

обработки и обобщения информации о расчетных потребностях в воде на орошение, осадках и речном стоке за вегетационные периоды года.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Crop** Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56 / R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith. – Rome: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 1998. – 280 с.
2. **Техника** орошения и осушения для сельскохозяйственных и продовольственных культур: TCVN 8641:2011. – Вьетнама: Ханой, 2011. – 41 с.
3. **Example** of the Use of Cropwat 8.0. – India: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 1998. – 75 p.
4. **Инженерно-гидрологический** учебник. – Вьетнам: Вьетнамский ирригационный ун-т, 2005. – 263 с.
5. **Характеристики** гидрологии и водных ресурсов Вьетнама. – Ханой: Вьетнамское сельскохоз. изд-во, 2007. – 418 с.
6. **Данные** гидрологии и водопользования ирригационной системы Нгантьюй – Камчанг. – Ханой: Вьетнамская консультативная компания об ирригационном строительстве (HEC), 2008. – 47 с.
7. **Данные** гидрологии проекта Наммык / Консультативная компания об энергетическом строительстве № 01 (PECC1). – Ханой, 2006. – 40 с.
8. **Колобаев, А. Н.** Рациональное использование и охрана водных ресурсов / А. Н. Колобаев. – Минск: БНТУ, 2005. – 172 с.
9. **Ирригационное** планирование северной части центрального района Вьетнама. – Вьетнам: Вьетнамский ирригационный планированный ин-т (IWRP), 2011.
10. **Киен, Фам Нгок.** Особенности водохозяйственного комплекса в бассейнах рек предгорных районов Вьетнама / Фам Нгок Киен // Доклад на Междунар. науч. конф. – Брест, 2014.

REFERENCES

1. **Allen, R. G.,** Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998) *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.* Rome: FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 280 p.
2. **Ministry** of Science and Technology, 2011, TCVN 8641:2011: *Hydraulic Structures. Irrigation and Drainage Techniques for Provisions Crops.* Vietnam, Hanoi. 41 p. (in Vietnamese).
3. **Example** of the Use of Cropwat 8.0. India, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 1998. 75 p.
4. **Engineering and Hydrological Textbook.** Vietnam, Hanoi, Irrigation University, 2005. 263 p. (in Vietnamese).
5. **Characteristics** of Hydrology and Water Resources of Vietnam. Hanoi, Vietnamese Agricultural Publishing House, 2007. 418 p. (in Vietnamese).
6. **Hydrology and Water Management Data for Irrigation System Ngan Tuoi – Kam Trang.** Hanoi, Vietnamese Consultative Company for Irrigation Construction (HEC), 2008. 47 p. (in Vietnamese).
7. **Hydrology Data for Nam Muc Project. Consultative Company for Power Engineering Construction No-01 (PECC1).** Hanoi, 2006. 40 p. (in Vietnamese).
8. **Kolobaev, A. N.** (2005) *Sustainable Use and Protection of Water Resources.* Minsk: BNTU. 172 p. (in Russian).
9. **Irrigation Planning of the Northern Part of Central Region in Vietnam.** Vietnam, Vietnamese Irrigation Planning Institute (IWRP), 2011. (in Vietnamese).
10. **Kien, Pham Ngoc.** Peculiar Features of Water Resources System in River Basins of Submontane Regions in Vietnam. Report Presented on International Scientific Conference. Brest, 2014 (in Russian).

Поступила 18.12.2014

УДК 624.154.04:624.156.04]:624.131.213

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВАЙНО-ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ КОРОТКИХ КОНИЧЕСКИХ СВАЙ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ г. МИНСКА

Канд. техн. наук, доц. СЕРНОВ В. А.

Белорусский национальный технический университет

E-mail: sernoff2@yandex.ru

В последнее время в связи с увеличением этажности строящихся зданий в г. Минске и возрастанием нагрузок на основание все чаще применяются свайные фундаменты даже при залегании в верхней части основания относительно прочных грунтов. В таких случаях первоочередной задачей для проектировщиков становится максимальное исполь-

зование несущей способности основания и снижения стоимости фундаментов. Одним из путей повышения несущей способности свайных фундаментов является учет сопротивления грунта основания под подошвой фундаментной плиты, которая, как и фундамент мелкого заложения, способна передавать на грунт значительную часть нагрузки от здания. Такой подход позволяет сократить число свай в фундаменте или уменьшить их длину. В результате сокращаются сроки строительства и существенно уменьшается стоимость нулевого цикла. Тем не менее в нашей стране до настоящего времени не было внедрено в проектную практику достоверных методов расчета, позволяющих учесть сопротивление грунтов в основании фундаментных плит. Для разработки данных методов выполнен анализ исследований разных авторов по этой теме и проведена серия натурных исследований.

Приведены результаты натурных испытаний фундаментов, состоящих из коротких выштампованных конических свай, объединенных фрагментом фундаментной плиты. 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 также за счет трамбовывания под нижний конец сваи сухой бетонной смеси. В статье отражен опыт применения свайно-плитного фундамента в сложных инженерно-геологических условиях при строительстве православного храма в г. Минске.

Ключевые слова: свайно-плитный фундамент, короткая коническая свая, натурные испытания.

Ил. 6. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

FIELD INVESTIGATIONS OF PILED-RAFT FOUNDATIONS WITH SHORT-LENGTH CONIC PILES IN BUILDING AREAS OF MINSK

SERNOV V. A.

Belarusian National Technical University

In recent time piled foundations are extensively applied due to an increase of storeys in buildings constructed in Minsk and load increment on the soil. Preference is given to this approach even in the case when relatively firm soil occurs in the top part of the foundation bed. In this case maximum usage of the foundation bed bearing capacity and reduction of foundation cost are considered as top-priority tasks for designers. One of the ways to increase the bearing capacity of piled foundations is the necessity to take into account resistance of foundation bed soil located under raft bottom. The raft as well as a shallow foundation is capable to transfer a significant part of building load into the soil. Such approach makes it possible to reduce a number of piles in the foundation or shorten their length. Then it results in shortening of the construction period and significant reduction in zero cycle. However up to the present moment reliable calculation methods that permit to take into account soil resistance in the raft base. An analysis of previous investigations on the matter executed by various researchers and a number of field investigations have been carried out with the purpose to develop the proposed methods.

The paper presents results of field investigations on foundations consisting of short stamped tapered piles which are joined together with the help of the raft fragment. Strength and deformation characteristics of the bases are increasing while making such foundations in the fill-up soil. In this case the filled-up ground layer becomes a bearing layer both for piles and rafts as well. Improvement of high-plastic clay-bearing soil properties is ensured by ramming dry concrete mix under pile foot. The paper describes an experience on application of the piled-raft foundation in complicated engineering and geological conditions while constructing the Orthodox Church in Minsk.

Keywords: piled-raft foundation, short conic pile, field investigations.

Fig. 6. Tab. 1. Ref.: 10 titles.

Введение. В настоящее время наметилась тенденция увеличения этажности зданий. В связи с этим возрастают нагрузки, передаваемые на основание. В условиях стесненной застройки расчетное давление на грунты в основании 30-этажных жилых зданий достигает 0,7 МПа. Ранее в нашей стране и странах ближнего зарубежья никогда не сталкивались с такими давлениями при строительстве зданий и сооружений на не скальных грунтах. За рубежом фундаменты большинства высотных зданий опираются на малосжимаемое скальное основание. Территория Республики Беларусь

сложена в основном четвертичными отложениями (за исключением юга страны), не обладающими достаточной прочностью и деформационными характеристиками для восприятия нагрузок при строительстве зданий на естественном основании. Этот фактор приводит к более широкому применению свайных фундаментов даже при залегании у поверхности относительно прочных грунтов. Поскольку модули деформации грунтов Беларуси редко превышают 50 МПа, для эффективного снижения осадки высотных зданий до предельно допустимых значений длину свай приходится зада-

вать около 15 м и более. На таких глубинах дополнительные давления от здания в значительной мере компенсируются природным давлением грунта, глубина сжимаемой толщи уменьшается и соответственно снижается осадка фундамента. Применение свай в указанных условиях хоть и является эффективным способом увеличения несущей способности и уменьшения деформативности основания, однако требует значительно больших капиталовложений по сравнению с плитным фундаментом на естественном основании.

Большая стоимость устройства свайных фундаментов под высотные здания, особенно в стесненных условиях городской застройки, заставила искать новые пути повышения их эффективности, одним из которых является уточнение расчетных схем и методов расчета. В этих случаях, как показали многочисленные экспериментальные исследования, при наличии контакта фундаментной плиты с грунтом часть внешней нагрузки передается на основание через ее подошву.

Анализ зарубежных исследований свайно-плитных фундаментов. Впервые вопрос об учете сопротивления грунта в основании плиты ростверка был рассмотрен К. И. Добровольским в 1935 г. [1]. В дальнейшем, начиная с 1937 г., В. Н. Голубковым [2], В. А. Юдиным [3], А. А. Бартоломеем [4] и другими проведено множество натурных испытаний фрагментов свайно-плитных фундаментов в разных грунтовых условиях. Исследования показали, что при взаимодействии плиты с основанием несущая способность фундамента возрастает с 33 до 137 % в зависимости от длины свай и площади плиты, а осадка значительно снижается [5]. Этот факт противоречит традиционному предположению, что межсвайный грунт оседает вместе со сваями и не способен воспринимать нагрузку от плиты. Исследования траектории движения частиц грунта в основании забивных свай и ростверка, проведенные В. А. Кондрашовым в 70-е гг. прошлого столетия [6], показали, что при осадке группы свай без ростверка деформации межсвайного грунта происходят лишь в непосредственной близости от боковых поверхностей свай и под их нижними концами. Грунт межсвайного пространства оседает при включении в работу роствер-

ка. Эпюры деформаций грунта под ростверком и фундаментом на естественном основании аналогичны. Данные, полученные В. А. Кондрашовым, хорошо согласуются с исследованиями Л. Д. Козачка [7]. Экспериментально установлено, что распределение напряжений в основании ростверка аналогично фундаменту на естественном основании. Данные выводы подтверждаются результатами исследований деформаций грунта межсвайного пространства глубинными марками в лаборатории свайных фундаментов НИИОСПа [8] и В. А. Юдина [3].

Проведенный анализ испытаний групп свай с несущими ростверками статическими нагрузками, выполненных до настоящего времени разными авторами на различных строительных площадках, показал, что при включении ростверка в работу фундамента достигается значительный экономический эффект. Однако авторы проведенных испытаний не задавались целью изучить закономерности взаимодействия ростверка с основанием и сваями. В связи с этим главная задача автора статьи – экспериментально установить основные факторы, влияющие на взаимодействие фундаментной плиты с основанием.

Натурные исследования фрагментов свайно-плитных фундаментов. Для оценки эффективности свайно-плитных фундаментов из коротких конических свай 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 в 2001 г. у поверхности залежали суглинки прочные и средней прочности, а на глубине более 10 м – пылеватые суглинки с прослойками торфа. Существовало два альтернативных решения: устройство свай длиной более 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 по сравнению с первым вариантом. Здесь сопротивляемость грунта сжатию была увеличена на 80 % за счет уширений на нижних концах свай. При вклю-

чении ростверка в работу несущая способность фундамента возросла еще на 30 %. Коэффициент влияния ростверка составил $K_p = 1,30$. Графики зависимости осадки от нагрузки $S = f(P)$ для конических свай диаметрами поверху 0,50 м, понизу 0,25 м, длиной 3,00 м и для пары свай совместно с фрагментом ростверка размерами в плане 0,9×1,8 м приведены на рис. 1.

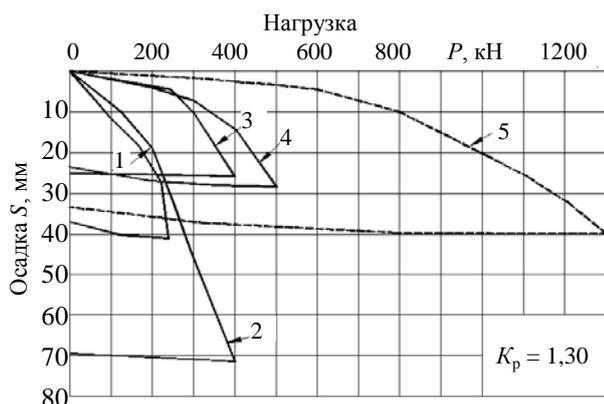


Рис. 1. Результаты статических испытаний конических свай с уширенной пятой, в том числе по две с фрагментами ростверка: 1, 2 – испытания свай без уширений; 3, 4 – то же после устройства и набора прочности уширений; 5 – то же с фрагментом ростверка

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 мелкозернистыми песками различной прочности с линзами и прослойками торфа. 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 в 2004 г. были выполнены испытания фрагментов свайных фундаментов совместно с ростверками.

Всего на данном объекте испытаны три фрагмента ростверка с двумя и тремя сваями под каждым (рис. 2–4). Для оценки влияния ростверков предварительно испытывали оди-

ночные сваи, а затем – совместно с фрагментом ростверка. Первый фрагмент ростверка выполнен по головам двух свай № 55 и 58 длинами по 4,00 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 и 743 длинами по 4,00 м и диаметрами на верхних концах по 0,53 м и на нижних по 0,30 м. Третий фрагмент ростверка выполнен по головам двух свай № 375 и 377 длинами по 3,00 м и диаметрами поперечных сечений на верхнем и нижнем концах 0,43 м и 0,28 м. У всех свай сделаны уширения пят от втрамбовывания сухой бетонной смеси в объемах по 0,2 м³. Коэффициенты влияния ростверков (K_p – отношение несущих способностей фрагментов с контактом ростверка с грунтом и без контакта) составили $K_p = 2,03$; 1,3; 1,49 для фрагментов № 1, 2, 3 соответственно.

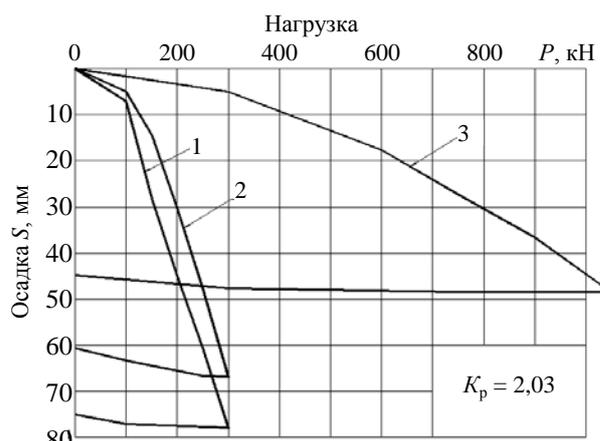


Рис. 2. Результаты испытаний фрагмента № 1: 1 – свая № 55; 2 – то же № 58; 3 – фрагмент из двух свай с ростверком

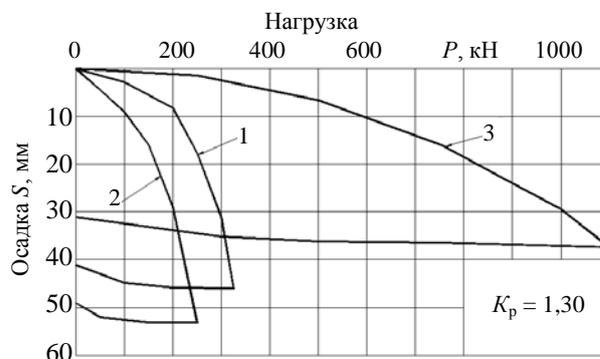


Рис. 3. Результаты испытаний фрагмента № 2: 1 – свая № 741; 2 – то же № 743; 3 – фрагмент из двух свай с ростверком

При строительстве жилого дома в квартале улиц Кропоткина – Старовиленской выполнены испытания четырех фрагментов забивных свай с низкими ростверками в песчаных грунтах. Грунтовые условия площадки представлены до глубины 2,0 м насыпными песчаными грунтами. Ниже залегают пески разной прочности и крупности. Исследуемые фрагменты состояли из трех забивных свай длинами 4,0 и 5,0 м, диаметрами по 0,3 м с шагом $a = 3d$ и ростверка размерами в плане 1,5×1,5 м и высотой 1,1 м.

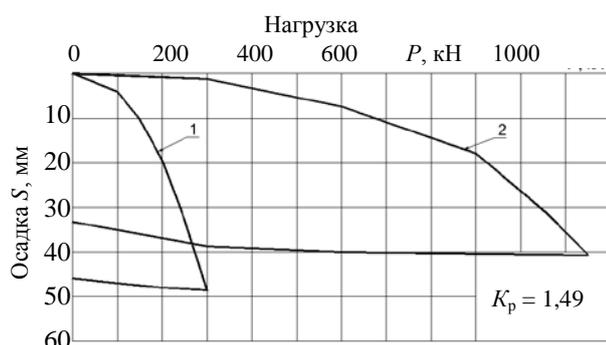


Рис. 4. Результаты испытаний фрагмента № 3:
1 – свая № 375; 2 – фрагмент из двух свай с ростверком

По результатам испытаний одиночных свай и фрагментов с несущими ростверками можно определить коэффициенты влияния ростверков K_p на несущую способность фундаментов с разными соотношениями модулей деформации грунта в основании свай E_c и ростверков E_p (табл. 1).

Таблица 1

Параметры фрагментов свайно-плитных фундаментов в песчаных грунтах

Номер фрагмента	Длина свай, м	Предельная осадка, мм	Несущая способность, кН		E_c/E_p	K_p
			свай	фундамента		
1	4,35	5,0	411,6	2000	1,00	1,62
2	3,50	6,0	453,9	2000	1,00	1,47
3	3,65	12,1	627,3	2000	0,18	1,06
4	4,70	6,0	478,0	2000	0,50	1,39

Исследуемые фрагменты имеют сходные геометрические параметры. Основным отличием являются инженерно-геологические условия площадки. Ростверк и сваи фундамента № 1 расположены в однородном слое гравелистого песка средней прочности с модулем деформации $E = 22$ МПа. Несущая способность за счет

включения в работу ростверка увеличилась на 62 %. Низ ростверка и сваи фундамента № 2 также расположен в слое гравелистого песка, однако под ростверком на глубине 1,2 м имеется прослойка малопрочного песка (ИГЭ-5) с модулем деформации $E = 4,0$ МПа толщиной 0,7 м. С наличием этой прослойки связаны увеличение осадки фундамента до 6,00 мм и снижение коэффициента влияния ростверка до 1,47. В основании свай фундамента № 3 залегают пески средней прочности (ИГЭ-7), а под ростверком – слабые грунты: ИГЭ-2,5 с модулем деформации $E = 4$ МПа и ИГЭ-6 с $E = 10$ МПа. В данном случае ростверк практически не включился в работу фундамента. Осадка данного фундамента более чем в два раза превышает осадку соседних. Нижние концы свай фундамента № 4 расположены на границе слоев ИГЭ-6 и ИГЭ-7 песков малопрочных и средней прочности. Ростверк опирается на слой малопрочного песка ИГЭ-6. Отношение модулей деформации грунта под сваями и ростверком $E_c/E_p = 0,5$.

Проведенные исследования подтверждают вывод, что одним из главных факторов, влияющих на долю работы ростверка, являются инженерно-геологические условия площадки. В данном случае значение K_p варьировалось в диапазоне от 1,06 до 1,62 в результате изменения грунтовых условий основания.

Внедрение свайно-плитных фундаментов.

Результаты испытаний фрагментов свайно-плитных фундаментов на ряде строительных площадок в г. Минске [9] показали их высокую эффективность. 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 фундаментной плиты.

По данным изысканий, на площадке строительства православного храма во имя Архистратига Божия Михаила в микрорайоне Сухарево в Минске (рис. 5) под подошвой ростверка залегают следующие грунты:

1) супеси пылеватые средней прочности ($E = 18$ МПа; $h = 4,0$ м);

2) суглинки озерные мягкопластичные ($E = 6$ МПа; $h = 2,0$ 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).



Рис. 5. Главный фасад храма во имя Архистратига Божия Михаила в микрорайоне Сухарево в г. Минске

Первоначально был выполнен проект фундамента, состоящего из 480 забивных свай длинами 12 и 14 м и диаметрами 0,30 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 попадает в слои торфа, что приводит 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 [2] показал, что в данных грунтовых условиях фундаментная плита способна воспринимать около 40 % нагрузки от здания. Остальную часть нагрузки воспринимают конические выштампованные сваи длиной 3,0 м и диаметрами от 0,5 м в верхнем до 0,3 м в нижнем концах. Схема расположения конических свай в составе ростверка приведена на рис. 6. Общее число

конических свай составило 285 (длина 3 м) и забивных (погруженных ранее) – 32 (длина 12–14 м).

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

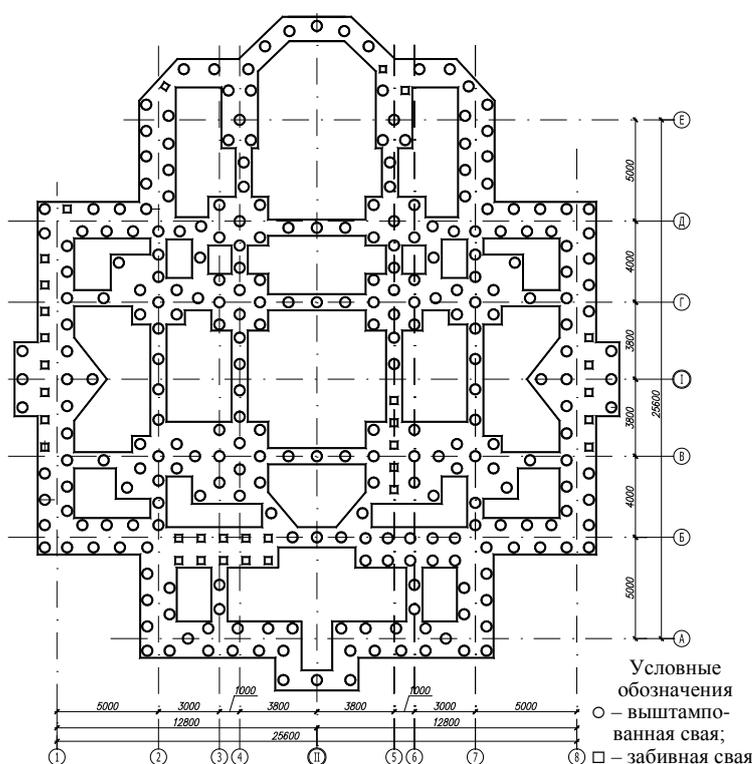


Рис. 6. Свайно-плитный фундамент под храм во имя Архистратига Божия Михаила

Проведенные впоследствии испытания фрагментов фундаментов статической нагрузкой подтвердили результаты выполненных расчетов [10].

ВЫВОДЫ

1. Данные натурных испытаний подтвердили высокую эффективность включения фундаментной плиты в работу свайного фундамента, состоящего из забивных, набивных и выштампованных свай в песчаных и глинистых грун-

тах. Несущая способность фундамента возрастала на 6–103 % в зависимости от грунтовых условий, геометрических параметров фундамента и величины его осадки. Наиболее важными факторами, влияющими на долю сопротивления ростверка, являются деформационные характеристики основания под его подошвой и площадь опирания ростверка на грунт.

2. Экспериментально установлено, что наибольшего экономического эффекта можно достичь в случае применения свайно-плитных фундаментов, состоящих из коротких призматических и пирамидальных забивных и выштампованных свай уплотнения. Наклонные боковые поверхности свай способствуют максимальному уплотнению грунта в межсвайном пространстве. Фундаментная плита, опирающаяся на такое основание, имеет большее сопротивление, чем в фундаменте из свай с постоянным поперечным сечением. Результаты испытаний доказали эффективность этих фундаментов при мощной толще насыпного грунта у поверхности. Прочностные характеристики насыпного грунта значительно улучшаются за счет уплотнения. Наклон боковых поверхностей исключает развитие отрицательных сил трения и возникновение зазоров между боковыми поверхностями и грунтом в верхней части основания. Уплотненное основание становится несущим слоем как для свай, так и для фундаментной плиты.

3. Внедрение свайно-плитных фундаментов на ряде возведенных объектов позволило уменьшить стоимость нулевого цикла до 30–50 % по сравнению с традиционными конструктивными решениями и методами расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Далматов, Б. И. Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов / Б. И. Далматов, Ф. К. Лапшин, Ю. В. Россихин. – Л.: Стройиздат, 1975. – 240 с.
2. Экспериментальные исследования формирования объема зоны деформации в основании фундаментов из пирамидальных свай / В. Н. Голубков [и др.] // Основания и фундаменты: республ. межвед. науч.-техн. сб. – Киев: Будівельник, 1976. – Вып. 9. – С. 25–30.
3. Юдин, В. А. Послойные деформации грунтов в основании свайных кустов и лент из коротких пирамидальных свай / В. А. Юдин // Основания и фундаменты: республ. межвед. науч.-техн. сб. – Киев: Будівельник, 1988. – Вып. 21. – С. 102–103.
4. Бартоломей, А. А. Прогноз осадок свайных фундаментов / А. А. Бартоломей, И. М. Омельчак, Б. С. Юшков. – М.: Стройиздат, 1994. – 384 с.
5. Sernov, V. A. The Increase of Bearing Capacity of Pile Foundations Taking into Account Soil-Raft Interaction / V. A. Sernov // Modern Building Materials, Structures and Techniques: the 10th International Conference. – Lithuania, 2010. – P. 1153–1160.
6. Кондрашов, В. А. Исследование деформаций грунта основания моделей свайных фундаментов методом фотофиксации траектории движения грунтовых частиц / В. А. Кондрашов // Основания, фундаменты и подземные сооружения: труды пятой конф. молодых науч. сотрудников, Москва, 9–10 июня 1970 г. – М., 1970. – С. 239–246.
7. Козачок, Л. Д. Исследование распределения вертикальных напряжений в основании кустов висячих свай с низким ростверком: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Л. Д. Козачок. – Л., 1979. – 174 с.
8. Бахолдин, Б. В. Плитно-свайные фундаменты / Б. В. Бахолдин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2003. – № 5. – С. 24–27.
9. Сернов, В. А. Эффективные конструкции свайных фундаментов с несущими ростверками / В. А. Сернов // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: сб. науч. тр. XVI Междунар. науч.-метод. семинара, Брест, 28–30 июня 2009 г.: в 2 ч. / БрГТУ; редкол.: А. А. Борисевич [и др.]. – Брест, 2009. – Ч. II. – С. 174–178.
10. Рекомендации по расчету свайных фундаментов с несущими ростверками: Р5.01.015.05. – Минск: БНТУ, 2005. – 24 с.

REFERENCES

1. Dalmatov, B. I., Lapshin, F. K., & Rossikhin, Yu. V. (1975) Designing of Piled Foundations Under Conditions of Weak Soil. Leningrad, Stroyizdat. 240 p. (in Russian).
2. Golubkov, V. N., Tugaenko, Iu. F., Marchenko, V. S., & Sukhodoev, Iu. F. (1976) Experimental Investigations on Formation of Deformation Zone Extent in the Base of Pyramidal Piled Foundations. *Osnovaniia i Fundamenty. Respubl. Mezhd. Nauch.-Tekhn. sb.* [Foundation Engineering. Republican Interagency Scientific and Technical Collected Book]. Kiev: Budivelnik [Construction Worker], 9, 25–30 (in Russian).
3. Yudin, V. A. (1988) Soil Layer Deformation in the Base of Pile Groups and Short Pyramidal Pile Belts. *Osnovaniia i Fundamenty. Respubl. Mezhd. Nauch.-Tekhn. Sb.* [Foundation Engineering. Republican Interagency Scientific and Technical Collected Book]. Kiev: Budivelnik [Construction Worker], 21, 102–103 (in Russian).
4. Bartolomey, A. A., Omelchak, I. M., & Yushkov, B. S. (1994) *Forecasting of Piled Foundation Settlement*. Moscow, Stroyizdat. 384 p. (in Russian).
5. Sernov, V. A. (2010) The Increase of Bearing Capacity of Pile Foundations Taking into Account Soil-Raft Interaction. *10th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques*. Lithuania, Vilnius, 1153–1160.
6. Kondrashov, V. A. (1979) Investigations on Soil Deformation in Model Base of Piled Foundations While Using Method for Trajectory Photofixation of Soil Particle Motion. *Osnovaniia, Fundamenty i Podzemnye Sooruzheniia: Trudy Piatoi Konf. Molodykh Nauch. Sotrudnikov, Moskva, 9–10 Iunia 1970 g.* [Bases, Foundations and Underground Constructions: Proceedings of the 5th Conference of Young Researchers, Moscow, June 9–10, 1970]. Moscow, 239–246.
7. Kozachok, L. D. (1979) *Issledovanie Raspredeleniia Vertikal'nykh Napriazhenii v Osnovanii Kustov Visiachikh Svai s Nizkim Rostverkom. Dis. Kand. Tekhn. Nauk* [Investigations on Distribution of Vertical Stresses in the Base of Hanging Pile Groups with Low Grating. Ph. D. Thesis in Engineering Science]. Leningrad. 174 p. (in Russian).

8. **Bakholdin, B. V.** (2003) Piled-Raft Foundations. *Osnovaniya, Fundamenty i Mekhanika Gruntov* [Bases, Foundations and Soil Mechanics], 5, 24–27 (in Russian).

9. **Sernov, V. A.** (2009) Efficient Designs of Piled Foundations with Bearing Rafts. *Perspektivy Razvitiia Novykh Tekhnologii v Stroitel'stve i Podgotovke Inzhenernykh Kadrov Respubliki Belarus'*. Sb. Nauch. tr. XVI Mezhdunar. Nauch. Metodich. Seminara. Ch. II [Prospects for Development of New Technologies in Construction and Training Engineering

Personnel in the Republic of Belarus. Collection of Research Papers of the XVIth International Scientific and Methodical Seminar. Part. II. Brest: Brest State Technical University, 174–178 (in Russian).

10. **P5.01.015.05.** *Recommendations on Calculation of Piled Foundations with Bearing Rafts*. Minsk: BNTU [Belarusian National Technical University], 2005. 24 p. (in Russian).

Поступила 28.01.2015

УДК 624.05

МОБИЛЬНЫЕ РАСТВОРОБЕТОННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

*Докт. техн. наук, проф. ЛЕОНОВИЧ С. Н.¹⁾, асп. ОЛЬГОМЕЦ А. И.¹⁾,
инж. ГУРИНОВИЧ В. Ю.¹⁾, асп. КАРПОВИЧ С. Л.²⁾*

¹⁾Белорусский национальный технический университет,

²⁾ООО «Випротех»

E-mail: sleonovich@mail.ru

В статье рассмотрены основные преимущества и недостатки мобильных растворобетонных установок в сравнении со стационарными бетоносмесительными узлами. Основной смысл мобильности заключается в возможности быстрого передвижения. Это, в свою очередь, накладывает некоторые ограничения на весогабаритные характеристики бетоносмесительного оборудования. Однако применительно к бетоносмесительному оборудованию и стройке в целом понятие мобильности рассматривается в виде трех составляющих: минимальные затраты на подготовку площадки под монтаж растворобетонной установки, удобство транспортировки, сокращение сроков монтажа и пуска наладки оборудования. Для этого технологическая цепочка по выпуску бетонных и растворных смесей делится на отдельные законченные операции. Далее проектируются модули, которые выполняют данные операции. Каждый модуль проектируется по размеру морского контейнера – для удобства транспортировки. Предусматриваются разъемные соединения на месте стыковки модулей, для электропроводки и трубопроводов подачи воды и химических добавок, а также пневматики. Эти соединения в последующем позволяют сократить время монтажа и демонтажа оборудования на объекте.

Представлен мобильный растворобетонный узел блочно-модульной компоновки, разработанной в БНТУ в рамках Государственной научно-технической программы, изготовленный на производственных мощностях ООО «Випротех» и успешно внедренный в производство. Одно из перспективных направлений – использование мобильных растворобетонных установок, размещаемых и эксплуатируемых непосредственно на объектах строительства. Их экономическая эффективность растет с увеличением расстояния до ближайшего стационарного растворобетонного узла, а также объемов бетонирования. Мобильные растворобетонные установки ориентированы главным образом на строительные организации, возводящие объекты вдали от городской инфраструктуры и транспортных сетей: мосты, дамбы, магистрали, транспортные развязки. При сохранении тех же объемов производства бетона такие установки находятся в непосредственной близости от строительного объекта и с помощью специальных бетононасосов могут подавать нужные растворы прямо на объект.

Ключевые слова: бетон, бетоносмесительный модуль, бетоносмесительная установка, мобильность, растворобетонный узел, склад цемента, силос.

Ил. 2. Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

MOBILE MORTAR CONCRETE PLANTS FOR BUILDING COMPLEX OF BELARUS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

LEONOVICH S. N.¹⁾, OLGOMETTS A. I.¹⁾, GURINOVICH V. Yu.¹⁾, KARPOVICH S. L.²⁾

¹⁾Belarusian National Technical University,

²⁾JSC "Viprotekh"

The paper considers main advantages and disadvantages of mobile mortar concrete plants in comparison with stationary concrete mixing units. The main idea of the mobility is to provide quick movement. In its turn, this approach imposes