

УДК 624.075.23

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.138.2013.102511>

*Асп. Е.В. Игнатенко,*

*E. Ignatenko*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН

## EXPERIMENTAL RESEARCHES OF STEEL CONCRETE COLUMNS

*Представил д-р техн. наук, профессор А.А. Плугин*

**Введение.** В данной статье приведены результаты испытания коротких сталебетонных колонн квадратного сечения под воздействие кратковременного статического нагружения. В ходе эксперимента были получены результаты

несущей способности экспериментальных образцов, деформации и напряжения в металлической обойме конструкции.

Технико-экономические исследования [1] показали, что применение сталебетонных элементов для колонн промзданий

позволяет экономить до 31-55 % стали по сравнению со стальными колоннами и до 13 % – с железобетонными. Приведенные затраты снижаются в первом случае на 28-47 %, во втором – на 51-62 %. Использование сталебетонных колонн в подкрановых эстакадах позволяет экономить до 12-28 % стали по сравнению со стальными и до 9 % – с железобетонными. Приведенные затраты снижаются на 28-56 %. Из вышеизложенного следует, что развитие методик расчета существующих конструкций и внедрение в практику строительства новых конструкций является приоритетным направлением.

Основной идеей данного сталебетонного элемента является «уход» от предельного состояния по потере местной устойчивости металлической обоймы к предельному состоянию по разрушению бетонного ядра, что в свою очередь повышает несущую способность конструкции. Для изучения отмеченных особенностей работы сталебетонных колонн были проведены описанные ниже экспериментальные исследования.

Для проведения экспериментальных исследований было изготовлено пять опытных образцов. Внешний вид и геометрические размеры сталебетонных колонн приведены на рис. 1, 2. Для определения физико-механических характеристик бетона и стали были проведены стандартные испытания [2, 3].

Установлено, что  $f_{yk}=240.6$  МПа,  $E_s=2.05 \cdot 10^5$  МПа;  $f_{ck,prism}=30.3$  МПа;  $E_c=35.4 \cdot 10^3$  МПа.

Сталебетонные колонны испытывались на гидравлическом прессе ИП-2000 в лаборатории кафедры «Строительная механика и гидравлика» УкрГАЗТ.

К образцам прикладывалась осевая нагрузка. Опорные устройства обеспечивали шарнирную схему закрепления образца. В процессе испытания измерялись продольные и поперечные деформации. Для этого в образцах по всему периметру среднего по длине сечения наклеивались 24 тензодатчика: в продольном (12 тензодатчиков) и поперечном (12 тензодатчиков) направлениях.

Показания тензодатчиков снимали с помощью тензоцентрической станции ВВП-8. Нагрузку прикладывали по 100 кН до достижения 40 % предполагаемой разрушающей нагрузки, далее по 50 кН до 80 %, по 20 кН до разрушения. Отсчеты по приборам снимались на каждой ступени нагрузки: вначале один раз до уровня 50 % предполагаемой разрушающей нагрузки, дважды – после прохождения уровня 50 % предполагаемой разрушающей нагрузки.

Первый отсчет сразу после установления необходимого уровня нагрузки, второй – после пятиминутной выдержки для фиксирования изменения деформаций во времени. Все образцы доводились до разрушения.



Рис. 1. Внешний вид сталебетонных элементов перед испытанием

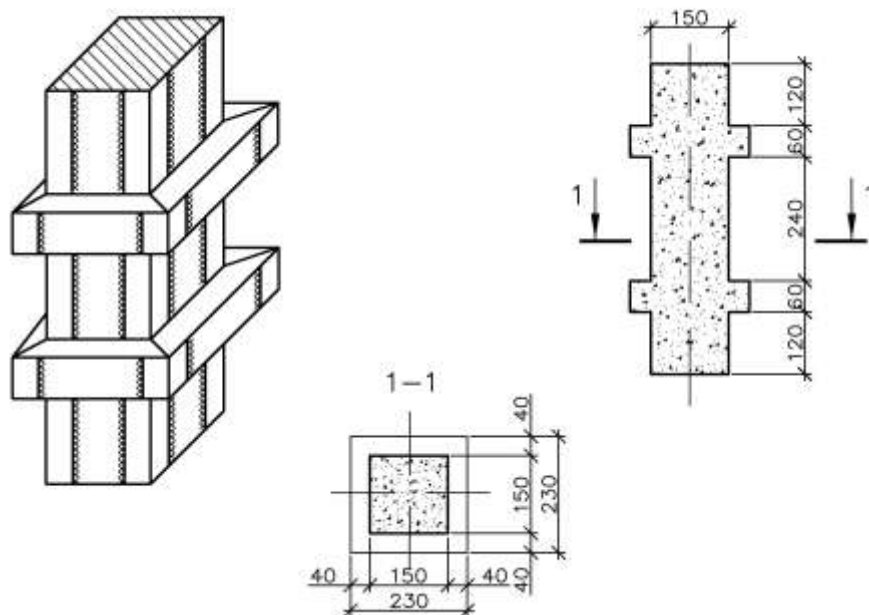


Рис. 2. Геометрические размеры сталебетонных колонн

Как известно из работы [4], при малых уровнях напряженного состояния бетонное ядро растянуто в поперечном направлении, но растягивающие напряжения не превышают напряжений, характеризующих прочность контакта между ядром и облоймой. При уровне напряженного состояния в бетоне  $N/f_{ck,prism} = (0.3 \div 0.4)$  контактные нормальные силы уменьшаются и меняют знак. В процессе обжатия контактные касательные силы достигают предельных значений, равных силам сцепления между бетоном и облоймой, и выключаются из работы. Для определения величины выпучивания стенок конструкции были установлены индикаторы часового типа (рис. 3). В

момент, предшествующий разрушению образцов, показание ИНЗ колебалось от 2.4 до 2.8 мм, тогда как показания ИН1 и ИН2 менялись от 1.05 до 1.25 мм и 0.95 до 1.18 мм соответственно. Показания индикаторов подтверждают, что в момент, предшествующий разрушению, бетонное ядро и металлическая облойма работают совместно только в углах конструкции. Визуальный осмотр конструкции подтвердил, что после разрушения углы облоймы остались практически недеформированными. Следовательно, можно утверждать, что разрушение элемента происходит вследствие разрушения бетонного ядра.

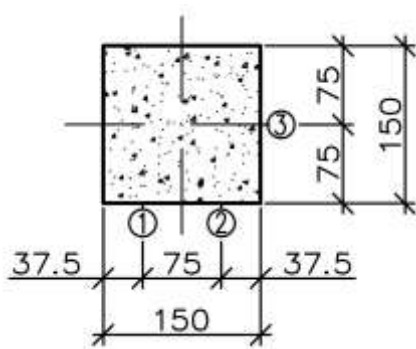


Рис. 3. Расположение индикаторов часового типа относительно поперечного сечения колонны

Как видно из рис. 4, на первых этапах загрузки зависимости продольных и поперечных деформаций от нагрузки близки к линейным. Далее линейность

нарушается и при нагрузках 0.75-0.85 разрушающей наблюдается интенсивный рост продольных, и в большей степени, поперечных деформаций.

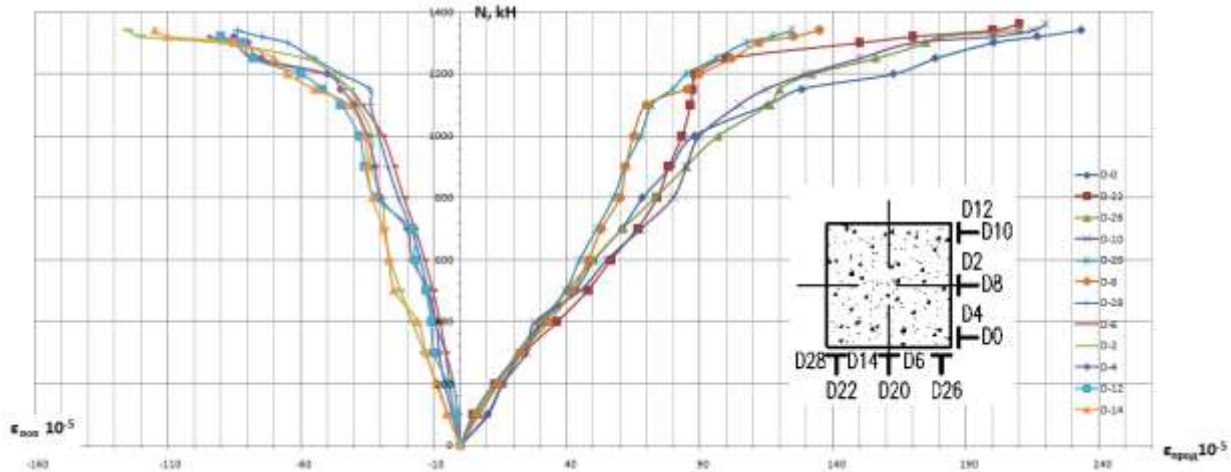


Рис. 4. Графики изменения продольных и поперечных деформаций оболочки при центральном сжатии в образце № 9

Как показали экспериментальные исследования, продольные напряжения в обойме сталебетонных колонн в момент разрушения равны  $1.08f_{yk}$ .

На рис. 5, а, показан внешний вид сталебетонного элемента после разрушения. Визуальный осмотр подтвердил отсутствие признаков потери местной или общей устойчивости металлической обоймы.

После испытания образцов был произведен демонтаж металлической оболочки, что и выявило полное разрушение бетона в угловых зонах, что еще раз доказывает справедливость предположения о наступлении предельного состояния вследствие разрушения бетонного ядра, и подтверждает теорию о наибольшем обжатии бетонного ядра в угловых зонах (рис. 5, б).

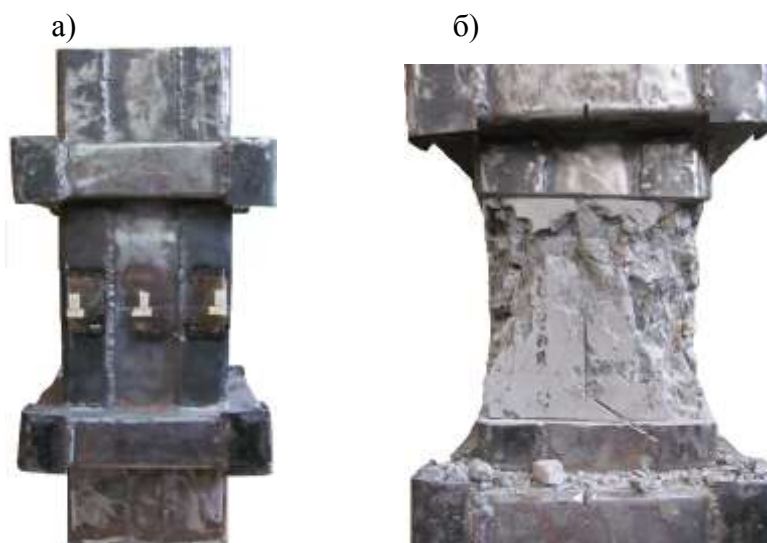


Рис. 5. Экспериментальные образцы после испытания:  
а) внешний вид образца; б) с демонтированной металлической обоймой

**Выводы.** В результате испытания коротких сталебетонных колонн были получены данные о характере их напряженно-деформированного состояния на различных этапах нагружения.

Проведенные экспериментальные исследования позволили отметить следующее:

1. В сталебетонных колоннах обойма работает по схеме четырех шарнирно-опертых пластин.

2. Наличие продольных гофр «переводит» предельное состояние конструкции от местной потери устойчивости металлической оболочки, к предельному состоянию по разрушению бетонного ядра.

### *Список литературы*

1. Стороженко, Л.И. Труبوبетонные конструкции [Текст] / Л.И. Стороженко. – К.: Будівельник, 1978. – 80 с.
2. ГОСТ 12004-81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение [Текст]. – М.: Госстандарт, 1981. – 20 с.
3. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: ДСТУ Б В.2.7-214:2009. - НДІБК, Київ, 2009.
4. Чихладзе, Э.Д. Расчет сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при осевом сжатии [Текст] / Э.Д. Чихладзе, А.Д. Арсланханов // Бетон и железобетон. – 1993. – № 1. – С. 13-15.

**Ключевые слова:** сталебетонная колонна, стальная обойма, бетонное ядро, объемное напряженное состояние, потеря устойчивости, разрушение бетонного ядра.

### *Аннотации*

Проведено експериментальні дослідження сталебетонних колон. Доведено, що металева обойма сталебетонних колон працює за схемою чотирьох шарнірно-опертих пластин. Підтверджена справедливість твердження, що наявність поперечних гофр запобігає втраті місцевої стійкості металевої обойми конструкції та призводить до вичерпання несучої здатності за рахунок руйнування бетонного ядра.

Проведены экспериментальные исследования сталебетонных колонн. Доказано, что металлическая обойма сталебетонных колонн работает по схеме четырех шарнирно-опертых пластин. Подтверждена справедливость утверждения, что наличие поперечных гофр уводит конструкцию от потери местной устойчивости металлической оболочки и приводит к разрушению вследствие разрушения бетонного ядра.

The experimental researches of steel concrete columns were provided. It is proved that the metal cage of steel concrete columns works as four hinged supported plates. The author confirmed the statement validity that the cross crimps help to avoid local buckling of metal case. The exhaustion of carrying capacity occurs due to destruction of concrete core.