

УДК 624.154/.155:624.138.2

ГРУНТОЦЕМЕНТНЫЕ СВАИ ЗДАНИЙ ПОД ДОСТУПНОЕ ЖИЛЬЕ

Зоценко Н.Л., Павликов А.М., Петраш А.В., Нестеренко Т.Н.

*Полтавский национальный технический университет
имени Юрия Кондратюка, Украина*

В статье проанализировано 3 типа свайных фундаментов для строительства социального жилья. Критерием выбора лучшего из них было максимальное использование ресурса несущей способности материала сваи. Также в статье представлены результаты определения прочностных и деформационных характеристик грунтоцемента и показана диаграмма его деформирования.

Three pile foundations types for social housing are analyzed. Maximum use of its carrying capacity resources was the criterion of selection of the superior type of pile. Results of determination of strength and deformation characteristics of soilcement are also presented as well as deformation diagram of soilcement.

Современный украинский опыт возведения зданий свидетельствует, что в строительной отрасли одинаково остро стоят проблемы обеспечения доступным жильем категорий населения среднего достатка и создания конструкций зданий с фундаментами высокой энергоэффективности. Как свидетельствуют сами производители, на сегодня стоимость жилья составляет почти 8 тыс. грн. за один квадратный метр в зданиях с обычными показателями архитектур-

но-планировочных решений и около 10 тыс. грн. в так называемых зданиях элитного типа.

Основными причинами сложившейся ситуации в сфере обеспечения граждан жильем являются: низкий уровень механизации технологических процессов строительного производства, недостаточное количество этажей зданий, значительная материалоемкость и несовершенство конструктивных систем жилых зданий, высокая трудоемкость строительных работ, в том числе по устройству фундаментов.

Так технологии изготовления свай должны широко использовать средства механизации ручного труда и быть менее трудоемкими. Способ производства работ по изготовлению свай должен обладать мобильностью и быть максимально независимым от поставок заводов-производителей строительных материалов и конструкций.

Указанным требованиям соответствует буромесительный способ [1] устройства грунтоцементных свай. Эта технология широко известна в нашей стране и за ее пределами. Она обладает рядом очевидных преимуществ: экономия достигается за счет использования местных грунтов в качестве заполнителя грунтоцемента; технологичность заключается в используемых машинах и механизмах, позволяющих возводить грунтоцементные сваи надлежащего качества в слабых грунтах без дополнительного крепления стенок скважин, высокая производительность работ.

Для примера рассмотрим строительство жилого здания в г. Полтаве. Инженерно-геологические изыскания проводились Полтавским филиалом ДП «УкрНДИИИТВ». На рис. 1 представлена расчетная схема сваи в основании проектируемого здания, а также физико-механические характеристики грунтов.

В качестве фундамента в этой работе рассмотрены 3 типа свай:

- забивная призматическая свая С70.40-5.у весом 2,85 т из бетона класса В25, армированная арматурным каркасом КП70.40-5.1 (4Ø12 А-II);
- буронабивная свая из того же бетона В25 диаметром 500 мм, длиной 7000 мм, без арматурного каркаса (как будет показано далее, нормальное сечение такой сваи обладает более чем достаточной прочностью);

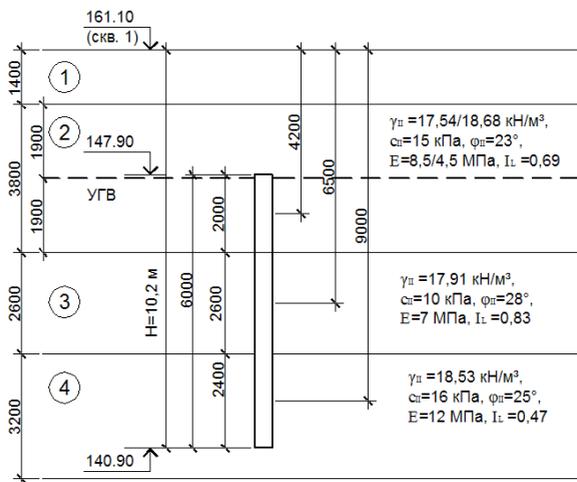


Рис. 1. Расчетная схема сваи

- грунтоцементная свая на лессовом суглинке $\varnothing 500$ мм, длиной 7000 мм из содержанием портландцемента М400 в количестве 20% от веса скелета грунта и водоцементным отношением $B/C = 2,7$.

Несущую способность всех 3 видов свай по грунту определим по известной из нормативной литературы [2] формуле

$$F_d = \gamma_c \left(\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i \right) \quad (1)$$

Расчет произведем в табличной форме (табл. 1), где показаны значения всех величин в формуле (1). Значение h_i показано на рис. 1, а величина f_i определялась по табл. Н.2.2 [2].

Таблица 1

Расчет несущей способности свай по свойствам
грунтового основания

Вид сваи	γ_c	γ_{cR}	γ_{cf}	$R, \text{ кПа}$	$A, \text{ м}^2$	$F_d, \text{ кН}$
Забивная	1	1	1	1770	0,16	457
Буронабивная	1	1	0,6	742	0,20	248
Грунтоцементная	1	1	0,6	742	0,20	248

Для обоснования целесообразности применения того или иного типа свай предлагается проанализировать, насколько используется ресурс несущей способности свай по материалу в комплексе с расходами на их устройство.

Несущую способность, описанных типов свай, по материалу определим по формуле, которая приведена в [3], где также указан физический смысл всех величин в этой формуле:

$$N_u = A_b \left(AR_b \eta_u + \frac{R_b \eta_u (K - \eta_u)}{1 + (K - 2) \eta_u} \right), \quad (2)$$

Отметим, что формула (2) по сравнению с другими способами определения предельного продольного усилия N_u в поперечном сечении сжатой сваи дает более точные результаты [4]. Расчет выполнен в табличной форме (табл.2).

Таблица 2

Расчет несущей способности свай по материалу

Вид свай	A	K	η_u	R_b , МПа	A_b , м ²	N_u , кН
Забивная	0,07	3,22	1,08	13	0,16	2230
Буронабивная	0	3,22	1,35	13	0,20	2600
Грунтоцементная	0	2	1	1,3	0,20	256

Отметим, что величина K представляет собой отношение начального модуля упругости к модулю полной деформации рассматриваемого материала. Для грунтоцемента эти величины определяются из диаграммы его физического состояния (рис. 2).

Этот рисунок наглядным образом иллюстрирует взаимосвязь между прочностными характеристиками и деформационными свойствами этого материала. Данная зависимость была получена в лабораторных условиях путем испытания сжатием образцов-цилиндров из грунтоцемента диаметром 7 см и высотой 28 см. Испытания проводились с равномерной скоростью деформирования образцов.

Как видим из табл. 2, несущая способность нормального сечения свай из бетона почти в 10 раз превышает эту же величину для грунтоцементной сваи, при длине сваи 6 м. В табл. 3 сопоставим значения несущей способности всех 3 свай по грунту, по материалу с прямыми затратами на изготовление 1 сваи каждого типа.

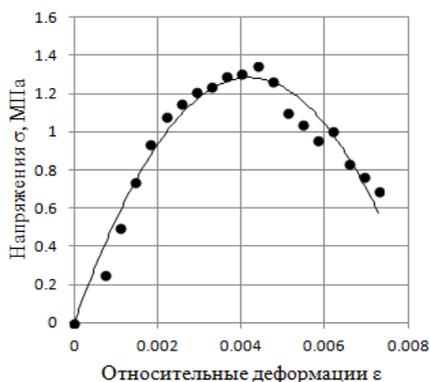


Рис. 2. Зависимость между напряжениями и относительными деформациями

Таблица 3

Сопоставление несущей способности свай с их ценой

Вид свай	Несущая способность		Запас несущей способности материала свай, %	Прямые затраты, грн.
	по грунту F_d , кН	по материалу N_u , кН		
Забивная	457	2230	79,5	2838
Буроабивная	248	2600	90,5	4618
Грунтоцементная	248	256	3,1	868

Как видим из этой таблицы, бетонные сваи обладают значительным запасом несущей способности нормального сечения, который не используется. Как следствие, изготовление таких свай требует значительных расходов материальных ресурсов. С другой стороны грунтоцементная свая обладает минимальным запасом несущей способности по материалу и стоимость изготовления этой сваи тоже минимальная. Обратим внимание на то, что несущая способность по грунту сборной сваи почти в 2 раза превышает несущую способность буровых свай (той же длины и периметра нормального сечения u). Учитывая это, было бы целесообразно в табл. 3 увеличить вдвое затраты на изготовление обеих буровых свай. Но даже в этом случае грунтоцементная свая остается наиболее приемлемым вариантом фундамента.

Когда геологические условия требуют использования свай длиннее, несущей способности материала грунтоцементных свай недостаточно. В таких случаях сваю необходимо армировать арматурным каркасом таким образом, чтобы выполнялось условие (3).

$$\varphi_1 \cdot (A_s R_{sc} + \varphi_2 \cdot A_b R_b) \geq F_d, \quad (3)$$

где A_s, A_b – соответственно площадь арматуры и грунтоцемента в нормальном сечении, мм²; R_{sc}, R_b – расчетное сопротивление на сжатие арматуры и грунтоцемента соответственно, МПа; φ_1, φ_2 – соответственно коэффициент продольного изгиба сваи и коэффициент, учитывающий условия работы и сроки твердения грунтоцемента.

Выводы

Грунтоцементная набивная свая имеет минимальный запас несущей способности по материалу по сравнению с бетонными. Соответственно, бетонные сваи имеют значительный ресурс несущей способности по материалу, который не используется, что отражается на стоимости их изготовления. Исходя из сравнения затрат на изготовление свай 3-х типов, можно утверждать, что использование грунтоцементных свай в качестве фундаментов для социального жилья экономически целесообразно.

Литература

1. Петраш, Р.В. Підсилення існуючих фундаментів за допомогою бурозмішувальної технології / Р.В. Петраш, О.В. Петраш // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава : ПолтНТУ, 2009. – Вип. 2(24). – С. 136–140.
2. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Зміна №1 : ДБН В2.1-10-2009. – К.: МінрегіонбудУкраїни, 2011.
3. Павліков А.М. Нелінійна модель напружено-деформованого стану косо завантажених залізобетонних елементів у за критичній стадії: Монографія. – Полтава : ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2007. – 259 с.
4. Зоценко, М.Л. Вплив повздовжнього армування на несучуздатність паль з грунтоцементу / Зоценко М.Л., Павліков А.М., Петраш О.В. // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. трудов. – Вып. 65. – Дн-вск, ГВУЗ «ПГАСА», 2012. – 726 с.