

СВАИ ПОВЫШЕННОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СБОРНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И БУРОНАБИВНЫЕ

PRECAST AND BORED PILES WITH IMPROVED LOAD CAPACITY

И. Г. ЛАДЫЖЕНСКИЙ, канд. техн. наук

А. В. СЕРГИЕНКО

Ю. В. ЗЕЛЕНОВ

Д. А. ГРЕЧКО

Рассмотрены сваи повышенной несущей способности сборные железобетонные и буронабивные с сердечником. На примере ЖК «Люберецкий» и МЖК на Краснопресненской набережной показаны эффективность использования лидерных скважин, заполненных раствором или бетоном, при погружении сборных железобетонных свай и использования этих свай в качестве сердечников при устройстве буронабивных свай с целью повышения их несущей способности, после чего проведены их статические испытания. В каждом случае приведены результаты статических испытаний, подтверждающих повышение несущей способности свай.

The article describes the features of improved load capacity of precast and bored piles. There are two projects in Moscow that can be used as examples: high-rise apartment complex on Krasnopresnenskaya naberezhnaya and apartment complex «Lyuberetskiy». The authors have constructed two types of reinforced piles and conducted static loading test on them. Static test result proved that the piles may have higher load capacity.

Ключевые слова:

Буронабивная свая, сборная железобетонная свая, свайные фундаменты, сердечник, статические испытания

Key words:

Bored pile, deep-laid foundation, precast pile, static loading

Введение

В связи с активным распространением высотного строительства и увеличением нагрузок на основания растет и применение свайных оснований из сборных железобетонных свай, буронабивных свай и свай других типов.

Повышенные нагрузки требуют увеличения несущей способности свайного основания, что ведет к увеличению числа свай, их длины и поперечных сечений.

В статье рассмотрены два варианта повышения несущей способности свай – для составных сборных железобетонных свай и буронабивных свай, реализованные на двух объектах.

Особенности устройства свайных фундаментов ЖК «Люберецкий»

Широко известно использование лидерных скважин для облегчения погружения сборных железобетонных свай. В зависимости от грунтов такие скважины остаются свободными или заполняются бентонитом. Если при изготовлении заполнить скважину цементно-песчаным раствором или мелкозернистым бетоном, то при погружении сваи будут уплотняться грунтовые стенки скважины, раствор или бетон и их контакт с бетоном сборной сваи. В результате несущая способность сваи будет повышена. В зависимости от грунтовых условий диаметр лидерной скважины может быть меньше, равен или больше поперечного сечения сваи.

На примере построенного жилого комплекса ЖК «Люберецкий» (Заказчик ООО «ДСК Град», исполнитель ООО «Revvork») показано устройство сборных составных железобетонных свай в скважинах, заполненных цементным раствором.

25-этажное 14-секционное здание расположено по адресу: мкр. 12, район «Красная горка», г. Люберцы Московской области.

Инженерно-геологическое строение участка строительства представлено преимущественно песками мелкими средней плотности, суглинками тугопластичными, суглинками мягкопластичными и полутвердыми юрскими глинами.

Из условия обеспечения допустимой осадки условного фундамента с необходимой прорезкой мягкопластичных суглинков проектом было предусмотрено устройство свайного поля из сборных железобетонных свай сечением 300 × 300 мм и длиной 18 м. Для оптимизации свайных полей были применены сваи повышенной несущей способности с использованием лидерных скважин диаметром 450 мм и глубиной 18 м, что позволило отказаться от размещения свай по сетке, расположив их непосредственно под нагрузкой, и сократить общее число свай.

Первоначально для погружения свай бурились лидерные скважины с одновременным заполнением цементно-песчаным раствором М200, затем составная свая по секциям погружалась в скважину сваедавливающей установкой СВУ240, в процессе погружения секции соединялись между собой сваркой. Перерыв в погружении секций на стыковку не превышал 30-40 мин.

На рис.1 приведен инженерно-геологический разрез со сваей.

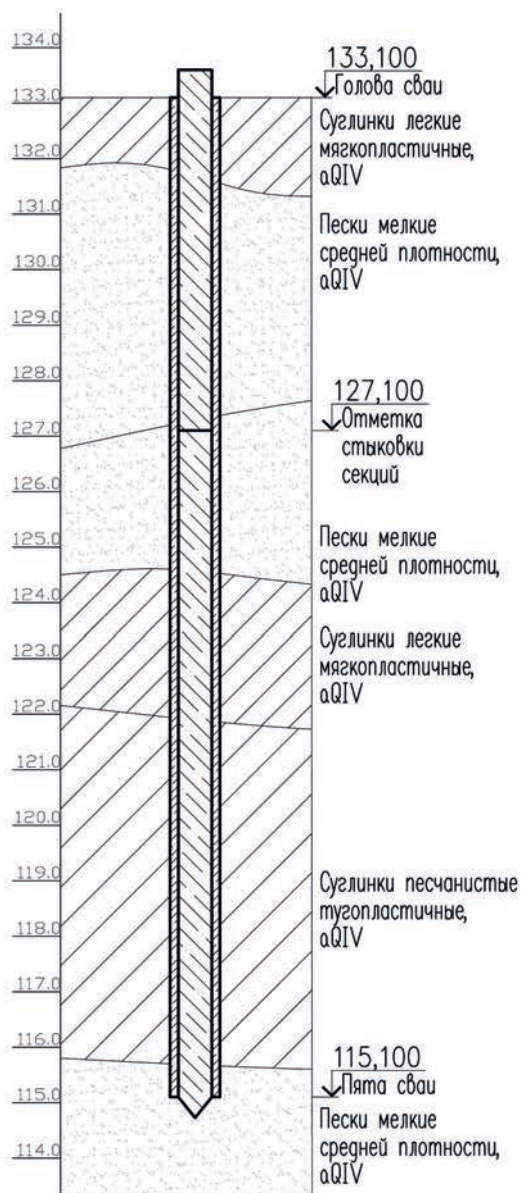


Рис.1. Характерный инженерно-геологический разрез со сваяй

Для окончательной корректировки свайных полей были проведены статические испытания свай.

Шесть свай повышенной несущей способности (ПНС) были испытаны статической нагрузкой до 220 тс, две — статической нагрузкой до 265 тс.

Для сравнения были выполнены статические испытания таких же свай, погруженных в лидерные скважины диаметром 250 мм с бентонитовой смесью до нагрузки 230 тс.

При нагрузке 220 тс для 6 свай осадки составили 2,9 - 8,6 мм.

При нагрузке 265 тс для 2 свай осадки составили 6,9 - 7,8 мм.

При нагрузке 230 тс для 2 свай, погруженных в бентонит, осадки составили 45,6 - 56,0 мм.

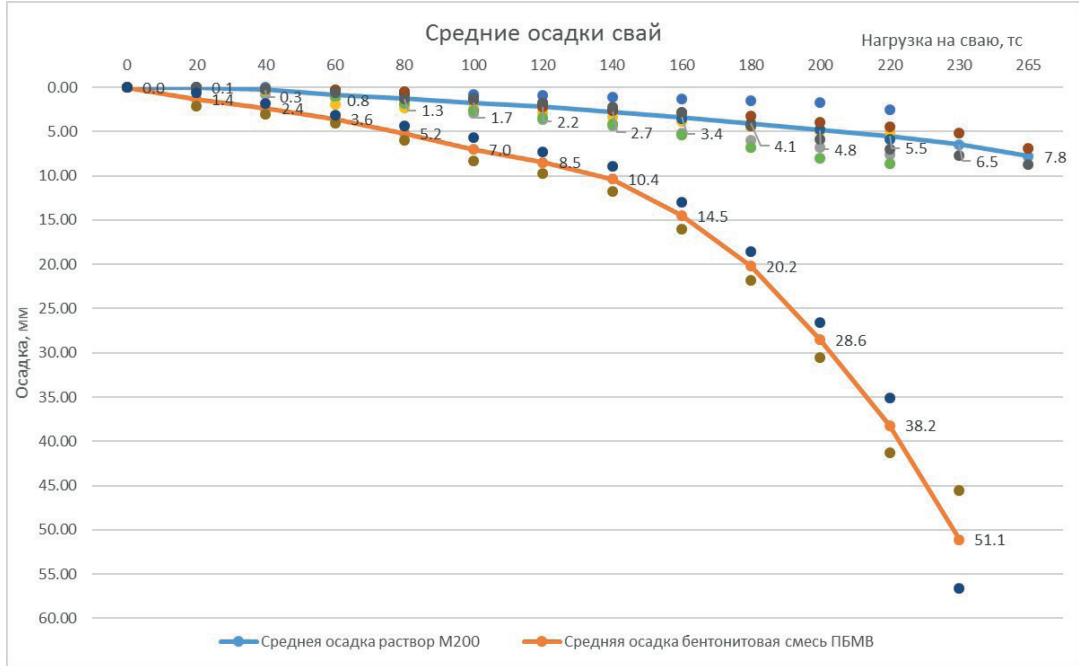


Рис.2. Осредненные осадки опытных свай

Допустимые осадки для здания указанного типа составляют 120 мм [1, 2], а допустимая осадка свай равна $0,2 \times 120 = 24$ мм.

Результаты испытаний позволяют принять расчетную несущую способность грунта основания для свай-ПНС $\rightarrow \frac{265}{1,2} \approx 220$ тс при средней осадке свай 7,8 мм. Расчетная несущая способность грунта основания для свай, погруженных в бентонит, составляет $\frac{185}{1,2} \approx 155$ тс при предельно допустимой осадке 24 мм.

Таким образом, результаты статических испытаний показали, что расчетная несущая способность грунта основания на одну сваю (ПНС) может быть увеличена на $\frac{(220-155)}{155} = 42\%$. При этом расчетная нагрузка на сваю ПНС по материалу составила 180 тс, а на сваю в бентоните — 98 тс.

Полученный результат обеспечил однорядную расстановку свай непосредственно под несущие конструкции блок-секций.

В качестве примера (рис. 3) показан план свайного поля для блок-секций № 1, 2.

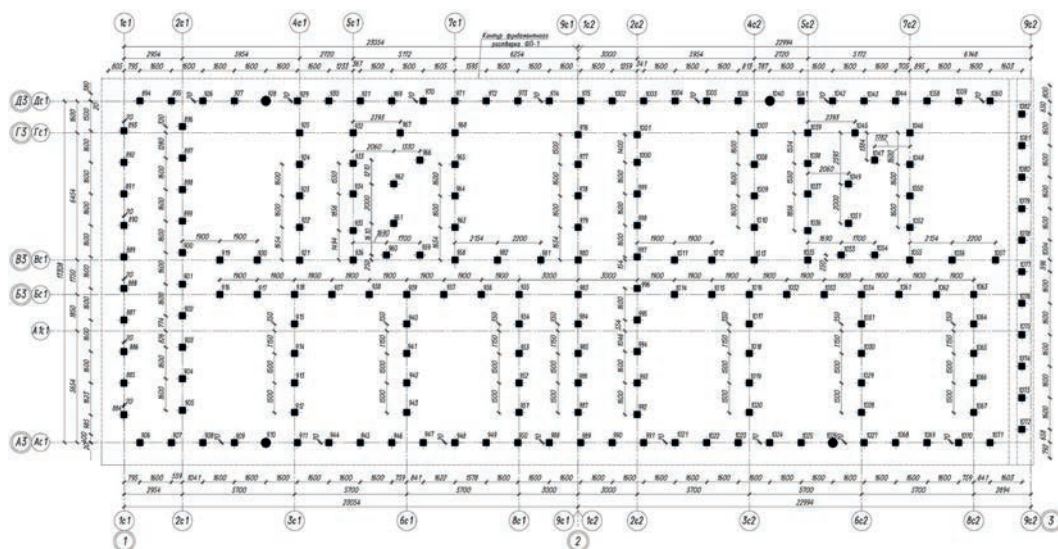


Рис. 3. План свайного поля для блок-секций № 1, 2

Особенности устройства свайных фундаментов высотного многофункционального комплекса на Краснопресненской набережной в Москве

Площадка строительства расположена в Москве на Краснопресненской набережной (Заказчик ООО «Капитал Групп», исполнитель ООО «Каскташ»). В конструктивном отношении проектируемый объект представляет собой многофункциональный высотный жилой комплекс, состоящий из трёх высотных корпусов по 64 надземных и 5 подземных этажей на общем стилобате. Конструктивная схема здания – монолитный железобетонный каркас с несущими колоннами и диафрагмами жёсткости. Фундаментами высотных частей являются монолитные железобетонные плиты толщиной 3000 мм на свайном основании.

В геоморфологическом отношении территория строительства располагается на левом, низком берегу р. Москвы в пределах засыпанной поймы. Абсолютные отметки поверхности земли на площадке изысканий изменяются в пределах 124,05 - 124,62 м.

Инженерно-геологическое строение участка строительства представлено современными аллювиальными отложения в виде суглинков туго- и мягкопластичных, песков мелких и средних средней плотности. Стратиграфически ниже залегают верхнекаменноугольные отложения, представленные известняками, твердыми глинами и тугопластичными суглинками. Ниже залегают среднекаменноугольные отложения, представленные малопрочными известняками подольско-мячковской толщи с прослоями средней прочности.

В гидрогеологическом отношении участок характеризуется наличием пяти водонесных горизонтов – четвертичного (надъюрского), перхуровского, ратмировского,

суворовского и подольско-мячковского. Участок размещения проектируемого сооружения классифицируется как критически подтопленный.

Участок изысканий относится по степени опасности проявления карстовых процессов к категории V, средний размер карстовых провалов – В. Для нейтрализации потенциальной карстовой опасности несущая способность свай в проекте определена без учёта работы свай по пяте, а только по боковой поверхности.

Другие неблагоприятные инженерно-геологические процессы, способные оказать существенное отрицательное влияние на условия строительства и эксплуатации зданий, не обнаружены.

Сваи в высотных башнях были приняты буронабивные диаметром 1,0 м и длиной 22,25 м от отметки дна котлована, равной 100,11 м. Сваи в стилобате — буронабивные диаметрами 0,8 м и 1,0 м и длиной 24,45 м от отметки дна котлована, равной 103,31 м.

Опорной породой для свай будут служить подольско-мячковские известняки $R_c = 29,98 \dots 78,66$ МПа с отметкой подошвы свай 77,86 м.

Учитывая подтопленность участка, устройство свай велось со дна пионерного котлована глубиной 3,0 м.

Устройство свай с участком холостого хода, равным 20,2 м, велось под защитой обсадных труб, далее — без обсадки, что является достаточно сложной технологической задачей. После установки арматурного каркаса бетонирование выполнялось методом ВПТ из бетона класса В40-В60.

С целью повышения несущей способности буронабивных свай и сокращения их числа было принято решение испытать сваи диаметром 1000 мм, устраиваемые с жестким сердечником из готовой железобетонной составной сваи сечением 40×40 см и длиной 24 м. Погружение жесткого сердечника в свежий бетон тела сваи должно создавать дополнительное распорное давление на бетон и стенки скважины и способствовать повышению несущей способности свай по боковой поверхности, а также тампонированию возможных трещин в известняках.

Опытные сваи диаметром 1000 и 800 мм устраивались в буровых скважинах, в которые после зачистки от шлама в забой на 0,5 м засыпался гравий фракции 5 ... 20, задачей которого было создать пригруз остатков шлама от всплытия и деформируемую прокладку между бетоном и известняком, чтобы исключить работу пяты. Затем погружался арматурный каркас из 20Ø36A500C (свая диаметром 1000 мм) и 16Ø36A500C (свая диаметром 800 мм) от забоя до отметки дна котлована, который выше переходил в стальную трубу-шток Ø 720×16 мм и Ø 530×20 мм соответственно. Для снятия бокового трения в зоне холостого хода трубу-шток диаметром 720 мм (свая диаметром 1000 мм) и диаметром 530 мм (свая диаметром 800 мм) вместе с приваренной к ней арматурой покрывали двумя слоями демпфирующего материала из профилированной мембраны Planterstandard с последующим устройством внешнего слоя из пароизоляционной пленки Техно Николь. Бетонирование опытных свай выполнялось от забоя скважины до обсадной трубы, т.е. до дна котлована и далее, заполняя внутреннюю полость стальной трубы диаметром 720 мм (свая диаметром 1000 мм) и диаме-

тром 530 мм (свая диаметром 800 мм). Полость между трубой-штоком диаметром 720 и 530 мм и обсадной трубой после бетонирования заполнялась гравием фракции 5 ... 20 для обеспечения устойчивости ствола сваи выше отметки дна котлована. В арматурный каркас до погружения устанавливали датчики измерения усилий и деформаций. Конструкция сваи и инженерно-геологический разрез приведен на рис.4.

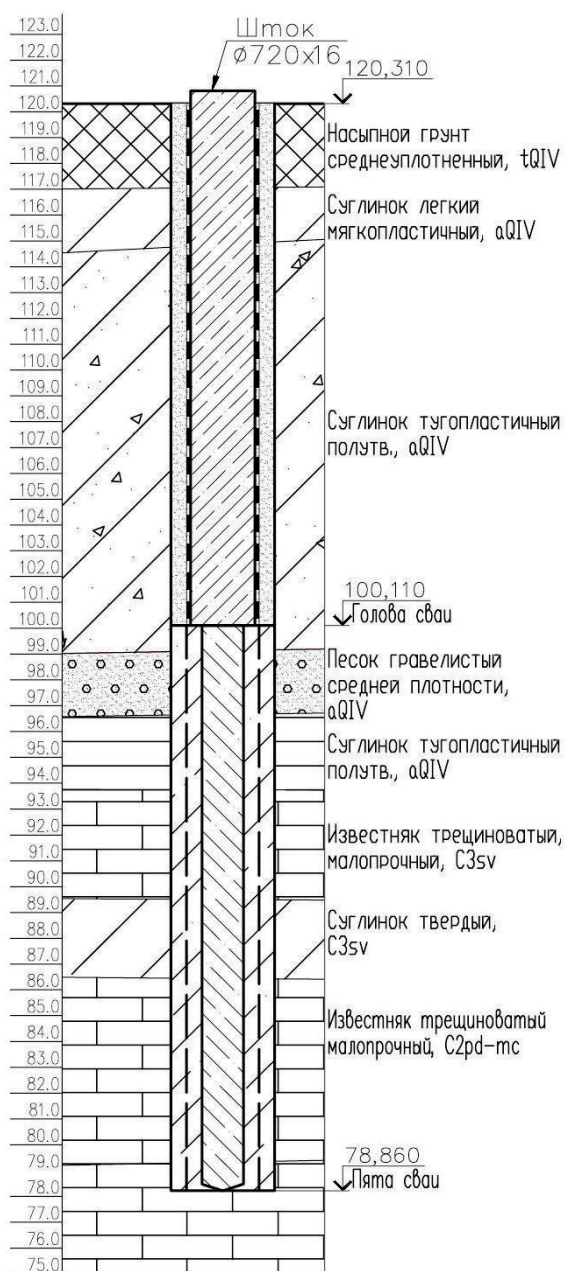


Рис. 4. Конструкция опытной сваи и инженерно-геологический разрез

Были испытаны четыре сваи диаметром 1000 мм с жесткими сердечниками до нагрузки 2880 тс и две сваи до нагрузки 3240 тс. Также испытывались две сваи диаметром 800 мм без сердечника. Поэтому для сравнения несущая способность свай диаметром 1000 мм без усиления сердечником была определена аналитическим путем на основании перерасчетов результатов испытаний свай диаметром 800 мм, которая была принята в качестве эталонной сваи. Аналогичный перерасчет несущей способности свай с диаметра 800 мм на диаметр 1500 мм был успешно выполнен ранее для башни Ахмат-Тауэр в г. Грозном. Для анализа сопоставлялись осадки свай каждого типа на каждой ступени загрузки. Для свай диаметром 1000 и 800 мм по осредненным значениям были построены графики зависимости осадки от нагрузки.

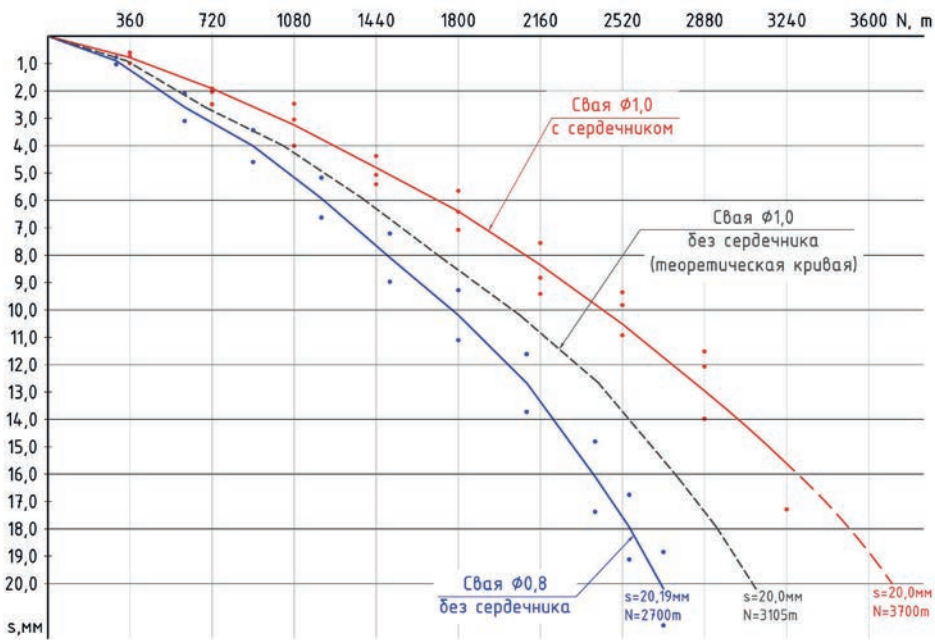


Рис. 5. Осредненные осадки опытных свай

При испытаниях свай диаметром 1000 мм, усиленных сердечником, не было достигнуто максимальное принятое значение осадки (20 мм), которое, в свою очередь, меньше допустимого значения $0,2 \times 150 = 30 \text{ мм}$ [1, 2]. Прекращение испытаний таких свай было связано с ограничениями в возможностях оборудования. Поэтому предельная величина несущей способности сваи для осадки в 20 мм была определена по экстраполяции и показана на графике пунктиром.

Фактическая несущая способность свай диаметром 0,8 м составила 2700 тс, что достаточно для восприятия нагрузок, действующих в стилобатной части комплекса.

Используя сваю диаметром 0,8 м как эталонную, аналитически определена несущая способность свай диаметром 1,0 м без усиления сердечником, которая составила 3105 тс, т.е. на 18% ниже, чем у свай, усиленных сердечником. Несущая способность свай диаметром 1,0 м, выполненных с сердечником, составила 3250 тс при осадке 16 мм, полученная по экстраполяции несущая способность сваи при осадке 20 мм составила 3700 тс.

На рис. 6 приведен план свайного поля башни А.

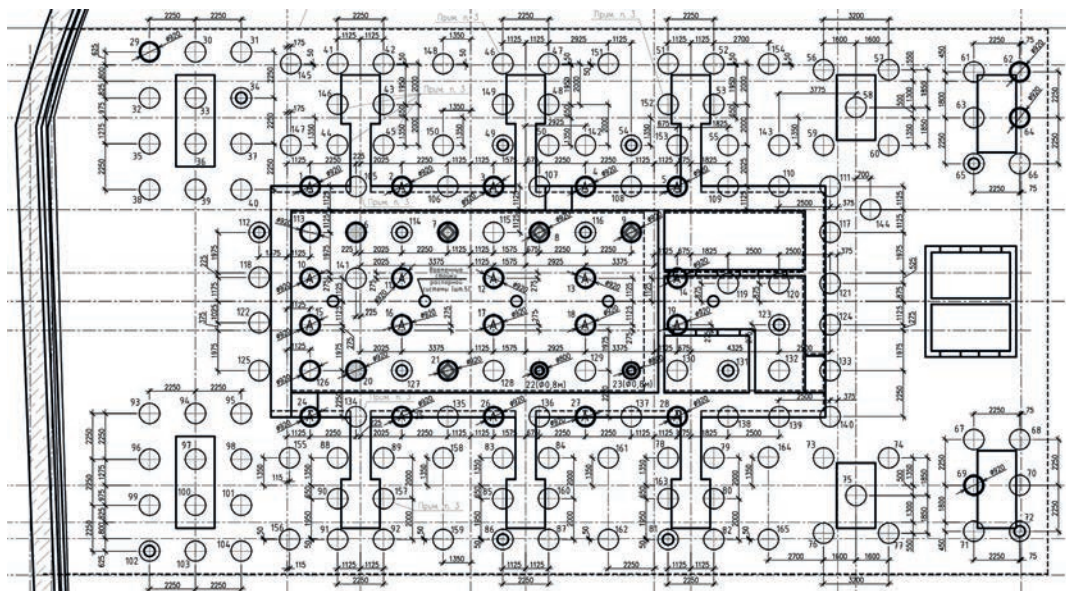


Рис. 6. План свайного поля башни А

Выводы

Сваи повышенной несущей способности, состоящие из заполненной цементно-песчаным раствором М200 скважины диаметром 450 мм и погруженного в нее сердечника из железобетонной сваи 300×300 , показали хорошую технологичность устройства и позволили увеличить расчетную несущую способность сваи по грунту на 42%, получив значение 220 тс.

Буронабивные сваи диаметром 1,0 м, усиленные сердечником из сваи сечением 400×400 мм, показали несущую способность на 18% выше, чем сваи, выполненные без усиления. Фактически достигнутая несущая способность сваи по грунту составила 3250 тс при осадке 16 мм, полученная по экстраполяции до осадки 20 мм несущая способность сваи по грунту составила 3700 тс.

Полученные результаты испытаний свай повышенной несущей способности — сборных железобетонных и буронабивных с сердечниками — показывают эффективность и перспективность их применения для снижения расхода материалов и количества свай в фундаментах. Для более широкого и активного применения таких свай необходимы дальнейшие их апробация и исследования в различных грунтовых условиях, при разном соотношении сечений свай и сердечников.

Библиографический список

1. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.
2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.
3. Патент РФ № 2011152897/03, 26.12.2011. Свая // Патент России № 118649. 2012. Бюлл. № 21 / Ладыженский И.Г., Бакиров К.И.
4. Патент РФ № 2017135193, 05.10.2017. Бурунабивная свая // Патент России № 176157. 2018. Бюлл. № 1 / Ладыженский И.Г., Сергиенко А.В.
5. *Ладыженский И.Г., Сергиенко А.В.* Усиление основания фундаментной плиты грунтоцементными сваями строящегося здания в г. Москве. // Геотехника, 2015. — № 2. — С. 58-63. Usilenie osnovaniya fundamentnoy plity gruntotsemetnymi svayami stroyashchegosya zdaniya v g. Moskve [Strengthening the foundation of baseplate with cement piles of a building under construction is Moscow] // Geotechnics. — 2015. — № 2. — P.58-63.

Авторы:

Иосиф Генрихович ЛАДЫЖЕНСКИЙ, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Лаборатории конструкций и методов возведения подземных сооружений НИИОСП им. Н.М. Герсеева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Iosif LADYZHENSKIY, Ph.D. in Engineering, Senior researcher, Laboratory of construction and technologies of underground structures, NIIOSP named after N.M. Gersevanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: igl1702773@gmail.com

Алексей Викторович СЕРГИЕНКО, старший инженер Лаборатории конструкций и методов возведения подземных сооружений НИИОСП им. Н.М. Герсеева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Aleksey SERGIENKO, Senior engineer, Laboratory of construction and technologies of underground structures, NIIOSP named after N.M. Gersevanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: Sergienko-avs@ya.ru

Юрий Владимирович ЗЕЛЕНОВ, старший инженер Лаборатории конструкций и методов возведения подземных сооружений НИИОСП им. Н.М. Герсеева АО «НИЦ «Строительство», Москва

Yuriy ZELENOV, Senior engineer, Laboratory of construction and technologies of underground structures, NIIOSP named after N.M. Gersevanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: zelenovy@mail.ru

Дмитрий Андреевич ГРЕЧКО, инженер Лаборатории конструкций и методов возведения подземных сооружений НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство», Москва

Dmitry GRECHKO, Engineer, Laboratory of construction and technologies of underground structures, NIIOSP named after N.M. Gersevanov JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: dmitrygrek@gmail.com