

**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.

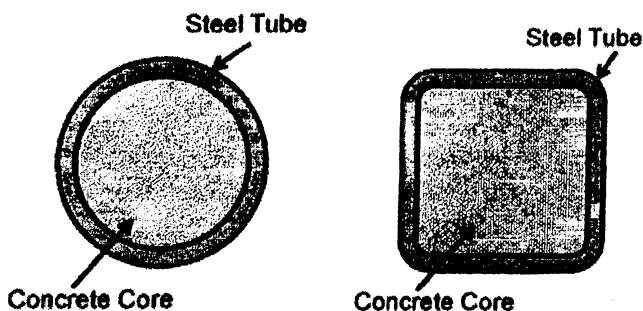


Рисунок 1. Поперечное сечение круглой и прямоугольной трубобетонной колонны

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,  $\sigma_1$   $\sigma_2$   $\sigma_3$  – 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  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  в бетонном ядре элемента с толщиной стенки 6 мм.

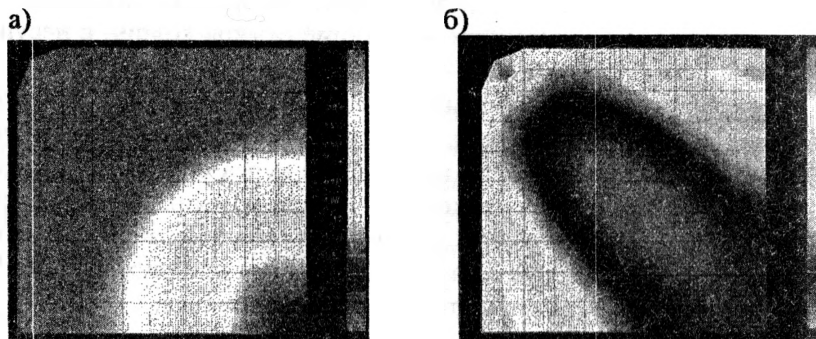


Рисунок 2. Мозаика распределения главных напряжений (а –  $\sigma_1$ ; б –  $\sigma_2$ ) в бетонном ядре для образца с толщиной стенки 6 мм

На рисунке 3 показаны распределения главных напряжений  $\sigma_1$  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  $160 \times 160$  мм с толщиной обоймы 1 мм и более характер распределения главных сжимающих напряжений практически не изменяется, но изменяется количественно.

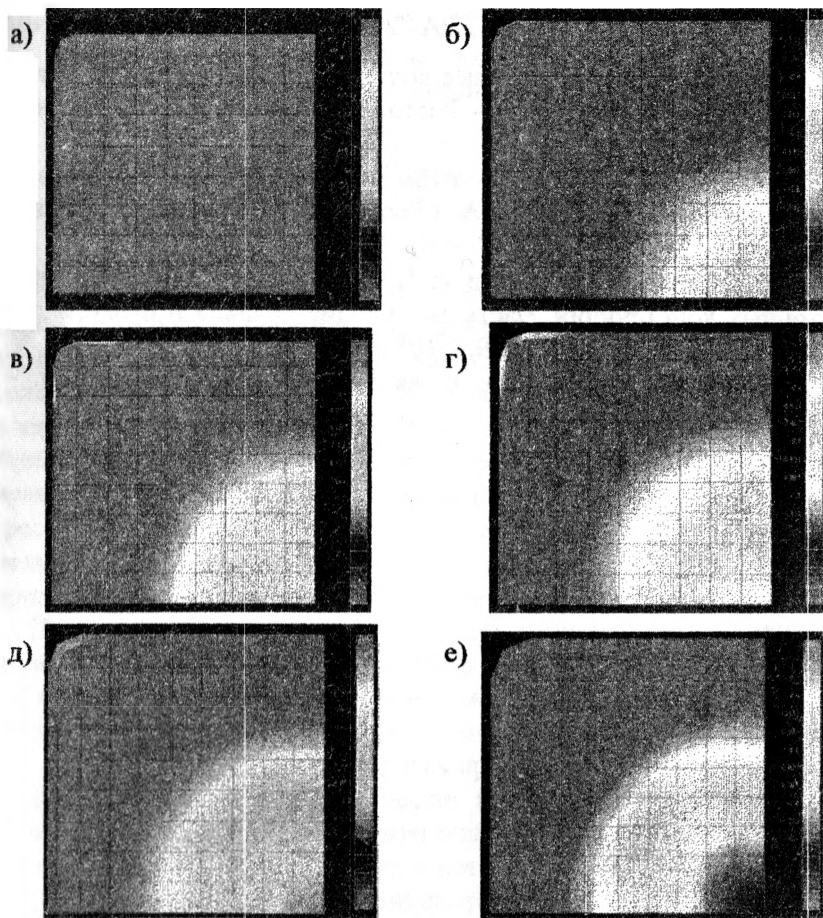


Рисунок 3. Мозаика распределения главных напряжений в зависимости от толщины стенки стальной трубы (а – без обоймы; б – 0,5мм; в – 1мм; г – 2мм; д – 3мм; е – 6мм)

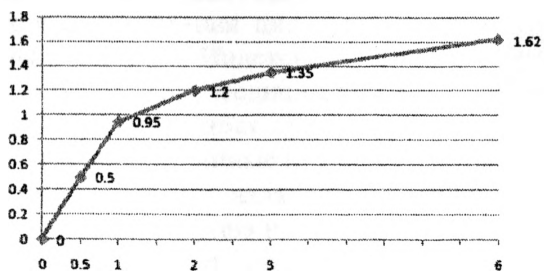


Рисунок 4. График зависимости  $\sigma_1$  от толщины стенки (t)

## 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.