

Н.А. ИВАНЕНКО✉, С.Ю. СЕМЕНОВ, Ф.И. СУХАРЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Сочинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «СГУ»),
Пластунская ул., д. 94, г. Сочи, 354003, Российская Федерация

РАБОТА ТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ПРИ ДИАГОНАЛЬНОМ СЖАТИИ В ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЯХ

Аннотация

Введение. Трубобетонные конструкции в основном применяют в качестве колонн. В колоннах зданий трубобетонные конструкции работают на центральное или внецентренное сжатие с небольшими эксцентриситетами. Трубобетонные конструкции имеют целый ряд неоспоримых преимуществ перед стальными и железобетонными конструкциями. Трубобетонная сейсмоизолирующая опора в здании работает на центральное сжатие. При сейсмическом воздействии сейсмоизолирующая опора отклоняется от вертикального положения, продольная ось сейсмоизолирующей опоры не совпадает с вертикальной линией действия силы от постоянных и временных нагрузок. При этом возникает сложное напряженное состояние, так называемое «косое» или «диагональное» сжатие. При диагональном сжатии пластические деформации развиваются при меньших нагрузках, чем при центральном сжатии. Изготовление арматурного каркаса и сборка трубобетонных конструкций вызвали значительные затруднения. Поэтому было принято решение в центральной части образца арматуру не устанавливать, при этом технология изготовления значительно упрощается. В связи с этим возникла необходимость экспериментального исследования работы трубобетонной конструкции при диагональном сжатии на статические и малоцикловые нагрузки.

Цель. Проведение экспериментальных исследований трубобетонных конструкций при диагональном сжатии на статические и малоцикловые нагрузки без арматурного каркаса в средней части элемента.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проведены путем испытания опытных образцов трубобетонных конструкций, без армирования в центральной части на центральное, диагональное сжатие и при малоцикловой нагрузке.

Результаты. Получены экспериментальные данные о работе трубобетонных элементов при центральном, диагональном сжатии и при малоцикловой нагрузке без арматурного каркаса в средней части элемента.

Выводы. Несущая способность трубобетонных конструкций при диагональном сжатии в упругой стадии меньше, чем при центральном сжатии. Упругая работа трубобетонных конструкций при малоцикловой нагрузке практически не отличается от работы элемента при монотонном нагружении.

Ключевые слова: трубобетонная конструкция, диагональное сжатие, сейсмоизолирующая опора, экспериментальные исследования, предельные состояния, несущая способность, нагрузка

Для цитирования: Иваненко Н.А., Семенов С.Ю., Сухарев Ф.И. Работа трубобетонных элементов сейсмоизоляции при диагональном сжатии в предельных состояниях // *Бетон и железобетон*. 2025. № 1 (626). С. 19–27. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-1\(626\)-19-27](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-1(626)-19-27). EDN: NZYBFQ

Вклад авторов

Иваненко Н.А. – подготовка программы испытаний, анализ результатов исследований.

Семенов С.Ю., Сухарев Ф.И. – подготовка и проведение экспериментальных исследований.

Финансирование

Исследование выполнено за счет собственных средств ФГБОУ ВО «СГУ».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 20.12.2024

Поступила после рецензирования 16.01.2025

Принята к публикации 23.01.2025

THE OPERATION OF GUNCRETE SEISMIC ISOLATION ELEMENTS UNDER DIAGONAL COMPRESSION IN EXTREME CONDITIONS

Abstract

Introduction. Guncrete structures are mainly used as columns. In the columns of buildings, guncrete structures operate on central or off-center compression with small eccentricities. Guncrete structures have a number of indisputable advantages over steel and reinforced concrete structures. The guncrete seismic isolating support in the building is operated by central compression. Under seismic impact the support deviates from its vertical position, and the longitudinal axis of the support does not coincide with the vertical line of force from permanent and temporary loads. In this case, there is a complex stressed state, the so-called "oblique" or "diagonal" compression. With diagonal compression, plastic deformations develop under lower loads than with central compression. The manufacture of the reinforcement frame and the assembly of guncrete structures caused considerable difficulties. Therefore, it was decided not to install reinforcement in the central part of the sample, that greatly simplifies the manufacturing technology. In this regard, there was a need for an experimental study of the operation of a guncrete structure under diagonal compression to static and low-cycle loads.

Aim. Conducting of the experimental studies of guncrete structures with diagonal compression for static and low-cycle loads without a reinforcing frame in the middle part of the element.

Materials and methods. Experimental studies were carried out by testing prototypes of guncrete structures, without reinforcement in the central part for central, diagonal compression and under low-cycle load.

Results. Experimental data on the operation of guncrete elements under central, diagonal compression and

low-cycle load without a reinforcing frame in the middle part of the element have been obtained.

Conclusions. The load-bearing capacity of guncrete structures during diagonal compression in the elastic stage is less than during central compression. The elastic operation of guncrete structures under low-cycle load practically does not differ from the operation of the element under monotonous loading.

Keywords: guncrete structure, diagonal compression, seismic isolating support, experimental studies, limiting conditions, bearing capacity, load

For citation: Ivanenko N.A., Semenov S.Yu., Sukharev F.I. The operation of guncrete seismic isolation elements under diagonal compression in extreme conditions. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2025, no. 1(626), pp. 19–27. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-1\(626\)-19-27](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-1(626)-19-27). EDN: NZYBFQ

Authors contribution statement

Ivanenko N.A. – preparation of the test program, analysis of research results.

Semenov S.Yu., Sukharev F.I. – preparation and conduct of experimental studies.

Funding

The study was carried out at the expense of own funds of the FSBEI HE "SSU".

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 20.12.2024

Revised 16.01.2025

Accepted 23.01.2025

Введение

С целью снижения динамической реакции здания на сейсмическое воздействие применяют различные системы сейсмоизоляции. Одной из них является кинематическая система сейсмоизоляции (патент № 2477353 [1]).

Трубобетонная сейсмоизолирующая опора (СО) в здании работает преимущественно на центральное сжатие. При сейсмическом воздействии СО отклоняется от вертикального положения, и продольная ось СО не совпадает с вертикальной линией действия силы от постоянных и временных нагрузок. При этом возникает сложное нажатое состояние, так называемое «косое» или «диагональное» сжатие.

Трубобетонным конструкциям (ТБК) посвящены многочисленные исследования как отечественных, так и зарубежных ученых [2–9]. ТБК в основном применяют в качестве колонн. В колоннах зданий ТБК работают на центральное сжатие или внецентренное сжатие с небольшими эксцентриситетами. Из-за малой гибкости ТБК разрушение от потери устойчивости формы практически не происходит. Кроме того, ТБК имеют целый ряд неоспоримых преимуществ перед стальными и железобетонными конструкциями [4].

Очень важный вклад в положительный образ трубобетонных элементов вносит квази-пластический характер разрушения в случае превышения допустимых нагрузок на конструкции, тогда как разрушение железобетонных колонн, в особенности из высокопрочного бетона, имеет зачастую молниеносный взрывообразный характер. Таким образом, перегруженный трубобетонный элемент перед разрушением оставляет возможность эвакуации, повышая уровень безопасности зданий и сооружений. Однако основным преимуществом, как известно, является прирост в несущей способности до 35 % и более вследствие упрочнения бетонного ядра, обжатого оболочкой.

Проведенные авторами ранее экспериментальные исследования [10] показали, что несущая способность (работа ТБК в упругой стадии) зависит от напряженно-деформированного состояния. При диагональном сжатии пластические деформации развиваются при меньших нагрузках, чем при центральном сжатии. Если в образцах при центральном сжатии упругая работа заканчивается при теоретической несущей способности по СП, то при диагональном сжатии при нагрузке 70 % – от теоретической. При этом в опытах было замечено, что после достижения предела упругости ТБК сохраняют несущую способность и максимальные нагрузки значительно превосходят предел упругой работы.

В этой работе [10] были использованы образцы с арматурным каркасом, состоящим из продольных и поперечных стержней, продольные стержни при этом жестко соединялись с торцевыми пластинами и были непрерывными по длине элемента. Было также замечено, что вклад в работу ТБК продольных арматурных стержней незначительный. При этом из-

готовление арматурного каркаса и сборка ТБК вызвали значительные затруднения. Нужно довольно точно изготовить арматурный каркас, соединив продольные стержни с торцевыми пластинами, а затем вставить его внутрь трубы-оболочки и соединить торцевые пластины каркаса со стенкой трубы. Поэтому было принято решение разделить внутренний арматурный каркас на два и в центральной части образца арматуру не устанавливать, при этом технология изготовления металлической части трубобетонной сейсмоизолирующей опоры значительно упрощается.

Целью исследования является экспериментальная проверка несущей способности ТБК без арматурного каркаса в середине длины на центральное и диагональное сжатие. А также определение не только пределов упругой работы, но и предельной несущей способности, а также живучести конструкции при малоцикловых нагрузках.

Материалы и методы

В рамках внутренних научных исследований, проводившихся в ФГБОУ ВО «Сочинский государственный университет» (СГУ) в 2022–2024 годах, сотрудниками кафедры строительства и сервиса СГУ была выполнена работа по исследованию работы ТБК на диагональное сжатие.

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены и испытаны две серии опытных образцов. В 2022 году были изготовлены и испытаны 6 образцов первой серии с продольным армированием по всей длине образца [10]. В 2024 году были изготовлены 6 образцов второй серии с продольным армированием только у торцов образца, а испытаны только 3. В каждой серии образцы были испытаны на центральное и диагональное сжатие.

Все испытанные образцы моделей СО имели совершенно одинаковые размеры. Внешний диаметр трубы 219 мм с толщиной стенки 4 мм. Длина опоры 900 мм.

В первой серии внутри располагался арматурный каркас, состоящий из 20 продольных стержней Ø 10A500С. Поперечная арматура Ø 4A240 с шагом 45 мм. Продольная арматура каркаса приварена к торцевым пластинам. Торцевая пластина толщиной 10 мм, рабочая и страховая пластины толщиной 3 мм.

Во второй серии внутри сплошной арматурный каркас отсутствовал (рис. 1 и 2). Торцевая пластина толщиной 10 мм, рабочая пластина толщиной 3 мм, страховая пластина толщиной 10 мм. К торцевой пластине были приварены короткие стержни длиной 300 мм из арматуры Ø 12A500С. В средней части опоры продольная арматура отсутствовала. Укладку бетона осуществляли через открытый верхний конец трубы с тщательным уплотнением, с отбором контрольных кубов размером ребра 100 мм для определения фактической прочности бетона. Средняя кубиковая прочность бетона в возрасте 28 суток составила 82,1 МПа.



Рис. 1. Общий вид образцов первой серии моделей СО в процессе изготовления

Fig. 1. General view of the samples of the first series of SIS models in the manufacturing process



Рис. 2. Общий вид образцов второй серии моделей СО в процессе изготовления

Fig. 2. General view of samples of the second series of SIS models in the manufacturing process

Испытание образцов проводили в горизонтальном прессе с помощью гидравлических домкратов и электрической насосной станции (рис. 3). Нагрузку измеряли с помощью манометра. Для измерения деформаций использовали индикаторы часового типа ИЧ-10 по ГОСТ 577-68 [11] с ценой деления

0,01 мм. Индикаторы использовали для измерения продольных и поперечных деформаций. Индикаторы и удлинители крепили к стенке стальной оболочки на сварке. Использовали удлинители с базой 300 и 100 мм. Нагрузку измеряли по манометру насосной станции.

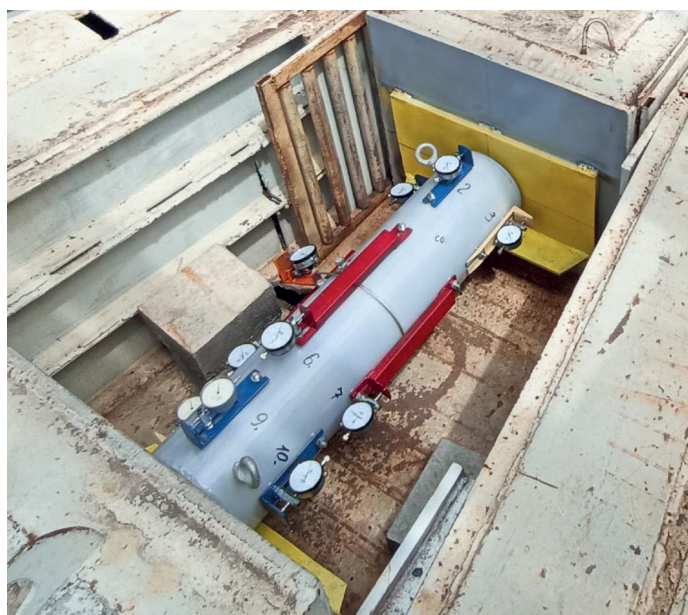


Рис. 3. Образец СО2 перед испытанием на диагональное сжатие

Fig. 3. SIS2 sample before diagonal compression test

После установки СО в стенд и размещения приборов производилось пробное нагружение до уровня 0,1 от предполагаемой максимальной нагрузки. На этом этапе проверяли работу всех приборов. Затем нагрузку уменьшали до нуля и после выдержки устанавливали стрелки приборов в нулевое положение. Нагрузку прикладывали ступенями по 0,1–0,05 от предполагаемой максимальной. На каждой ступени снимали показания по всем приборам в начале и конце пятиминутной выдержки. После достижения максимальной нагрузки насосная станция продолжала работать, а следовательно, и домкраты пытались приложить большую нагрузку. При этом перемещения увеличивались, а давление по манометру не увеличивалось, нагрузка уменьшалась при

попытке увеличить давление. Даже при явных деформациях образцов несущая способность не была исчерпана. Трубобетонная опора не разрушалась, т. е. не разделялась на части.

СО1 испытывали на центральное сжатие, а СО2 – на диагональное при смещении одного конца образца относительно другого на 100 мм.

Испытание опоры СО3 проводили на малоцикловое нагружение. На каждой ступени после выдержки образец разгружали, снимали остаточные деформации, а затем нагружали вновь на ступень выше предыдущей. И так продолжали до тех пор, пока при попытке увеличения нагрузки давление в системе не уменьшалось. Внешний вид образцов после испытания представлен на рис. 4.



Рис. 4. Образцы СО1, СО2, СО3 (слева направо) после испытаний
Fig. 4. SIS1, SIS2, and SIS3 samples (from left to right) after testing

Результаты

По измеренным деформациям построены графики зависимости деформаций от приложенных статических нагрузок. Графики представлены на рис. 5–7. На графиках показаны относительные деформации сжатия ствола в средней части (индикаторы И5, И6, И7), а также поперечные деформации (И4). Расчетная и нормативная несущие способности определены по СП 266.1325800.2016 [12] с учетом фактической прочности бетона $R = 82,1$ МПа, переменная прочность бетона по СП 63.13330.2018 [13] $R_{bn} = 58,5$ МПа, $R_b = 41,6$ МПа.

При нагрузке, соответствующей расчетной несущей способности, у всех образцов выявлена упругая

работа, т. е. относительные деформации прямо пропорциональны приложенной нагрузке. Ожидалось, что при малоцикловой нагрузке в СО3 пластические деформации будут развиваться при нагрузках меньше теоретической расчетной несущей способности, однако этого не произошло. Результаты испытания образца СО3 со сбросом нагрузки на каждой ступени показывают значительную живучесть конструкции. При диагональном сжатии упругая работа также наблюдалась до теоретической расчетной нагрузки. При центральном сжатии (СО1) упругие деформации наблюдались при нагрузках больше расчетных.

Наличие продольной арматуры должно было сказаться на работе ТБК, однако за счет более прочного

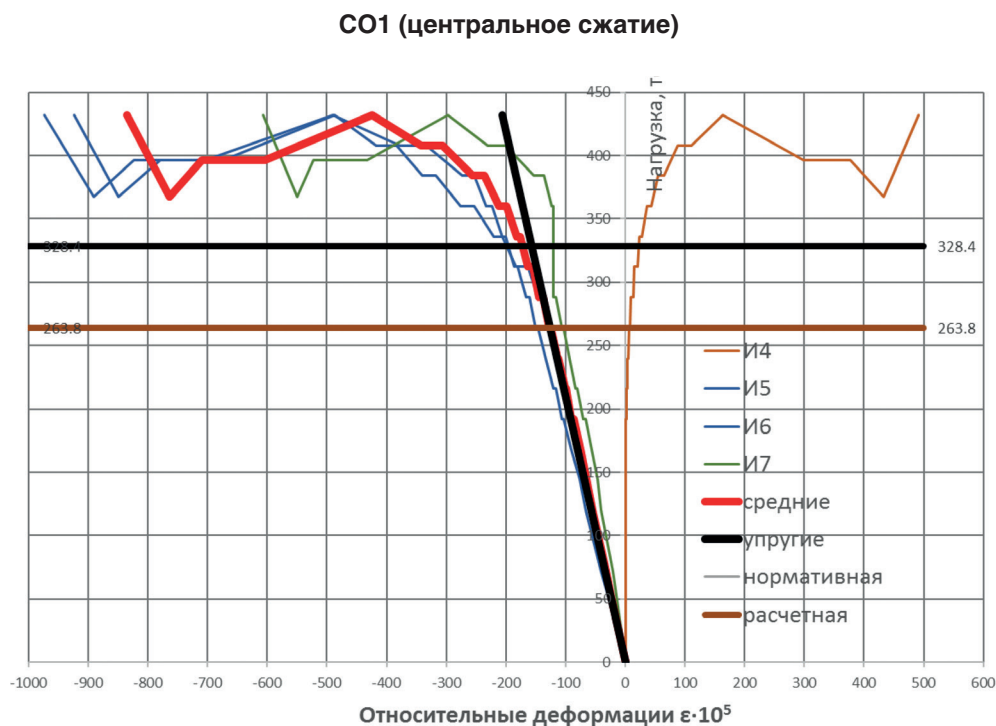


Рис. 5. Графики относительных деформаций ствола CO1
Fig. 5. Graphs of relative deformations of the SIS1 shaft

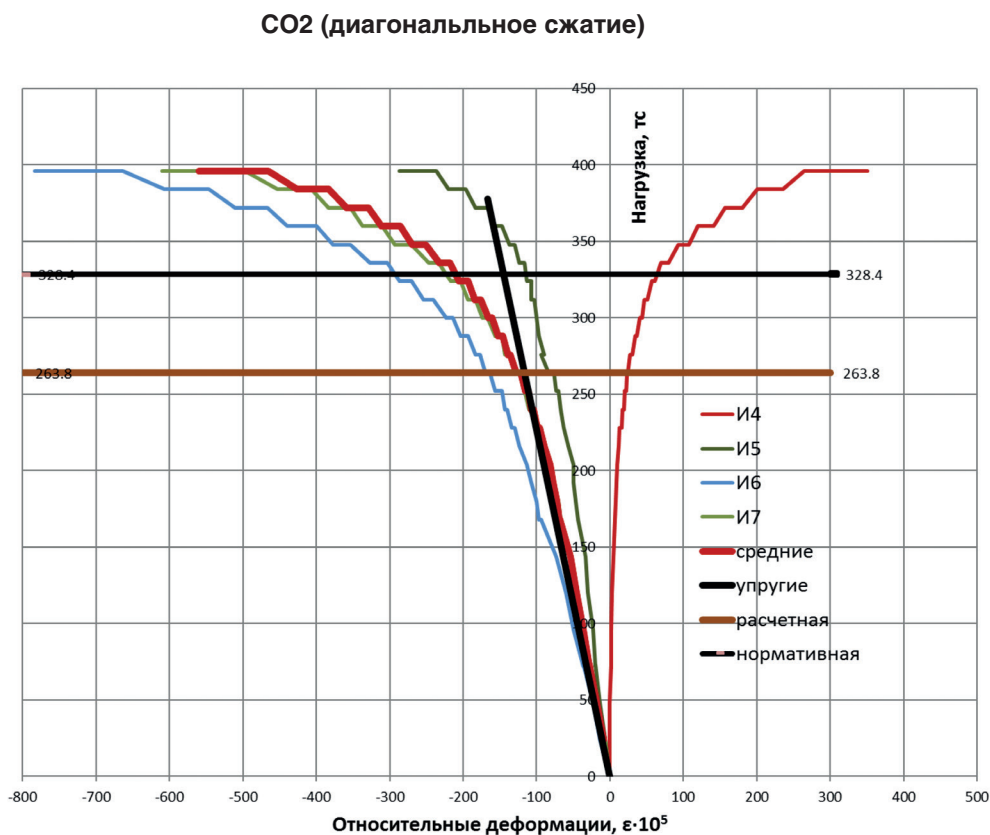


Рис. 6. Графики относительных деформаций ствола CO2
Fig. 6. Graphs of relative deformations of the SIS2 shaft

СОЗ (диагональное сжатие со сбросом нагрузки)

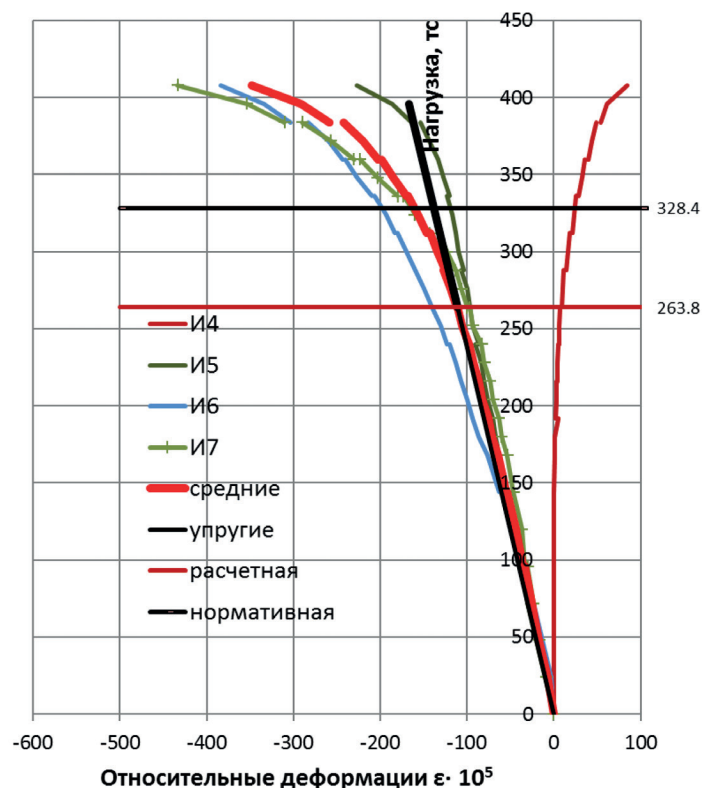


Рис. 7. Графики относительных деформаций ствола СОЗ
Fig. 7. Graphs of relative deformations of the SIS3 shaft

бетона расчетная несущая способность во второй серии образцов без продольной арматуры оказалась больше, чем у образцов с продольной арматурой (230–234 тс в первой серии и 263,8 тс во второй). Следует

заметить, что бетонное ядро существенно влияет на несущую способность из-за значительной площади поперечного сечения ТБК. Таким образом, доказано, что ТБК можно изготавливать без продольной арматуры.

Таблица 1
Table 1

Сравнение результатов испытаний образцов
Comparison of sample tests results

№ обр.	Тип испытания	N_y , кН	N_{max} , кН	N_y/N_n	N_y/N_p	N_{max}/N_n
СО1	Центральное сжатие	3060	4250	0,949	1,170	1,319
СО2	Косое сжатие	2472	3885	0,767	0,923	1,206
СО3	Косое сжатие, сброс нагрузки	2354	4002	0,731	0,900	1,242

Примечание:

N_y – опытная несущая способность в упругой стадии;

N_{max} – максимальная опытная нагрузка;

N_n – несущая способность при нормативных значениях характеристик материалов при центральном сжатии по СП 266.1325800.2016 [12], 3222 кН;

N_p – то же, при расчетных значениях характеристик материалов, 2614 кН;

Коэффициент несущей способности при косом сжатии к центральному сжатию – 0,789 [(СО2+СО3)/2/СО1].

Выводы

Несущая способность ТБК при диагональном сжатии в упругой стадии меньше, чем при центральном сжатии, коэффициент снижения 0,789. Для элемента сейсмоизоляции очень важно, чтобы элемент при расчетных нагрузках работал в упругой стадии. При проектировании необходимо, чтобы нагрузка не превышала 0,7 от расчетной несущей способности при центральном сжатии.

Упругая работа ТБК при малоцикловой нагрузке практически не отличается от работы элемента при монотонном нагружении. Коэффициент снижения равен 0,952. Максимальная нагрузка, которую выдержал элемент при испытании на малоцикловую нагрузку, оказалась даже выше, чем при монотонной. Это свидетельствует о значительной живучести ТБК при различных воздействиях.

Наличие продольного армирования ствола ТБК незначительно влияет на несущую способность как в упругой, так и в предельной стадиях.

Для уточнения расчетных значений необходимо проведение более обширных исследований с целью уточнения методик расчета ТБК по СП 266.1325800.2016 [12].

Список литературы

1. Курзанов А.М., Семенов С.Ю. Трубобетонная сейсмоизолирующая опора. RU 2 477 353 C1. Оубл. 10.03.2013.
2. Кикин А.И., Санжаровский Р.С., Труль В.А. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном. Москва: Стройиздат, 1974. 144 с.
3. Стороженко Л.И., Плахотный П.И., Черный А.Я. Расчет трубобетонных конструкций. Киев: Будивельник, 1991. 120 с.
4. Кришан А.Л., Сагадатов А.И. Оценка напряженно-деформированного состояния сжатых трубобетонных элементов // *Предотвращение аварии зданий и сооружений: межвуз. сб. научн. тр.* Москва, 2009. Вып. 8. С. 509–515.
5. Кришан А.Л., Заикин А.И., Мельничук А.С. Расчет прочности трубобетонных колонн // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. 2010. № 1. С. 20–25.
6. Кришан А.Л., Сабиров Р.Р., Чернышова Э.П. К определению расчетного сопротивления сжатию продольной арматуры трубобетонных колонн // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. 2015. Т. 15. № 3. С. 15–19.
7. Акаев А.И., Магомедов М.Г., Пайзулаев М.М. Перспективы возведения сейсмостойких зданий из трубобетонных конструкций // *Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки*. 2017. Т. 44. № 1. С. 138–149. DOI: <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2017-44-1-138-149>
8. Бакевич А.М., Ваучский М.Н. Особенности расчета центрально сжатых трубобетонных колонн,

в которых нагрузку воспринимает только бетонное ядро // *Военный инженер*. 2017. № 3 (5). С. 20–25.

9. Шарафутдинова А.М., Шеховцов А.С. Исследование несущей способности трубобетонных колонн разной гибкости // *Российско-китайский научный журнал «Содружество»*. 2018. № 24. С. 37–40.
10. Иваненко Н.А., Семенов С.Ю., Сиротюк А.К., Сухарев Ф.И. Несущая способность трубобетонных элементов сейсмоизоляции при диагональном сжатии. В кн: *Совершенствование методов проектирования инженерной инфраструктуры прибрежных регионов*. Сочи: РИЦ ФГБОУ ВО «СГУ», 2023. С. 93–111.
11. ГОСТ 577-68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия. Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002.
12. СП 266.1325800.2016. Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования. Москва, 2016.
13. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Москва, 2018.
14. ГОСТ 18105-2018. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. Москва: Стандартинформ, 2019.

References

1. Kurzanov A.M., Semenov S.J. Guncrete aseismic pad. RU 2 477 353 C1. Publ. date 10.03.2013. (In Russian).
2. Kikin A.I., Sanzharovsky R.S., Trul V.A. Structures made of steel pipes filled with concrete. Moscow: Stroyizdat Publ., 1974, 144 p. (In Russian).
3. Storozhenko L.I., Plakhotny P.I., Cherny A.Ya. Calculation of pipe-concrete structures. Kiev: Budivelnik, 1991, 120 p. (In Russian).
4. Krishan A.L., Sagadatov A.I. Assessment of the stress-strain state of compressed tubular concrete elements. *Prevention of accidents in buildings and structures: interuniversity collection of scientific proceedings*. Moscow: 2009, issue 8, pp. 509–515. (In Russian).
5. Krishan A.L., Zaikin A.I., Melnichuk A.S. The calculation of the strength of pipe-concrete columns. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*. 2010, no. 1, pp. 20–25. (In Russian).
6. Krishan A.L., Sabirov R.R., Chernyshova E.P. On definition of the design resistance to compression of longitudinal reinforcement of tube confined concrete columns. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2015, vol. 15, no. 3, pp. 15–19. (In Russian).
7. Akaev A.I., Magomedov M.G., Payzulaev M.M. Prospects of establishing earthquake resistant buildings from tube concrete constructions. *Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences*. 2017, vol. 44, no. 1, pp. 138–149. (In Rus-

sian). DOI: <https://doi.org/10.21822/2073-6185-2017-44-1-138-149>

8. Bakevich A.M., Vauchskii M.N. Features of the calculation of centrally compressed tube-reinforced concrete columns, where only concrete core carries the load. *Military engineer*. 2017, no. 3 (5), pp. 20–25. (In Russian).
9. Sharafutdinova A.M., Shekhovtsov A.S. Investigation of the load-bearing capacity of tubular concrete columns of different flexibility. *Russian-Chinese scientific journal "Commonwealth"*. 2018, no. 24, pp. 37–40. (In Russian).
10. Ivanenko N.A., Semenov S.Yu., Sirotyuk A.K., Sukharev F.I. Bearing capacity of tube-concrete seismic isolation elements under diagonal compression. In: Improving the methods of designing the engineering infrastructure of coastal regions. Sochi: EPC FSBEI HE "SSU", 2023, pp. 93–111. (In Russian).
11. State Standard 577-68. Clock-type dial indicators graduated in unit divisions of 0,01 mm. Specifications. Moscow: Publishing house of standards, 2002. (In Russian).
12. SP 266.1325800.2016. Composite steel and concrete structures. Design rules. Moscow, 2016. (In Russian).
13. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. Updated version of SNiP 52-01-2003. Moscow, 2018. (In Russian).
14. State Standard 18105-2018. Concretes. Rules for control and assessment of strength. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian).

Информация об авторах /

Information about the authors

Николай Алексеевич Иваненко✉, канд. техн. наук, доцент кафедры строительства и сервиса, ФГБОУ ВО «СГУ», Сочи

e-mail: inform-sochi11@yandex.ru

Nikolay A. Ivanenko✉, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of Construction and Service, FSBEI HE "SSU", Sochi

e-mail: inform-sochi11@yandex.ru

Станислав Юрьевич Семенов, доцент кафедры строительства и сервиса, ФГБОУ ВО «СГУ», Сочи

e-mail: smu5sochi@mail.ru

Stanislav Yu. Semenov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of Construction and Service, FSBEI HE "SSU", Sochi

Федор Игоревич Сухарев, аспирант кафедры строительства и сервиса, ФГБОУ ВО «СГУ», Сочи

e-mail: fyodor.sukharev@gmail.com

Fyodor I. Sukharev, Graduate Student of the Department of Construction and Service, FSBEI HE "SSU", Sochi

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author