

шо вписывается в аналитическую модель работы контакта представляющую собой модель системы фрикционной передачи усилий среза.

3. Начальные участки диаграмм циклического деформирования контактного слоя сборно-монолитных образцов расположены ниже диаграммы их статического деформирования. На основании этого экспериментального результата можно сделать вывод, что материал контактного слоя ведет себя при многоцикловом нагружении как циклически разупрочняющийся материал.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНБ 5.03.01-02. Конструкции бетонные и железобетонные. – Мн.: Минстройархитектуры РБ. 2003. – 139 с.
2. Тур В.В., Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н. К построению аналитической модели работы стыкового соединения железобетонных сборно-монолитных конструкций // Про-

блемы и перспективы современных строительных конструкций и технологий: Сб. тр. / Под редакцией В.И. Драгана. – Брест: БПИ, 1998. — С.74-78.

3. Трошенко В.Т., Драган В.И.. Исследование закономерностей неупругого деформирования и усталостного разрушения металлов при кручении // Проблемы прочности. – 1982. – №5. – С. 3-10.
4. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. -М.: Стройиздат, 1971. -208 с.
5. Нотт Дж.Ф. Основы механики разрушения. – М.: Металлургия, 1978. – 256 с.
6. Драган В.И., Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н. прочность и деформативность контактов самонапряженных сборно-монолитных конструкций при циклических нагрузках. Вестник БГТУ. Строительство и архитектура.-2001. №1(7). - 19-22 С.

УДК 624.154.04:624.156.04

Никитенко М.И., Сернов В.А., Синякевич П.М., Куриленко Я.А., Воробьев Ф.В.

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОСНОВАНИЕМ СВАЙ ВМЕСТЕ С НИЗКИМИ РОСТВЕРКАМИ

В геотехнической практике Беларуси при наличии сложных инженерно-геологических условий сваи применяют в сравнительно больших объемах.

Обычно у нас предпочтение отдавали забивным призматическим сваям, которые очень часто не удается погрузить на проектные глубины, что способствует появлению «свайных лесов». Это связано с несовершенством прогноза несущей способности свай согласно ранее действовавшим нормам СНиП 2.02.03-85 [1]. За счет эксцентричности ударов молота призматические сваи отклоняются от оси и создают в грунте у поверхности щель. Ударная энергия при этом затрачивается в значительной мере на разрушение головы сваи и преодоление отпора грунта перед наклоненной гранью сверху, а к нижнему концу сваи доходит ослабленный ударный импульс. Существенный недостаток забивных призматических свай постоянного поперечного сечения заключается в малом увеличении их несущей способности с глубиной, особенно после 8-10 м.

Более благоприятно взаимодействуют с грунтами пирамидальные сваи. При их погружении ударный импульс распределяется более равномерно с максимумом в голове сваи большего сечения и минимумом у нижнего конца малого сечения. При постоянном контакте с грунтом такие сваи удается погружать на проектные глубины с меньшей затратой энергии. Пирамидальные забивные сваи в Беларуси с 70-х годов ушедшего столетия начали успешно применять под научным руководством доцентов, к.т.н. Ситникова М.А., Шайтарова Л.Д. и Циунчика Б.А. [2]. Нашли они применение и в Словакии [3], [4], [5].

Большие преимущества пирамидальных свай заключаются в том, что при их погружении грунт подвергается сжатию не только под нижним концом, но и вдоль всего ствола. При этом не возникает негативное трение. В результате создаваемого наклонными гранями распора грунт, даже насыпной, упрочняется в межсвайном промежутке [2], [4]. Благодаря распорному эффекту можно уменьшить длины свай и сжимаемую зону грунта под ними. Пирамидальные сваи особенно эффективны в грунтах с понижением прочности от поверхности вниз, поскольку основная часть отпора грунта при этом мобилизуется на верхнем отрезке сваи с большим поперечным сечением. Это позволяет не прорезать нижерасположенные слои или линзы

слабых грунтов и оставлять стволы в более прочных верхних грунтах. Такие же достоинства имеют конические сваи при бетонировании в отверстиях, создаваемых вибрационным погружением в грунт металлических пуансонов. Эти сваи можно делать полыми, уменьшая расход бетона и существенно увеличивая относительную несущую способность, приходящуюся на единицу объема расходуемого материала.

Дополнительно увеличить сопротивляемость грунта в основании свай при незначительном расходе на них материала позволяет создание под их нижними концами уширений за счет инъекции цементного раствора в геотекстильные баллоны либо путем выштамповывания из бетонной смеси уширений требуемого объема. В пластичных глинистых грунтах весьма ощутимый эффект дает использование в составе уширений сухой бетонной смеси, которая поглощает из грунта избыточную влагу и повышает его прочность.

Повысить несущую способность основания свайных фундаментов позволяет использование сопротивления грунта под подошвой ростверка, который как и ленточный или столбчатый фундамент либо сплошная плита способен воспринимать значительную часть нагрузок. Это обеспечивает возможность уменьшить количество свай в фундаменте, сократить сроки его возведения, снизить стоимость нулевого цикла. Покажем это на примере результатов натурных испытаний некоторых авторов.

Проф. А.А.Бартоломеев [6,7] в Перми испытано в различных грунтах более 70 натурных фундаментов из свай длиной 3...12 м. При расстоянии между сваями $3d$ и длине свыше 9 м доля ростверка в общей несущей способности свайного фундамента составила 10...12%, а при расстоянии $6d$ и длине свай 5...8 м — 35...40%. Проф. В. Н. Голубковым [8] в Одессе по результатам испытаний призматических (350х350мм, $L = 3,8$ м) и пирамидальных свай (верх 600х600мм, низ 100х100мм, $L = 3,0$ м) с низким и с высоким ростверками в водонасыщенных песках установлено значительное влияние низкого ростверка на общее сопротивление свайного фундамента, причем более существенно с ростом осадки. Сопротивление грунта основания у призматических свай с низким ростверком было на 38% выше, чем без ростверка, у пирамидальных — на 72%. Испытаниями Я. Ш. Зиязова в г. Уфа [9] в

Никитенко М.И., кандидат технических наук, доцент, зав. каф. геотехники и экологии в строительстве Белорусского национального технического университета (БНТУ), академик АСУ.

Сернов В.А., магистр технических наук, аспирант каф. геотехники и экологии в строительстве БНТУ.

Синякевич П.М., аспирант каф. геотехники и экологии в строительстве БНТУ.

Куриленко Я.А., студент ФЭС БНТУ.

Воробьев Ф.В., студент ФЭС БНТУ.

Беларусь, БНТУ, 220114, г. Минск, пр. Ф.Скорины, 150. E-mail: michnik@tut.by.

глинистых грунтах фундаментов из железобетонных свай сечением 20x20 и 30x30 см при их длинах по 6 м и наклонах к вертикали 0, 10, 15, 20 и 22° выявлено, что с увеличением шага свай от 3 до 4d сопротивление грунта под подошвами ростверков при вертикальных сваях составило 25%, а при их наклоне на 10° и 15° соответственно 20 и 11%.

Включение в работу ростверков оправдало на некоторых объектах г. Минска [10]. За счет зачистки забоя скважин от шлама, создания уширений под нижними концами цилиндрических свай в моренных суглинках их несущая способность возросла на 80%, а при включении в совместную работу ростверков увеличилась еще на 95% (рис. 1).

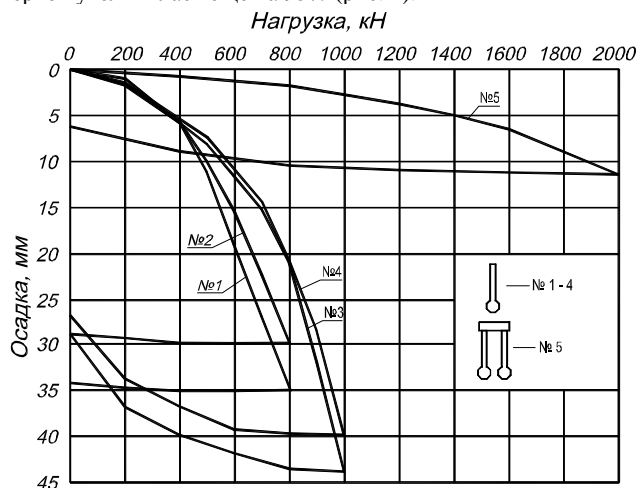


Рис. 1. Результаты испытаний в квартале улиц Бурдейного-Якубовского №1-4 – одиночные сваи; №5 – две сваи с фрагментом ростверка.

Эти же меры применены при возведении многоэтажных жилых домов по ул. Бельского [5], где в пылеватых суглинках содержались прослойки торфа и заторфованного грунта на глубине более 10м, что и определило длину свай от 3 до 4 м. Здесь сопротивляемость грунта сжатию также была увеличена на 80% за счет уширений на нижних концах свай и на 45%

благодаря включению в работу ростверков (рис. 2).

В наших исследованиях свай изучались: характер взаимодействия с грунтами свай одиночных и вместе с ростверками во всем диапазоне нагрузок; основные факторы, влияющие на работу ростверков. В лаборатории испытаны модели сборного ростверка шириной 160x160 мм и сечением 20x20 мм с длинами 100, 200, 300, 400 мм. Нижняя плита ростверка с 9 отверстиями по 20,5x20,5 мм направляла погружения свай и заземляла их головы при нагружении через распределительную верхнюю плиту без отверстий. Такая конструкция ростверка позволяла испытывать разное количество свай и их взаимное расположение. В маловлажном песке средней крупности выполнено 24 испытания низких и высоких ростверков при 4, 5, 9 сваях в группе, шагах 6d, 4,25d, 3d и длинах 100, 200, 300, 400 см. Из зависимостей $S=f(N)$ определялась доля работы ростверка (K_p) во всем диапазоне нагрузок. Установлено, что несущая способность низкого ростверка при 4 или 5 сваях с длинами 100 ... 300 мм значительно выше чем при 9 таких же сваях с высоким ростверком. При одинаковых нагрузках и количестве свай (4 шт.) осадка низкого ростверка с длинами свай 100 ... 200 мм гораздо меньше чем у высокого ростверка даже при длинах свай 400 мм. Ростверк включается в работу практически сразу после приложения нагрузки (при осадке 0,5 ... 1,5 мм), поскольку грунт под его подошвой был тщательно уплотнен до начала эксперимента.

На рис. 3 представлены кривые зависимости доли работы ростверка от количества свай в группе $K_p=f(n)$, а на рис. 4 – от их длины $K_p=f(L)$.

Из рис. 3 видно, что с увеличением количества свай в группе доля работы ростверка K_p уменьшается по близкой к гиперболической зависимости и стремится к нулю, т.е. эффективность их работы снижается. С возрастанием нагрузки и уменьшением длины свай значения K_p увеличиваются, а кривая $K_p=f(n)$ приобретает более пологий вид. При увеличении длины свай L доля работы ростверка K_p снижается и также приближается к нулю (рис. 4). В наиболее распространенном диапазоне длин свай зависимости $K_p=f(L)$ прямолинейны.

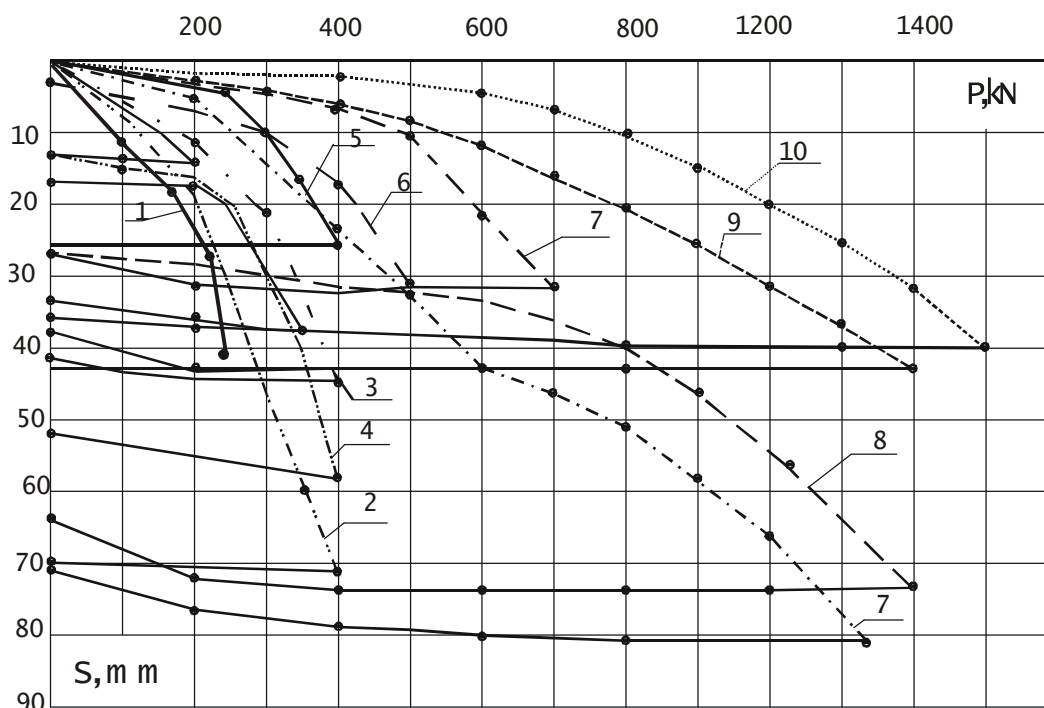


Рис. 2. Результаты статических испытаний конических свай с уширенной пятой, в том числе по две с фрагментами ростверка на ул. Бельского: 1, 2 – испытания свай без уширенных пят; 3, 4 – то же сразу после устройства уширенных пят; 5, 6 – испытания после твердения бетона в составе пят; 7, 8, 9, 10 – испытания свай попарно с фрагментами ростверка.

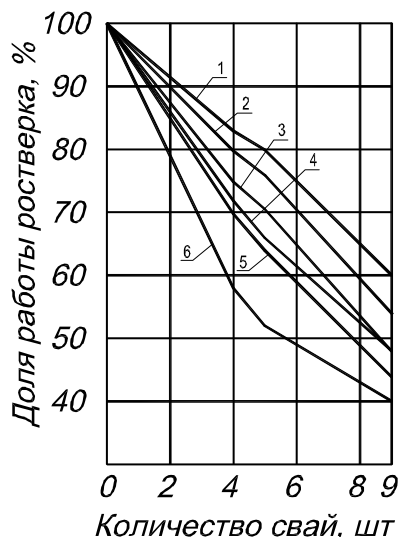


Рис. 3. Графики зависимости доли работы ростверка от количества свай в группе: 1 – $N=30, L=100$; 2 – $N=20, L=100$; 3 – $N=30, L=300$; 4 – $N=10, L=100$; 5 – $N=20, L=300$; 6 – $N=10, L=300$; (N — нагрузка, кН; L — длина свай, мм).

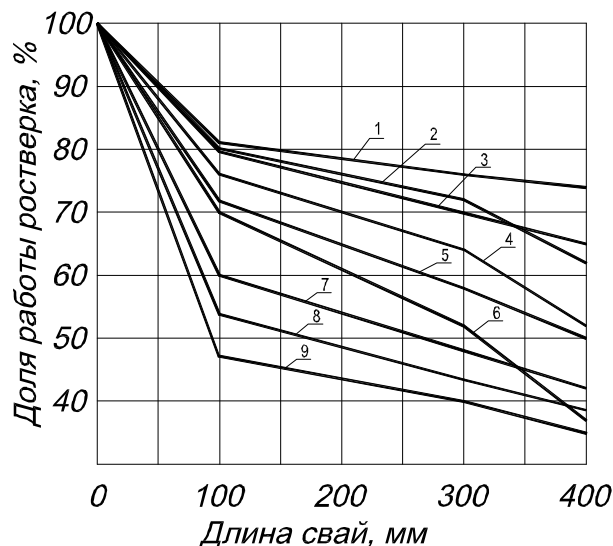


Рис. 4. Графики зависимости доли работы ростверка от длины свай: 1 – $N=30, n=4$; 2 – $N=30, n=5$; 3 – $N=20, n=4$; 4 – $N=20, n=5$; 5 – $N=10, n=4$; 6 – $N=10, n=5$; 7 – $N=30, n=9$; 8 – $N=20, n=9$; 9 – $N=10, n=9$; (N — нагрузка, кН; n — количество свай).

Согласно действующих нормам [11], при оценке несущей способности свай по результатам полевых испытаний грунтов в качестве частного значения нормативного предельного сопротивления основания сваи предписывается принимать величину нагрузки $F_{u,n}$, при которой свая получит осадку, меньшую или равную величине, составляющей 0,2 от предельно допустимой для проектируемого сооружения. $S_{u,mt}$. Таким образом, для производственных и гражданских одно- и многоэтажных зданий с полным железобетонным каркасом при величине $S_{u,mt} = 8$ см, значение $F_{u,n}$ приходится принимать при осадке всего 1,6 см. Судя по таблице Б.1 норм [11], в ней дается для ряда сооружений максимальное значение $S_{u,mt} = 40$ см, поэтому для них должно назначаться существенно большее значение $F_{u,n}$. В данном случае создается ситуация, когда для одной и той же испытанной сваи получаются разные значения несущей способности грунта, что не увязывается со здравым смыслом. Видимо в данном случае целесообразно изменить критерий оценки несущей способности, приняв его общим для соответствующей сваи в данном грунте, а допустимое усилие назначать с учетом условий работы и коэффициентов надежности для соответствующих сооружений. Из анализа зависимостей на рис. 1 следует, что при критерии норм осадке 1,6 см будет соответствовать нагрузка в среднем лишь порядка 500 кН, в то время как при испытательных в 800 кН и 1000 кН стабилизированные осадки составили от 3,0 до 4,5 см. Это свидетельствует о необоснованности принятого нормами критерия при оценке несущей способности грунта в основании испытанных свай. В данном конкретном случае для увеличения значений пришлось использовать прием включения ростверка вместе со сваями во взаимодействие с грунтом.

Наши исследования (рис. 5) свидетельствуют, что повторные загрузки свай позволяют произвести опрессовку грунта и увеличить значения $F_{u,n}$.

Выводы

1. Повышению несущей способности оснований свайных фундаментов способствуют пирамидальная или коническая форма их стволков, наличие уширений под их нижними концами, включение во взаимодействие низких ростверков, а также предварительная опрессовка грунта за счет повторных циклов загрузок и разгрузок испытуемых свайных фундаментов.
2. Основными факторами, влияющими на работу ростверка в составе свайного фундамента, являются: характер напластований, характеристики грунта под подошвой ростверка, вокруг свай и в межсвайном пространстве, вид подго-

товки и качество уплотнение грунта под ростверком; геометрические характеристики фундамента (вид свай, их длина и шаг, ширина ростверка); интенсивность нагрузки на фундамент.

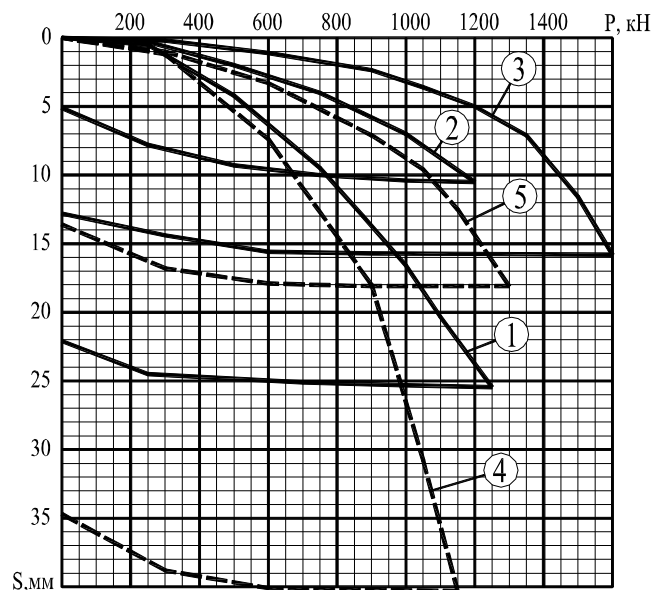


Рис. 5. Результаты статических испытаний конических свай с уширенными пятнами с фрагментами ростверков в пылеватых супесях на ул. Бельского-Притыцкого: 1 – загрузка фрагмента ростверка №4 первое; 2 – то же второе; 3 – то же третье; 4 – загрузка фрагмента ростверка №5 первое; 5 – то же второе.

3. Назрела необходимость совершенствования критериев в действующих нормах при оценке несущей способности оснований свайных фундаментов по результатам их натурных испытаний статическими нагрузками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. - М., 1986.
2. Nikitenko M.I.: Konicke vibracne piloty v geotechnickej praxi Bieloruska. In: «Zb. Príspevkov zo VII. Vedeckej konf. s medzinar. Ucastou. 4b. Sekcia: Geotechnika. 22.-24 maja 2002. Kosice. TU v Kosiciach, s.99-102.