

УДК 624.078

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-21-29](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-21-29)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ШТИФТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ LEIMET ABB+ 350 ДЛЯ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ

А.В. БУЧКИН¹, канд. техн. наукК.Л. КУДЯКОВ^{1,2}, канд. техн. наукС.Д. ЕПИХИН¹✉¹Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» Минобрнауки России (НИУ МГСУ), Ярославское шоссе, д. 26, г. Москва, 129337, Российская Федерация

Введение. Использование технологии стыкования секций сборных железобетонных свай с применением штифтовых соединений Leimet ABB+ 350 набирает популярность. Основными преимуществами данного стыка являются: низкая трудоемкость (относительно широко применяемых сварных соединений) при соединении элементов сваи между собой, высокая скорость монтажа, отсутствие необходимости в сварочных работах, бетонирования и пр. Широкое применение данного соединения в настоящее время ограничено недостаточной изученностью его параметров и, в частности, прочностных характеристик.

Целью исследования являлась экспериментальная проверка показателей прочности штифтового соединения Leimet ABB+ 350 при сжатии, растяжении, поперечном сдвиге и изгибе.

Материалы и методы. Исследования выполнены на сериях образцов, представляющих собой два фрагмента секций составных железобетонных свай по типовой серии 1.011.1-10, соединенных при помощи четырехзамкового штифтового соединения Leimet ABB+ 350. Испытания нагружением образцов выполнены по ГОСТ 8829-2018.

Результаты. Получены количественные и качественные параметры разрушения опытных образцов.

Выводы. Сделан вывод о равнопрочности штифтового соединения Leimet ABB+ 350 бетонному телу свай при рассматриваемых воздействиях. Полученные результаты, характеризующие прочность штифтового соединения свай, могут быть использованы при разработке проектных решений и решении практических инженерных задач.

Ключевые слова: штифтовое соединение Leimet ABB+, стыки сборных железобетонных свай, испытания прочности конструкций

Для цитирования: Бучкин А.В., Кудяков К.Л., Епихин С.Д. Исследование прочности штифтового соединения Leimet ABB+ 350 для сборных железобетонных свай // Вестник НИЦ «Строительство». 2022. Т. 32. № 1. С. 21–29. doi: [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-21-29](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-21-29)

Вклад авторов

Бучкин А.В. – общее руководство работой, редактирование чернового варианта статьи.

Кудяков К.Л. – разработка и реализация программы испытаний, обработка и анализ результатов, подготовка чернового варианта статьи.

Епихин С.Д. – реализация программы испытаний, обработка и анализ результатов, подготовка чернового варианта статьи.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках договорных работ АО «НИЦ «Строительство».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

STRENGTH STUDY OF THE LEIMET ABB+ 350 PILE JOINT FOR PRECAST REINFORCED CONCRETE PILES

A.V. BUCHKIN¹, Cand. Sci. (Engineering)
K.L. KUDYAKOV^{1,2}, Cand. Sci. (Engineering)
S.D. EPIHIN¹✉

¹Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, 2nd Institut'skaya str., 6, bld. 5, Moscow, 109428, Russian Federation

²National Research Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation

Abstract

Introduction. At present, the connection of precast concrete pile sections using Leimet ABB+ 350 pile joints becomes very popular. The main advantages of this joint include low labor intensity (relative to the widely used welded joints) for connecting pile elements, high installation speed, as well as the absence of welding works, concreting, etc. The wide application of this joint is currently limited by the insufficient study of its parameters and, in particular, strength characteristics.

Aim. Experimental testing of the strength indices of the Leimet ABB+ 350 pile joint under the compression, tension, transverse shear, and bending.

Methods and materials. The studies were performed on the series of samples represented by two fragments of the 1.011.1-10 standard precast reinforced pile sections connected by the Leimet ABB+ 350 four-lock pin joint. Loading tests of the samples were carried out in accordance with the GOST 8829-2018.

Results. The quantitative and qualitative destruction parameters of the samples are obtained.

Conclusions. The Leimet ABB+ 350 pile joint was concluded to be of the uniform strength to the pile concrete bodies under considered impacts. The obtained results on the strength of the pile pin joint can be used in the design development and the solution of practical engineering problems.

Keywords: Leimet ABB+ pin connection, precast reinforced concrete pile joints, structural strength tests

For citation: Buchkin A.V., Kudyakov K.L., Epihin S.D. Strength study of the Leimet ABB+ 350 pile joint for precast reinforced concrete piles. Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2022. Vol. 32. No. 1. P. 21–29 (In Russ.). doi: [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1\(32\)-21-29](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-21-29)

Author contribution statements

Buchkin A.V. – general management of the study, article draft editing.

Kudyakov K.L. – development and implementation of the test program, processing and analysis of the results, article draft preparation.

Epihin S.D. – implementation of the test program, processing and analysis of the results, article draft preparation.

Funding

The study was carried out within the framework of contractual works of JSC Research Center of Construction.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Введение

На сегодняшний день в строительной индустрии нашли свое применение различные технологии соединений секций сборных железобетонных свай, к которым можно отнести следующие [1–3]: сварной стык, стык стаканного типа, болтовой стык, замковое соединение, цанговое соединение, клеевой стык, штифтовое соединение и пр.

В настоящее время набирает популярность использование технологии штифтовых соединений секций сборных железобетонных свай [1–4]. Основными преимуществами данного стыка являются: низкая трудоемкость (относительно широко применяемых сварных соединений) при соединении элементов сваи между собой, высокая скорость монтажа, отсутствие необходимости в сварочных работах, бетонирования и пр. Штифтовые соединения свай использованы на строительных объектах в ряде европейских стран, например в Германии, Норвегии, Швеции, Дании. В России данная технология нашла свое применение на таких строительных объектах, как Музейный комплекс в г. Калининграде и комплекс «Лазурный» в г. Воронеже.

Штифтовое соединение Leimet ABB+ представляет собой металлический оголовник со встроенными анкерными выпусками и замковыми элементами (фиксирующими штырями и гнездами) для заведения заклинивающих забивных штифтов, которое осуществляется непосредственно при стыковании двух секций сборных железобетонных свай на строительной площадке. Принципиальная конструкция штифтового соединения Leimet ABB+ приведена на рис. 1 [4].

Широкое применение данного соединения в настоящее время ограничено недостаточной изученностью его параметров и, в частности, прочностных характеристик.

Цель

В испытательном центре АО «НИЦ «Строительство» выполнены исследования, целью которых являлась экспериментальная оценка несущей способности штифтовых соединений типа Leimet ABB+ 350. Исследования проводились в соответствии с разработанной программой испытаний, в рамках которой рассмотрены следующие виды нагружений (по 3 образца на каждый вид нагрузки):

- сжатие (серия СШС-1: образцы СШС-1.1, СШС-1.2, СШС-1.3);
- растяжение (серия СШС-2: образцы СШС-2.1, СШС-2.2, СШС-2.3);
- поперечный сдвиг (серия СШС-3: образцы СШС-3.1, СШС-3.2, СШС-3.3);
- изгиб (серия СШС-4: образцы СШС-4.1, СШС-4.2, СШС-4.3).

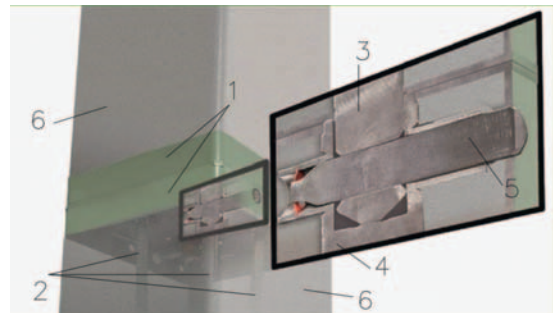


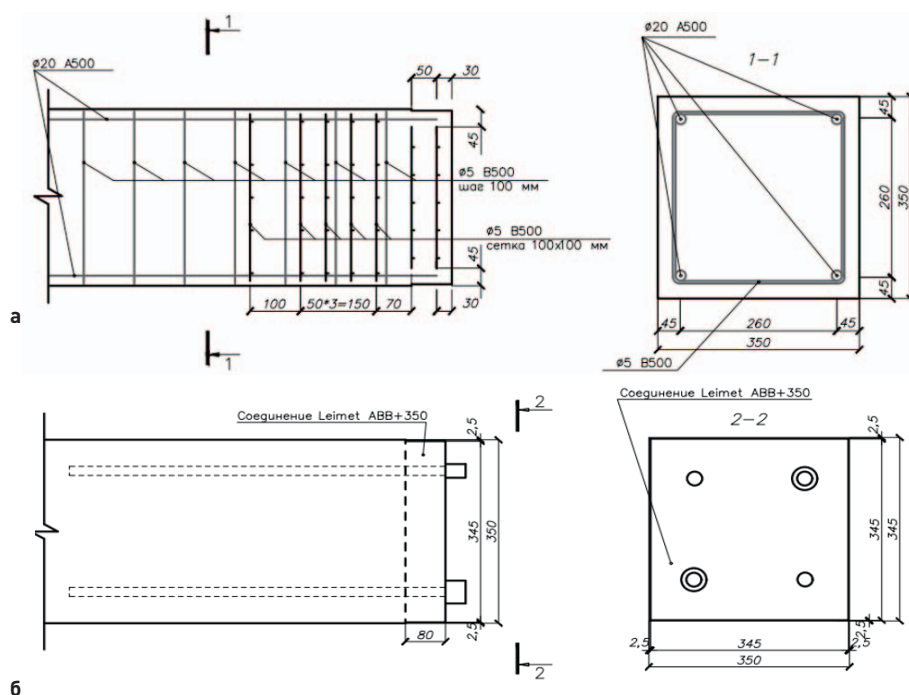
Рис. 1. Принципиальная конструкция штифтового соединения Leimet ABB+ [4]: 1 – металлический оголовник, представляющий собой торцевую пластину и обечайку по ее контуру; 2 – анкерные выпуски; 3 и 4 – элементы замка: фиксирующий штырь и гнездо соответственно; 5 – забивной штифт; 6 – секции сборных железобетонных свай

Fig. 1. Conceptual design of the Leimet ABB+ pile joint [4]: 1 – metallic cap consisting of end frame and the shell along its contour; 2 – anchor bars; 3, 4 – locking elements: locking dowel and locking block, respectively; 5 – locking pin; 6 – reinforced concrete pile sections

Материалы и методы

Каждый опытный образец стыка свай представляет собой два фрагмента секций составных железобетонных свай, соединенных при помощи четырехзамкового штифтового соединения Leimet ABB+ по ТУ 25.11.23-001-92894761-2018 «Соединение штифтовое для свай. Технические условия» [5]. Для одной серии образцов верхние и нижние фрагменты секций свай имели идентичные параметры. Образцы выполнены по типовой серии 1.011.1-10 (выпуск 8) [1]: из бетона класса В25 по прочности на сжатие; с продольной арматурой класса А500С диаметром 20 мм; поперечной арматуры в виде хомутов из проволоки класса В500 диаметром 5 мм с шагом 100 мм; защитный слой продольной арматуры 35 мм. Все образцы выполнены с поперечным сечением 350 × 350 мм (рис. 2). Опытные образцы серии СШС-1, СШС-2, СШС-3 имели длину (в собранном виде) 1600 мм, а в серии СШС-4 – 4000 мм. Для передачи растягивающей нагрузки на торцах образцов серии СШС-2 устроены специальные закладные детали, представляющие собой приваренные к продольной арматуре образцов металлические пластины с выпуском для фиксации в зажимах испытательной машины.

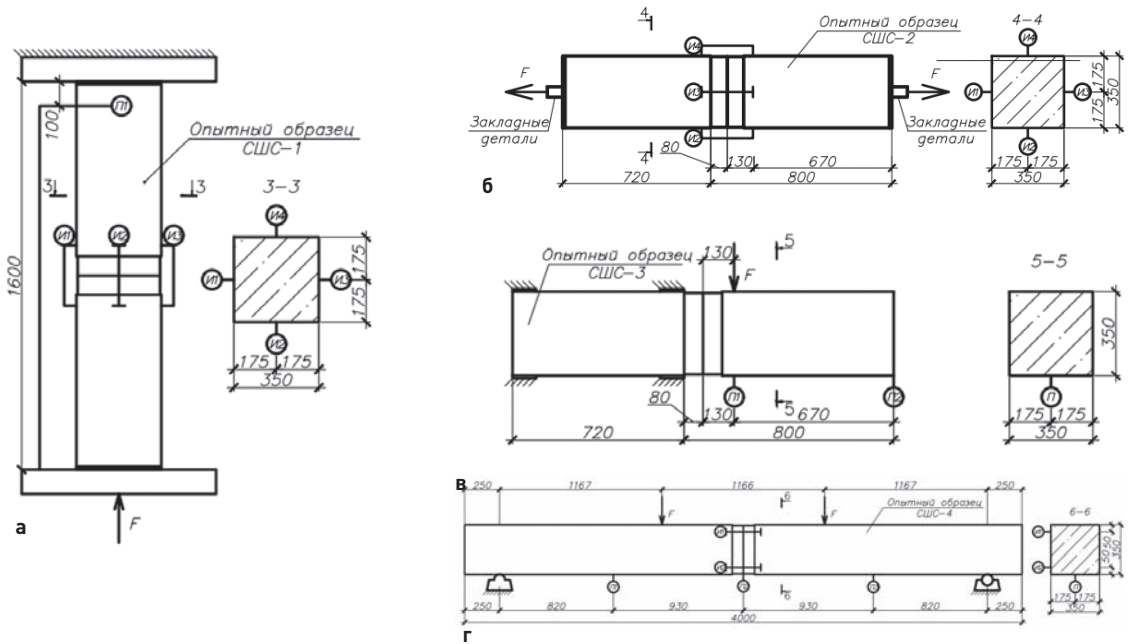
Испытания проводились по ГОСТ 8829-2018 [6] с применением специализированного оборудования. При испытаниях оценивались нагрузка, при которой происходило разрушение опытных образцов, и характер их разрушения. Принципиальные схемы испытаний серий образцов представлены на рис. 3.



*размеры указаны в мм

Рис. 2. Принципиальная конструкция опытных образцов: а – схема армирования; б – схема установки штифтового соединения Leimet ABB+ 350

Fig. 2. Conceptual design of tested samples: а – reinforcement scheme; б – Leimet ABB+ 350 pile joint installation scheme



*размеры указаны в мм

Рис. 3. Принципиальные схемы испытаний образцов свай со штифтовым соединением Leimet ABB+ 350

при определении прочности: а – на сжатие; б – на растяжение; в – на поперечный сдвиг; г – на изгиб

Fig. 3. Conceptual schemes for strength testing of pile samples with Leimet ABB+ 350 pile joints: а – compression; б – tension; в – transverse shear; г – bending

Результаты

В результате испытаний все образцы серий 1, 3 и 4 доведены до разрушения, при этом оно происходило по бетонному телу сваи. В образцах серии 2 непосредственное разрушение опытных образцов не было достигнуто – отказ происходил в результате недостаточной несущей способности специальных торцевых закладных деталей, устроенных для передачи растягивающей нагрузки. При этом для образцов СШС-2.2 и СШС-2.3 выполнено усиление данных закладных деталей при помощи устройства косынок.

Для всех образцов визуальных признаков повреждения металлических элементов штифтового соединения Leimet ABB+ 350 не установлено. Характерные схемы разрушения серий образцов приведены на рис. 4–7. Основные результаты испытаний приведены в табл. 1.

Выводы

При испытаниях на сжатие, поперечный сдвиг и изгиб установлено, что разрушение опытных образцов происходило по бетонному телу сваи, без признаков разрушения металлического штифтового соединения, без образования выколов бетона в районе штифтового соединения Leimet ABB+ 350 на четырех замках, что свидетельствует о его равнопрочности телу фрагмента секции железобетонной составной сваи при указанных воздействиях. При этом при величине растягивающей нагрузки 475,8–503,3 кН также не выявлено признаков повреждения штифтового соединения (испытания остановлены до разрушения образцов).



Рис. 4. Характерная схема разрушения опытных образцов серии СШС-1 при сжатии
Fig. 4. Characteristic destruction scheme of series 1 samples under compression

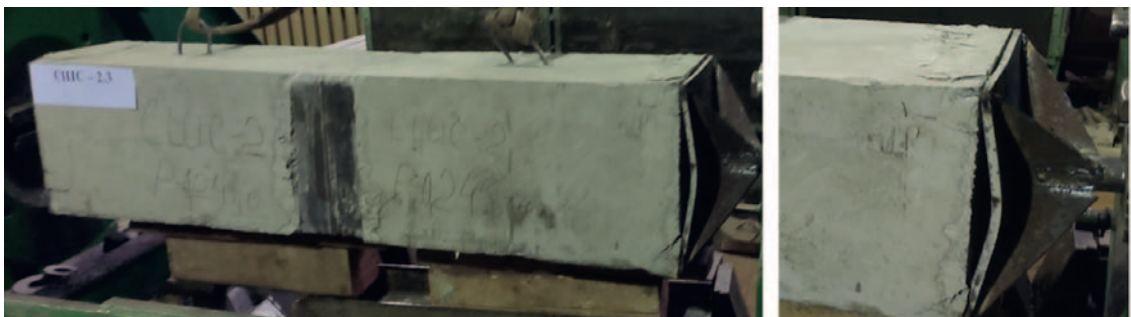


Рис. 5. Общие виды испытаний образцов серии СШС-2 при растяжении (разрушение образцов не достигнуто – отказ происходил по потере несущей способности специальных торцевых закладных деталей для фиксации в захватах испытательной машины)
Fig. 5. General views of the series 2 sample tensile testing (no destruction of samples was achieved – the failure occurred due to the loss of the bearing capacity of the special embedments for the fixation in the grips of the testing machine)



Рис. 6. Характерная схема разрушения опытных образцов серии СШС-3 при поперечном сдвиге
Fig. 6. Characteristic destruction scheme of series 3 samples under the transverse shear



Рис. 7. Характерная схема разрушения опытных образцов серии СШС-4 при изгибе
Fig. 7. Characteristic destruction scheme of series 4 samples under the bending

Таблица 1

Основные результаты испытаний

Table 1

Main test results

Шифр образца	Тип нагрузки	Максимальная нагрузка, зафиксированная при испытаниях	Характер разрушения образца	Повреждение штифтового соединения
СШС-1.1	Сжатие	553,5 т (5430 кН)	Разрушение по телу фрагмента секции сваи	Не установлено
СШС-1.2		527,5 т (5175 кН)		
СШС-1.3		542,5 т (5322 кН)		
СШС-2.1 (без косынок)	Растяжение	24,3 т (238,4 кН)	Разрушение образцов не достигнуто (испытания остановлены до разрушения образцов)	Не установлено
СШС-2.2		48,5 т (475,8 кН)		
СШС-2.3		51,3 т (503,3 кН)		
СШС-3.1	Поперечный сдвиг	78 т (765,2 кН)	Разрушение по телу фрагмента секции сваи	Не установлено
СШС-3.2		74 т (725,9 кН)		
СШС-3.3		70 т (686,7 кН)		
СШС-4.1	Изгиб	12,54 т×м (123,0 кН×м)		Не установлено
СШС-4.2		11,96 т×м (117,3 кН×м)		
СШС-4.3		12,25 т×м (120,2 кН×м)		

Благодарности

Авторы выражают благодарность АО «НИЦ «Строительство» и ООО «Коперник» за предоставленные материалы.

Список литературы

1. Серия 1.011.1-10. Сваи забивные железобетонные. Выпуск 8. Сваи составные сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой. Рабочие чертежи. – Москва: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 108 с.

2. Гайдо А.Н. Исследование конструктивно-технологических решений стыков заводских свай. [Электронный ресурс] // А.Н. Гайдо. – URL: http://trest28.ru/f/statya_gaydo_a.n._styki_svay.pdf (дата обращения 10.08.2021 г.).

3. Степанова М.А. Опытное обоснование применения штифтового стыка свай / М.А. Степанова, А.Н. Гайдо // Технология и организация строительства. Материалы I Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 80-летию основания кафедры «Строительное производство». Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург, 2020. – С. 379–388.

4. Leimet Piling Quality [Электронный ресурс]. – Екатеринбург, 2019. – URL: <https://leimet.ru/> (дата обращения 20.11.2021).
5. ТУ 25.11.23-001-92894761-2018 «Соединение штифтовое для свай. Технические условия». – Екатеринбург: ООО «ГК «Коперник», 2018. – 27 с.
6. ГОСТ 8829-2018. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Москва: Стандартинформ, 2019. – 20 с.

References

1. Series 1.011.1-10. The piles are driven reinforced concrete. Issue 8. Moscow: TSITP Gosstroy of the USSR; 1989 (in Russian).
2. Gaido A.N. Research of structural and technological solutions of joints of factory piles [Internet]. Available at: http://trest28.ru/f/statya_gaydo_a.n._styki_svoy.pdf (accessed 10 August 2021) (in Russian).
3. Stepanova M.A., Gaido A.N. Experimental substantiation of the use of a pin joint of piles. In: Technology and organization of construction. Materials of the I All-Russian interuniversity scientific and practical conference of young scientists dedicated to the 80th anniversary of the founding of the Department of "Construction Production". St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering. St. Petersburg; 2020, p. 379–388 (in Russian).
4. Leimet Piling Quality [Internet]. Yekaterinburg, 2019. Available at: <https://leimet.ru/> (accessed 20 November 2021) (in Russian).
5. TU 25.11.23-001-92894761-2018. Pin connection for piles. Technical conditions. Yekaterinburg: LLC "GC "Copernicus"; 2018 (in Russian).
6. State Standard 8829-2018. Reinforced concrete and factory-made concrete construction products. Methods of loading tests. Moscow: Standartinform Publ.; 2019 (in Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Андрей Викторович Бучкин, канд. техн. наук, зам. зав. лабораторией коррозии и долговечности бетонных и ж/б конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Andrey V. Buchkin, Cand. Sci. (Engineering), deputy head of the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete structures, NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

Константин Львович Кудяков[✉], канд. техн. наук, зав. сектором лаборатории коррозии и долговечности бетонных и ж/б конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций НИУ МГСУ, Москва

Konstantin L. Kudyakov[✉], Cand. Sci. (Engineering), head of the Sector of the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete structures, NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, associate professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Сергей Дмитриевич Епихин, инженер лаборатории коррозии и долговечности бетонных и ж/б конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Sergey D. Epihin, engineer at the Laboratory of Corrosion and Durability of Concrete and Reinforced Concrete Structures, NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author