

УДК 624.012

УПРУГОПЛАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.Г.БОЛОШЕНКО

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

В настоящее время существуют две основные методики расчета нормальных сечений железобетонных элементов: альтернативная модель, принятая в СНБ 5.03.01-02, и деформационная модель, считающаяся на данный момент наиболее перспективной.

При расчете по альтернативной модели эпюра напряжений принимается в виде прямоугольника, что значительно упрощает расчет, однако снижает его точность. Согласно принятой деформационной модели при расчете сечение железобетонного элемента рассматривается как совокупность элементарных площадок. Алгоритм определения несущей способности железобетонных элементов по нормальному сечению предусматривает шаговый метод последовательных нагружений, на каждом этапе которого реализован итерационный процесс вычисления относительных деформаций в элементарных площадках. Расчет по деформационной модели является более точным, однако, при этом сложным и трудоемким.

В упругопластической модели расчета нормальных сечений железобетонных конструкций за основу принята не прямоугольная, а трапециевидная эпюра напряжений. Высота сжатой зоны «х» находится путем решения квадратного уравнения, в котором множители при «х» и свободный член определяются в зависимости от прочностных и геометрических характеристик конструкции.

Для обоснования применимости упругопластической модели для расчета было произведено сопоставление расчетных значений и экспериментальных данных, а также линейного корреляционного анализа результатов эксперимента. В качестве примера можно привести расчет одного из образцов со следующими размерами поперечного сечения: ширина $b=95$ мм, высота $h=115$ мм, расстояние от нижней грани до центра тяжести растянутой арматуры $s=16$ мм, расстояние от верхней грани до центра тяжести сжатой арматуры $s'=15$ мм. Балка разрушилась при нагрузке $P_{\text{разр}}=28$ кН. Класс бетона был определен по результатам испытания бетонных кубов с размерами ребра 150×150 мм и призм с размерами поперечного сечения 150×150 мм высотой 600 мм в соответствии с ГОСТ 10180-90. В расчете был принят условный класс бетона $C'_{21,17/16,44}$. При помощи линейного корреляционного анализа было определено значение начального модуля упругости бетона $E_0=3,85 \cdot 10^4$ МПа, в расчете использовалось значение мо-

дуля упругости при уровне нагружения 0,4 от разрушающего в соответствии с рекомендациями $E_{cm}=28,4 \cdot 10^4$ МПа. В качестве рабочей арматуры использовались два стержня диаметром 10 мм класса S500, сжатая арматура – два стержня диаметром 3 мм класса S500. Сопротивление арматурной стали принималось в соответствии с результатами испытаний, проведенными в соответствии с ГОСТ 12004-81, $f_{yk}=590$ МПа, $\sigma_{sc}=560$ МПа. Расстояние между приложенными силами $\ell=445$ мм.

По результатам испытания бетонных призм был построен график зависимости «напряжения – относительные деформации» (« $\sigma - \epsilon$ »), аппроксимированная (сглаженная) полиномиальная кривая этой зависимости, а также уравнение зависимости третьей степени (величина достоверности аппроксимации составляет $R^2=0,9995$). Обратная зависимость « $\epsilon - \sigma$ » при $R^2=0,9994$ (при построении полиномиальной кривой по третьей степени достоверность аппроксимации не достаточно высока: $R^2=0,9901$). Аналогичным образом по экспериментальным данным испытания опытной балки была получена зависимость распределения относительных деформаций по высоте сечения « $h - \epsilon$ » и обратная зависимость « $\epsilon - h$ ». При помощи программного продукта «Mathematica 6.0» получены зависимости $\sigma(h)$, $h(\sigma)$ и график распределения напряжений по высоте сечения опытной балки, по которой была вычислена высота сжатой зоны « x » (значением функции $h(\sigma)$ при $\sigma = 0$). По зависимости $\sigma(h)$ рассчитано значение напряжения в бетоне на верхней грани сечения ($\sigma=16,26$ МПа). Ошибка расчетного значения по сравнению с результатами испытания призм на сжатие составляет 1,09 %.

По результатам экспериментальных данных высота сжатой зоны $x=50$ мм, несущая способность $M=6,29$ кН·м, разрушающая нагрузка $P_{разр}=28$ кН; по результатам расчета опытного образца по упругопластической модели высота сжатой зоны $x=51$ мм, несущая способность $M=6,37$ кН·м, разрушающая нагрузка $P_{разр}=28,6$ кН.

На основании проведенных эмпирических и теоретических исследований и при сравнения результатов можно сделать вывод о том, что метод расчета сечений, нормальных к продольной оси, для изгибаемых элементов по упругопластической модели достаточно точно отражает действительное состояние конструкции и позволяет оценить ее несущую способность и дает незначительное (менее 5 %) отклонение от экспериментальных данных.