

УДК 624.012.45

<sup>1</sup>В.И. Колчунов, д-р техн. наук  
<sup>2</sup>Масуд Нур Эддин (Сирия)**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ШИРИНЫ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**НАУ, кафедра компьютерных технологий строительства  
e-mail: <sup>1</sup>kolchun@i.com.ua; <sup>2</sup>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, во-первых, 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  $\xi_{b,R}$ ,  $\xi_{b,u}$ ,  $k_{l,BR}$ ;
- 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.



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

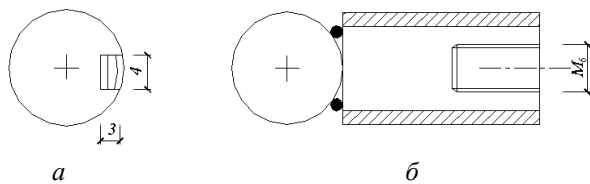


Рис. 4. Измерение деформаций арматуры:  
а – электротензорезисторы в пазах арматуры;  
б – гайки, приваренные к арматурным стержням

Для получения максимума информации каждый образец испытывали с доведением до разрушения. Нагружение балок осуществляли плавными ступенями, составляющими 0,1  $M_{срс}$  для выявления особенностей деформирования при образовании трещин первого, второго и последующих уровней. Контрольную нагрузку для проверки жесткости и трещиностойкости выдерживали в течение 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 напряженно-деформированного 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 Еддин, 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 розтягнутою 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.