

11. Рак Н.А. Напряженно-деформированное состояние узлов сопряжения колонн кольцевого сечения со стропильными конструкциями: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Белорус. гос. политехн. акад. – Мн.: БГПА, 1994. – 216 с.
12. Rak N. Calculation of Reinforced Concrete Member Deformation Under Local Compression // Modern Building Materials, Structures and Techniques: Proceedings of 4th international conference. – Vilnius, Technika, 1995. – Vol. II. – P. 46–51.
13. Рак Н.А., Аль-Арики Н. Исследование прочности высокопрочного бетона при местном сжатии // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: Сборник трудов VI Международного научно-методического семинара. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – С. 302–308.
14. Рак Н.А., Аль-Арики Н. Влияние условий приложения нагрузки на прочность тяжелого высокопрочного бетона при местном сжатии // Вестник БГТУ. Строительство и архитектура», № 1 (13), 2002. - С.64–68.

УДК 624.012.35

Рак Н.А., Садовский Ю.И.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ТОРЦЕВЫХ ЗОН ШАРНИРНО ОПЕРТЫХ КОЛОНН КОЛЬЦЕВОГО СЕЧЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Использование центрифугированных колонн кольцевого сечения в качестве рядовых шарнирно закрепленных в стаканах фундаментов стоек каркасов одноэтажных промышленных зданий связевой схемы [1] потребовало разработки конструкции их опорной части, которая выполняется с ядром замоноличивания из вибрированного бетона во внутренней полости колонны на участке ограниченной длины [2,3]. Применение ядра замоноличивания позволяет усилить опорное сечение, предотвратить осадку колонны при заполнении пазух стакана фундамента особо податливыми материалами типа асфальтобетона или песка и отказаться от установки металлической закладной детали.

Для экспериментального внедрения каркаса одноэтажного здания связевой схемы потребовались исследования работы торцевых зон с целью разработки рекомендаций по расчету на прочность и трещиностойкость во взаимосвязи с конструктивными параметрами элементов стыка.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения работы торцевых зон центрифугированных полых колонн была проведена программа экспериментальных исследований, включающая испытания 23 фрагментов колонн кольцевого сечения с ядром замоноличивания во внутренней

полости. Постоянные параметры образцов – наружный диаметр 500 мм, высота образцов 1000 мм, продольное армирование 6 Ø12 АШ.

Основными целями испытаний были:

серия А – выявление механизма разрушения стенки колонны в зоне внутреннего бетонного ядра без дополнительного поперечного армирования. Поперечное армирование стенки центрифугированных образцов этой серии – спираль 4Вр-I с шагом 100 мм. Высота бетонного ядра – 500 мм, толщины стенок – в диапазоне 75-90 мм.

серия Б – исследование влияния поперечного армирования. Поперечное армирование то же, но с минимально возможным шагом 40 мм. Высота бетонного ядра – 500 мм.

серия В – выявление влияния высоты бетонного ядра на работу торцевой зоны колонны.

Высота ядер – от 130 до 500 мм. Поперечное армирование то же, что и в серии Б.

Бетонные ядра в образцах серий А, Б и В не армированы.

серия Д – Выявление влияния прочности бетона ядра на работу торцевых зон. Бетон ядер в сериях А,Б,В имел переменную прочность 17,6 МПа, а в образцах серии Д – 9 МПа. В ядрах серии Д устанавливались арматурные каркасы с датчиками для измерения напряжений бетона ядер.

Прочность бетона центрифугированных образцов на сжатие составляла от 35 до 51,7 МПа.

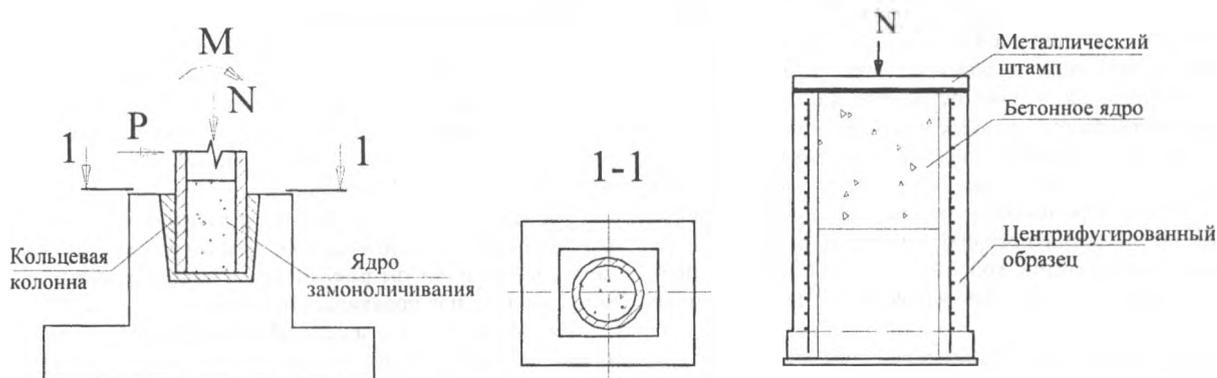


Рис. 1. Стык податливо опертой колонны кольцевого сечения с фундаментом стаканного типа и конструкция опытных образцов.

Садовский Юрий Игоревич. Ст. преподаватель каф. «Инженерная графика строительного профиля» Белорусского национального технического университета.
Беларусь, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.

Испытания опытных образцов торцевых зон колонн кольцевого сечения проводились на центральное сжатие в прессе ПГ-1000. На торцевую часть колонны, которая при принятой схеме испытаний оказывалась сверху, укладывался цементно-песчаный раствор толщиной 25-30 мм и специальный жесткий штамп из стали толщиной 30 мм, представляющий собой круг с наружным диаметром равным диаметру колонны, который имитировал жесткое основание стакана фундамента (рис. 1).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцы группы «А». Поведение образцов группы «А» при приложении вертикальной нагрузки было примерно одинаковым. При увеличении продольной нагрузки начинал фиксироваться интенсивный рост кольцевых деформаций бетона стенки колонны в верхней зоне образцов (т.е. в зоне бетонного ядра) при сравнительно небольших их величинах в пределах полого сечения с самого начала приложения продольной нагрузки. Была отмечена определенная аномалия – при меньших продольных деформациях сжатия в стенке колонны в зоне ядра кольцевые деформации в этой зоне превышали таковые в полой части образцов.

При вертикальных нагрузках порядка 1250-1500 кН у торцевой части образцов в месте контакта с раствором слоя начинали образовываться первые трещины, развитие которых происходило с ростом нагрузки вдоль образующей колонны, причем местом первоначального возникновения первой трещины во всех образцах было торцевое сечение колонны.

Расположение трещин по периметру образцов было различным – от относительно равномерного до сосредоточенного преимущественно в отдельных местах, чаще всего в диаметрально противоположных зонах колонны.

Разрушение образцов характеризовалось расколом верхней (торцевой) части образцов на отдельные сектора, сопровождавшееся разрывом спиральной арматуры.

Как показывает анализ результатов этой таблицы, во всех образцах группы «А» опытная разрушающая нагрузка оказалась ниже теоретической несущей способности основного полого сечения колонны. Среднее соотношение опытной разрушающей нагрузки к теоретической составило 0,761.

Максимальные продольные деформации сжатия бетона стенки образцов не достигали предельной величины сжимаемости бетона, составляя в среднем 1,6 %, что также указывает на неполностью использованную несущую способность образцов на сжатие. Причиной полученного вида разрушения явились растягивающие кольцевые напряжения, имеющие наибольшие значения в зоне бетонного ядра. Объяснение такому характеру разрушения следует искать во влиянии на работу стенки колонны внутреннего бетонного ядра. В связи с тем, что прочность бетона ядра ниже, чем бетона стенки колонны, поперечное расширение бетона ядра будет большим, что приводит к возникновению внутреннего радиального давления на полое сечение колонны изнутри и является причиной увеличенных кольцевых напряжений, приводящих к расколу стенки колонны.

Образцы группы «Б». Испытания образцов группы «Б» показали другой механизм разрушения торцевых зон – разрушение бетона стенки колонны в полой сечении при достижении бетоном предельных величин сжимаемости.

При приложении продольного усилия в некоторых образцах этой группы в торцевом сечении также появлялись отдельные волосяные трещины, однако в отличие от образцов группы «А» их роста и увеличения числа практически не происходило.

Анализ полученных величин деформаций бетона образцов показал, что в целом картина напряженного состояния образцов осталась примерно той же, однако кольцевые напряжения бетона в зоне внутреннего бетонного ядра были значительно меньше.

Среднее отношение опытных разрушающих нагрузок к теоретическим (по полному сечению) составило по группе «Б» 0,944. Таким образом, в образцах этой группы торцевая часть колонны с внутренним бетонным ядром оказалась практически равнопрочной основному (полному) сечению колонны. Величины предельной сжимаемости бетона в полой сечении перед разрушением составили в среднем $220 \cdot 10^{-4}$.

Характер разрушения образцов этой группы в целом подобен разрушению образцов оголовков колонн, выполненных в БГПА и описанных в работе / 4 /.

Характерные виды разрушения образцов серий А и Б показаны на рис. 2.

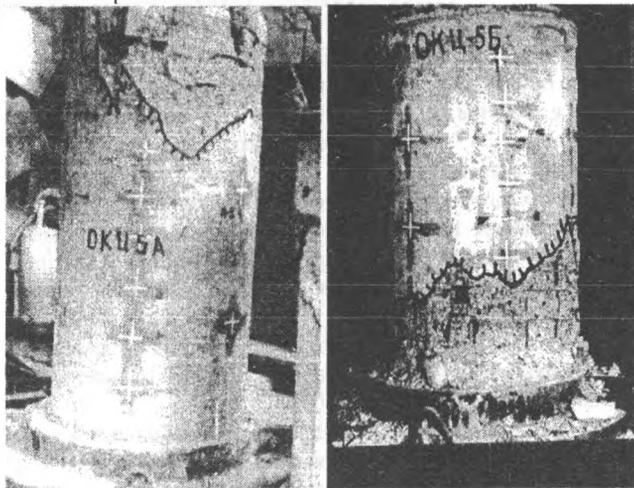


Рис. 2. Характерный вид разрушения образцов серий А и Б.

Образцы группы «В». Поведение образцов этой группы в целом соответствует описанным выше, однако виды разрушения более разнообразны, чем в группах «А» и «Б».

По характеру разрушения образцы этой группы можно разделить на две части:

1. Образцы с характером разрушения в зоне бетонного ядра, аналогичному образцам группы «А». К ним относятся образцы со сравнительно небольшой высотой бетонного ядра – ОКЦ- 2В, ОКЦ- 4В, ОКЦ- 5В.

2. Образцы с большей высотой бетонного ядра – ОКЦ- 1В, ОКЦ-3В, ОКЦ-6В. Разрушение этих образцов произошло по бетону колонны по типу образцов группы «Б».

Экспериментально выявлена устойчивая взаимосвязь разрушающей нагрузки от высоты внутреннего бетонного ядра, иллюстрируемая графиком рис. 3.

Образцы группы «Д». Характер разрушения образцов серии «Д» в целом идентичен образцам серии «Б», однако зависимость между видом разрушения и конструктивными параметрами образцов проявилась менее четко.

На наш взгляд, это можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, более низкой прочностью бетона ядра, что привело к увеличению радиального распора за счет увеличения поперечного расширения бетона более низкой прочности. Во-вторых, наличие в бетоне ядра арматурных стержней могло оказать обратное влияние – они оказывали сдерживающее влияние на поперечное расширение бетона ядра.

Результаты испытаний образцов всех групп приведены в табл. 1.

Зависимость относительного разрушающего усилия от высоты бетонного ядра

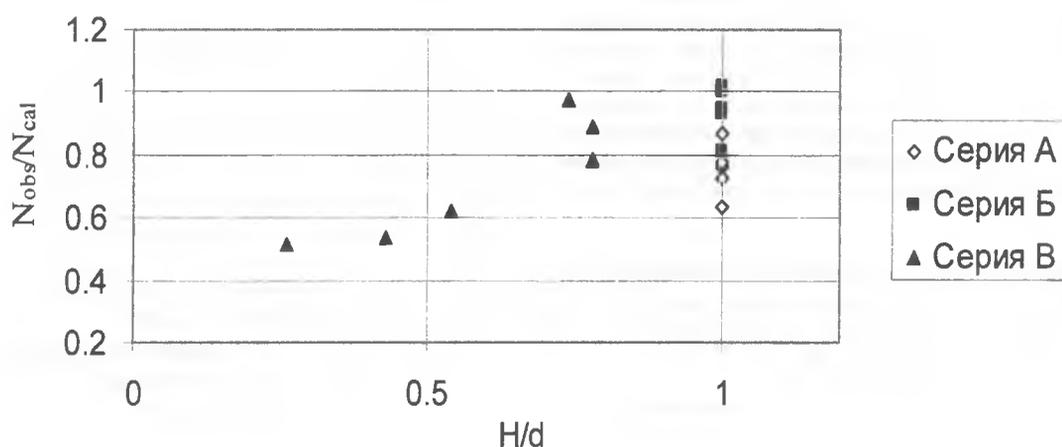


Рис. 3. Зависимость разрушающей нагрузки от относительной высоты бетонного ядра (образцы серий А, Б и В).

Таблица 1. Результаты испытаний опытных образцов.

Марка образца	Призменная прочность центрифугированного бетона, МПа	Толщина стенки, мм	Высота ядра, мм	$N_{crс}$, кН	$N_{u,obs}$, кН	$N_{u,cal}$, кН	$\frac{N_{u,obs}}{N_{u,cal}}$
ОКЦ-1А	35,0	75	500	1100	2750	3524	0,780
ОКЦ-2А	43,0	80	500	1200	3250	4780	0,679
ОКЦ-3А	41,6	80	500	1150	3980	4632	0,859
ОКЦ-4А	47,9	88	495	1200	4060	5699	0,712
ОКЦ-5А	51,7	85	504	1250	4640	5957	0,778
ОКЦ-1Б	35,0	50	490	1250	2250	2715	0,828
ОКЦ-2Б	35,0	64	495	1350	3050	3289	0,927
ОКЦ-3Б	35,0	68	500	1300	3500	3454	1,013
ОКЦ-4Б	43,0	73	500	1400	4500	4499	1,000
ОКЦ-5Б	50,3	62	500	1300	4300	4524	0,950
ОКЦ-6Б	43,0	78	500	1355	4510	4685	0,949
ОКЦ-1В	47,9	88	390	1100	4500	5656	0,795
ОКЦ-2В	43,0	67	215	750	2250	4139	0,543
ОКЦ-3В	43,0	63	370	800	3800	3950	0,962
ОКЦ-4В	50,3	60	130	650	2270	4413	0,514
ОКЦ-5В	47,9	76	270	700	3220	5086	0,633
ОКЦ-6В	43,0	77	390	950	4020	4544	0,884
ОКЦ-1Д	51,7	88	490	950	4700	5953	0,789
ОКЦ-2Д	49,4	86	505	1100	5300	5584	0,948
ОКЦ-3Д	35,0	65	500	1000	2500	3222	0,775
ОКЦ-4Д	41,6	73	500	1150	4400	4312	1,020
ОКЦ-5Д	47,9	76	500	1100	5245	5086	1,031
ОКЦ-6Д	47,5	88	510	1250	4000	5695	0,702

В образцах серий «В» и «Д» были произведены замеры деформации сечений в 4 точках по периметру образцов по полному и сплошному сечениям. Эти замеры показали, что деформация поперечных сечений образцов является крайне неравномерной. Как правило, в этих сечениях имела место ориентация максимальной деформации в направлении какой-либо оси, положение которой, по-видимому, зависит от сочетания ряда факторов – неравномерности толщины стенки

колонны по периметру, неравномерности прочности бетона по толщине стенки и, самое главное, неравномерности передачи радиального распора от ядра на стенку колонны по ее периметру.

Анализ замеренных величин деформаций показывает, что превышение максимальной деформации в направлении большей деформации над средней в образцах составляло порядка

1,4 – 1,64 раза, что интегрально учитывает действие вышеуказанных факторов.

В целом усредненный коэффициент неравномерности распределения кольцевых напряжений, подсчитанный по всей испытанной группе образцов, составил 1,52. Анализ замеров кольцевых деформаций дал примерно такой же разброс.

Таким образом, экспериментальные исследования выявили две возможные схемы разрушения – от продольного раскола стенки колонны при недоиспользованной прочности поперечного сечения колонны на сжатие и от разрушения бетона в месте перехода от полого сечения к сплошному при исчерпании несущей способности бетона колонны на сжатие, причем именно эту схему следует считать наиболее приемлемой.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ТОРЦЕВЫХ ЗОН

Условие прочности в расчетном сечении – месте перехода от полого сечения к сплошному можно записать в виде

$$N_u = \omega R_b A_b + R_{sc} A_s,$$

где R_b – призмная прочность центрифугированного бетона,

A_b – площадь сечения стенки центрифугированной полый колонны,

R_{sc} – расчетное сопротивление продольной арматуры сжатию,

A_s – площадь сечения продольной арматуры,

ω – коэффициент неравномерности распределения продольных напряжений по толщине стенки расчетного сечения.

Для всех опытных образцов рассматриваемой схемы разрушения были обратным путем вычислены значения коэффициентов ω , значения которых в зависимости от толщины стенки приведены на рис. 4.

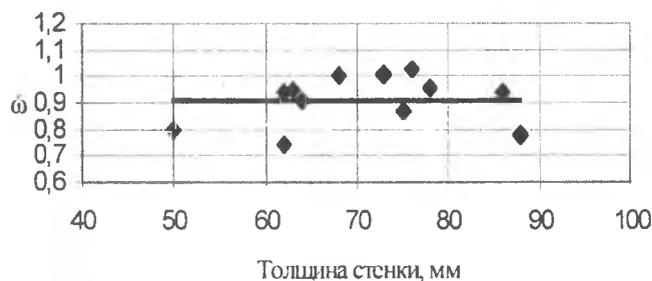


Рис. 4. График зависимости коэффициента ω от толщины стенки колонны.

УДК 624.012.3

Щербач А.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ НАКЛОННЫХ СЕЧЕНИЙ САМОНАПРЯЖЕННЫХ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ БАЛОК СО ЗНАКОПЕРЕМЕННОЙ ЭПЮРОЙ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ

Сборно-монолитные конструкции находят всё более широкое применение в строительной отрасли Республики Беларусь. Это объясняется возможностью создания экономичной неразрезной конструкции посредством рационального объединения сборных элементов заводского изготовления при помощи монолитного бетона, укладываемого в построечных условиях. Такие решения очень эффективны как при новом

Как видно из приведенных данных, среднее значение коэффициента ω можно принимать вне зависимости от толщины стенки колонны равным 0,9. Коэффициент вариации по всей группе анализируемых образцов при этом составил 15 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные экспериментальные исследования работы торцевых зон центрифугированных колонн кольцевого сечения с бетонным ядром замоноличивания во внутренней полости на участке ограниченной длины позволили разработать методику расчета прочности этих элементов и рекомендации по их проектированию. Областью применения данной методики являются торцевые зоны полых центрифугированных колонн с неармированными внутренними ядрами высотой не менее внутреннего диаметра колонны.

Данная методика использована при проектировании и изготовлении колонн объекта экспериментального строительства – цеха запасных частей ПО «БелАЗ» в г. Жодино.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пецольд Т.М. Принцип концентрации материала при проектировании каркасов одноэтажных промышленных зданий // Строительство и архитектура Белоруссии. 1982. - N 3. - с. 39.
2. Серия Э-1561. Новое конструктивное решение каркаса одноэтажных производственных зданий, решенных в сборном железобетоне, с обеспечением работы колонн и фундаментов только на центральное сжатие.- Л., ПИ-1, 1980.
3. Сергеева Е.Т. Объемно-планировочные решения и конструктивные особенности одноэтажных производственных зданий с диафрагмами жесткости. Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.23.01/ Белорус. госуд. политехн. академия - Минск., 1989. - 24 с.
4. Лассо Т. Исследование напряженно-деформированного состояния оголовков центрифугированных колонн. Автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01/ Белорус. госуд. политехн. академия — Минск, 1991. — 20 с.

строительстве, так и при реконструкции зданий и сооружений различного назначения.

Вместе с тем, при применении в качестве монолитной части традиционных бетонов на основе портландцементного вяжущего в сечениях сборно-монолитной конструкции возникает дополнительное напряженно-деформированное состояние, вызванное несовместной усадкой и ползучестью

Щербач Александр Валерьевич. Аспирант каф. технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.