad (1.2)$$

Прочность бетона при осевом растяжении (R_{br}), отвечающая средней кубиковой прочности, определяется по формуле:

$$R_{br} = \frac{5R}{45 + R}. \quad (1.3)$$

Начальный модуль деформаций бетона (E_b) определяется по результатам испытаний бетонных призм по ГОСТ 24452–80 [5]. В первом приближении начальный модуль деформаций может быть вычислен по значению средней кубиковой прочности бетона по формуле:

$$E_b = \frac{55000R}{27 + R}. \quad (1.4)$$

Для определения прочностных характеристик рабочей арматуры проводятся испытания 3-х образцов из арматурных стержней $\varnothing 12$ А400 на растяжение по ГОСТ 12004–81 [6]. По результатам испытаний образцов определяются значения физического предела текучести для каждого образца (σ_{yi}). На основе этих данных рассчитывается фактическое (опытное) сопротивление (R_s) арматуры растяжению (среднее значение физического предела текучести):

$$R_s = \frac{\sigma_{y1} + \sigma_{y2} + \sigma_{y3}}{3}. \quad (1.5)$$

Определение теоретического момента трещинообразования и разрушающего момента

Опытный образец запроектирован таким образом, что его разрушение по нормальному сечению происходило по случаю 1 ($\xi \leq \xi_R$). При этом сжатая (расположенная в верхней зоне сечения) продольная арматура в работе не учитывается, так как выполняется следующее условие: $x \leq 2a'$. Контрольные нагрузки по раскрытию трещин и деформациям назначаются для стадии II (стадии эксплуатации).

Перед выполнением расчетов необходимо определить характеристики приведенного сечения.

Коэффициент приведения арматуры к бетону (α_s) определяется по формуле:

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b}, \quad (1.6)$$

где E_s — модуль упругости арматуры, МПа; E_b — начальный модуль деформаций бетона, МПа.

Площадь приведенного сечения (A_{red}) определяется по формуле:

$$A_{red} = b \cdot h + \alpha_s \cdot A_s, \quad (1.7)$$

где b — ширина сечения балки, мм; h — высота сечения балки, мм; A_s — площадь поперечного сечения рабочей арматуры, мм².

Статический момент площади приведенного сечения относительно нижней грани сечения (S_{red}) определяется по формуле:

$$S_{red} = \frac{b \cdot h^2}{2} + \alpha_s \cdot A_s \cdot a, \quad (1.8)$$

где a — расстояние от нижней (растянутой) грани балки до центра тяжести растянутой арматуры, мм.

Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до нижней грани (Y_0) определяется по формуле:

$$Y_0 = \frac{S_{red}}{A_{red}}. \quad (1.9)$$

Момент инерции приведенного сечения относительно центра тяжести сечения (I_{red}) определяется по формуле:

$$I_{red} = \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \left(Y_0 - \frac{h}{2} \right)^2 + \alpha_s \cdot A_s (Y_0 - a)^2. \quad (1.10)$$

Момент сопротивления приведенного сечения относительно нижней грани (W_{red}) определяется по формуле:

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{Y_0}. \quad (1.11)$$

Упругопластический момент сопротивления относительно нижней грани (W_{pl}) определяется по формуле:

$$W_{pl} = 1,75 W_{red}. \quad (1.12)$$

Далее необходимо выполнить расчет по определению момента, при котором появляются трещины ($M_{crc,cal}$), и разрушающего момента ($M_{ul,cal}$), а также определить нагрузки, соответствующие теоретическому моменту трещинообразования ($F_{crc,cal}$) и теоретическому разрушающему моменту ($F_{ul,cal}$).

Теоретический момент образования трещин, с учетом пластических деформаций бетона, определяется по формуле:

$$M_{crc,cal} = R_{bt} \cdot W_{pl}. \quad (1.13)$$

Для определения теоретического разрушающего момента необходимо сначала определить высоту сжатой зоны бетона по формуле:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b}. \quad (1.14)$$

Теоретическое значение разрушающего момента определяется по формуле:

$$M_{ul,cal} = R_b \cdot b \cdot x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right). \quad (1.15)$$

Для определения нагрузки, соответствующей теоретическому моменту трещинообразования и моменту разрушения, необходимо вычислить момент от собственного веса балки и момент от веса нагрузочной траверсы. Собственный вес траверсы постоянен и составляет $P = 200$ Н. Собственный вес погонного метра балки (g) определяется по формуле:

$$g = \gamma_b \cdot b \cdot h \cdot 1,0. \quad (1.16)$$

Таким образом, значения нагрузки, соответствующие теоретическому моменту трещинообразования и разрушающему моменту, определяются по формулам:

$$F_{crc,cal} = \frac{3M_{crc,cal}}{L_0} - \frac{3g \cdot L_0}{8} - 0,5P, \quad (1.17)$$

$$F_{ul,cal} = \frac{3M_{ul,cal}}{L_0} - \frac{3g \cdot L_0}{8} - 0,5P. \quad (1.18)$$

Полученные значения заносят в протокол выполнения лабораторной работы № 1 (см. Приложение), после чего переходят к непосредственному испытанию опытного образца.

Испытание опытного образца

Для проведения испытаний балки с разрушением по нормальному сечению две сосредоточенные нагрузки равной величины прикладываются в пределах средней трети пролета балки (ГОСТ 8829–94 [2]). При такой схеме загрузки между точками приложения нагрузок будет иметь место чистый изгиб (рис. 1.3).

Тензометры Гугенбергера с базой 100 мм устанавливают для измерения деформаций на верхней сжатой грани (Т-1) и на нижней растянутой грани (Т-2) опытного образца. Для фиксации деформаций бетона по высоте балки возможна дополнительная установка/наклейка на боковую грань опытного образца (балки) тензорезисторов, строго в середине пролета, как показано на рис. 1.3. Прогибы в середине пролета балки фиксируют прогибомером И-3 с ценой деления 0,01 мм. Для измерений прогибов на опо-

рах балки, вызванных смятием бетона на шарнирных устройствах и деформациями упругих прокладок, в зоне опор устанавливают индикаторы И-1 и И-2.

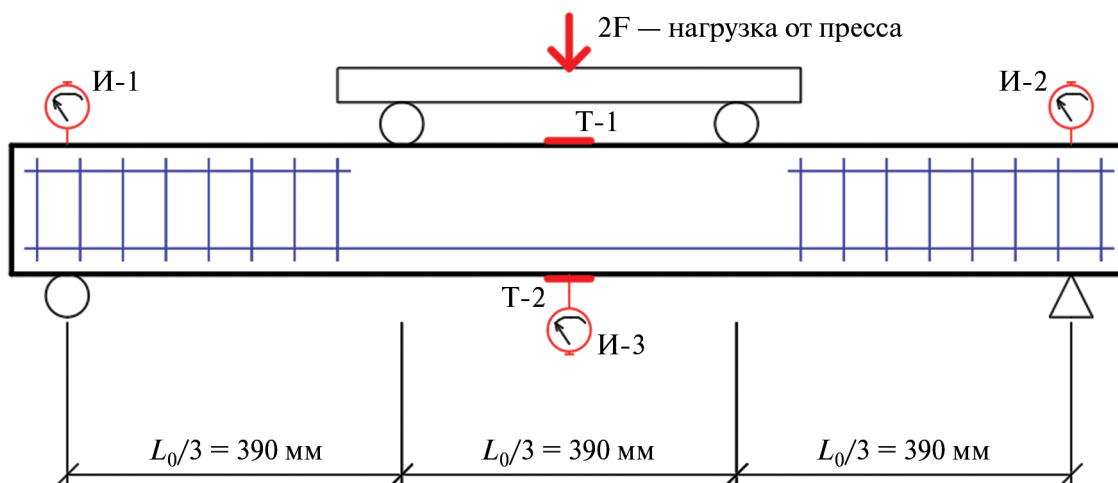


Рис. 1.3. Схема нагружения балки и размещения измерительных приборов

Для проверки работы приборов и выбирания люфтов испытание начинают с пробного нагружения нагрузкой, не превышающей 5 % от значения ожидаемой расчетной разрушающей нагрузки. Затем, с целью сохранения плотных контактов силовых устройств и приборов с испытываемой балкой, ее частично разгружают до 1 % от разрушающей нагрузки. При этой условной нулевой нагрузке снимают показания приборов, которые принимают за нулевые.

При непосредственном испытании балку нагружают нагрузкой ступенчато, соблюдая условие: величина нагрузки в одной ступени не должна превышать 10 % контрольной нагрузки по прочности. На каждой ступени нагружения балку выдерживают под нагрузкой не менее 5 мин. При такой схеме нагружения в бетоне образца во время выдержки под нагрузкой начинают проявляться пластические деформации, в связи с чем показания приборов фиксируются и записываются в журнал дважды: в начале и в конце выдержки на каждой ступени. Нагрузка контролируется по показаниям шкалы силоизмерителя.

По мере увеличения нагрузки прогибы в середине балки возрастают. В средней части балки, подверженной чистому изгибу, появляются первые трещины. По мере возрастания нагрузки на балку в ней образуются новые трещины, а в ранее образовавшихся трещинах увеличивается ширина раскрытия и высота их развития. Фиксация трещины выполняется визуальным осмотром, а определение ширины раскрытия трещины выполняется отсчетным микроскопом. Момент появления трещин может быть также установлен по «скачку» показаний приборов в растянутой зоне. Очертание трещины выделяют при помощи туши или маркера, а в районе устья трещины делают перпендикулярные засечки и запись в виде дроби (номер ступени нагружения/ширина раскрытия трещины в уровне растянутой арматуры). Таким образом в конце испытания можно воспроизвести и проанализировать характер трещинообразования и разрушения конструкции, а также оценить влияние различных факторов. Перед разрушением опытного образца (при нагрузке, составляющей 80 % от разрушающей) с него снимают механические приборы для предотвращения их повреждения.

При достижении в растянутой арматуре предела текучести, а в сжатой зоне бетона — предела прочности на сжатие происходит разрушение балки. Внешним признаком разрушения опытного образца балки (по случаю 1) является значительное (более 1,8–2,0 мм) раскрытие трещин с большой высотой их развития (до $(0,7–0,85)h$), быстрое

нарастание прогибов (f) с достижением предела текучести и развитием пластических деформаций в рабочей продольной арматуре. На завершающем этапе происходит разрушение бетона сжатой зоны (рис. 1.4).

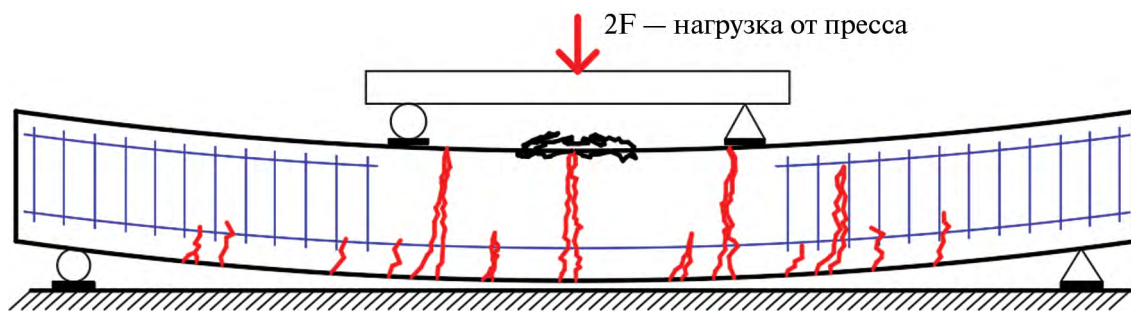


Рис. 1.4. Характер трещинообразования и разрушения образца

После испытания проводится обработка показаний приборов и строится график зависимости « $M-f$ », как указано в протоколе выполнения лабораторной работы № 1 (см. Приложение). По результатам испытания определяются экспериментальные (опытные) значения момента трещинообразования и разрушающего момента.

Определение опытного момента трещинообразования и разрушающего момента и сопоставление их с теоретическими значениями

Определение опытного момента трещинообразования производится для среднего поперечного сечения балки по величине нагрузки ($F_{crc,exp}$), вызвавшей появление трещин. Эта нагрузка может быть зафиксирована по показанию силоизмерителя при визуальном обнаружении трещин на боковой грани балки или по более заметному увеличению на данном этапе приращений показаний приборов (тензомера на нижней грани балки и прогибомера (индикатора) в середине пролета).

Опытный момент трещинообразования определяется по формуле:

$$M_{crc,exp} = (F_{crc,exp} + 0,5P) \frac{L_0}{3} + \frac{g \cdot L_0^2}{8}. \quad (1.19)$$

Момент образования трещин при испытании также может быть определен по характерному перепаду на графике « $M-f$ » (момент-прогиб). После вычисления опытного момента трещинообразования необходимо определить величину (в процентах) его отклонения от теоретического момента трещинообразования.

Величина отклонения в % определяется по формуле:

$$\frac{(M_{crc,cal} - M_{crc,exp})}{M_{crc,cal}} \cdot 100 \%. \quad (1.20)$$

Определение опытного разрушающего момента производится также для среднего поперечного сечения балки по величине нагрузки ($F_{ul,exp}$), вызвавшей разрушение образца. Разрушающая опытная нагрузка определяется по показанию силоизмерителя в момент разрушения балки. Опытный разрушающий момент определяется по формуле:

$$M_{ul,exp} = (F_{ul,exp} + 0,5P) \frac{L_0}{3} + \frac{g \cdot L_0^2}{8}. \quad (1.21)$$

После вычисления опытного разрушающего момента определяется величина его отклонения от величины теоретического разрушающего момента в процентах:

$$\frac{(M_{ul,cal} - M_{ul,exp})}{M_{ul,cal}} \cdot 100 \%. \quad (1.22)$$

Определение максимального прогиба балки под нагрузкой

Перед образованием трещин прогиб балки определяется как для условно упругого сплошного тела. При этом кривизну железобетонного элемента определяют как частное от деления изгибающего момента ($M_{crc,cal}$) на жесткость железобетонного элемента при изгибе (D). При непродолжительном действии нагрузки жесткость железобетонного элемента (при работе элемента без трещин) вычисляется с использованием кратковременного модуля деформации (E_{b1}) и момента инерции (I_{red}).

Кратковременный модуль деформации бетона (или модуль деформации при непродолжительном действии нагрузки) определяется по значению начального модуля деформаций по следующей формуле:

$$E_{b1} = 0,85E_b. \quad (1.23)$$

Изгибная жесткость до образования трещин определяется по формуле:

$$D = E_{b1} \cdot I_{red}. \quad (1.24)$$

Кривизна балки до образования трещин определяется по формуле:

$$\left(\frac{1}{r_{max}} \right)_{a,crc} = \frac{M_{crc,cal}}{D}. \quad (1.25)$$

Прогиб до образования трещин определяется по формуле:

$$f = s \cdot L_0^2 \left(\frac{1}{r_{max}} \right)_{a,crc}, \quad (1.26)$$

где s — коэффициент, принимаемый в зависимости от расчетной схемы элемента. При рассматриваемой расчетной схеме он равен $5/48 \approx 0,106$.

Определению максимального прогиба опытного образца под нагрузкой предшествует вычисление коэффициента ψ_s , учитывающего неравномерное распределение относительных деформаций растянутой арматуры между трещинами, по формуле:

$$\psi_s = 1 - 0,8 \frac{M_{crc,cal}}{M_{ul,cal}}, \quad (1.27)$$

а также определение относительной высоты сжатой зоны бетона и плеча внутренней пары сил:

$$\xi = \frac{x}{h_0}, \quad (1.28)$$

$$z = h_0 - \frac{x}{2}. \quad (1.29)$$

После вычислений этих параметров определяется кривизна изгибаемого элемента при наличии трещин в растянутой зоне по формуле:

$$\left(\frac{1}{r_{\max}}\right)_{b,crc} = \frac{M_{ul,cal}}{h_0 \cdot z} \left(\frac{\Psi_s}{A_s \cdot E_s} + \frac{\Psi_b}{v \cdot E_b \cdot \xi \cdot b \cdot h_0} \right), \quad (1.30)$$

где v — коэффициент упругости бетона при кратковременном нагружении (принимается равным 0,45).

Завершающим этапом вычислений является определение максимального прогиба опытного образца после образования трещин по формуле:

$$f = s \cdot L_0^2 \left(\frac{1}{r_{\max}}\right)_{b,crc}. \quad (1.31)$$

Полученные значения заносят в протокол выполнения лабораторной работы № 1 (см. Приложение).

Вопросы для подготовки к защите лабораторной работы № 1

1. Цели лабораторной работы.
2. Конструктивное решение и расчетная схема опытного образца.
3. Как осуществляется загрузка опытного образца при испытании и как контролируется величина прикладываемой нагрузки?
4. Какие приборы устанавливаются на опытный образец и какие параметры они измеряют?
5. С чем связано появление нормальных трещин именно в средней части опытного образца (балки)?
6. Назначение продольной арматуры в изгибаемых элементах. На какое усилие она рассчитывается?
7. Почему кубиковая прочность бетона больше призмной?
8. Почему при расчете прочности нормальных сечений не учитывается работа бетона на растяжение?
9. Как вычисляется прогиб опытного образца от заданной нагрузки при испытании?
10. Как по графику «момент-прогиб» определяется величина момента образования трещин?
11. Как определяются физико-механические характеристики бетона и арматуры испытываемого образца?
12. Какие стадии напряженно-деформированного состояния положены в основу расчета трещиностойкости, прогибов и несущей способности балки?
13. Как численно устанавливается граница между случаями 1 и 2 разрушения?
14. По какому критерию можно судить о случае разрушения балки по нормальному сечению?
15. Какую величину прогиба изгибаемых железобетонных элементов следует считать недопустимой для их эксплуатации?
16. Как изменяется эпюра напряжений в сжатой зоне бетона? Какая эпюра в сжатой зоне бетона принимается при расчете прочности?
17. На каких участках изгибаемых элементов появляются нормальные трещины?

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru