

Сернов В.А., Голубкова О.А., Макаров К.Н., Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Опыт применения фундаментов из коротких конических свай с несущими ростверками

The experience of application of the foundations consist of short cast-in-situ tapered piles with bearing rafts

В статье приведены результаты натурных испытаний фундаментов из коротких выштампованных конических свай и несущих ростверков. При устройстве таких фундаментов в насыпных грунтах прочностные и деформационные характеристики оснований возрастают и насыпной слой становится несущим как для свай, так и для ростверка. Улучшение свойств мягкопластичных глинистых грунтов происходит так же за счет втрамбовывания по нижний конец свай сухой бетонной смеси.

On application of a group of cast-in-situ tapered piles the soil in pile space under the raft and pile foots is compacted. Therefore filled-up ground at the surface becomes the bearing layer both for piles and for rafts. Bearing capacity of soft clay is improved by means of rammed dry concrete mix. Some examples of increase of bearing capacity of piles and pile foundations with bearing rafts at sites in Minsk are shown.

В настоящее время в г. Минске наметилась тенденция увеличения этажности зданий. В связи с этим, возрастают и нагрузки, передаваемые на основание. Эти факторы приводят к более широкому применению свай. Строительные площадки г. Минска характеризуется сложным геологическим строением и разнообразием инженерно-геологических условий. Часто, при благоприятных грунтовых условиях у поверхности, на глубине 5–10 м встречаются линзы и прослойки слабых грунтов. Нередко выполняется планировка территории подсыпкой. Традиционно, в таких случаях применяются длинные забивные сван (длиной 12–24 м) передающие нагрузку на глубокие прочные слои грунта. Альтернативным вариантом фунда-

мента в подобных грунтовых условиях являются короткие конические сваи с несущими ростверками. Наклонные боковые поверхности свай способствуют максимальному уплотнению грунта в межсвайном пространстве. Ростверк, опирающийся на такой грунт, имеет большее сопротивление, чем в фундаменте из свай с постоянным поперечным сечением. Основная часть нагрузки от сооружения передается на верхние слои основания. Напряжения рассеиваются, не достигая прослойки слабого грунта.

Результаты испытаний доказали эффективность таких фундаментов при мощной толще насыпного грунта у поверхности. Прочностные характеристики насыпного грунта значительно улучшаются за счет уплотнения. Наклон боковой поверхности исключает развитие отрицательных сил трения. Уплотненное основание становится несущим слоем, как для свай, так и для ростверка.

Для оценки эффективности свайных фундаментов из коротких конических свай с несущими ростверками на различных строительных площадках г. Минска были выполнены статические испытания, как отдельных свай, так и фрагментов фундаментов.

При строительстве дома по улице Бельского 48 в г. Минске у поверхности залегали суглинки прочные и средней прочности, а на глубине более 10 м пылеватые суглинки с прослойками торфа. Существовало 2 альтернативных решения: устройство свай длиной свыше 12 м, чтобы пройти эти слои, либо коротких свай, чтобы передать всю нагрузку от сооружения на поверхностные более прочные грунты. Был принят второй вариант: выштампованные конусные сваи уплотнения длиной 3–4 м с уширениями нижних концов и включением в работу ростверка. Это привело к значительному удешевлению проекта в сравнении с первым вариантом. Здесь сопротивление грунта сжатию была увеличена на 80% за счет уширений на нижних концах свай. При включении ростверка в работу несущая способность фундамента возросла еще на 30%. Коэффициент влияния ростверка составил $K_p=1,30$. На рис. 1 приведены графики зависимости $S=f(N)$ для конических свай сечением поверху 0,5 м, понизу 0,25 м, длиной 3 м и пары свай совместно с фрагментом ростверка с размерами в плане 0,9x1,8 м.

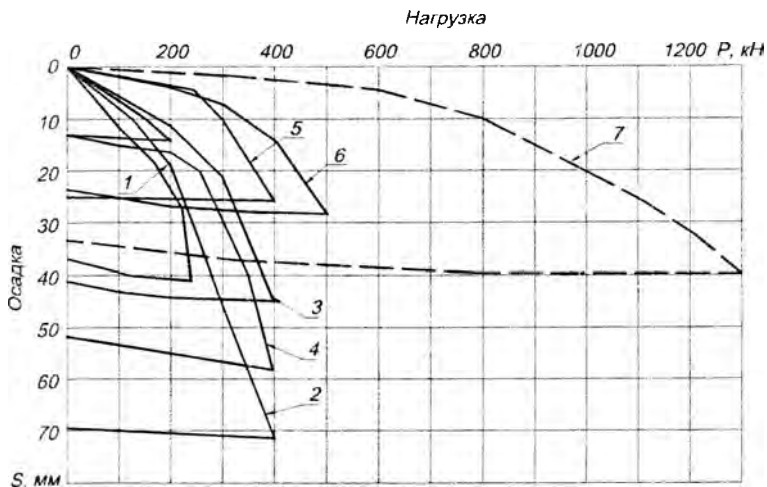


Рис. 1. Результаты статических испытаний конических свай с уширенной пяткой, в том числе по две с фрагментами ростверка на ул. Бельского: 1, 2 – испытания свай без уширенных пят; 3, 4 – то же после устройства уширенных пят; 5, 6 – испытания после твердения бетона в составе пят; 7 – испытания свай с фрагментом ростверка

По данным инженерно-геологических изысканий в пятне застройки здания в районе улиц Притыцкого-Бельского в г. Минске, основание строительной площадки неоднородно, сложено глинистыми грунтами и песками мелкозернистыми различной прочности с линзами и прослойками торфа (рис. 2, 3, 4). Поскольку, у поверхности залегал мощный слой насыпного грунта (до 4 м), были приняты выштампованные конические сваи уплотнения, позволяющие избежать воздействия сил отрицательного трения на боковую поверхность, и уплотнить основание в межсвайном пространстве. Такое решение привело к значительному снижению стоимости фундамента, однако испытания свай статической нагрузкой выявили их недостаточную несущую способность. В связи с этим, были выполнены испытания фрагментов свайных фундаментов совместно с ростверками.

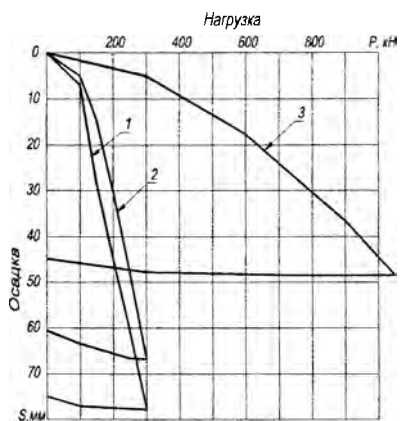


Рис. 2. Результаты испытаний фрагмента 1:
1 – свая №55; 2 – свая №58; 3 – фрагмент из двух свай с ростверком

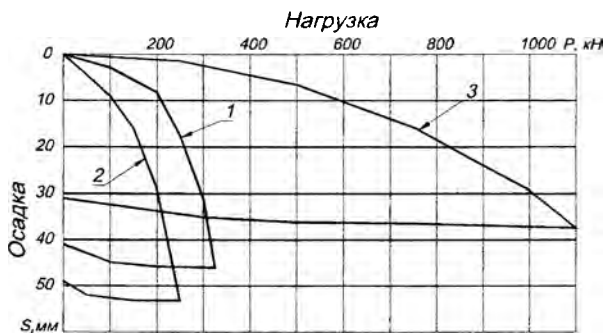


Рис. 3. Результаты испытаний фрагмента 2:
1 – свая №58; 2 – свая №55; 3 – фрагмент из двух свай с ростверком

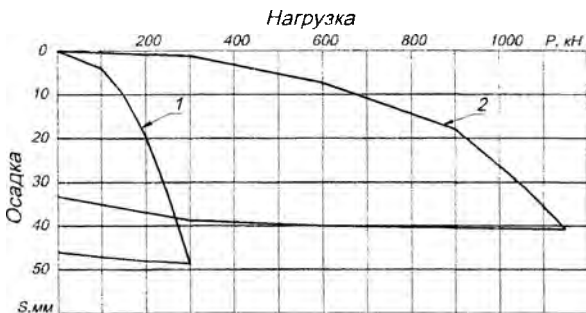


Рис. 4. Результаты испытаний фрагмента 3:
1 – свая №375; 2 – фрагмент из двух свай с ростверком

Всего на данном объекте испытано три фрагмента ростверка с двумя и тремя сваями под каждым. Для оценки влияния ростверков предварительно испытывались одиночные сваи, а затем совместно с фрагментом ростверка. Первый фрагмент ростверка выполнен по головам двух свай №55 и №58 с длинами по 4 м и диаметрами на верхних концах по 0,43 м и на нижних – по 0,28 м. Второй фрагмент ростверка выполнен по головам двух свай №741, №743 длиной 4 м при диаметрах на верхних концах по 0,53 м и на нижних – по 0,3 м. Третий фрагмент ростверка выполнен по головам двух свай №375, №377 длиной 3 м и диаметрами поперечных сечений на верхнем и нижнем концах 0,43х0,28 м. У всех свай выполнены уширения пят от втрамбовывания сухой бетонной смеси в объемах по 0,2 м². Коэффициенты влияния ростверков составили: для фрагмента №1 – $K_p=2,03$; фрагмента №2 – $K_p=1,3$; фрагмента №3 – $K_p=1,49$.

По данными изысканий на площадке строительства православного храма во имя Архистратига Божия Михаила в м-не Сухарево г. Минска под подошвой ростверка залегают следующие грунты:

1. Супеси пылеватые средней прочности – $E=18$ МПа, $h=4$ м.
2. Суглинки озерные мягкопластичные – $E=6$ МПа, $h=2$ м.
3. Суглинки с растительными остатками – $E=10$ МПа, $h=1,5$ м.
4. Заторфованные грунты и торф – $E=3$ МПа, $h=2,5$ м.
5. Пески средней прочности и прочные – $E=25$ МПа.

Первоначально был выполнен проект фундамента, состоящего из 480 забивных свай длиной 12 и 14 м с поперечным сечением 0,3 и

0,35 м. Сваи пронизывали слои заторфованных грунтов и погружались в несущий песчаный слой.

Анализ инженерно-геологических условий строительной площадки выявил неэффективность фундамента из длинных забивных свай. При забивке свай атмосферный воздух попадет в слои торфа, что приведет к интенсивному разложению органических веществ, усадке грунта и развитию сил отрицательного трения.

Наиболее рациональным решением, в данном случае, является передача всей нагрузки от здания на верхние, относительно прочные, слои основания. Расчет фундаментов в соответствии с [1] показал, что в данных грунтовых условиях ростверк способен воспринимать около 40% нагрузки от здания. Остальную часть нагрузки воспринимают конические выштампованные сваи длиной 3 м и диаметром от 0,5 м в голове до 0,3 м нижнего конца сваи. Схема расположения конических свай в составе ростверка приведена на рис 5. Общее количество свай составило 285 конических длиной 3 м и 32 забивных (погруженных ранее) длиной 12–14 м.

Стоимость первого варианта фундамента из длинных забивных свай составила 372,186 (315,508 – свайное поле и котлован, 56,678 – ростверк) тыс. руб. (в ценах 1991 г.), второго, из коротких конических – 200,756 (147,01 – свайное поле и котлован, 53,746 – ростверк) тыс. руб. (в ценах 1991 г.). Экономический эффект внедрения разработки составил 171,43 тыс. руб. (в ценах 1991 г.). Стоимость фундаментов снижена почти в 2 раза.

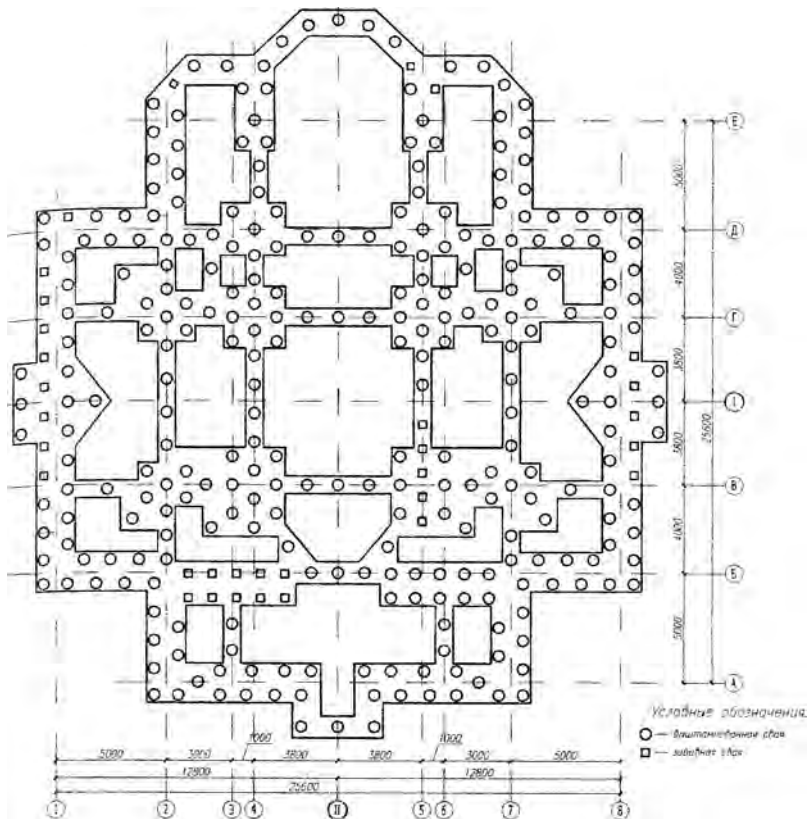


Рис. 5. Свайно-плитный фундамент под храм во имя Архистратига Божия Михаила в м-не Сухарево в г. Минске

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Р5.01.015.05. Рекомендации по расчету свайных фундаментов с несущими ростверками. – Минск: БНТУ, 2005. – 24 с.