

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СТАЛЕБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (БАЛОК) В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

О.И. Башинский к.т.н., доцент, начальник кафедры, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности
Т.Г. Бережанский преподаватель, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности

Существуют новые нормативные документы, касающиеся расчетов и проектирование бетонных и железобетонных конструкций, которые приближают национальную нормативную базу к европейским стандартам. Остановимся подробно на вопросе расчета несущей способности наклонных сечений железобетонных изгибаемых элементов со стержневой и ленточной продольной арматурой с вертикальными поперечными стержнями (хомутами) и при отсутствии продольных сил.

Во многих европейских странах мира методы расчета несущей способности наклонных сечений принципиально отличаются. Один из подходов базируется на аналогиях, которые рассматривают железобетонный элемент как розкосную ферму или арку. Именно метод ферменной аналогии и вошел в основу европейских норм. В ином подходе, который используют в США и Канаде применен метод критической трещины. Принципиально новым подходом является метод конечных элементов, учитывающий процесс трещинообразования на напряженно-деформированное состояние наклонного сечения. В нашей стране для оценки прочности наклонных сечений использовался метод предельного равновесия [4]. Именно такой подход позволял без всяких условностей и аналогий описать реальную работу элементов и определить несущую способность по максимальным усилиями, действующих на стадии разрушения.

Согласно [1], расчет несущей способности наклонных сечений железобетонных элементов предлагается выполнять на основе общей деформационной модели с учетом плоского напряженного состояния, но в [2] приведена только методика, базирующаяся на использовании «ферменной» модели. В основе этого метода лежит аналогия между работой розкосной фермы и железобетонного элемента, работающего на восприятие поперечных сил, где верхний пояс фермы образует бетон сжатой зоны, нижний - растянутую арматуру. Этот метод не учитывает реального напряженно-деформированного состояния железобетонного элемента и очень приближенно определяет усилия в бетоне и арматуре.

Для анализа расчетного аппарата новых нормативных документов было посчитано 8 железобетонных балок со стержневой арматурой и 8 балок-близнецов из ленточной арматурой с рифленой поверхностью. Все балки были изготовлены на высокопрочном тяжелом бетоне без предварительного напряжения с шагом поперечной арматуры 90 мм и 120 мм. Пролет балок -

2000 мм, длина - 2300 мм, ширина - 120 мм, высота - 240 мм. Плечи приложения сил колебались от $1,5d$ к $3,5d$.

Как показал анализ расчетов, согласно [1], и сравнения их с результатами экспериментальных данных (всего 16 образцов), методика [2] занижает несущую способность наклонного сечения в 1,4-3 раза, особенно большое расхождение возникает при малых плечах среза $1,5d$. С увеличением плеча среза значение экспериментальных и теоретических результатов сближаются, хотя стоит отметить, что в большинстве случаев при определении θ его значение было меньше предельное 21,80, поэтому приходилось в расчетах принимать максимально-возможное $\cot \theta = 2,5$. Такие большие расхождения между теоретическими и исследовательскими результатами не позволяют говорить о качественной оценке несущей способности сталебетонных балок, поскольку эта методика дает неточную оценку всех железобетонных элементов независимо от вида продольного армирования.

Если говорить об оценке несущей способности по [4], то расхождение между теоретическими и экспериментальными данными не превышала 15%. Хотя иногда несущая способность по [4] давала завышенные результаты по сравнению с опытными данными.

Оценку предела огнестойкости железобетонных элементов сегодня проводят используя [5]. В основу методики положены оценки огнестойкости конструкций с помощью следующих подходов:

- Рассмотрение сценариев реального пожара;
- Рассмотрение сценариев условного пожара;
- Расчет огнестойкости.

При расчете огнестойкости необходимо учитывать несущую способность, целостность и теплоизолирующей способности. Для этого необходимо рассчитать или получить экспериментальные данные о реакции элемента (конструкций) на тепловое воздействие. Для расчета нужна информация по теплопередачи от огня к элементу (конструкции).

При использовании в расчетах стандартного температурного режима следует применять соответствующие коэффициенты конвекционного и радиационного теплообмена, которые соответствуют условиям, которые имеют место при этих испытаниях. Для других моделей огневого воздействия (например, углеводородная и тлеющая пожара) следует использовать соответствующий коэффициент теплообмена.

Оценить целостность иногда сложно, поскольку для этого нужна информация, например, о возможности появления трещин и сквозных отверстий, развивающиеся в элементе, которую часто можно определить только проведением испытания на огнестойкость.

Исследование различий в работе сталебетонных и железобетонных балок, перекрытий, ригелей проводилось на горизонтальной огневой установке Научно-исследовательского института бетона и железобетона (г. Москва) [3]. При проведении экспериментов было установлено, что в сталебетонных балках потеря несущей способности проходит независимо от наличия огнезащиты

внешнего армирования по нормальному сечению в результате дробления бетона сжатой зоны.

Среднее значение предела огнестойкости сталебетонных балок без огнезащиты внешнего армирования составляет 24 минуты, а с огнезащитой - 45 минут. Огнезащитное покрытие ОВПН-1 толщиной 5 мм в воздушно-сухом состоянии замедляет прогрев ленточного армирования до критической температуры 624 ... 645 °С, что в 1,9 раз больше по сравнению с балками без огнезащиты. Огнестойкость балок-аналогов с стержневым армированием такая же, как и в сталебетонных с огнезащитным покрытием и составляет в среднем 48 минут.

Выводы:

1. Метод ферменной аналогии, имеет много недостатков. В расчетах не учтен ряд важных факторов, которые существенно влияют на несущую способность наклонных сечений железобетонных элементов. Так что метод ферменной аналогии требует дальнейшего совершенствования или внедрения других подходов к расчету несущей способности наклонных сечений.

2. Сталебетонным балки с внешним ленточным армированием в соответствии с требованиями [5] можно применять в строительстве для элементов покрытия во всех зданиях кроме I, II степеней огнестойкости и для несущих конструкций перекрытий - во всех зданиях кроме I, II, III степеней огнестойкости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення».
2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування».
3. Клименко Ф.Е., Демчина Б.Г., Добрянський І.М. Дослідження вогнестійкості сталебетонних балок з зовнішнім штабовим армуванням // Вісник, ЛПІ - № 252 Львів.1991.
4. СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989
5. ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»