

УДК 624.012.45

В.И. Колчунов, д-р техн. наук
Масуд Нур Эддин (Сирия)**АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ РАБОЧЕЙ АРМАТУРЫ ПРИ ТРЕЩИНАХ
В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**НАУ, кафедра компьютерных технологий строительства
E-mail: kolchun@i.com.ua

Рассмотрены экспериментальные данные ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций с учетом их многоуровневого образования. Выполнен анализ графиков деформации растянутой арматуры в зоне чистого изгиба, который показывает, что пик деформаций смещен в зону между трещинами.

The experimental data of width of disclosing cracks of ferro-concrete designs are received in view of their multi-level formation and the analysis of the diagrams of deformation of the stretched fixture in a zone of a pure bend is executed which shows, that the peak of deformations are displaced in a zone between cracks.

Постановка проблемы

Железобетон еще долго будет оставаться основным строительным материалом, поэтому совершенствование методов расчета железобетонных конструкций является актуальной задачей.

В технических изданиях практически нет данных об опытных параметрах деформирования рабочей арматуры в зонах, непосредственно примыкающих к берегам трещин [1; 2].

В процессе экспериментальных исследований ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций с позиции механики разрушения основное внимание уделяли изучению деформированного состояния бетона и арматуры, качественной и количественной оценке используемых в модели основных расчетных параметров.

Каждый образец испытывался с доведением до разрушения.

Прочность железобетонных балок первой серии была исчерпана из-за текучести растянутой арматуры в нормальных трещинах. Разрушение характеризовалось непрерывным нарастанием прогиба при сохранении нагрузки на одном уровне и увеличением ширины раскрытия трещин до 1,5 мм на уровне оси продольной растянутой арматуры.

Прочность железобетонных балок второй серии была исчерпана из-за раздавливания бетона сжатой зоны. При этом в растянутой арматуре текучести не наблюдалось.

Кроме того, три балки (ПБ-1, ПБ-3, ПБ-4) разрушились по нормальным и наклонным сечениям при одновременной текучести продольной и поперечной арматуры в наклонных трещинах. Ширина раскрытия наклонных трещин в балке ПБ-4 достигала 0,5 мм. Испытания показали равнопрочность нормальных и наклонных сечений, что подтвердило их рациональное конструирование по несущей способности.

Анализ деформаций рабочей арматуры

В соответствии с поставленными задачами был выполнен анализ напряженно-деформированного состояния рабочей арматуры, обусловленного наличием только нормальных трещин.

Анализ графиков деформации растянутой арматуры в зоне чистого изгиба показывает (рис. 1), что после появления трещин нарушается равномерное распределение деформаций арматуры, причем максимальный пик несколько смещен от сечения с трещиной, что связано с наличием деформационного эффекта в окрестности трещины. При дальнейшем увеличении нагрузки наступает момент, когда максимальная деформация в арматуре достигает текучести.

При этом трещины максимально раскрываются и в местной зоне трещины выбирается площадка текучести.

После этого текучести достигают деформации соседних участков и вновь происходит выравнивание деформаций уже на более высоком уровне напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов.

Выравнивание деформаций может происходить в ряде случаев и без достижения текучести в арматуре из-за потери сцепления на участках между трещинами.

После прохождения площадки текучести в зонах трещин рост деформаций замедляется из-за наличия деформационного эффекта и вновь деформации по длине зоны чистого изгиба распределяются неравномерно.

При этом максимальные деформации имеются, как правило, уже между трещинами.

В проведенном эксперименте установлено, что в процессе нагружения трещины могут образовываться не только от растянутой грани сечения, но и на некотором расстоянии над продольной арматурой, а затем развиваться вверх и вниз.

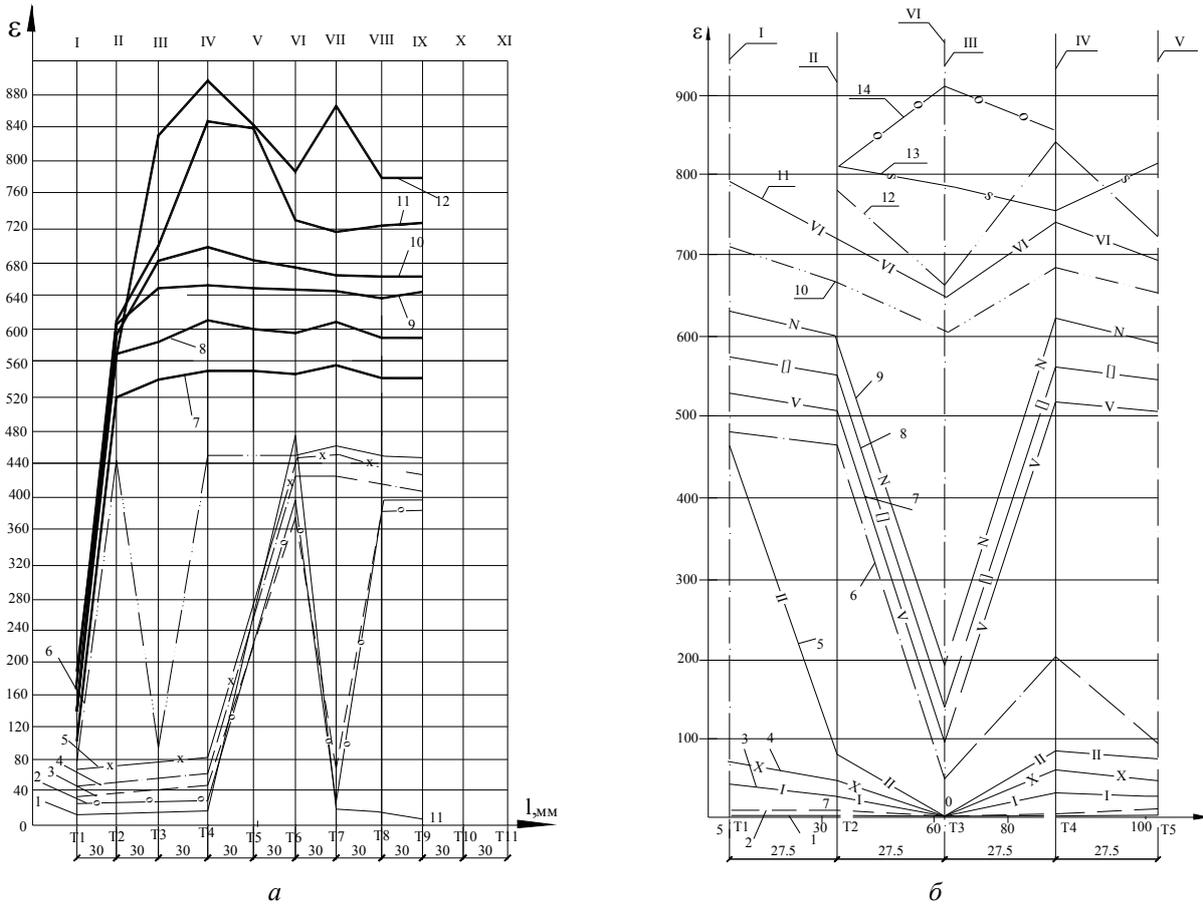


Рис. 1. График деформации растянутой арматуры в средней зоне длиной 350 мм опытного образца ИБ-3 (а), ИБ-4 (б):

а : 1–12 – нагрузка 8,3; 16,5; 24,8; 33; 41; 49,5; 66; 85,5; 98,5; 113; 115; 131 кН соответственно; I–XI – оси баз тензорезисторов; масштаб: $M_b - 1:40 \cdot 10^{-5}$, $M_r - 1:3$;

б : 1–14 – нагрузка 8; 17; 25; 33; 41; 50; 66; 83; 99; 116; 124; 132; 140 кН соответственно; I–V – оси баз электротензорезисторов; VI – сечение, проходящее через середину пролета опытного образца; масштаб: $M_r - 1:1$, $M_b - 1:50 \cdot 10^{-5}$

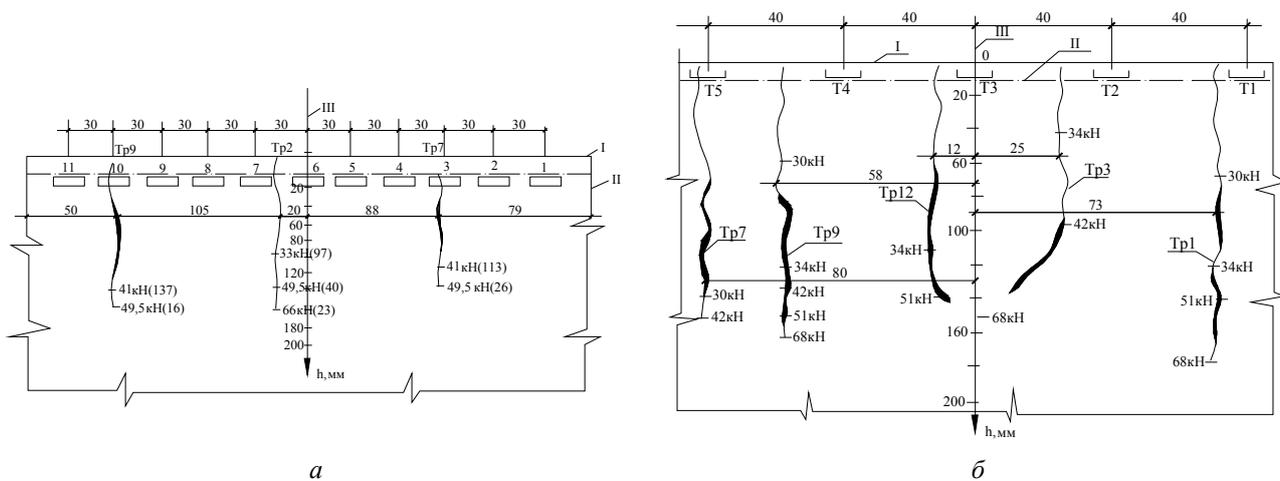


Рис. 2. Схема расположения трещин по отношению к электротензорезисторам, установленным в пазы арматуры опытного образца ИБ-3 (а), ИБ-4 (б):

а : 1–11 – электротензорезисторы; I – нижняя грань балки; II – ось арматуры; III – сечение, проходящее через середину опытного образца; масштаб: $M_r - 1:3$, $M_b - 1:5$;

б : T1 – T5 – электротензорезисторы; I – нижняя грань балки; II – ось арматуры; III – сечение, проходящее через середину пролета опытного образца; масштаб: $M_r - 1:2$, $M_b - 1:3$

Это указывает на сложный профиль образующейся трещины и наличие деформационного эффекта сопротивления железобетона.

При этом ширина раскрытия нормальных трещин на уровне оси арматуры в несколько раз меньше, чем на некотором удалении от этой оси. Таким образом, арматура сдерживает раскрытие трещины, противодействуя раскрытию ее берегов.

Возникающие при этом реакции вызывают местное сжатие в бетоне в окрестности трещины в околоарматурной зоне – деформационный эффект.

Анализ образования и развития трещин (рис. 2) показывает наличие не одного, как принято в теории В.И. Мурашева [3], а нескольких уровней появления трещин, вплоть до разрушения железобетонного образца.

Экспериментальные данные свидетельствуют об изменении расстояния между трещинами и незначительного приращении длины трещины с увеличением нагрузки, деформаций рабочей арматуры в трещине и между трещинами с учетом деформационного эффекта в окрестности двухконсольного элемента [4].

Таким образом, полученный опытный материал позволяет выполнить сопоставительный анализ основных параметров, оказывающих влияние на ширину раскрытия трещин.

Выводы

1. Получены экспериментальные данные о ширине раскрытия трещин на уровне оси продольной растянутой арматуры и нескольких уровнях над растянутой арматурой.
2. Анализ образования и развития трещин подтверждает правомерность использования гипотезы плоских сечений для средних деформаций бетона и арматуры, и возможность экспериментального определения высоты сжатой зоны бетона.
3. Полученные данные дополняют накопленный экспериментальный материал и дают возможность с помощью предлагаемого расчетного аппарата определить ширину раскрытия трещин в железобетонных конструкциях с позиции механики разрушения.

Литература

1. *Верюжский Ю. В., Колчунов В. И.* Методы механики железобетона: Учеб. пособие. – К.: 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 расчёта деформаций и раскрытия трещин // Прочность и жёсткость железобетонных конструкций / Под ред. А.А. Гвоздева. – М.:Стройиздат, 1968. – С. 152–173.
3. *Мурашев В.И.* Трещиностойчивость и прочность железобетона. – М.: Машстройиздат, 1950. – 268 с.
4. *Колчунов В.И., Масуд Нур Еддин, Котенко О.В.* Побудова розрахунку залізобетонних конструкцій з позиції механіки руйнування // Вісн. НАУ. – №3. – 2002. – С. 196 – 204.

Стаття надійшла до редакції 21.02.06.