

УДК 691.714:620.175

ББК 38.53

П-84

Маилян Дмитрий Рафаэлович, доктор технических наук, профессор кафедры железобетонных и каменных конструкций Ростовского государственного строительного университета;

Касаев Далхат Хусеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства и строительных материалов Северо-Кавказской государственной гуманитарно-технологической академии;

Маслакова Ольга Васильевна, ассистент кафедры технологии строительного производства и строительных материалов Северо-Кавказской государственной гуманитарно-технологической академии;

Блягоз Алик Моссович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин Майкопского государственного технологического университета, e-mail: alfa-maikop@yandex.ru.

ПРОЧНОСТЬ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ КРУЧЕНИИ

(рецензирована)

В статье рассматриваются вопросы расчета прочности сталефибробетонных элементов при кручении. Определена расчетная модель, даны результаты экспериментальных исследований балок прямоугольного сечения. Получено существенное влияние соотношения сторон сечения элемента на значение момента трещинообразования при кручении.

Ключевые слова: сталефибробетонный элемент, кручение, соотношение сторон, момент трещинообразования.

Mailyan Dmitry Rafaelovich, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures of Rostov State University of Civil Engineering;

Kasaev Dalkhat Khuseevich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Department of Technology of Construction and Construction Materials of the North - Caucasian State Humanitarian - Technological Academy;

Maslakova Olga Vasilievna, assistant of the Department of Technology of Construction and Construction Materials of the North - Caucasian State Humanitarian - Technological Academy;

Blyagoz Alec Mossovich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the department of Construction and General Professional Disciplines of Maikop State Technological University, tel.: 89184205021, e-mail: alfa-maikop@yandex.ru.

STRENGTH OF STEELFIBRECONCRETE ELEMENTS OF RECTANGULAR SECTION IN TORSION

(Reviewed)

The questions of the strength calculation of steelfibreconcrete elements in torsion have been considered. Calculation model has been defined; the results of the experimental studies of beams of rectangular section have been given. A significant effect of aspect ratio of the section of the element on the value of the moment of cracking in torsion has been obtained.

Keywords: steelfibreconcrete element, twist, aspect ratio, moment of cracking.

В любом конструктивном элементе, работающем на изгиб, возникает кручение, поскольку нагрузка будет прилагаться эксцентрично по отношению к вертикальной оси элемента. В Своде Правил [1] по проектированию сталефибробетона нет указаний по расчету прочности элементов при наличии кручения. Чистое кручение в реальных конструкциях не встречается, оно действует в сочетании с другими силовыми факторами. Как показали исследования [2], для оценки прочности элементов, подверженных кручению совместно с другими силовыми факторами необходимо разработать методику оценки прочности при кручении с тем, чтобы затем при помощи кривых взаимодействия получить методику оценки прочности при их совместном действии. Поэтому задачей данного исследования является разработка методики оценки прочности сталефибробетонных элементов прямоугольного сечения при кручении.

При определении расчетной модели руководствовались положениями, принятыми в работе [2], с той лишь разницей, что на концах клиньев напряжения в бетоне равны нулю. Это в свою очередь привело к криволинейной эпюре напряжений в бетоне. Таким образом, при построении

расчетной модели принимались следующие предпосылки:

- кручение оказывает изгибающее действие, которое вызывает излом по плоскости, проходящей под углом 45° к продольной оси элемента;
- эпюры сжимающих и растягивающих напряжений имеют криволинейную форму, а максимальные значения при разрушении элемента соответственно равны R_{fb} и R_{fbt} и равномерно распределены по ширине элемента (рис. 1);
- полнота эпюр сжимающих и растягивающих напряжений одинакова.

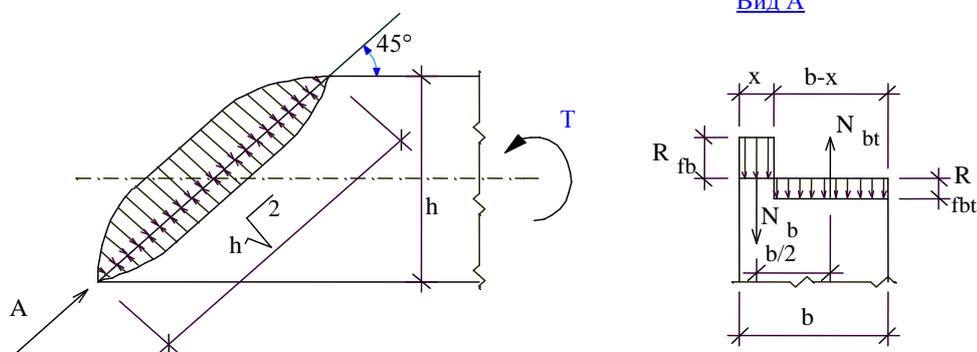


Рис. 1. Расчетная модель работы сталефибробетонного элемента при кручении

Из условия равновесия сжимающих N_b и растягивающих N_{bt} сил определяется высота сжатой зоны бетона:

$$x = \frac{R_{fbt} \cdot b}{R_{fb} + R_{fbt}}, \quad (1)$$

где R_{fb} и R_{fbt} – прочность сталефибробетона на сжатие и растяжение соответственно.

Из условия равновесия моментов имеем:

$$T = 0,5 \cos 45^{\circ} \sqrt{2} R_{fbt} b h (b - x) \quad (2)$$

Форма эпюры действительных напряжений может отличаться от принятой по расчетной схеме (рис. 1), кроме того, кручение вызывает напряженное состояние сжатие-растяжение, которое влияет на несущую способность элемента. Влияние этих факторов можно выявить на основе опытного материала. Предполагалось что формула (2) приобретет вид:

$$T = \gamma \cdot R_{fbt} \cdot b h (b - x), \quad (3)$$

где γ – эмпирический коэффициент, определяемый экспериментальным путем.

В настоящее время за рубежом накоплен большой опытный материал по рассматриваемой проблеме, который и был использован в данном исследовании.

В работе [3] на кручение было испытано 26 балок прямоугольного сечения. Первые шесть серий состояли из 18 балок с размерами сечения 8,5x17,8см. В двух остальных сериях было по 4 балки, при этом менялось соотношение сторон h/b , которое составляло 1; 1,35; 1,7 и 2,09 при ширине $b = 8,5$ см. Прочность сталефибробетона на сжатие составляла от 36 до 65 мПа, а на растяжение – от 3 до 6 мПа.

В исследовании [4] были испытаны на кручение 3 серии балок (А, В, С) по три балки в серии, отличавшиеся размерами поперечного сечения. При одинаковой ширине сечения $b = 10$ см, высота принималась в сериях А, В и С равной 10, 15 и 20см соответственно. Прочность сталефибробетона была одинаковой для всех образцов и составляла на сжатие и растяжение 34,2 и 4,43мПа соответственно.

В исследовании [2] было установлено, что при изгибе с кручением, когда доля изгибающего момента незначительна, несущая способность определяется крутящим моментом. Учитывая это положение, был использован опытный материал из [4] еще трех балок серии D, которые были испытаны при малой доле изгибающего момента. Эти балки имели размеры сечения 10x15см при прочности сталефибробетона на сжатие и растяжение 32,6 и 3,29 мПа соответственно.

Таким образом, в качестве опытного материала были использованы результаты испытаний 38 балок.

В работе [2] было установлено, что соотношение сторон сечения элемента h/b оказывает влияние на значение момента трещинообразования при кручении. Анализ опытных данных обнаружил аналогичное влияние соотношения сторон на прочность сталефибробетонных балок при кручении.

В ходе анализа и обработки опытных данных, было установлено, что несущая способность элементов при кручении может быть оценена формулой.

$$T = 0,27 \left(0,9 + 0,1 \frac{h}{b} \right) \cdot R_{fbr} \cdot bh(b-x). \quad (4)$$

Значение $\gamma = 0,27$ получено при минимальном значении коэффициента вариации $\nu = 0,07$.

Среднестатистическое значение отношения опытного момента к теоретическому, полученному по формуле (4), составило 1,03, при отклонениях крутящего момента T от -12 до $+15\%$. Такой результат можно считать вполне приемлемым.

Литература:

1. Свод правил по проектированию и строительству. Сталефибробетонные конструкции: СП 52.104-2006. М., 2007.
2. Касаев Д.Х. Прочность элементов железобетонных конструкций при кручении и изгибе с кручением. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2001. 176 с.
3. Narayanan R., Kareem-Palanjian S. Steel fibre reinforced concrete beams in torsion // International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete. 1983. Vol.5, №4. P. 235-246.
4. Mansur M.A. Bending-torsion interaction for concrete beams with steel fibers // Magazine of Concrete research. 1982. Vol. 34, №121. P. 182-190.

References:

1. *The Code of rules for design and construction. Steelfibreconcrete structures: SP 52.104-2006. M., 2007.*
2. *Kasaev D.H. The strength of reinforced concrete structures in torsion and bending with twisting. Rostov n / D.: RSU Publishing, 2001. 176 p.*
3. *Narayanan R., Kareem-Palanjian S. Steel fibre reinforced concrete beams in torsion / / International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete. Vol.5. № 4. November, 1983. P. 235-46.*
4. *Mansur M. A. Bending-torsion interaction for concrete beams reinforced with steel fibers // Magazine of Concrete Research. 1982. Vol. 34. № 121. P. 182-90.*