

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

УДК 624.012.45

НДС ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ С НОРМАЛЬНЫМИ ТРЕЩИНАМИ ПРИ ИЗГИБЕ С КРУЧЕНИЕМ

Азизов Т.Н., Парамонов Д.Ю.

Постановка проблемы в общем виде. Известно, что учет пространственной работы перекрытий обеспечивает существенную экономию материалов и значительно повышает точность определения усилий, действующих в их элементах [4, 5-8].

Исследованиями автора настоящей статьи и других авторов [1, 5-8] было показано, что эффект пространственной работы сборного перекрытия при действии локальных нагрузок в значительной степени зависит от крутильной жесткости его элементов.

Для расчета перекрытий с учетом пространственной работы требуется знание изгибной и крутильной жесткостей составляющих элементов, как при наличии различного рода трещин, так и при их отсутствии.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросы изучения крутильных жесткостей элементов с нормальными трещинами при действии изгиба с кручением не исследованы. Существует разработанная методика [1, 3] для определения крутильной жесткости железобетонных элементов с нормальными трещинами в условиях чистого кручения.

Прочностью железобетонных элементов подверженных изгибу с кручением занимались ученые [13, 14], но при этом исследовалась работа элементов при схеме разрушения по пространственному наклонному сечению.

Существующие методики определения жесткости на кручение [9, 10] касаются только железобетонных элементов с пространственными (спиральными) трещинами. В работе автора [1] предложена методика определения крутильной жесткости элементов прямоугольного сечения с нормальными трещинами. Определению жесткости и прочности элементов с нормальными трещинами при совместном действии изгиба и кручения не уделено внимания в литературе.

Формулировка целей статьи. В связи с вышесказанным целью настоящей статьи является разработка методики определения НДС железобетонных элементов прямоугольного сечения с нормальными трещинами при изгибе с кручением.

Изложение основного материала. В работах [1] показано, что для определения жесткости элементов прямоугольного сечения при наличии нормальных трещин принимается схема, при которой арматура в трещине мысленно рассекается. Далее из условия равенства перемещений слева и справа от рассечения определяется неизвестная нагельная сила. В такой схеме крутящий момент с одного блока к другому, отделенному нормальными трещинами, передается через сжатую зону (рис. 1).

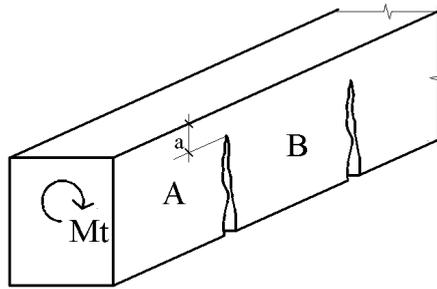


Рис. 1. Схема железобетонного элемента с нормальными трещинами, нагруженного крутящим моментом

Кроме НДС от кручения в блоке, отделенном нормальными трещинами, действуют напряжения от действия внецентренного сжатия, которые будут оказывать существенное влияние как на образование спиральных трещин из вершины нормальной трещины, так и на прочность сжатой от изгиба зоны (высотой a на рис. 1). Напряжения от кручения и изгиба (внецентренного сжатия) по принципу суперпозиции можно просто складывать. Эти напряжения от действия крутящих моментов можно определить, используя методику [1]. Для определения НДС от внецентренного сжатия рассмотрим блок, отделенный двумя нормальными трещинами (например, блок В на рис. 1). Схема действия усилий приведена на рис. 2, где для примера рассмотрено равномерное распределение напряжений в сжатой зоне.

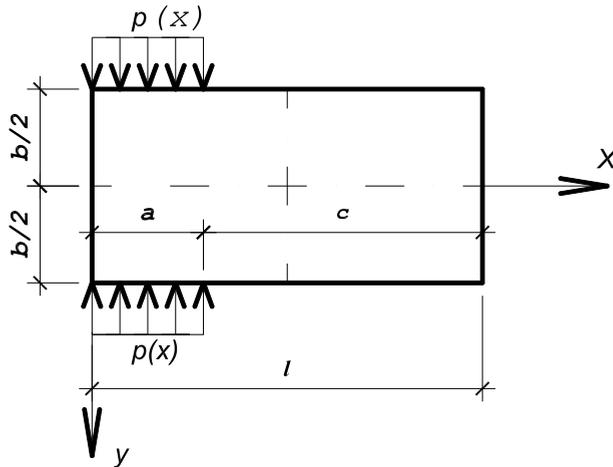


Рис. 2. Схема для расчета НДС блока балки, отделенного двумя нормальными трещинами

Для определения НДС плоской пластины применим метод Файлона с помощью разложения нагрузки в ряды Фурье по синусам [11, 12]

Граничные условия для сторон $y = \pm b/2$ будут выглядеть:

$$\left. \begin{aligned} Y_y &= -p(x) \quad \text{при } y = \pm 0,5b \\ X_y &= 0 \quad \text{при } y = \pm 0,5b \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

принимаем

$$p(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n \sin \frac{n\pi x}{l}$$

где β_n - коэффициент Фурье нагрузки на гранях, который определяется достаточно просто. Так при действии равномерно распределенной на части грани нагрузки, как показано на рис. 2, этот коэффициент будет определяться по выражению:

$$\beta_n = \frac{2q}{l\alpha} \left(\cos \frac{\pi na}{l} - 1 \right) \quad (2)$$

где $\alpha = \frac{\pi n}{l}$, q - интенсивность сжимающего усилия

При использовании метода Файлона [11, 12] напряжения будут определяться по выражениям:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= - \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n \eta(n, y) \sin \frac{n\pi x}{l} \\ \sigma_y &= - \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n \psi(n, y) \sin \frac{n\pi x}{l} \\ \tau_{yx} &= \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n \xi(n, y) \cos \frac{n\pi x}{l} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где приняты обозначения:

$$\begin{aligned} \eta(n, y) &= \frac{(2sh u_n - 2u_n ch u_n) ch \frac{n\pi y}{l} + 2 \frac{n\pi y}{l} sh \frac{n\pi y}{l} sh u_n}{sh 2u_n + 2u_n}; \\ \psi(n, y) &= \frac{(2sh u_n + 2u_n ch u_n) ch \frac{n\pi y}{l} - 2 \frac{n\pi y}{l} sh \frac{n\pi y}{l} sh u_n}{sh 2u_n + 2u_n}; \\ \xi(n, y) &= \frac{2 \frac{n\pi y}{l} ch \frac{n\pi y}{l} sh u_n - 2u_n ch u_n sh \frac{n\pi y}{l}}{sh 2u_n + 2u_n}. \\ U_n &= \frac{n\pi b}{2l} \end{aligned} \quad (4)$$

Ряды (3) сходятся достаточно быстро и для приемлемой для практики точности вполне достаточно 10-15 членов, что при применении ЭВМ достаточно просто реализуется.

Описанная выше методика для рассматриваемого класса задач выгодно отличается от использования метода конечных элементов (МКЭ), т.к. определение НДС от внецентренного сжатия является только частью решения общей задачи жесткости и прочности элементов с нормальными трещинами при кручении и может быть использована как подпрограмма. Известно, что использование существующих программных комплексов, таких, как «Лира» и др. в качестве подпрограмм весьма проблематично.

В горизонтальном сечении, проходящем непосредственно под началом сжимающих усилий, возникают большие растягивающие напряжения (рис. 3), которые будут оказывать существенное влияние на образование и развитие пространственных трещин. Такая схема трещинообразования была получена в экспериментах [3].

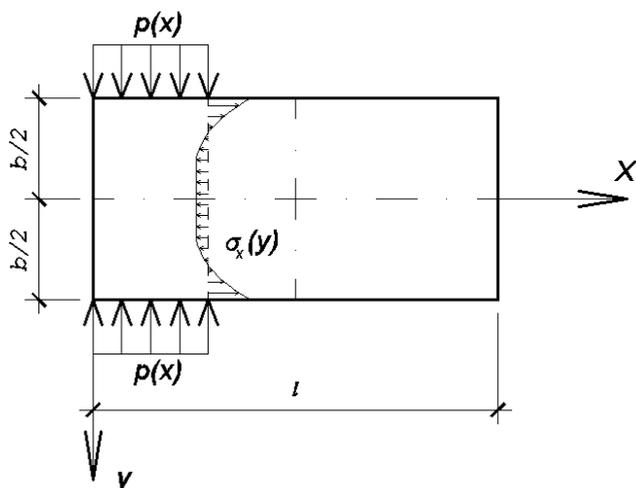


Рис. 3 Усилия, возникающие в горизонтальном сечении блока между трещинами при его внецентренном сжатии

На рис. 4 показаны изополя вертикальных напряжений в квадратной пластине.

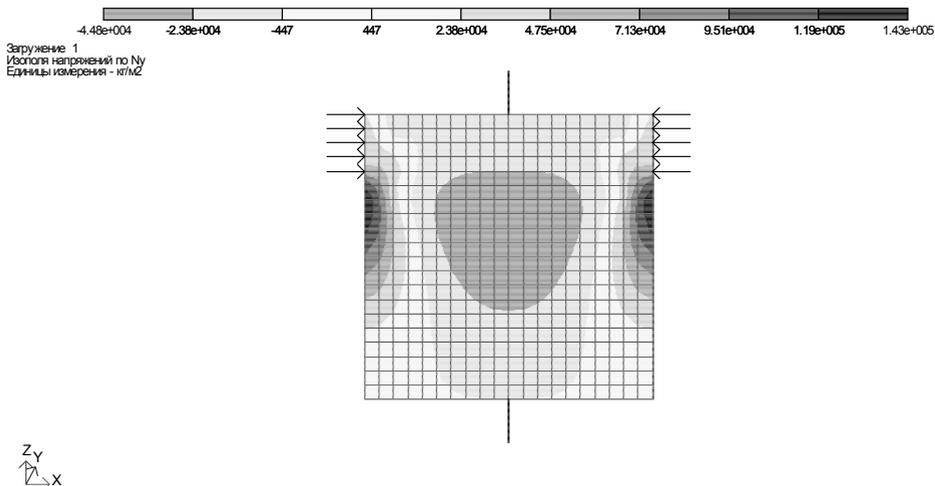


Рис. 4. Изополя вертикальных напряжений в квадратной пластине при ее внецентренном сжатии

Из рис. 4 видно, что на уровне действия сжимающих нагрузок возникает существенная концентрация растягивающих напряжений в вертикальном направлении.

Рассмотренная выше методика позволяет без труда определить напряжение в любой точке пластины.

Преимуществом использования метода Файлона по сравнению с МКЭ является, кроме сказанного выше, еще и определение НДС в сжатой от изгиба зоне с учетом пластических свойств бетона с использованием любых диаграмм его деформирования. Задача решается итерационно следующим образом. На определенном шаге итерации с помощью описанного выше метода Файлона (для НДС от внецентренного сжатия) и метода [1] (для НДС от кручения) определяются суммарные напряжения. Затем по известным методикам (например, по [6]) корректируется распределение напряжений в сжатой от изгиба зоне. Это распределение раскладывается в ряд Фурье по (1) и

находится новое НДС пластины с новым распределением усилий $p(x)$. Итерации продолжаются до схождения с заданной наперед точностью. Имея окончательно полученное напряженно-деформированное состояние, следует по существующим критериям прочности определить несущую способность рассматриваемой зоны.

Выводы.

Использование метода Файлона позволяет достаточно просто определять НДС железобетонных балок с нормальными трещинами при действии изгиба с кручением. Методика расчета позволяет без труда учитывать пластические свойства бетона сжатой от изгиба зоны.

В перспективе следует провести экспериментальные исследования жесткости и прочности железобетонных балок после образования в них нормальных трещин, с целью проверки предложенной методики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азизов Т.Н. Определение крутильной жесткости железобетонных элементов с трещинами // Дороги і мости: Зб. Наук. праць. - Київ: ДерждорНДІ, 2007. – Вип. 7. Том 1.- С. 3-8.
2. Гибшман М.Е. Прочность элементов при совместном действии изгиба с кручением / М.Е. Гибшман, Е.А. Шагин. – 1979. – 33 с. (Бетон и железобетон, №11).
3. Азизов Т.Н., Срібняк Н.М. Експериментальні дослідження крутильної жорсткості та міцності залізобетонних елементів з нормальними тріщинами при крученні// Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.– Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2009. – Вип. 34 – С. 4-14.
4. Айвазов Р.Л. Сборное панельное перекрытие, опёртое по контуру: Сб.тр. МИСИ. – М., 1971. – Вип. 90. – Пространственная работа железобетонных конструкций.
5. Байков В.Н. Исследование совместной работы сборных железобетонных элементов в системах плоских и пространственных конструкций: Дис ... докт. техн. наук. – М., 1967.
6. Бамбура А.Н. К построению деформационной теории железобетона стержневых систем на экспериментальной основе / А.Н. Бамбура, А.Б. Гурковский // Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник.– Київ: НДІБК, 2003. – Вип. 59 – С. 121-130.
7. Верещага А.И. Напряженно-деформированное состояние и прочность сборных железобетонных перекрытий. Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Сумский национальный аграрный ун-т. – Сумы, 2002. – 248 с.
8. Горнов В.Н. Исследование прочности и жесткости индустриальных конструкций жилых домов. – М.: Госстройиздат, 1954. – 240 с.
9. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
10. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.
11. Папкович П.Ф. Теория упругости. – М.: Оборонгиз, 1939.
12. Пространственные расчёты мостов / [Б.Е. Улицкий, А.А. Потапкин, В.И. Руденко, И.Д. Сахарова, Ю.М. Егорушкин]. – М.: Транспорт, 1967. – 404 с.
13. Фомичев В.И. Прочность железобетонных элементов, подверженных изгибу с кручением, при учете пространственной работы внутренних сил и сложного напряженного состояния арматуры: автореф. дис. на соискание научн. ступеня канд. техн. наук:05.23.01 – М.,1978 – 21 с.
14. Марио Исидоро Андраде Ираола. Прочность железобетонных элементов прямоугольного сечения при поперечном изгибе с кручением: Дис. ... канд. техн. наук. – Киев, 1993. – 158 с.

УДК 624.012.2.003.12:620.1

МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖИ МІЦНОСТІ СТАРОЇ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ

Андрух С.Л.

Постановка проблеми у загальному вигляді. При розрахунку кам'яних конструкцій на міцність кладки за діючими нормами ДСТУ Б В.2.7-61-97 в яких не враховується такий чинник, як вплив розмірів поперечного перетину. У діючих нормах