

решения для прямоугольных шарнирно-опертых по контуру пластин кусочно-постоянного сечения.

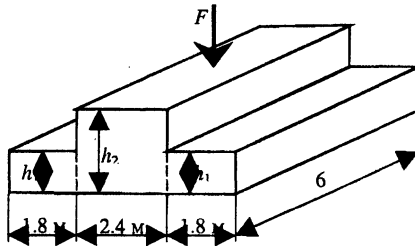


Рис. 1. Схема квадратной пластинки, разделенной на три части

Предлагаемый алгоритм оптимизации прямоугольных пластинок методом градиентного спуска с навигацией направления поиска вблизи границы по плану проекций на границы может быть успешно использован для разработки прикладных программ расчета строительных конструкций – плит перекрытий и покрытий зданий и сооружений.

Литература.

1. Adini.A., and Clough.P.W. «Analysis of Plate Bending by the Finite Element Method». Rept.to Narl., Sci. Found. USA., 1961.
2. Биргер И.А., Пановко Я.Г. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трех томах. Т.1. – М.: Машиностроение, 1968. – 832 с.

УДК 624.12

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ОСНОВАНИЕМ ПРИ ОТСУТСТВИИ И НАЛИЧИИ СЛАБЫХ СЛОЕВ В ГРУНТОВОЙ ТОЛЩЕ

Никитенко М. И., Роговенко В. В., Заяц С. С., Латыш В. В.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

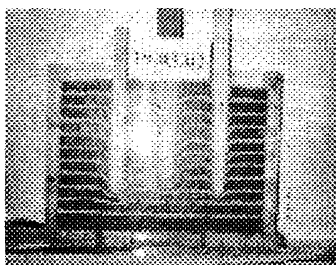
В настоящее время часто при строительстве новых и эксплуатации старых зданий встречаются прослойки и линзы слабого грунта. Однако в процессе проведения инженерно-геологических изысканий бурением скважин не всегда удается определить расположение и размеры таких прослоек. Это

служит причиной развития неравномерных осадок и порой приводит к непредсказуемым последствиям. Во избежание такого положения требуется поиск наиболее эффективных фундаментов, на что и были нацелены наши лабораторные исследования. В частности, в малых лотках с прозрачными стенками проводились эксперименты по изучению взаимодействия свай с песчаным грунтом при отсутствии и наличии в нем слабых слоев и линз.

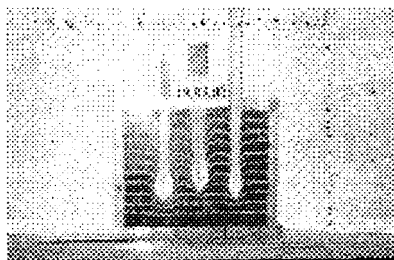
Рассматривалось три случая расположения ослабленного грунта: линза находится глубоко от поверхности (на дне лотка); на небольшом расстоянии от поверхности (посередине лотка); сплошная прослойка слабого грунта расположена в непосредственной близости от поверхности.

Основной целью экспериментов было наглядное представление взаимодействия различных деревянных моделей свай с грунтом: забивных призматического сечением $1,5 \times 1,5$ см; конусных (свая №1) при диаметре пяты 1 см и головы 2 см; №2 при диаметре пяты 1 см и головы 3 см. Лоток во всех опытах заполнялся песком средней крупности с влажностью 8 % и удельным весом $16,2 \text{ кН/м}^3$. Слабые линзы и прослойки моделировались поролоном или уплотненным песком с мелом. Индикационные горизонтальные полосы создавались меловым порошком с интервалом 1,5 см.

Первая серия опытов была проведена в песке без слабых слоев с коническими сваями №1, №2 и призматической. Их погружение прекращалось тогда, когда начиналось сказываться влияние на последнюю индикационную полосу (рис. 1, а).



а)



б)

Рис. 1. Результат погружения свай в однородный грунт: а) до начала воздействия на последнюю индикационную полосу; б) после создания уширения под пятой.

После погружения свай на фиксированные глубины и оценки зоны влияния свай по смещению индикационных полос, создавались уширения под их нижними копчами (рис.1, б) методом послойного тромбования в образовавшейся полости смеси из песка и мела. При этом также оценивалась качественная картина деформаций внутри массива по индикационным полосам.

Результаты испытаний свай в однородном грунте с уширенной пятой и без нее свидетельствуют о следующем: а) за счет создания распора коническими стволами зона деформаций распространяется больше в стороны чем под пятой; б) благодаря распору у конических свай сжимающие напряжения достигают меньших глубин (где могут быть слабые линзы) по сравнению с призматическими, причем такой эффект зависит от угла конусности ствола свай; в) уширения более вытянуты вдоль стволов у конических свай, а у призматических интенсивнее расширены в стороны.

Вторая серия опытов проводилась со сваями при наличии заглубленной линзы в лотке (рис.2).

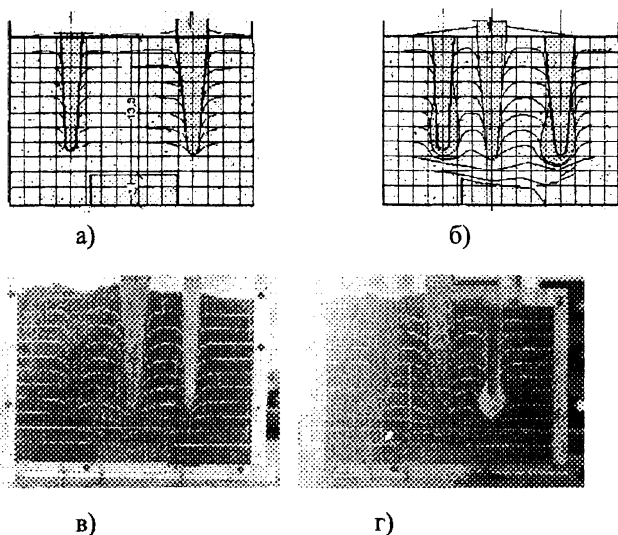


Рис.2. Результат погружения свай в грунт с заглубленной линзой слабого грунта: а) схема зон деформаций при погружении двух свай, б) то же при создании уширений и погружении третьей между двумя сваями, в) общий вид лотка после погружения центральной и двух боковых свай, г) то же при создании уширения под боковой свайей.

При погружении свай на глубины до начала их влияния на линзу (рис.2, а) установлено, что свая №2 повлияла на линзу на 7,5 мм глубже чем свая №1. После этого под их нижними концами были сформированы уширения (рис.2, б). Под свайей №1 ось уширения сместилась в сторону слабого грунта, а он сам осел не более 1 мм. Угол между осью сваи и направлением развития уширения составляет 20. Под свайей №2 ось уширения отклонилась от оси погружения на 7 мм по направлению к линзе. Угол между осью сваи и на-

правлением развития уширения достиг 57, при этом возникло сильное сжатие слабой линзы со стороны сваи.

Позже проведен эксперимент, для выявления влияния очередности погружения свай на слабый грунт (рис.2, в и г). При погружении центральной сваи №2 (рис.2, в) влияние на линзу началось на глубине 7,0 см. Когда свая погрузилась до 11,5 см, слабая линза сжалась на 10 мм. Затем по сторонам погружались две сваи №1 (рис.2, г) с расстоянием между их осями и центральной сваем по 6 см. При погружении боковых свай на глубину 11,5 см сжатие линзы не происходило. Под одной из боковых свай было сформировано уширение (рис.2, г). При этом произошло смещение ее оси на 2 мм по направлению линзы которая оказалась сжатой с этой стороны на 1 см.

В дальнейшем опыт проводился в иной последовательности. При погружении боковых свай до глубины, равной первому случаю, деформация линзы составила 2 мм. От погружения центральной сваи линза деформировалась на 8 мм. При создании уширения под одной из боковых свай произошло смещение его оси по направлению к слабому грунту, который сжался на 1,2 см.

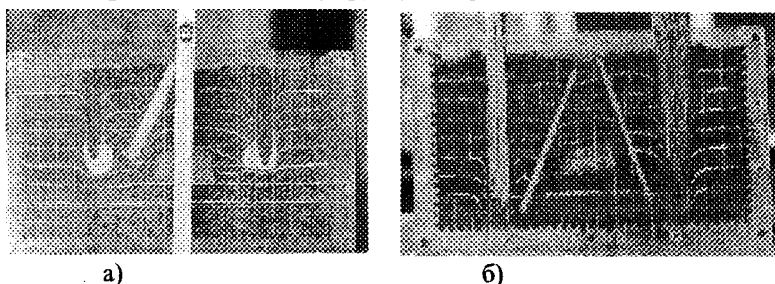


Рис. 3. Результат погружения свай в грунт со слабой линзой на малой глубине: а) без экранирующих свай, б) с экранирующими сваями.

Результаты этой серии испытаний свидетельствуют о следующем: при погружении свай влияние на линзу слабого грунта меньше со стороны сваи с большей конусностью. Однако при создании уширения влияние сваи на слабую линзу заметно сильнее и вызывает значительные деформации линзы.

При оценки роли очередности забивки свай выяснилось: а) в первом случае боковые сваи уплотняли окружающий грунт, увеличивали давление на линзу после создания уширения, благодаря чему относительно ослабилось влияние на нее центральной сваи; б) во втором случае грунт вдоль ствола центральной сваи уплотняется, вследствие чего стало слабее влияние боковых свай на слабый грунт.

Третья серия опытов предусматривала взаимодействие свай №1 и №2 с линзой неглубокого залегания (рис.3). При глубине погружения сваи №1 на 7,5 см линза смялась на 4 мм. Свая №2 вызвала смятие линзы на 6 мм (рис.3, а).

Созданные уширения имели несимметричную форму (рис.3, б). От погружения сваи №2 слабый грунт сместился на 1,5 см в сравнении с первоначальным положением, а ось уширения — на 4,5 мм от оси сваи. Соответственно от погружения сваи №1 линза сместилась на 1,1 см а ось уширения — на 3 мм.

Было сделано предположение, что такое влияние свай на слабую линзу можно устранить за счет тонких экранирующих наклонных свай. Они погружались наклонно в виде шатра в непосредственной близости над линзой. При этом линза подверглась частичному сжатию. После создания шатровой системы вертикальное погружение двух конусных свай не оказало никакого влияния на линзу (рис.3, б). Только лишь при создании уширения под нижними концами вертикальных свай возникло сжатие линзы достигшее по 1 мм с каждой стороны.

В итоге проведенного эксперимента установлено: а) при погружении конусных свай влияние на линзу слабее при наличии большего угла конусности сваи; б) создаваемое уширение оказывает большее воздействие на слабый грунт, нежели свая с меньшим углом конусности (этот опыт подтверждает данные, полученные при более глубоком залегании линзы).

Эксперимент подтвердил высказанное предположение о возможности ослабления влияния на слабую линзу за счет экрана из тонких наклонных свай в виде шатровой системы над ней.

Последний эксперимент проводился со сплошной прослойкой слабого грунта неглубоко от поверхности при погружении через нее призматической и конических свай. Эти сваи прорезали слабый грунт а под их нижними концами устраивались уширения (рис.4).

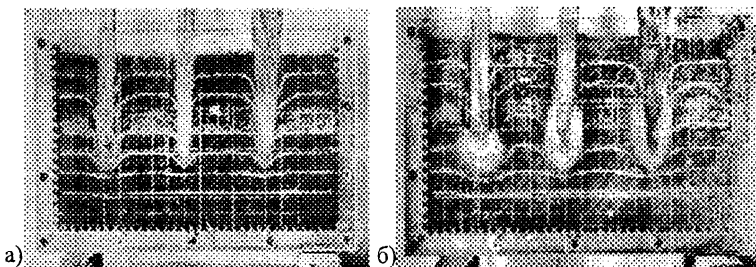


Рис. 5. Результат погружения свай в песок через слабую прослойку неглубокого залегания: а) до создания уширений, б) после создания уширений под нижними концами свай.

Толщина слабого слоя составляла 2 см, а грунта над ним 4 см. При погружении свай воздействие на слабый грунт начало проявляться: у призматической сваи на глубине 0,7 см; у конической сваи №1 на глубине 1,5 см; у сваи №2 на глубине 2,8 см. Все они погружались до начала воздействия на последнюю индикационную полосу (рис.4, а). При этом выпор поверхностного слоя грунта не происходил. Формы уширений оказались различными (рис.4, б). У призматической сваи на примыкании слабого и плотного слоев возникло их разуплотнение с образованием полости возле ствола. Погружение первой сваи сопровождалось неравномерным распределением материала уширения между плотным и рыхлым слоями, хотя разуплотнение не наблюдалось. При дальнейшем втрамбовывании материала в уширение малыми партиями увеличивался только диаметр нижней части. Погружение второй конической сваи вызвало неравномерное распределение материала уширения без образования разуплотненной зоны, однако менее значительное чем, у сваи №1.

Таким образом, из сравнения процессов погружения всех типов свай стало очевидным, что с увеличением конусности пирамидальной сваи влияние на слабый подстилающий слой грунта уменьшается, причем в процессе создания уширения материал вдоль ее ствола распределяется равномернее между плотным и рыхлым слоями.

Из анализа всех экспериментов следует что, как в однородном грунте, так и при наличии рыхлых линз и прослоек лучшими показателями обладают конические сваи с большей конусностью. При увеличении наклона граней конусных свай грунт интенсивнее сжимается вдоль наклонных боковых поверхностей, за счет распора. Уплотнение окружающего грунта и увеличение сопротивляемости его сжатию усиливается при создании уширения под нижними концами свай.