

Багаутдинов Марсель Азатович

магистрант

Архитектурно-строительный институт
ФГБОУ ВО «Самарский государственный
технический университет»
г. Самара, Самарская область

ПРОЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК БЕЗ ПОПЕРЕЧНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ИЗГИБЕ

Аннотация: в данной статье приведены методика и результаты испытаний железобетонных балок при поперечном изгибе. Автором представлена конструкция опытных образцов. Анализ результатов испытаний показал влияние продольного армирования на трещинообразование и прочность железобетонных балок при поперечном изгибе.

Ключевые слова: поперечный изгиб, наклонное сечение, процент армирования, продольное армирование.

Расчетная модель для определения прочности наклонных сечений железобетонной балки при действии поперечных сил, представленная в нормах [1], имеет эмпирический характер, обусловленный сложностью напряженно-деформированного состояния железобетона в зоне поперечного изгиба. Расчет элементов без поперечной арматуры на действие поперечных сил имеет определенные особенности, связанные с условиями образования и развития наклонных трещин в таких элементах [2].

Анализ, проведенный в [4; 5; 8] показал, что прочность изгибаемых железобетонных элементов по наклонным сечениям определяется следующими параметрами: геометрические характеристики сечения элемента, процент продольного армирования, прочностные характеристики бетона.

Проведенные исследования [3] позволили выявить влияние продольного армирования сжатой и растянутой зон изгибаемых элементов на несущую способ-

ность конструкций при восприятии поперечных сил. Повышение точности методики расчета прочности железобетонных балок при поперечном изгибе позволит корректно определять предельную поперечную силу и повысить надежность конструктивных решений.

С целью совершенствования нормативной методики расчета прочности при поперечном изгибе в работах [6; 7] была предложена расчетная модель, учитывающая влияние перечисленных выше параметров расчетного сечения.

Для экспериментального исследования теоретических предпосылок предложенной расчётной модели было проведено исследование на трех опытных образцах. Образцы представляли собой железобетонные балки прямоугольного поперечного сечения $h = 450$ мм, $b = 200$ мм и расчетным пролетом $l = 2000$ мм. В образцах варьировался процент продольного армирования, который составлял 0,95%, 1,54%, 2,54%. Армирование балок выполнялось двумя стержней продольной арматуры класса А500 диаметром 22 мм, 28 мм и 36 мм. Для предотвращения продергивания арматурных стержней производилась их анкеровка путем сварки на опорах с анкерами – уголками №10. Поперечное армирование в балках отсутствовало.

Для измерения деформаций бетона и арматуры использовались тензOMETрические датчики, показания которых фиксировались с помощью тензOMETрического комплекса. Испытания опытных образцов производились по схеме однопролетной шарнирно-опертой балки, загруженной сосредоточенной силой с величиной относительного пролета среза равной $2,5h_0$.

При испытании образца с процентом продольного армирования 0,95 образование нормальных трещин началось при нагрузке $P = 0,52P_{ult}$, ширина их раскрытия составляла $a_{cr} = 0,05$ мм. При нагрузке $P_{ult} = 186,2$ кН образовалась наклонная трещина шириной раскрытия $a_{cr} = 1$ мм, после выдержки под нагрузкой образовалась наклонная трещина в другом пролете среза, ширина раскрытия трещин увеличилась до 2,5 мм, и опытный образец разрушился по наклонному сечению от действия перерезывающей силы.

При испытании образца с процентом продольного армирования 1,54 образование нормальных трещин началось при нагрузке $P = 0,34P_{ult}$, ширина их раскрытия составляла $a_{cr} = 0,06$ мм. При нагрузке $P = 0,69P_{ult}$ образовалась наклонная трещина в левом пролете, при $P = 0,86P_{ult}$ образовалась наклонная трещина в правом пролете. Ширина раскрытия трещин составляла $a_{cr} = 0,4$ мм. При дальнейшем увеличении нагрузки ширина раскрытия наклонных трещин увеличилась до 2,1 мм. Разрушение балки произошло в правом пролете при $P_{ult} = 284,5$ кН по наклонному сечению от перерезывающей силы.

При испытании образца с процентом продольного армирования 2,54 образование нормальных трещин началось при нагрузке $P = 0,56P_{ult}$, ширина раскрытия трещин составляла $a_{cr} = 0,03$ мм. При нагрузке $P = 0,92P_{ult}$ начали образовываться наклонные трещины шириной раскрытия $a_{cr} = 0,05$ мм. В процессе нагружения балки при $P_{ult} = 245$ кН в левом пролете среза ширина раскрытия наклонной трещины составляла $a_{cr} = 1,3$ мм, разрушение произошло по наклонному сечению от перерезывающей силы в левом пролете.

Анализируя результаты испытаний балок, можно выделить ряд общих черт: в процессе увеличения нагрузки в них вначале появляются трещины в нормальных сечениях, расположенных в зоне максимального момента, после чего образование нормальных трещин распространяется на зону поперечного изгиба. Эти трещины постепенно отклоняются по направлению траектории главных сжимающих напряжений. Наконец, возникает самостоятельная наклонная трещина. По этой наклонной («критической») трещине и происходит разрушение, которое может наступить сразу при ее возникновении (при малом проценте продольного армирования), или же после некоторого дополнительного увеличения нагрузки (при больших процентах продольного армирования). Результаты экспериментального исследования показывают, что разрушение по наклонному сечению носит хрупкий характер и в значительной степени определяется величиной процента продольного армирования сечения.

Список литературы

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения // ФЦС. – М., 2012. – 162 с.
2. Filatov V.B. Research of the stress condition of the normal section of reinforced concrete elements using nonlinear deformation model [Text] / V.B. Filatov, A.A. Suvorov // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 153. – P. 144–150. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.094.
3. Филатов В.Б. Особенности работы и эффективное использование жесткой поперечной арматуры железобетонных балок [Текст] / В.Б. Филатов, Ю.В. Жильцов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14. – №4 (5). – С. 1325–1328.
4. Филатов В.Б. Анализ расчетных моделей при расчете прочности наклонных сечений железобетонных балок на действие поперечных сил [Текст] / В.Б. Филатов, А.С. Арцыбасов, М.А. Багаутдинов, Д.И. Гордеев, А.И. Кортунов, Р.А. Никитин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16. – №4 (3). – С. 642–645.
5. Филатов В.Б. Анализ влияния конструктивных параметров на прочность железобетонных плит при продавливании [Текст] / В.Б. Филатов, Е.П. Бубнов, А.К. Алексеев, М.А. Брусков, З.Ш. Галяутдинов, А.Г. Проидин // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16. – №4 (3) – С. 646–649.
6. Филатов В.Б. Расчетная модель наклонного сечения железобетонной балки с учетом сил зацепления в наклонной трещине [Текст] / В.Б. Филатов, Е.В. Блинкова // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №3. – С. 39–42.
7. Филатов В.Б. Расчет прочности наклонных сечений изгибаемых железобетонных элементов с учетом сил зацепления в наклонной трещине [Текст] / В.Б. Филатов // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: Научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону: В 7 т. Т. 1. – М.: МГСУ. – 2014. – С. 389–396.

8. Филатов В.Б. Сравнительная оценка прочности железобетонных элементов при поперечном изгибе по различным методикам [Текст] / В.Б. Филатов // Современные проблемы расчета железобетонных конструкций, зданий и сооружений на аварийные воздействия: Сборник докладов Международной научной конференции. – М.: НИУ МГСУ. – 2016. – С. 484–488.