

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ,
ВЛИЯЮЩИХ НА ХАРАКТЕР РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
ИЗГИБАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАСЧЕТЕ
ПО НАКЛОННЫМ СЕЧЕНИЯМ**

Постернак С.А., Ланевская М.О., Постернак И.М., Постернак А.А.
*(Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
г. Одесса)*

Выполнено исследование конструктивных факторов, влияющих на характер трещинообразования, разрушение и несущую способность изгибаемых элементов по наклонным сечениям.

На стадии создания методов расчета и проектирования важна качественная и количественная оценка влияния характерных факторов на несущую способность железобетонных конструкций. Базируясь на данных экспериментальных исследований, факторы, оказывающие наибольшее влияние на несущую способность, согласно работ [1,2], могут быть условно разделены на две группы: первая - внешнего воздействия, включающие в себя условия опирания и схему загрузки элемента, вид и режим действия поперечной нагрузки; вторая – конструктивные самого элемента – поперечное и продольное армирование, прочностные и деформативные характеристики бетона, размеры и форма поперечного сечения, предварительное напряжение арматуры.

Существенное влияние на прочность и трещиностойкость по наклонным сечениям при действии поперечных сил и изгибаемых моментов оказывают конструктивные факторы самого элемента, наиболее значимыми среди которых являются: поперечное армирование; продольное армирование; прочностные и деформативные характеристики бетона; размеры и форма поперечного сечения; анкеровка и сцепление продольной арматуры с бетоном; предварительное напряжение.

На несущую способность элемента, характер образования и развития наклонных трещин, и разрушение по наклонному сечению существенное влияние оказывает интенсивность поперечного армирования [1...3]. Около 50% поперечной силы воспринимает поперечная арматура [4]. Это положение и вошло в расчет по СНиП 2.03.01-84 [5]. По мнению Залесова А.С. и Климова Ю. А. [1] с увеличением интенсивности поперечного армирования, диаметра поперечных стержней,

уменьшением их шага или повышением прочности арматуры несущая способность повышается наиболее существенно (в 1,5...2 раза) по сравнению несущей способности элементов без поперечного армирования при пролетах среза $a/h_0 > 2...2,5$ и разрушении по сжатой зоне от раздробления бетона. В дальнейшем с увеличением количества поперечной арматуры рост несущей способности замедляется.

Процессу увеличения интенсивности поперечного армирования соответствует увеличение угла наклона критической наклонной трещины и уменьшение длины ее горизонтальной проекции (C_0). При этом C_0 изменяется примерно от $2h_0$ до h_0 . Уменьшение длины наклонной трещины приводит к тому, что рост несущей способности происходит медленнее, чем возрастает интенсивность поперечного армирования. Одновременно с этим увеличивается высота сжатой зоны бетона над вершиной критической наклонной трещины. При достаточно мощном поперечном армировании критическая наклонная трещина приближается к нормальной, а разрушение элемента по наклонным сечениям переходит к разрушению по нормальным. В зависимости от количества продольной арматуры, прочности бетона, длины пролета среза и других факторов несущая способность элемента за счет установки поперечной арматуры может быть увеличена в 3 и более раз.

Манченко Г.Н. и Лалаянц Н.Г. [3] также исследовали влияние на выносливость наклонных сечений поперечного армирования. Были проведены испытания железобетонных балок и выявлена зависимость характера разрушения от интенсивности поперечного армирования. В изгибаемых элементах с поперечной арматурой происходило разрушение от разрыва хомутов с последующим раздроблением бетона сжатой зоны над наклонной трещиной, а в балках без поперечной арматуры разрушение наступало от раздробления бетона, при этом были обнаружены усталостные разрывы или трещины в одном из двух рабочих стержней.

Продольная стержневая арматура существенно влияет на несущую способность, характер образования и развития наклонных трещин, и разрушение по наклонному сечению. В работах [2, 6...8] указывается, что продольная арматура в балках с хомутами при воздействии статических нагрузок воспринимает 10% поперечной силы, действующей в сечении. Митрофанов В.П. в автореферате [7] называет число 20% для балок с хомутами и 25% для балок без хомутов. Манченко Г.Н. и Лалаянц Н.Г. [3] на основании опытов установили, что на выносливость наклонных сечений влияет процент продольного армирования. Харченко А.В. и Рымар Ю.И. [9], изучив физические основы исчерпания прочности наклонных сечений и исследовав работы других авторов,

пришли к выводу, что суммарное влияние сил зацепления и нагельного эффекта продольной арматуры может достигать 20...50% общей несущей способности.

Залесов А.С. и Климов Ю.А. в своей монографии [1] утверждают, что продольное армирование растянутой зоны значительно влияет на несущую способность при разрушении элементов по наклонной трещине и сжатой зоне в результате раздробления или разрыва (среза) бетона над наклонной трещиной. В большей степени это проявляется в элементах, не имеющих поперечной арматуры. С увеличением коэффициента продольного армирования $\mu_s = A_s / bh_0$ от 1 до 4% несущая способность элементов без поперечной арматуры повышается на 30...50%, с поперечной в зависимости от количества хомутов на 20...35%. С уменьшением длины пролета среза влияние продольной арматуры падает. При равной площади сечения арматуры увеличение диаметров стержней, с уменьшением их количества, приводит к повышению несущей способности так же, как и расположение стержней в несколько рядов в растянутой зоне.

По сжатой арматуре имеется лишь ограниченное количество экспериментов, результаты которых свидетельствуют о том, что с увеличением количества сжатой арматуры несущая способность повышается, особенно элементов без поперечной арматуры. С постановкой хомутов влияние ее значительно снижается.

При разрушении железобетонных элементов по наклонной сжатой полосе между наклонными трещинами или между грузом и опорой продольная растянутая или сжатая арматура не оказывает существенного влияния на несущую способность.

Прочностные и деформативные характеристики бетона (прочность при осевом сжатии и растяжении, сцепления с арматурой, контакта бетона в трещинах и соответствующими параметрами деформирования) при разрушении по наклонным сечениям определяют весьма сложную зависимость несущей способности от механических свойств бетона, которая меняется при изменении характера трещинообразования и форм разрушения элементов [1,2, 10...13].

По мнению Гвоздева А.А. [13] прочностные показатели бетона и его исходная структура зависят от многих факторов: активности цемента и В/Ц отношения, определяющих в конечном счете качество цементного клея; от количества и качества заполнителя, в том числе его крупности, характера поверхности, водопоглощаемости; условий твердения (воздушно-сухое, водное, термообработка при атмосферном давлении, автоклавная обработка); а также последующие температурно-влажностные воздействия внешней среды. Например, введение круп-

ного заполнителя в растворную часть тяжелого бетона приводит к повышению его прочности, так как прочность тяжелого бетона в значительной степени определяется прочностью его растворной части, то прочность бетона на пористых заполнителях существенно зависит от вида легкого заполнителя, его плотности.

По мнению авторов монографии [1] при разрушении элемента по наклонной трещине от раздробления или среза бетона сжатой зоны, рост несущей способности элемента в целом существенно отстает от роста прочности элемента на осевое сжатие причем тем сильнее, чем выше прочность бетона на сжатие, но изменяется примерно в том же темпе, что и прочность на осевое растяжение, то есть превалирующее влияние оказывает прочность бетона на растяжение. Однако, при переходе на другие формы разрушения, от раздробления бетона по наклонной полосе между грузом и опорой при малых пролетах среза или по наклонной полосе между наклонными трещинами в стенке балки, определяющее воздействие оказывает прочность бетона на сжатие.

Размеры и форма поперечного сечения существенно влияют на несущую способность элементов. По мнению авторов [1,2,14] для элементов прямоугольного поперечного сечения – она в большей степени зависит от высоты сечения, под которой в железобетонных элементах понимается рабочая высота h_0 . Если с увеличением ширины b несущая способность возрастает практически прямолинейно, то увеличение h_0 вызывает значительно больший ее рост. Характер трещинообразования и формы разрушения сохраняются при соответствующем увеличении пролета среза a и постоянном относительном значении a/h_0 . Основные закономерности в характере трещинообразования и разрушения элементов постоянной высоты по наклонным сечениям справедливы и для элементов с переменной по длине высотой сечения. Специфика их работы состоит в том, что трещины, которые принято называть нормальными к продольной оси, образуются и развиваются нормально к растянутой грани, а зона разрушения бетона над наклонной трещиной располагается параллельно сжатой грани. При этом место разрушения бетона сжатой зоны над концом наклонной трещины с увеличением угла наклона сжатой или растянутой грани смещается от точки приложения сосредоточенного груза к опоре. В целом, с увеличением угла наклона сжатой или растянутой грани и высоты элемента от опоры к пролету – несущая способность элемента повышается, при больших углах наклона рост несущей способности замедляется. При прочих равных условиях несущая способность элементов с наклонной растянутой гранью оказывается несколько выше, чем элементов с наклонной сжатой.

Выводы

В результате анализа конструктивных факторов изгибаемых элементов при расчете по наклонным сечениям выявлено, что наиболее значимыми являются: поперечное армирование, продольное армирование, прочностные и деформативные характеристики бетона, размеры и форма поперечного сечения; по которым рассмотрены и определены рекомендации и границы их применения.

1. Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил. - К.: Будивельник, 1989. – 105 с.
2. Постернак С.О. Вплив технологічної пошкодженості бетону на утворення тріщин та міцність залізобетонних елементів, що згинаються, по похилим перерізам: Дис... канд.техн.наук:05.23.01/ОДАБА.-Одеса,2004.-204 с.
3. Манченко Г.Н., Лалаянц Н.Г. Новые экспериментальные исследования выносливости наклонных сечений железобетонных балок: Тез.докл.-Львов.-1987.- С. 37.
4. Мурашко Л.А., Кінаш Р.І., Левчик В.В. Розрахунок міцності залізобетонних згинаних елементів за закордонними нормами: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Державного університету “Львівська політехніка”, 1999. – 236с.
5. СНиП 2.03.01 - 84. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.
6. Максимович С.Б. Міцність похилих перерізів залізобетонних балок з дво-значною епюрою згинальних моментів, завантажених зосередженими силами: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01.- Львів, 2001. – 20 с.
7. Митрофанов В.П. Напряженно – деформированное состояние, прочность и трещинообразование железобетонных элементов при поперечном изгибе: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01. – М.,1981. – 11 с.
8. Ставров Г.Н., Кукша Л.Л. К определению усилий в продольной арматуре в наклонных сечениях.// Бетон и железобетон. - 1978. - № 12. – С. 25 – 26.
9. Харченко А.В., Рымар Ю.И. Прочность наклонных сечений конструкций при действии многократно повторных нагрузок.// Бетон и железобетон. - 1989. - № 2. – С. 42 – 44.
10. Гладышев Б.М. Механическое взаимодействие элементов структуры и прочность бетонов: Монография.–Х.: Изд-во при Харьк. ун-те, 1987.-168с.
11. Дорофеев В.С. Зависимость модуля деформации бетона от его технологической поврежденности // Сб.научн.-исслед. тр. “Ресурсосберегающие решения в производстве строительных матер. и констр.”– Одесса,1992. – с.56 – 59.
12. Фенко Г.А. Влияние структурных напряжений на деформативные свойства бетона // Изв. вузов. Строительство. – 2001. – №4. – С. 142-145.
13. Прочность, структурные изменения и деформации бетона/ Под ред. А.А Гвоздева/ Госстрой СССР. НИИЖБ.– М.: Стройиздат, 1978. – 299 с.
14. Маилян Р.Л., Польский П.П., Залесов А.С.Влияние формы сечения и вида бетона на прочность наклонных сечений железобетонных балок // Вопросы прочности, деформативности и трещиностойкости бетона. Межвузовский сборник. Вып. 6. – Ростов-на-Дону. – 1978. – С. 3 – 16.