

Пойта П.С., Шалобыта Т.П., Шведовский П.В.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГРУНТОВОГО МАССИВА ВОКРУГ СТВОЛА БУРОВОЙ СВАИ

Введение. Важнейшим резервом повышения эффективности буровых и буронабивных свай является совершенствование методик определения их несущей способности на стадии проектирования.

Действующие в настоящее время подходы в определении расчетного сопротивления сваи основаны, как правило, на взаимосвязи значений f и состоянии грунта, что не подтверждается опытными данными.

Объект и методика исследований. Учитывая вышеизложенное, Лапшин Ф.К. [1] предложил при определении несущей способности сваи использовать прочностные характеристики грунта: φ – угол внутреннего трения и C – удельное сцепление. Такой подход позволил на стадии проектирования расчетным путем получить результаты, равноценные данным статических испытаний.

В частности, величину f Лапшин Ф.К. [1] предложил определять по формуле:

$$f = (P + P') \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (1)$$

где P – горизонтальное давление ствола, возникающее вследствие изготовления сваи, кПа;

P' – дополнительное горизонтальное давление, проявляющееся при загрузке сваи вертикальной нагрузкой, кПа.

Радиальные упругие деформации бетонного ствола диаметром d при загрузке сваи составляют:

$$U = \frac{2N}{\pi d E_b} \cdot \mu_b, \quad (2)$$

где N – вертикальная нагрузка на сваю, кН;

E_b – модуль упругости бетона, кПа;

μ_b – коэффициент поперечного расширения бетона.

Используя выражения (2) и формулу Ляме, можно получить величину дополнительного горизонтального давления P' , проявляющегося за счет поперечного расширения ствола

$$P' = \frac{YNE_b \mu_b}{(1 + \mu) \pi d^2 E_g}, \quad (3)$$

где E_g – модуль деформации грунта, кПа;

μ – коэффициент поперечного расширения грунта.

Вычисления значений P' для различных видов грунтов позволили получить результаты, которые по своей величине не превышают 1,0% от величины P .

Учитывая незначительность давлений P' , а следовательно и очень малые величины радиальных деформаций бетонного столба, основным определяющим фактором, влияющим на величину расчетного сопротивления грунта по боковой поверхности сваи, будет давление P . Очевидно, что величина давления P зависит только от диаметра сваи, а следовательно здесь не учитывается длина сваи, т.е. глубина погружения нижнего конца.

Более того, при твердении бетона могут проявляться усадочные деформации, которые несомненно приведут к снижению реактивных давлений в грунте. Эти деформации могут быть снижены при повышении содержания в бетоне крупных заполнителей, при применении цементах невысоких марок, при пониженном водоцементном отношении и др.

Важным фактором, снижающим усадку бетона, является влажная грунтовая среда, окружающая сваю. Таким образом, очевидно наличие многих причин, способствующих в совокупности снижению расчетного сопротивления грунта по боковой поверхности сваи. Следовательно, необходим материал сваи, который по своим свой-

ствам способствовал бы исключению всех негативных факторов, снижающих расчетное сопротивление грунта.

На наш взгляд, применение в качестве материала свай напрягающего бетона [4], вместо обычного тяжелого, позволило бы в значительной степени увеличить f . Подбирая состав бетона в зависимости от инженерно-геологических, гидрологических условий, длины сваи, ее диаметра и др., можно регулировать давление самонапряжения P_c , а, следовательно, и объемные деформации материала. Тогда выражение (1) будет иметь вид

$$f = (P + P' + P_c) \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (4)$$

Принимая во внимание, что значение P_c может быть весьма значительным, в сравнении с $(P + P')$, то несущая способность сваи будет определяться именно давлением самонапряжения бетона. А если сопоставить деформации бетона и грунта, то вполне очевидно, что в данном случае важнейшее, определяющее значение будут иметь именно деформации бетона. Как показывают исследования, выполненные по руководством Тура В.В. [5, 6, 7], величина объемных деформаций напрягающих бетонов может колебаться от 0,4 до 1,5% первоначального размера образца. Учитывая это, а также принимая во внимание, что наиболее распространенные диаметры буровых и буронабивных свай колеблются от 0,4 до 1,2 м, нами построены графики зависимости приращений диаметра сваи в зависимости от d и состава бетона (рис. 1).

Анализ графиков показывает, что чем больше диаметр сваи и чем качественнее (для бетонирования свай) подобран состав объема (с максимальными объемными деформациями), тем выше приращение диаметра. К примеру, приращение 12 мм является весьма большой деформацией грунта на глубине, позволяющей исключить все перечисленные выше отрицательные факторы, способствующие уменьшению f .

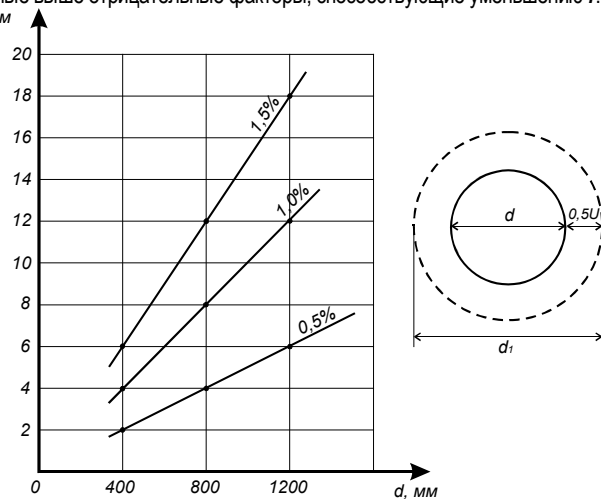


Рис. 1. Приращение диаметра сваи (%) в зависимости от состава напрягающего бетона

Принимая во внимание, что радиальные упругие деформации бетона сваи и радиальные деформации стенок скважины будут равны и определяющими факторами здесь будут давления P и P_c , то радиальное перемещение стенок скважины можно определить по формуле:

$$U = \frac{1 + \mu}{E} (P + P_c) \frac{d}{2}. \quad (5)$$

Подбирая состав бетона таким образом, чтобы можно было прогнозировать радиальные деформации, при требуемом давлении самонапряжения, можно определять величину P_c по зависимости:

Шалобыта Татьяна Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

$$P_c = \frac{2UE}{(1+\mu)d} - P. \quad (6)$$

Результаты эксперимента и их обсуждение. Нами выполнено компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния грунтового массива вокруг ствола буровой сваи для условий:

- скважина заполнена обычным тяжелым бетоном на всю длину сваи и давление обжатия грунта – $P=3,42$ кПа;
- скважина заполнена напрягающим бетоном на высоту 3,0 м от забоя и давление обжатия грунта – $P_c+P=295$ кПа, далее - обычный тяжелый бетон, давление обжатия грунта $P=3,42$ кПа (рис. 2);
- скважина заполнена напрягающим бетоном на высоту 3,0 м от забоя и давление обжатия грунта – $P_c+P=350$ кПа, далее - обычный тяжелый бетон (рис. 3).

Диаметр сваи во всех случаях принят 400 мм. Грунтовые условия – пески средней крупности. средней плотности.

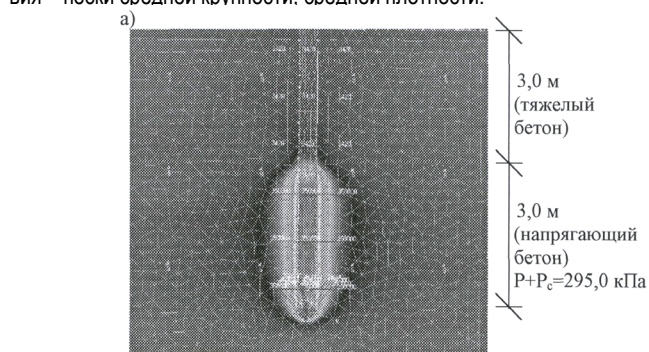


Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние грунта вокруг буровой сваи:
а) общая картина НДС;
б) фрагмент участка с величинами деформаций грунта

Анализ общей картины напряженно-деформированного состояния грунта вокруг буровой сваи (рис. 4, см. стр. 27) позволяет определить размеры рабочей зоны грунтового массива, величины деформаций и напряжений. Рабочая зона в целом увеличивается до 2,0 м. При этом, если деформации грунта в зоне верхней части сваи, устроенной из тяжелого бетона, составляют 0,2 мм, а напряжения 6,0 кПа, то в нижней части сваи из напрягающего бетона, они соответственно возрастают до 1,7 мм и 342 кПа. Это при давлении 295 кПа. Соответственно при давлении 350 кПа имеем: в верхней части – 0,3 мм и 8 кПа, а в нижней – 1,8 мм и 380 кПа.

Таким образом, применение напрягающего бетона обеспечивает наличие плотного контакта бетона с грунтом, а значит и значительное увеличение сил трения грунта по боковой поверхности сваи. Изменяя длину участка, на котором используется напрягающий бетон, можно регулировать величину несущей способности сваи. Еще одним важным достоинством применения комбинированного материала для изготовления свай является и то, что за счет уплотнения грунта под пятой сваи там так же возрастает и сопротивление грунта.

Выводы

1. Усадочные деформации бетона во многом обуславливают снижение реактивных давлений в грунте.
2. Применение в качестве материала сваи напрягающего бетона позволяет значительно повысить несущую способность сваи за счет давления самоупрочнения бетона.

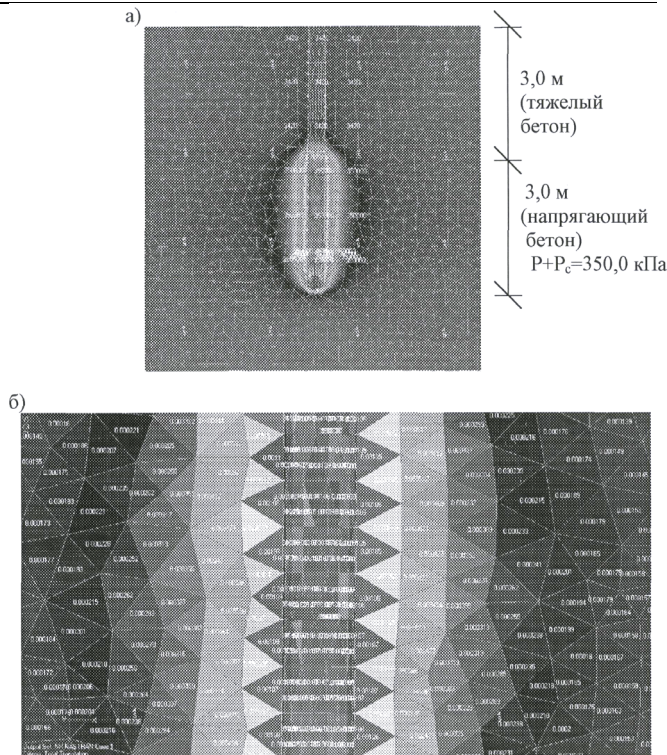
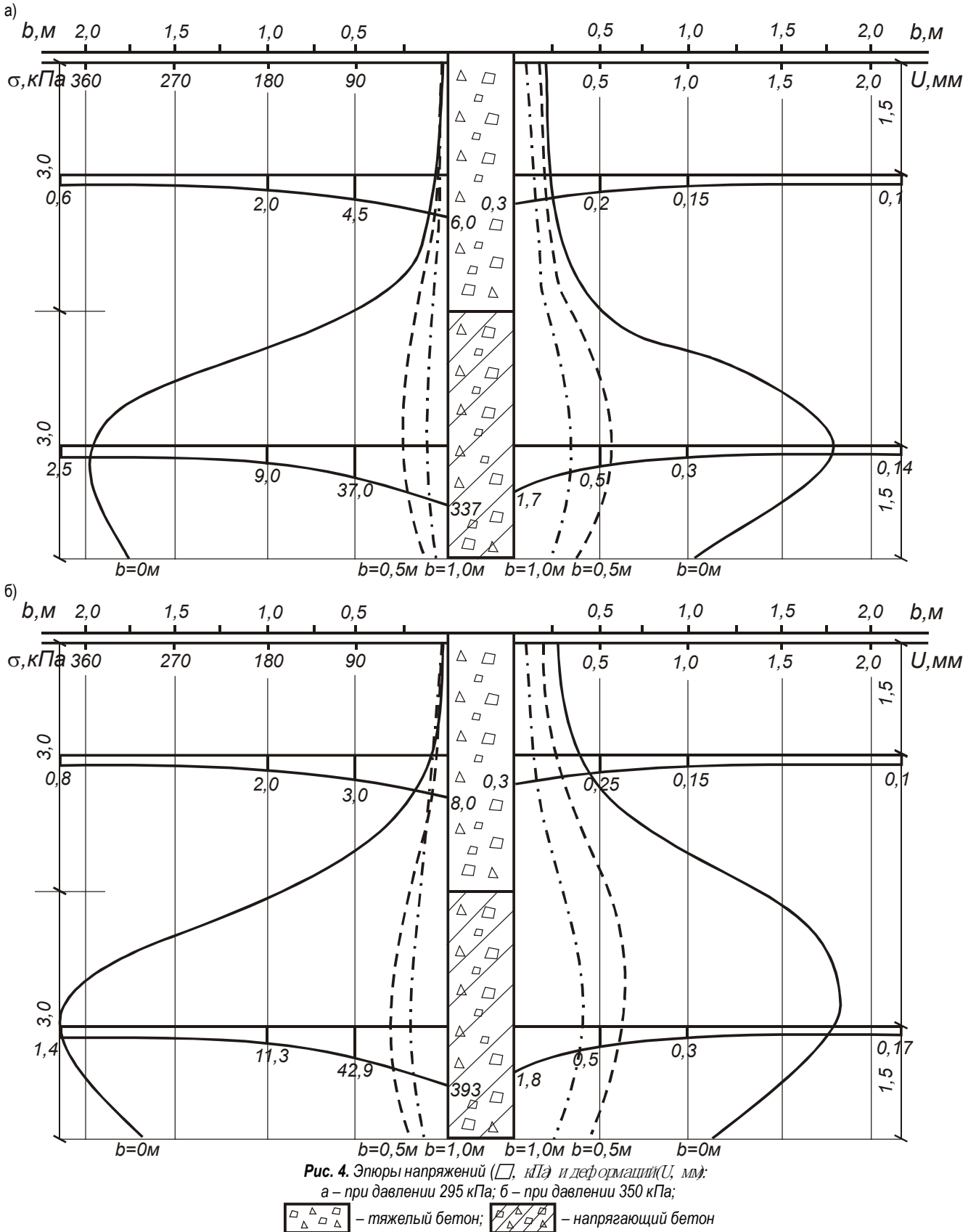


Рис. 3. Напряженно-деформированное состояние грунта вокруг буровой сваи:
а) общая картина НДС;
б) фрагмент участка с величинами деформаций грунта

3. Увеличение рабочей зоны вокруг буровой сваи из напрягающего бетона может достигать 2 м и более.
4. Регулирование величины несущей способности сваи можно осуществлять как диаметром сваи и оптимизацией подбора состава бетона, так и изменяя длину участка, на котором используется напрягающий бетон.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лапшин Ф.С. Расчет свай по предельным состояниям. – Изд-во Саратовского университета, 1979. – 152 с.
2. Бахолдин Б.В., Игонькин Н.Т. Исследование сопротивления грунта по боковой поверхности свай. – Сб. докладов и сообщений по свайным фундаментам. – М.: Стройиздат, 1968. - с. 82-88.
3. Работников А.И. О роли сил трения в работе буронабивных свай. – В кн.: Основания и фундаменты. – Киев: Будівельник, 1975, вып. 8. – с. 101-104.
4. Чмель Г. В. Модифицирование расширяющихся вяжущих веществ с целью управления собственными деформациями и прочностью бетонов: Автореф. дисс. ... канд. тех. наук: 05.23.05/РГСУ – Ростов-на-Дону, 2004. – 28 с.
5. Тур В. В. Экспериментально-теоретические основы предварительного напряжения конструкций при использовании напрягающего бетона. – Брест, 1998 – 270 с.
6. Тур В. В. О модели развития собственных напряжений в бетоне на основе напрягающего цемента // Инженерные проблемы бетона и железобетона: Материалы междуна. научн. конф. – Мн., 1998. – с. 46-54.
7. Павлова И.П., Тур В.В. Параметрические исследования процесса расширения напрягающего бетона с использованием структурной модели расширяющегося композита.//Вестник БГТУ. Строительство и архитектура. – 2004. – с. 18-24.
8. Бахолдин Б.В., Берман В.И. Экспериментальные исследования несущей способности буронабивных полых свай.//Основания, фундаменты и механика грунтов - М., 1988. - № 2 – с. 79-86.
9. Дзагов А.М. Разработка способа расчета сопротивления оснований буронабивных свай с учетом процесса твердения бетона. Л.Ю ЛИСИ. – 1990. – 192 с.
10. Трофименко Ю.Г. Совершенствование методов определения несущей способности свай//Труды VIII Международного конгресса по механике грунтов и фундаментостроению. – М.: Стройиздат. – 1973. – с. 206-209.
11. Jsmael N.F., Al-Sanad H.A. Uplift capacity of bored piles in calcareous soils. Journ. of Geotech. Engg. – 1986. – V. 112. - № 10. – P. 928-940.



Материал поступил в редакцию 16.01.08

POJTA P.S., SHALOBYTA T.P., SHVEDOVSKI P.V. Is intense - is deformed a condition of an earth file around of a trunk chisel piles

In job the technique of account of carrying ability of chisel piles from concrete is developed on the basis of straining cements.

The data of computer modeling is intense - is deformed condition of an earth file around of a trunk of a chisel pile are given which allow to determine the basic ways of increase of their carrying ability.