

**Анализ эффекта обоймы в трубобетонных колоннах
квадратного сечения**

Сабук И.В.

(Научный руководитель – Пецольд Т.М., Щербак С.Б.)

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Трубобетонная колонна представляет собой стальную оболочку (металлическую трубу), заполненную бетоном, образующим внутреннее ядро. Стальная обойма не только играет роль и опалубки и, одновременно, продольной и поперечной арматуры, но и создает идеальные условия для работы бетонного ядра под нагрузкой. Будучи изолированным от агрессивной внешней среды, сжатый вертикальной нагрузкой бетон стремится увеличить свои размеры в радиальном направлении. В результате металлическая оболочка обеспечивает всестороннее равномерное обжатие бетонного массива, тем самым повышая несущую способность ядра и колонны, что и называется «эффектом обоймы». При этом очевидны не только экономия материалов (в первую очередь металла), но и упрощение технологии изготовления и монтажа таких колонн при возведении многоэтажных зданий.

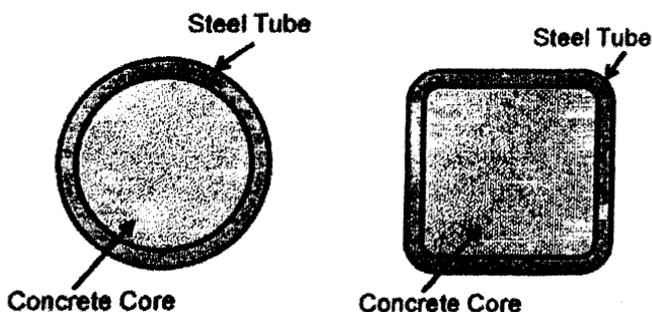


Рисунок 1. Поперечное сечение круглой и прямоугольной трубобетонной колонны

В настоящее время наиболее изучены трубобетонные конструкции круглого поперечного сечения. В них особенно заметно проявляется эффект обоймы. Кроме того, стальные трубы круглого сечения в нашей стране наиболее доступны.

Однако область практического применения ТБК круглого сечения имеет свои ограничения. Так, с увеличением эксцентриситета приложения сжимающей нагрузки их несущая способность резко падает, что связано с геометрическими особенностями формы поперечного сечения. Кроме того, круглая поверхность колонны усложняет их применение с конструктивной точки зрения. Возникают дополнительные сложности при устройстве стыков колонн с несущими элементами перекрытий.

Вследствие эффекта обоймы бетонное ядро находится в трехосном напряженном состоянии, причем в самом центре выделяется зона объемного сжатия. Как известно из курса сопромата хрупкие материалы при действии трехосного сжатия приобретают пластические свойства и их несущая способность увеличивается. Поэтому для критерия оценки эффекта обоймы примем приближение объемного сжатия к состоянию чистого трехосного сжатия, т.е. когда,

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3,$$

где, σ_1 σ_2 σ_3 – главные напряжения.

Для качественной оценки распределения напряжений по сечению трубобетонной стойки квадратного сечения был выполнен анализ конечно-элементных моделей таких конструкций. Анализ выполнялся в компьютерном расчетном комплексе FEMAP v. 11.0.1. Размеры смоделированных трубобетонных элементов рассматриваемой конструкции составляли 160×160×640 мм, толщины стенок оболочки 0,5, 1, 2, 3, 6 мм. В целях уменьшения времени выполнения задачи в расчете используется 1/8 часть модели с наложением соответствующих связей по осям симметрии. Расчетные модели были скомпонованы из объемных элементов типа «Solid» для бетона и стали. Характеристики материалов: бетон – С16/20, сталь – С235. На узлы верхнего торца накладывались только связи, не допускающие перемещения в направлениях, перпендикулярных продольной оси образца. Перемещения узлов верхнего торца объединялись. На верхний торец была приложена сосредоточенная нагрузка типа «Displacement on node», величиной в 1,2 %. Загружение образца осуществлялось ступенчатой нагрузкой равномерного шага по 5% от номинальной величины. Расчет выполнялся пошагово-итерационным методом с учетом физической нелинейности материалов.

По результатам расчета были получены картины распределения напряжений по нормальному сечению смоделированных образцов. На рисунке 2 представлены мозаики главных напряжений σ_1 и σ_2 в бетонном ядре элемента с толщиной стенки 6 мм.

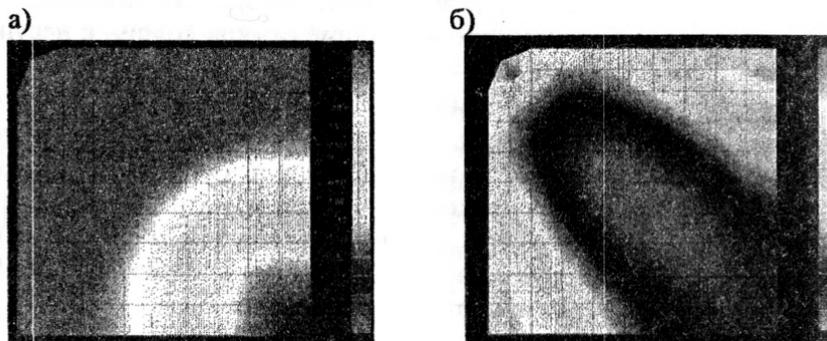


Рисунок 2. Мозаика распределения главных напряжений (а – σ_1 ; б – σ_2) в бетонном ядре для образца с толщиной стенки 6 мм

На рисунке 3 показаны распределения главных напряжений σ_1 в поперечном сечении в зависимости от толщины металлической обоймы.

По результатам расчета получен график зависимости значений главных напряжений от толщины стенки стальной трубы, который представлен на рисунке 4.

Заключение

Анализ выполненных расчетов позволяет сделать следующие выводы:

1) Наличие обоймы приводит к изменению напряженного состояния бетона (с одноосного на трехосное), причем в центре образцуется зона трехосного сжатия, что необходимо учитывать при расчете данных конструкций;

2) Чем толще стенка обоймы, тем более явно выражен эффект обоймы в бетоне;

3) В колонне с поперечным сечением 160×160 мм с толщиной обоймы 1 мм и более характер распределения главных сжимающих напряжений практически не изменяется, но изменяется количественно.

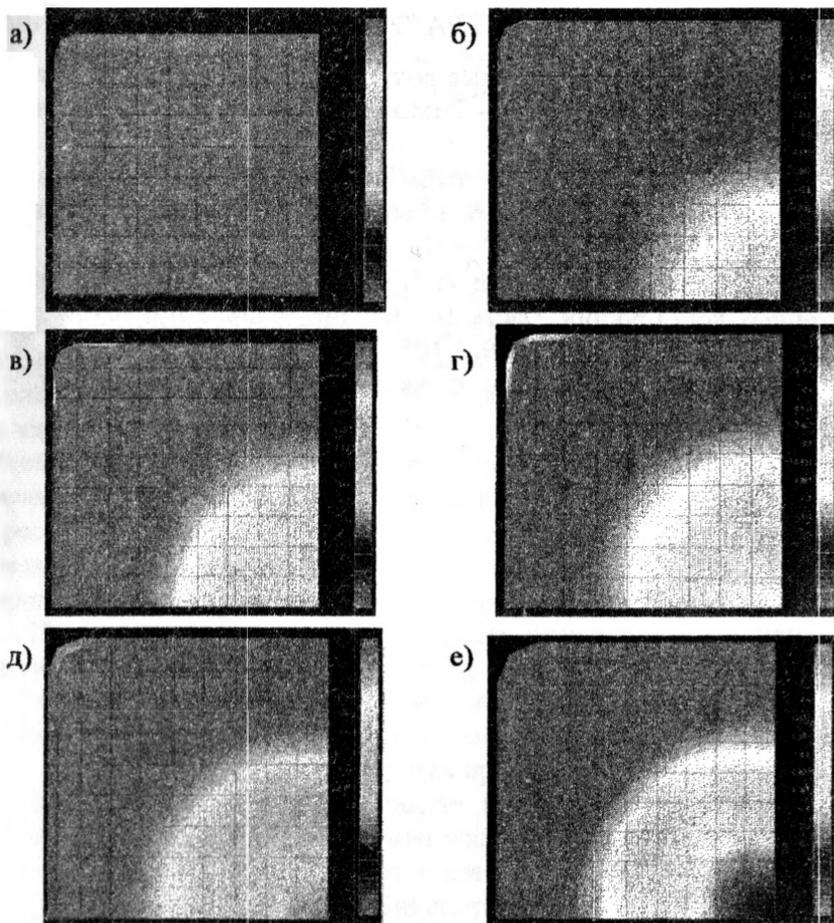


Рисунок 3. Мозаика распределения главных напряжений в зависимости от толщины стенки стальной трубы (а – без обоймы; б – 0,5мм; в – 1мм; г – 2мм; д – 3мм; е – 6мм)

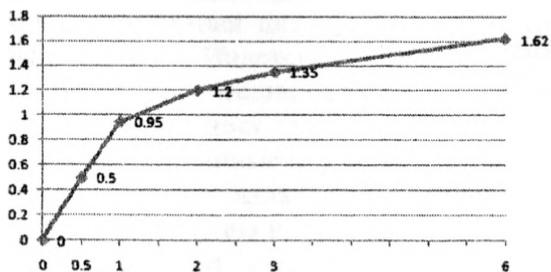


Рисунок 4. График зависимости σ_1 от толщины стенки (t)

ЛИТЕРАТУРА

1. Кришан, А.Л. Трубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром / А.Л. Кришан – Ростов н/Д.: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – 372 с.
2. Кришан, А.Л. Прочность трубобетонных колонн при осевом сжатии / А.Л. Кришан, С.А. Мельничук // Вестник МГТУ им. Носова. – 2012. – с. 51-54.
3. ТКП EN 1994-1-1 Еврокод 4: Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Мн., МАиС, 2009. – 105 с.
4. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. – Мн., МАиС, 2003. – 139 с.