

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРУТИЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ ТАВРОВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С НОРМАЛЬНЫМИ ТРЕЩИНАМИ

Азизов Т.Н., Стадник В.И. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

У статті описується методика визначення крутильної жорсткості залізобетонних елементів таврового перерізу за наявності в них нормальних тріщин. Приведені результати експериментальних досліджень і їх порівняльний аналіз з розрахунковими даними.

Постановка задачи и анализ исследований.

Известно, что учет пространственной работы перекрытий обеспечивает существенную экономию материалов и значительно повышает точность определения усилий, действующих в их элементах [4-7]. Исследованиями автора настоящей статьи и других авторов [5,6] 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. Существующие методики определения жесткости на кручение [8,9] касаются только железобетонных элементов с пространственными (спиральными) трещинами.

Исследования крутильной жесткости элементов с нормальными трещинами находятся в начальной стадии и касаются элементов прямоугольного сечения [3].

Целью настоящей статьи является экспериментальное и теоретическое исследования жесткостных параметров железобетонных элементов при действии крутящих моментов.

Изложение основного материала.

В работе [1] показано что для определения жесткости элементов таврового сечения, с полкой в сжатой от изгиба зоне, при наличии в них нормальных трещин принимается схема, при которой арматура в трещине мысленно рассекается и из условия равенства перемещений слева и справа от рассечения определяется неизвестная нагельная сила.

После мысленного рассечения арматуры в трещине крутящий момент с одного блока на другой будет передаваться через сжатую от изгиба зону высотой Z . Для решения этой части задачи в [1] тавровый элемент рассекается горизонтальными плоскостями на отдельные стержни, высота первого из которых является высотой сжатой зоны Z (рис. 1).

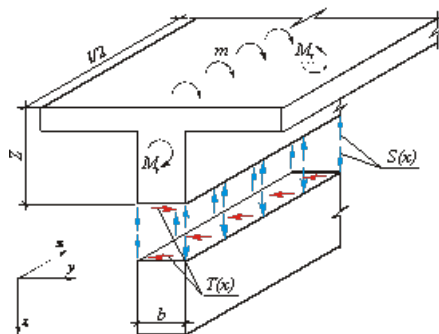


Рис. 1. Схема неизвестных внутренних усилий по плоскости рассечения таврового элемента

Для определения неизвестных внутренних усилий $S(x)$ и $T(x)$, действующих в плоскости сечения, выведена система дифференциальных уравнений из условия равенства сверху и снизу от сечения перемещений и их производных.

Для получения достаточно простого решения задачи неизвестные $T(x)$ и $S(x)$, а также внешний крутящий момент предложено разложить в ряды Фурье по косинусам. При этом граничные условия будут удовлетворены автоматически.

После определения неизвестных внутренних усилий вычисляются углы поворота и перемещения верхней части относительно нижней (см. рис. 1) и определяется нагельная сила Q в продольной арматуре из условия равенства перемещений точек C' и C по [1] (рис. 2).

После вычисления неизвестной величины Q определяется реальное перемещение в трещине a_{tot} , которое будет равно удвоенной сумме перемещений от смятия бетона и сдвига арматуры:

$$a_{tot} = 2 \cdot (\Delta_{об} + \Delta_{ар}) \quad (1)$$

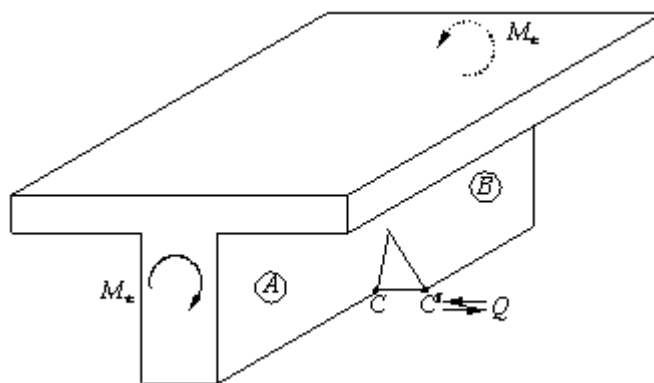


Рис. 2. Схема к определению нагельной силы в арматуре

В свою очередь $\Delta_{об}$ и $\Delta_{ар}$ зависят от величины нагельной силы [1].

Для определения крутильной жесткости элемента с нормальной трещиной следует определить угол поворота условно сплошного (без трещин) элемента:

$$\varphi_{спл} = \frac{\alpha_{кр} + \alpha_{г}}{h/2} \quad (2)$$

где $\alpha_{г}$ - составляющая перемещения от поворота целой части блока, определяемая по известным формулам кручения упругого стержня.

Отношение угла поворота сплошного элемента без трещин к эквивалентному, дает отношение жесткости сплошного элемента к жесткости элемента с нормальной трещиной.

С целью проверки предложенной методики определения жесткости железобетонных элементов с нормальными трещинами при действии крутящего момента были проведены экспериментальные исследования жесткости балок таврового сечения с искусственными нормальными трещинами, имитированными вставками из ДВП толщиной 4мм [2].

Маркировались балки по диаметру продольной арматуры, толщине и ширине полки. Пример маркировки балки показан в таблице 1.

При исследовании жесткости образцов с искусственными нормальными трещинами на каждом этапе нагружения с помощью индикаторов часового типа измерялись перемещения двух средних блоков относительно двух крайних блоков, отделенных трещинами.

Результаты и анализ исследований.

Для каждого экспериментального образца были построены два графика зависимости «угол поворота – крутящий момент».

Таблица 1

Маркировка экспериментальных балок

Маркировка балки	Диаметр продольной арматуры, мм	Высота полки тавровой балки, мм	Ширина полки тавровой балки, мм
Б-12-75-250	12	75	250

Первый график построен по результатам эксперимента, по данным журнала записи отсчетов по индикаторам часового типа для каждого этапа выдержки образца под нагрузкой.

Второй график построен в предположении упругой работы элемента для уровня загрузки балки, составляющего 30% от разрушающей нагрузки.

На рис. 3-5 приведены некоторые графики зависимости «угол поворота – крутящий момент» для экспериментальных балок различных серий. Из графиков можно видеть, что практически все балки деформировались по линейному закону до весьма высоких уровней загрузки (70-75% от разрушающей нагрузки) и только на этапах, близких к разрушению наблюдались существенные пластические деформации.

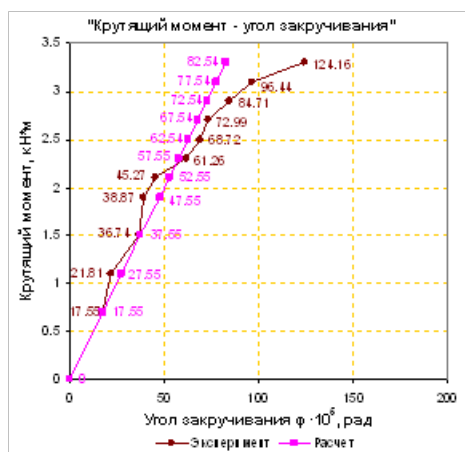
Графики на рис. 3-5 свидетельствуют также о том, что теоретические результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Среднее значение величины погрешности при определении угла закручивания на уровне, близком к пределу пропорциональности, не превышает 14%. Это дает основание рекомендовать разработанную методику для использования в практике проектирования. Методика расчета позволяет определять крутильную жесткость без применения программных комплексов с использованием объемных конечных элементов, что существенно упрощает работу инженера.

Выводы и перспективы исследований.

1. Проведенные экспериментальные исследования позволили установить, что железобетонные элементы таврового сечения с нормальными трещинами деформируются упруго до весьма высоких уровней нагружения. Пластические деформации проявляются после достижения 70-75 % разрушающей нагрузки.

2. Разработанная авторами методика расчета удовлетворительно согласовывается с данными проведенного физического эксперимента, что позволяет рекомендовать ее для практического применения.

а)



б)

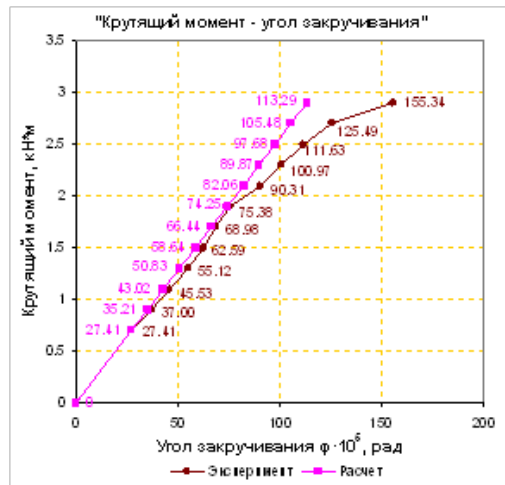
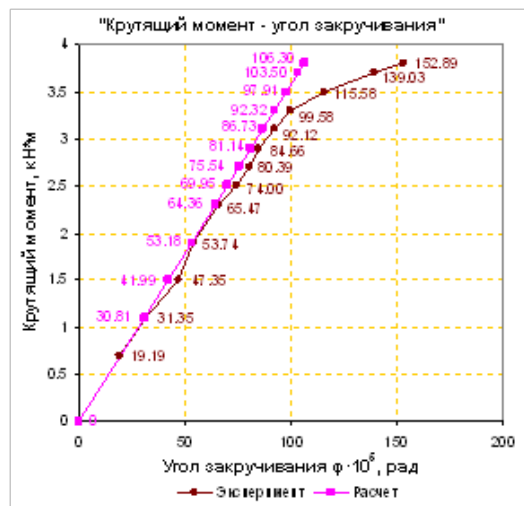


Рис. 3. Зависимость угла поворота от величины крутящего момента экспериментальных балок: а) – Б-22-50-250; б) – Б-22-75-250

а)



б)

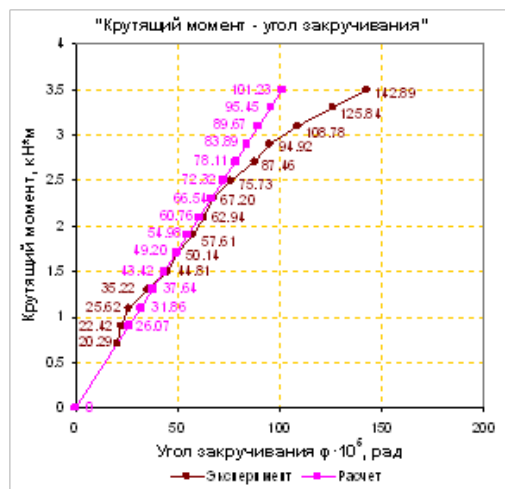
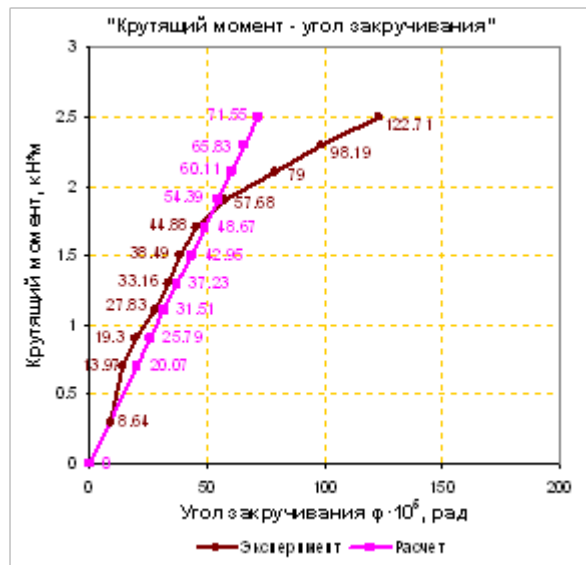


Рис. 4. Зависимость угла поворота от величины крутящего момента экспериментальных балок: а) – Б-12-75-350; б) – Б-22-50-350

а)



б)

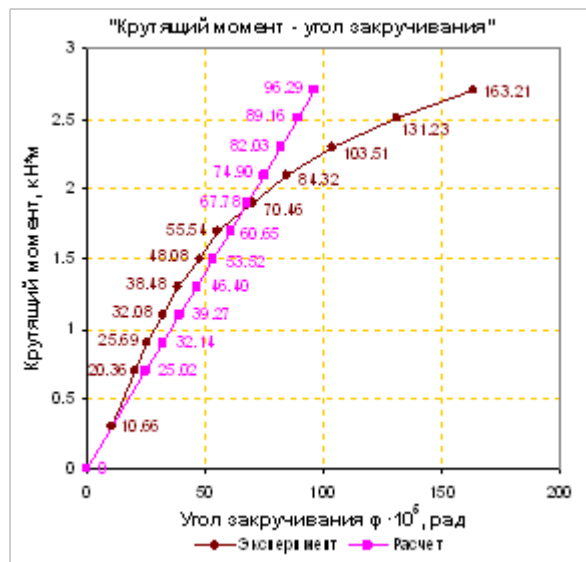


Рис. 5. Зависимость угла поворота от величины крутящего момента экспериментальных балок: а) – Б-18-75-450; б) – Б-12-75-450

В перспективе предполагается разработка методики расчета прочности тавровых элементов с нормальными трещинами при действии на них крутящих моментов и ее экспериментальная проверка с целью возможности использования в практике проектирования.

SUMMARY

In the article the methods of determination of turning inflexibility of reinforce-concrete elements of the T-shaped crossing are described at presence of in them normal cracks. The brought results over of experimental researches and them comparative analysis with calculation data.

Литература

1. Азизов Т.Н., Стадник В.И. Крутильная жесткость тавровых железобетонных элементов с нормальными трещинами // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 33 – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2009. – С. 4-11.
2. Азизов Т.Н., Стадник В.И. Экспериментальные исследования крутильной жесткости и прочности тавровых железобетонных элементов с нормальными трещинами при кручении // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 37 – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2010. – С. 9-16.
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. Вип. 34 – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2009. – С. 4-14.
4. Айвазов Р.Л. Сборное панельное перекрытие, опёртое по контуру: Сб.тр. МИСИ. – М., 1971. – Вып. 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. 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.
7. Горнов В.Н. Исследование прочности и жесткости индустриальных конструкций жилых домов. – М.: Госстройиздат, 1954. – 240 с.
8. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
9. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.