

СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ СЖАТОЙ СТАЛЕБЕТОННОЙ КОЛОННЫ

OWN VIBRATIONS CONDENSED REINFORCED CONCRETE COLUMNS

Д.Г. КОПАНИЦА, Р.П. МОЙСЕЕНКО, А.С. ПЛЯСКИН
D.G. KOPANITSA, R.P. MOISEENKO, A.S. PLYASKIN

(Томский государственный архитектурно-строительный университет)

(Tomsk State University of Architecture and Building)

E-mail: kopanitsa@mail.ru; dec.sf@tsuab.ru; plyaskinandrei@mail.ru

Приведены результаты экспериментальных исследований частоты собственных колебаний трубобетонной колонны на действие постепенно увеличивающейся сжимающей нагрузки. Колонна выполнена из стальной торцованной электросварной трубы, заполненной бетоном. Нагрузка увеличивалась поэтапно, с выдержкой 5 мин. На каждом этапе проведены измерения частоты собственных колебаний, возбужденной поперечным ударом колонны. Динамические показатели определяли лазерным виброметром RSV-150. Деформации поверхности стальной оболочки измеряли цифровой оптической измерительной системой Vic-3D. Установлено, что при росте сжимающей силы происходило нелинейное увеличение частоты собственных колебаний колонны и разветвление диаграммы частота – нагрузка из-за отслоения стальной оболочки от бетонного тела.

The paper presents the results of an experimental study of a frequency of normal vibrations of a guncrete column under a continually increasing compressing load. The column was made of electric line welded trimmed steel tube, which was filled with concrete. The load was continually increasing with a 5 minute interval. We have performed measurements of the frequency of normal vibration of the column tensed by a lateral impact on each step of the load increase. Dynamic parameters were measured using RSV-150 laser vibrometer. Deformations of the column's surface were measured using a digital optical system VIC-3D. With a growth of a compressing force we observed nonlinear increase of the frequency of normal vibrations of the column. The frequency-load diagram splitted due to the exfoliation of steel shall from a concrete body.

Ключевые слова: трубобетон, стальная труба, сжимающая сила, частота собственных колебаний, деформации, устойчивость.

Keywords: guncrete, steel tube, compressing force, frequency of normal vibrations, deformation, stability.

Сталебетонные колонны обладают определенными преимуществами по сравнению с традиционными и способны в равной степени воспринимать нагрузки динамического характера независимо от направления их действия. Периодические воздействия, характерные для ткацкого производства, способны вызвать в колоннах каркаса дополнительные усилия, приводящие к деградации материала. Изучение поведения

сталебетонных колонн на совместное действие статических и динамических нагрузок представляет практический интерес и является предметом, исследований проводимых в ТГАСУ.

Увеличение сжимающей нагрузки приводит к изменению частот собственных колебаний колонн. В статье рассматриваются трубобетонные колонны на действие постепенно увеличивающейся сжимающей силы.

Решается задача определения частот собственных колебаний трубобетонной колонны со стальной оболочкой при увеличении сжимающей силы в диапазоне упругой работы конструкции и разрушения.

Опытные образцы изготовлены длиной 1000 мм и диаметром 102 мм. Стальная обойма сделана из торцованной электросварной прямошовной трубы с токарной обработкой поверхностей и постоянной толщиной стенки 3 мм. Труба заполнялась мелкозернистым тяжелым бетоном с переменной прочностью 20,1 МПа.

Испытания на действие продольной сжимающей силы проведены на гидравлическом прессе UTM-4500 со скоростью сжатия 2 мм/с. Нагрузки задавали поэтапно, с шагом 60 кН. После достижения заданного уровня сжимающей силы производили выдержку в течение 5 минут, затем колонну нагружали до следующего заданного значения. Общий вид испытаний приведен на рис. 1.



Рис. 1

На каждом этапе нагрузки лазерным виброметром RSV-150 измеряли частоты собственных колебаний. Деформации поверхности стальной оболочки фиксировали цифровой оптической измерительной системой Vic-3D.

Действие эксплуатационных статических нагрузок приводит к изменению динамических свойств конструкций и определяющим образом изменяет расчетную схему для динамического анализа. Известные зависимости частоты собственных колебаний стойки от степени сжатия в достаточной мере изучены для упругих конструкций [1], [2]. Увеличение сжимающей силы до появления неупругих деформаций приводит к изменению линейной зависимости собственной частоты от степени сжатия.

Возбуждение поперечных колебаний колонны проводили пружинным ударником. По результатам проведенных экспериментов получены поверхностные деформации и соответствующие каждому этапу нагружения частоты собственных колебаний колонны. Диаграммы продольных и поперечных деформаций соответствовали упругопластической работе образцов с ниспадающей ветвью.

Картинки распределения относительных деформаций по поверхности стальной оболочки колонны, полученные по данным Vic-3D, приведены на рис. 2: а – продольные, б – поперечные, в – угловые.

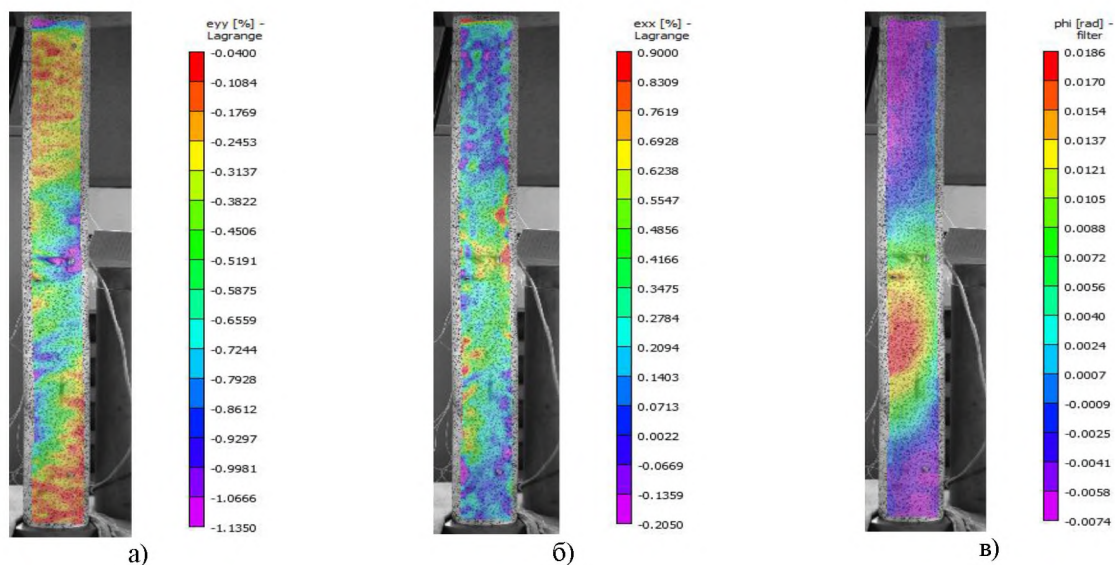


Рис. 2

Анализ деформаций выполнен на основе изменений спекл-структуры в процессе испытания. Картины деформаций на рис. 2 соответствуют достижению критической силы 530,8 кН. Результаты испытаний показали, что с начала нагружения и до момента потери устойчивости происходило перераспределение деформаций и формирование локальных зон, отражающих искривление колонны. Продольные деформации увеличивались от верхнего торца к основанию по гидростатической закономерности. Наибольшие угловые деформации образовались на расстоянии одной трети высоты от основания колонны и имели на порядок меньшие значения по сравнению с продольными и поперечными деформациями.

С увеличением нагрузки происходило формирование областей деформаций, указывающих на потерю устойчивости образца при нагрузке 530,8 кН. Соответствующие 3D-картины перемещений поверхности сталебетонной колонны при осевом сжатии приведены на рис. 3.

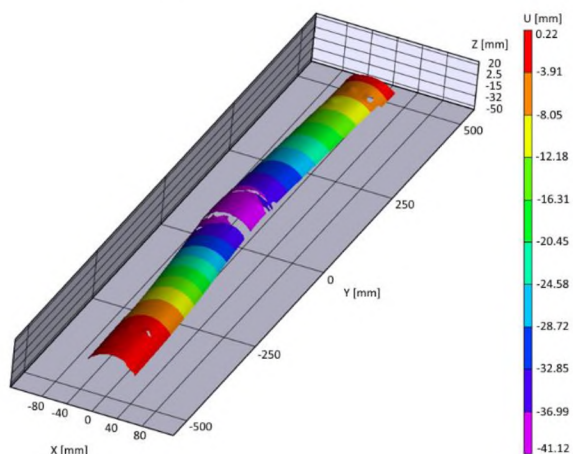
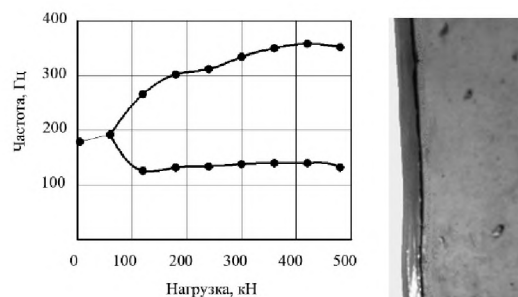


Рис. 3

Диаграмма изменения частоты собственных колебаний сталебетонной колонны в зависимости от величины сжимающей силы приведена на рис. 4-а. При нагрузке 5 кН колонна имела частоту собственных колебаний 179,53 Гц. Увеличение силы до 60 кН привело к росту частоты собственных колебаний до 192 Гц и разветвлению диаграммы, вызванному отделением стальной оболочки от бетонного ядра (рис. 4-б – продольный разрез

колонны после испытаний). Верхняя ветвь диаграммы отражает изменение частот собственных колебаний для стальной оболочки, нижняя ветвь – для бетонного ядра.



а) б)

Рис. 4

ВЫВОДЫ

Проведенные эксперименты показали нелинейное увеличение частоты собственных колебаний сталебетонной колонны от действия возрастающей сжимающей силы на этапе упругопластических деформаций. Такие же результаты получены на моделях бетонных и железобетонных колонн [3], [4]. Для объяснения причин расхождения данных экспериментов с результатами аналитических и численных расчетов необходимы дальнейшие исследования, направленные на изучение влияния на частоту собственных колебаний колонн условий закрепления и режима приложения нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хейлин В., Ламменс С., Сас П. Модальный анализ: теория и испытания. – Леувен, 1997.
2. Чудновский В.Г. Методы расчета колебаний и устойчивости стержневых систем. – Киев, 1952.
3. Копаница Д.Г., Капарулин С.Л., Пляскин А.С. Спектральный анализ физического состояния моделей железобетонных колонн, подверженных осевому сжатию // Сб. науч. тр. III Всероссийск., II Междунар. конф. по бетону и железобетону: Бетон и железобетон – взгляд в будущее. – М.: МГСУ, 2014. Т. 4. С. 176...182.
4. Копаница Д.Г., Капарулин С.Л., Пляскин А.С., Устинов А.М., Каличкина А.С. Взаимосвязь напряженного состояния сжатой колонны и частоты собственных колебаний // Сб. докл. V Всероссийск. научн.-практ. конф.: Инвестиции, строительство и недвижимость как материальный базис модер-

низации и инновационного развития экономики. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. С. 294...300.

REFERENCES

1. Hejlin V., Lammens S., Sas P. Modal'nyj analiz: teorija i ispytaniya. – Leuven, 1997.
2. Chudnovskij V.G. Metody rascheta kolebanij i ustojchivosti sterzhnevyyh sistem. – Kiev, 1952.
3. Kopanica D.G., Kaparulin S.L., Pljaskin A.S. Spektral'nyj analiz fizicheskogo sostojaniya modelej zhelezobetonnyh kolonn, podverzhennyh osevomu szhatiju // Sb. nauch. tr. III Vserossijsk., II Mezhdunar. konf. po betonu i zhelezobetonu: Beton i zhelezobeton

– vzgljad v budushhee. – М.: MGSU, 2014. Т. 4. S.176...182.

4. Kopanica D.G., Kaparulin S.L., Pljaskin A.S., Ustinov A.M., Kalichkina A.S. Vzaimosvjaz' napryazhennogo sostojaniya szhatoj kolonny i chastoty sobstvennyh kolebanij // Sb. dokl. V Vserossijsk. nauchn.-prakt. konf.: Investicii, stroitel'stvo i nedvizhimost' kak material'nyj bazis modernizacii i innovacionnogo razvitija jekonomiki. – Tomsk: Izd-vo Tom. gos. arhit.-stroit. un-ta, 2015. S. 294...300.

Рекомендована кафедрой металлических и деревянных конструкций. Поступила 14.06.17.