УДК 624.012.45

¹В.И. Колчунов, д-р техн. наук ²Масуд Нур Эддин (Сирия)

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ШИРИНЫ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

HAУ, кафедра компьютерных технологий строительства e-mail: ¹kolchun@i.com.ua; ² masud@birmir.net

Сформулированы задачи экспериментальных исследований, определения ширины раскрытия трещин на уровнях рабочей арматуры и над растянутой арматурой, деформаций арматуры и бетона с учетом деформационного эффекта в окрестности двухконсольного элемента, изменения расстояния между трещинами и длины трещин с увеличением нагрузки, проверки многоуровневого процесса образования трещин. Разработана методика экспериментальных исследований ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций.

Введение

Для совершенствования расчета железобетонных конструкций большое внимание уделяется методам механики разрушения, поскольку после появления трещин гипотезы и методы механики сплошной среды уже неприменимы. В 2003 г. после завершения реконструкции лаборатории строительных конструкций в Национальном авиационном университете были проведены экспериментальные исследования ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций.

Анализ исследований и публикаций

Анализ современных исследований показывает, что в специальных технических изданиях практически нет данных об опытных параметрах трещиностойкости в зонах, непосредственно примыкающих к берегам и к вершинам трещин, мало опытных данных о длине и приращении трещин при увеличении нагрузки. Тем не менее указанные параметры являются определяющими для анализа сопротивления областей, прилегающих к местам пересечения трещинами рабочей арматуры, где возникает деформационный эффект [1]. Влияние такого эффекта на равновесие усилий в поперечном сечении согласно опытам Немировского [2] может составлять около 40%. Такое влияние заметно возрастает, когда речь идет о таком дифференциальном параметре, как ширина раскрытия трещин. Поскольку деформационный эффект связан с особенностями напряженно-деформированного состояния бетона в окрестности трещины, которое определяется зависимостями механики разрушения, возникает необходимость получения опытных данных о сопротивлении этой зоны, в т. ч. прилегающей к концу трещины. Такие сведения необходимы, вопервых, для определения ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций, во-вторых, для более полного представления об особенностях сопротивления железобетона в целом.

Цель и задачи эксперимента

Экспериментальные исследования стержневых элементов проводили с целью определения ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций и связанных с ней основных параметров напряженно-деформированного состояния и новых констант.

В процессе экспериментальных исследований решались следующие задачи:

- разработка методики исследований ширины раскрытия нормальных трещин стержневых железобетонных элементов;
- определение ширины раскрытия трещин на уровне оси продольной растянутой арматуры и над растянутой арматурой (a_{crc} вдоль всего профиля трещины), изменения расстояния между трещинами l_{crc} и длины трещин h_{crc} с увеличением нагрузки, многоуровневого процесса образования трещин;
- определение деформаций рабочей арматуры в трещине и между трещинами с учетом деформационного эффекта в окрестности двухконсольного элемента, деформаций бетона на берегах трещины вдоль оси рабочей арматуры, фибровых деформаций сжатого бетона, высоты сжатой зоны бетона, деформированного состояния бетона на конце трещины в зоне предразрушения;
- определение новых констант бетона $\xi_{b,R}$, $\xi_{b,w}$, $k_{I,bR}$;
- проверка переходных зависимостей при изменении размеров дополнительных образцов по сравнению со стандартными;
- проверка предлагаемого расчетного аппарата [3] по уточненному расчету ширины раскрытия трещин в железобетонных конструкциях, основанного на учете деформационного эффекта;
- разработки рекомендаций по проектированию эффективных железобетонных конструкций.

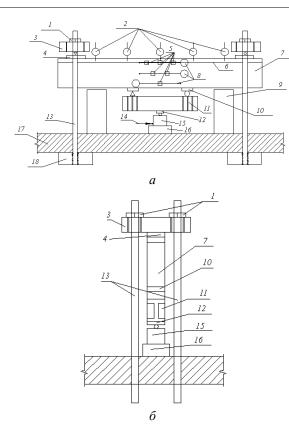


Рис. 1. Схема силовой установки:

a — вид вдоль "ручья" силового пола; δ — вид поперек "ручья" силового пола;

I — гайка; 2 — прогибомеры; 3 — траверсы опорные; 4,10 — металлические пластины δ =20 мм; 5 — зоны установки электротензорезисторов на бетоне; 6 — ось рабочей растянутой арматуры; 7 — опытный железобетонный образец; 8 — механические индикаторы часового типа; 9 — страховочные опоры; 11 — траверса; 12 — шаровая опора домкрата; 13 — тяжи; 14 — насосная станция с манометром; 15 — гидравлический домкрат; 16 — усиленная металлическая тумба; 17 — силовой пол; 18 — захваты за силовой пол

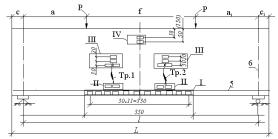


Рис. 2. Зоны установки групп (I–IV) электротензорезисторов

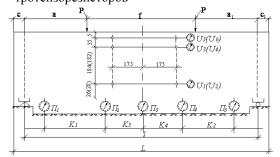


Рис. 3. Схема расположения механических приборов

Методика проведения эксперимента

Силовая установка для проведения исследований была разработана в соответствии с условиями проведенной реконструкции лаборатории строительных конструкций.

Основная особенность этой реконструкции заключалась в том, что был восстановлен силовой пол, «ручьи» которого закрываются специальным покрытием, и лабораторию можно использовать как аудиторию для проведения занятий.

Силовую установку проектировали с привязкой к «ручьям» силового пола.

Основными силовыми устройствами являлись тяжи, закреплённые к силовому полу, траверсы для передачи нагрузки, гидравлический домкрат с максимальным усилием 25 т, насосная станция с набором различных образцовых манометров (250 и 400 кг/см²).

Железобетонные балки испытывали в перевернутом положении (растянутой зоной кверху) для детального изучения картины образования, развития и раскрытия трещин. Испытательная установка позволяла реализовывать намеченную схему нагружения.

На рис. 1 показано размещение механических приборов и зоны установки электротензорезисторов.

Ширину раскрытия трещин исследовали в соответствии с методикой проведения эксперимента. На бетон устанавливали четыре группы электротензорезисторов базой 20 мм (рис. 2).

Первую группу электротензорезисторов располагали в виде непрерывной цепочки в пазы размером 3х4х300 мм рабочих арматурных стержней для измерения опытных деформаций арматуры.

Вторую группу электротензорезисторов приклеивали «Циокрином» на бетон на берегах трещин (после их образования) на уровне оси арматуры для измерения опытных деформаций бетона на уровне оси арматуры в непосредственной близости от трещины — зоне, где проявляется деформационный эффект в железобетоне.

Третью группу электротензорезисторов располагали в виде «ловушки» на пути распространения трещины для измерения опытных характеристик зоны предразрушения.

Четвертую группу электротензорезисторов устанавливали в сжатой зоне бетона для измерения опытных деформаций укорочения бетона и определения высоты этой зоны.

Показания электротензорезисторов дублировались механическими приборами — индикаторами часового типа с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Индикаторы были установлены по схеме, показанной на рис. 3.

На рабочую арматуру с обоих сторон пазов на расстоянии 350 мм приваривали специальные гайки с внутренней резьбой М6 для крепления механических приборов (рис. 4).

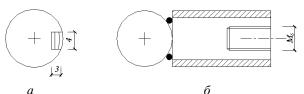


Рис. 4. Измерение деформаций арматуры: a — электротензорезисторы в пазах арматуры; δ — гайки, приваренные к арматурным стержням

Для получения максимума информации каждый образец испытывали с доведением до разрушения. Нагружение балок осуществляли плавномелкими ступенями, составляющими 0,1 М_{сте} для выявления особенностей деформирования при образовании трещин первого, второго и последующих уровней. Контрольную нагрузку для проверки жесткости и трещиностойкости выдерживали втечение 1 ч. Выдержка на всех ступенях, кроме контрольной, для проверки жесткости и трещиностойкости составляла 15 мин.

В процессе кратковременного нагружения показания механических приборов и датчиков снимали дважды: сразу после приложения нагрузки и после выдержки.

Перед ожидаемым моментом трещинообразования растянутую зону каждой балки тщательно осматривали. Появление трещин фиксировалось визуально.

По мере дальнейшего нагружения вели наблюдения за появлением новых трещин и развитием уже имеющихся с помощью микроскопа МКБ-2 с 24-кратным увеличением и ценой деления 0,05 мм.

Ширину раскрытия трещин измеряли на двух боковых гранях на уровнях расположения растянутой арматуры и профиля построения трещин. Во время выдержки под нагрузкой периодически отмечали развитие трещин по высоте. Зарисовку трещин выполняли на специальных планшетах.

Выводы

- 1. Разработана методика экспериментальных исследований ширины раскрытия трещин в железобетонных элементах, позволяющая детально выявить замеченные эффекты сопротивления на берегах трещин при пересечении рабочей арматуры.
- 2. Экспериментальные исследования ширины раскрытия железобетонных конструкций позволили определить основные параметры ширины раскрытия трещин, связанные с особенностями и спецификой напряженно-деформированного состояния железобетона с позиции механики разрушения.

Литература

- 1. *Верюжский Ю. В., Колчунов В. И.* Методы механики железобетона: Учеб. пособие. К.: Кн. изд-во НАУ, 2005. 653 с.
- 2. Немировский А.М. Исследование напряженнодеформированного состояния железобетонных элементов с учетом работы растянутого бетона над трещинами и пересмотр на этой основе теории расчета деформаций и раскрытия трещин // Прочность и жесткость железобетонных конструкций / Под ред. А.А.Гвоздева. –М.: Стройиздат, 1968. – С. 152–173.
- 3. Колчунов В.И., Масуд Нур Еддін, Котенко О.В. Побудова розрахунку залізобетонних конструкцій з позиції механіки руйнування /Вісн. НАУ. 2002. №3. С. 196 204.

Стаття надійшла до редакції 21.02.06.

Сформульовано задачі експериментальних досліджень визначення ширини розкриття тріщин на рівнях робочої арматури та над розтягненою арматурою, деформацій арматури і бетону з урахуванням деформаційного ефекту в околі двоконсольного елемента. зміни відстані між тріщинами та довжиною тріщин і збільшенням навантаження, перевірки багаторівневого процесу появи тріщин. Розроблена методика експериментальних досліджень ширини розкриття тріщин залізобетонних конструкцій.

The tasks of experimental researches have been formulated, basic of which are: definition of width disclosing cracks at a level of the working fixture and in several levels above the stretched fixture; changes of distance between cracks and length of cracks in process of increase of loading with check of multilevel process of formation cracks; definition of deformations of the fixture and concrete with deformation account of effect in a vicinity of a two-console element. The technique of experimental researches of width of disclosing cracks of ferro-concrete designs from a position of the mechanics destruction is developed which has allowed to decide the put tasks.