НИИОСП

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ НАБИВНЫХ СВАЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ВОЗВОДИМЫХ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

gost.e-ecolog.ru

МОСКВА–1980

ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОСНОВАНИЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
имени Н.М. ГЕРСЕВАНОВА
ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ НАБИВНЫХ СВАЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ВОЗВОДИМЫХ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

МОСКВА-1980

УДК 624.159.14

"Рекомендации по проектированию фундаментов из набивных свай для зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах" разработаны докт.техн.наук В.А.Ильичевым, канд.техн.наук Ю.В.Монголовым и канд.техн.наук В.М.Шаевичем на основе исследований, выполненных в лаборатории динамики грунтов НИИ оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова Госстроя СССР. При составлении табл.1 использованы также результаты экспериментальных исследований, выполненных инж.Л.Л.Егоровой (НИИОСП).

Рекомендации одобрены секцией Ученого Совета НИИ оснований.

Консультации по проектированию фундаментов из набивных свай для зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах, можно получить в НИИ оснований и подземных сооружений Госстроя СССР (109389, г.Москва,Ж-389, ул.2-я Институтская, д.6, тел.171-89-13, 171-88-90) и в Секторе сейсмики НИИ оснований (277029,г.Кишинев-29, Новобачойское шоссе,19,тел.52-50-84,52-50-24).

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М.Герсеванова,1980.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. "Рекомендации по проектированию фундаментов из набивных свай для зданий и сооружений, возводимых в сейсмических районах", составлены в развитие раздела I2 главы СНиП II-I7-77 "Свайные фундаменты. Нормы проектирования" и распространяются на проектирование в сейсмических районах набивных свай, устраиваемых только в сухих устойчивых грунтах, не требующих закрепления стенок скважин, при диаметре ствола сваи не менее 40 см и отношении длины сваи к диаметру не более 20.

I.2. Производство работ по изготовлению набивных свай и приемка работ осуществляются в соответствии с правилами для несейсмических районов, при этом необходимо обеспечить надлежащий контроль качества изготовления свай, гарантирующий получение их формы и размеров в строгом соответствии с проектом.

I.3. Армирование набивных свай в сейсмических районах является обязательным, при этом минимальный процент армирования должен приниматься равным 0,05.

2. УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ

2.I. Условия опирания нижних концов свай в сейсмических районах должны удовлетворять требованиям п.п. 8.I3,9.5 и I2.I0 главы СНиП II-I7-77, при этом величина заглубления свай в грунт должна быть не менее 4 м. Для зданий и сооружений, отнесенных к п.3 табл.4 СНиП II-A,I2-69[X] "Строительство в сейсмических районах. Нормы проектирования", и в случае опирания свай на скальные грунты допускается применение свай длиной менее 4 м.

2.2. При проектировании фундаментов из набивных свай в сейсмических районах предпочтение следует отдавать набивным сваям, изготавливаемым в скважинах с уплотненным основанием или уширением, устраиваемым за счет втрамбовывания в основание щебня, гравия, жесткого бетона и т.п.

2.3. Расчет свайных фундаментов из набивных свай с учетом сейсмических воздействий на особое сочетание нагрузок по предельным состояниям первой группы выполняется в соответствии с требованиями п.I2.2 главы СНиП II-I7-77 с учетом п.п.2.4-2.I4 настоящих Рекомендаций.

2.4. Несущая способность набивной висящей сваи, работающей на осевую сжимающую нагрузку, с учетом сейсмических воздействий опреде-

ляется по формуле

$$\Phi_c = m(m_c m_{Rc} m_R RF + u \sum_{h_p}^{\ell} m_{ci} m_f f_i \ell_i), \quad (I)$$

где $m, m_R, R, F, u, m_f, f_i, \ell_i$ – значения те же, что и в формуле (I0) главы СНиП II-I7-77;

m_c, m_{ci} – коэффициенты условий работы, учитывающие влияние сейсмических колебаний на напряженное состояние грунта под нижним концом и на боковой поверхности сваи в i -ом слое грунта, принимаются по табл.I;

h_p – глубина, до которой не учитывается сопротивление грунта на боковой поверхности сваи, определяется в соответствии с п. 2.5;

ℓ – длина ствола сваи в грунте (при уширенной пяте – до начала уширения);

m_{Rc} – коэффициент условий работы нижнего конца сваи при сейсмических воздействиях; определяется в соответствии с п.2.6.

Таблица I

Значения коэффициентов условий работы

Расчетная сейсмичность в баллах	m_c			m_{ci}		
	маловлажные песчаные грунты средней плотности и плотные (за исключением пылеватых)	глинистые грунты консистенции				
		твердой	полутвердой и тугопластичной	тугопластичной	мягкопластичной	текучепластичной
7	0,85	I	0,9	0,9	0,8	0,75
8	0,75	0,95	0,8	0,8	0,7	0,65
9	0,6	0,8	0,65	0,65	0,6	0,5

2.5. Глубина, до которой не учитывается сопротивление грунта на боковой поверхности при определении несущей способности набивной сваи на осевую сжимающую нагрузку с учетом сейсмических воздействий, определяется по формуле (2), но принимается не более $\frac{\xi_1}{\alpha_A}$:

$$h_p = \frac{0{,}25\xi_1}{\alpha_A}\left[\frac{2{,}5\alpha_A \xi_2 H^* \cos\varphi_I}{\delta_c(\frac{\xi_3}{\alpha_A}\delta_I \operatorname{tg}\varphi_I + C_I)} - 1\right], \quad (2)$$

$$H^* = H + \xi_4 \alpha_A M \quad (3)$$

где $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$ – безразмерные коэффициенты, значения которых в зависимости от приведенной глубины погружения сваи $\bar{\ell}$, определяемой по указаниям п.2.7, и условий сопряжения сваи с ростверком приведены в табл.2;

α, b_c – соответственно коэффициент деформации и условная ширина поперечного сечения сваи; определяются в соответствии с указаниями п.3 Приложения СНиП II-17-77;

φ_I, C_I, γ_I – значения те же, что и в формуле (14) Приложения СНиП II-17-77, при этом значения угла внутреннего трения принимаются с учетом требований п.12.6 главы СНиП II-17-77;

H, M – расчетные значения соответственно горизонтальной силы и изгибающего момента, приложенных к свае в уровне поверхности грунта, при особом сочетании нагрузок с учетом сейсмических воздействий.

Таблица 2

Значения безразмерных коэффициентов $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$

Приведенная глубина погружения сваи	Свая, свободно стоящая или заделанная в высокий ростверк				Свая, защемленная в низкий ростверк, исключающий возможность поворота головы сваи		
$\bar{\ell}$	ξ_1	ξ_2	ξ_3	ξ_4	ξ_1	ξ_2	ξ_3
2	1,5	1,66	0,8	0,60	-	-	-
3	2,1	1,2	0,8	0,46	2,5	0,72	1,2
≥ 4	2,5	0,98	0,8	0,45	3,1	0,65	1,2

2.6. Коэффициент условий работы нижнего конца сваи при сейсмических воздействиях m_{Rc} принимается равным 1 для свай с приведенной глубиной погружения $\bar{\ell} \geq 4$ и определяется по формуле (4) для свай с меньшей приведенной глубиной погружения

$$m_{Rc} = 1 - \frac{H^* \beta}{d\bar{\ell}}, \qquad (4)$$

где

H^* – значение то же, что и в формуле (3), в тс;

β – коэффициент, принимаемый равным 0,01 м/тс;

d - диаметр ствола сваи; для свай с уширенной пятой - наибольший диаметр поперечного сечения уширения, в м;

$\bar{l}$ - приведенная глубина погружения сваи; определяется по указаниям п.2.7.

2.7. Приведенная глубина погружения сваи $\bar{l}$ определяется по формуле

$$\bar{l} = \alpha_{\Delta} l \,, \qquad (5)$$

где

α_{Δ} - значение то же, что и в формуле (2);

l - длина ствола сваи в грунте; для свай с уширенной пятой - расстояние от поверхности грунта до начала уширения, если отношение диаметра уширения к диаметру ствола сваи не менее 1,5; в противном случае - расстояние от поверхности грунта до подошвы уширенной пяты.

2.8. Расчет свайных фундаментов с учетом сейсмических воздействий в просадочных грунтах следует выполнять с учетом п.12.9 главы СНиП II-17-77.

При проектировании свайных фундаментов в просадочных грунтах необходимо выполнить два самостоятельных расчета: 1) на основное сочетание нагрузок в соответствии с разделом 9 главы СНиП II-17-77; 2) на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий в соответствии с настоящими Рекомендациями, при этом определение несущей способности свай с учетом сейсмических воздействий в просадочных грунтах II типа производится без учета возможности развития негативного трения грунта.

2.9. Несущая способность набивных свай на выдергивающие нагрузки с учетом сейсмических воздействий определяется по результатам полевых испытаний свай имитированными сейсмическими воздействиями.

2.10. Несущая способность набивных свай, устраиваемых в грунтовых условиях, отсутствующих в табл.1, определяется по результатам полевых испытаний свай имитированными сейсмическими воздействиями.

2.11. Несущая способность с учетом сейсмических воздействий набивных свай, для которых отсутствуют данные по расчету их несущей способности при статических нагрузках, определяется по результатам полевых испытаний свай имитированными сейсмическими воздействиями.

2.12. Определение усилий в свае, а также давления, передаваемого на грунт боковыми поверхностями сваи при расчете на особое сочетание нагрузок с учетом сейсмических воздействий, можно произво-

дить в соответствии с Приложением СНиП II-17-77, при этом:

а) приведенная глубина погружения сваи принимается в соответствии с указаниями п.2.7 настоящих Рекомендаций;

б) для свай с уширенной пятой значения коэффициентов в табл.2 Приложения СНиП II-17-77 следует принимать, как при заделке сваи в скалу на глубине, соответствующей длине ствола сваи в грунте до начала уширения, если отношение диаметра уширения к диаметру ствола сваи не менее 1,5; в противном случае значения коэффициентов принимаются, как при опирании сваи на нескальный грунт;

в) проверка устойчивости грунта по условию ограничения давления, передаваемого на грунт боковыми поверхностями сваи, должна выполняться в любом случае независимо от размеров сваи и вида грунта, окружающего сваю, при этом значения расчетного угла внутреннего трения грунта φ_I принимаются с учетом требований п.12.6 главы СНиП II-17-77;

г) при расчете свай в просадочных грунтах II типа в случае неизбежного замачивания основания верхний участок сваи, равный по длине величине $S_{пр.гр}$ - просадке грунта от собственного веса, рассматривается, как свободный от контакта с грунтом и расположенный между подошвой ростверка и поверхностью грунта.

2.13. Для наиболее распространенной конструкции свайного фундамента в сейсмических районах, когда сваи с приведенной глубиной погружения $\bar{l} \geq 2$ защемлены в низкий ростверк, исключающий возможность поворота головы свай, изгибающий момент $M_{макс}$ и поперечная сила $Q_{макс}$ достигают максимального значения в уровне подошвы находящегося на грунте ростверка, а давление, передаваемое на грунт боковыми поверхностями сваи, достигает максимального значения $\sigma_{макс}$ на глубине $z = \frac{1,2}{\alpha_A}$. Указанные величины могут определяться по формулам

$$M_{макс} = \frac{a_m H}{\alpha_A}, \qquad (6)$$

$$Q_{макс} = H, \qquad (7)$$

$$\sigma_{макс} = \frac{a_p \alpha_A H}{b_c}, \qquad (8)$$

где

H - значение то же, что и в формуле (3);

α_A, b_c - значения те же, что и в формуле (2);

a_m, a_p - коэффициенты, значения которых зависят от приведенной глубины погружения сваи $\bar{l}$: при $\bar{l} = 2$

$\alpha_M = 1{,}06$; $\alpha_\rho = 0{,}73$; при $\bar{\ell} \geqslant 4$ $\alpha_M = 0{,}94$ $\alpha_\rho = 0{,}65$; для промежуточных значений $\bar{\ell}$ коэффициенты принимаются по интерполяции.

2.14. Проверка сечений железобетонных свай по сопротивлению материала на совместное действие расчетных усилий (продольной силы, изгибающего момента и поперечной силы) должна производиться в соответствии с главой СНиП II-21-75 "Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования" как для внецентренно-сжатого или растянутого элемента с учетом требований п.5.2 главы СНиП II-17-77, при этом величина N_z осевой нагрузки в рассматриваемом сечении на глубине z определяется при сжатии и растяжении соответственно по формулам (9) или (10)

$$N_z = N - \sum_0^z f_i \ell_i \quad ; \tag{9}$$

где

$$N_z = N \tag{10}$$

N , u , f_i , ℓ_i – значения те же, что и в формулах (1) и (19) главы СНиП II-17-77 соответственно.

3. ИСПЫТАНИЯ СВАЙ ИМИТИРОВАННЫМИ СЕЙСМИЧЕСКИМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ

3.1. На основании полевых испытаний, выполненных в соответствии с настоящими Рекомендациями, определяется несущая способность сваи по грунту на вертикальную нагрузку с учетом сейсмических воздействий и коэффициент деформации системы "свая-грунт", с использованием которого производится проверка сечений свай по сопротивлению материала на совместное действие расчетных усилий (нормальной силы, изгибающего момента и перерезывающей силы) и проверка устойчивости свай по условию ограничения давления, оказываемого на грунт боковыми поверхностями сваи.

3.2. Несущая способность сваи на осевую сжимающую или выдергивающую нагрузку по результатам полевых испытаний имитированными сейсмическими воздействиями определяется по формуле (35) главы СНиП II-17-77, при этом коэффициент K_c , характеризующий снижение несущей способности сваи при сейсмических воздействиях определяется по формуле

$$K_c = m_1 m_2 \quad , \tag{9}$$

где

m_1, m_2 – коэффициенты, учитывающие снижение несущей способнос-

ти сваи на вертикальную нагрузку соответственно при изменении напряженного состояния грунта в процессе прохождения сейсмических волн и при горизонтальных динамических воздействиях от раскачивающегося сооружения.

3.3. Коэффициент m_1 определяется по результатам испытания свай, загруженных вертикальной статической нагрузкой, на сейсмовзрывные воздействия. Испытания проводятся в следующей последовательности:

а) с помощью гидравлического домкрата свая загружается безинерционной осевой вдавливающей ступенчато-возрастающей нагрузкой с условной стабилизацией затухания осадки в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-78 до величины P_0, при которой осадка головы сваи достигает значения Δ, определяемого по формуле (I6) главы СНиП II-I7-77; перед началом загружения между домкратом и упорной конструкцией устанавливается виброизолятор (пружины или катки);

б) не позднее, чем через 24 часа после окончания стабилизации осадки при нагрузке P_0, осуществляется сейсмовзрывное воздействие требуемой интенсивности в результате замедленного взрыва зарядов взрывчатого вещества (ВВ), расположенных в скважинах на определенном расстоянии от испытываемых свай, с соблюдением правил техники безопасности и обеспечением безопасности существующих зданий; продолжительность сейсмовзрывного воздействия при испытаниях должна составлять не менее 7 с. Промежуток времени между взрывами отдельных зарядов ВВ назначается в зависимости от затухания колебаний грунта по записям контрольных взрывов от момента вступления волны с максимальной амплитудой до момента, когда амплитуда колебаний от одного взрыва уменьшится не менее, чем вдвое. Ориентировочно этот промежуток времени t может быть принят в пределах $2T \leq t \leq 3T$, где T - период колебаний грунта возле опытных свай. В процессе испытаний на сейсмовзрывные воздействия вертикальная статическая нагрузка не поддерживается постоянной, а должна иметь возможность уменьшаться по мере снижения сопротивления грунта. При испытаниях на сейсмовзрывные воздействия регистрируются горизонтальные составляющие колебаний грунта на поверхности возле опытных свай в двух взаимно перпендикулярных направлениях, осадка сваи Δ за время испытаний и уменьшение давления в гидравлической системе домкрата (т.е.вертикальной нагрузки). Векторные значения ускорения колебаний поверхности грунта возле опытных свай должны быть не менее 2 м/с^2 для расчетной сейсмичности 7

баллов, 4 м/с^2 для 8 баллов и 7 м/с^2 для 9 баллов. Глубина скважин для размещения зарядов ВВ и расстояние между скважинами назначается организацией, производящей буровзрывные работы, в зависимости от величины заряда, диаметра скважины, грунтовых условий и длины верхнего участка скважины, забиваемого грунтом для исключения выброса при взрыве (длина указанного участка должна в любом случае приниматься не менее 5 м).

3.4. Ориентировочную массу С заряда ВВ (кг) для обеспечения требуемой интенсивности колебаний грунта возле опытных свай допускается определять по формуле (I2) и уточнять по результатам контрольных взрывов одиночных зарядов на площадке

$$C = \bar{c}\,\alpha^2 (\ell_g R)^2 R^3 \qquad (I2)$$

$$\bar{c} = 2{,}8 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{с}^4 \cdot \text{м}^{-5} \ ,$$

где

α – модуль вектора ускорений горизонтальных колебаний поверхности грунта возле опытной сваи (м/с^2);

R – расстояние от скважины с зарядом ВВ до испытываемой сваи (м); назначается из условия $R \geq 15 + 1{,}5\,\ell$, где ℓ – глубина погружения сваи в грунт, в м.

3.5. Величина коэффициента m_1 по результатам испытаний свай на сейсмовзрывные воздействия определяется по формуле

$$m_1 = \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\Delta_1}{\Delta_0}} \ , \qquad (I3)$$

где

P_0 и P_1 – величина вертикальной статической нагрузки соответственно до начала и после окончания сейсмовзрывных воздействий;

Δ_0 – величина осадки сваи при нагрузке P_0 перед началом испытаний на сейсмовзрывные воздействия;

Δ_1 – величина дополнительной осадки сваи за время испытаний свай на сейсмовзрывные воздействия.

3.6. Коэффициент m_2 определяется по результатам испытаний свай, загруженных вертикальной статической нагрузкой, на горизонтальные динамические воздействия. Испытания проводятся в следующей последовательности:

а) свая загружается вертикальной статической нагрузкой так же, как и при испытаниях на сейсмовзрывные воздействия;

б) с помощью вибратора направленного действия, установленного

на катках возле сваи и жестко связанного с ней, создаются горизонтальные динамические воздействия на сваю продолжительностью не менее 10 с при постоянной частоте вращения, не превышающей 10 герц; в качестве вибратора направленного действия могут быть использованы вибропогружатели типа ВП-1, ВП-2 или ВПП, оборудованные двигателями постоянного тока для создания колебаний с необходимой амплитудой за счет изменения частоты вращения. Горизонтальное раскачивание сваи необходимо осуществлять с постоянной амплитудой $A_д$, величина которой в уровне поверхности грунта определяется из условия $A_д \geq 1{,}2 y_0$, но принимается не менее 3 мм (y_0 – горизонтальное перемещение сваи в уровне поверхности грунта при статическом приложении расчетной сейсмической нагрузкой к свайному фундаменту сооружения); в процессе испытаний на горизонтальные динамические воздействия вертикальная нагрузка должна не поддерживаться постоянной, а иметь возможность уменьшаться по мере снижения сопротивления грунта; при испытаниях свай на горизонтальные динамические воздействия регистрируется амплитуда колебаний свай в уровне поверхности грунта $A_д$, осадка сваи Δ_z за время испытаний и контрольных запусков вибратора, а также уменьшение давления в гидравлической системе домкрата (т.е. вертикальной нагрузки).

3.6. Величину горизонтального перемещения сваи y_0 в уровне поверхности грунта при статическом приложении к свайному фундаменту сооружения расчетной горизонтальной сейсмической нагрузки можно определить по формуле

$$y_0 = \frac{\rho H}{\alpha_д^3 EJ} \qquad (14)$$

Значения коэффициента ρ вычисляются:

– для свай, защемленных в низкий или высокий ростверк, исключающий возможность поворота головы сваи, соответственно по формуле (15) или (16)

$$\rho = A_0 - \frac{B_0^2}{C_0}; \qquad (15)$$

$$\rho = A_0 + \alpha_д B_0 \left(l_0 - \frac{\alpha_д \tilde{\rho}}{C_0 + \alpha_д l_0} \right); \qquad (16)$$

где

$$\rho = \frac{B_0}{\alpha_д^2} + \frac{C_0 l_0}{\alpha_д} + \frac{l_0^2}{2}; \qquad (17)$$

– для свай, шарнирно сопряженных с ростверком или защемленных

в ростверк, не исключающий возможность поворота головы свай, а также для свободно стоящих свай по формуле

$$P = A_0 + \alpha_A \ell_0 B_0 + \frac{\alpha_A B_0 M}{H} \qquad (I8)$$

В формулах (I4) – (I8) приняты следующие обозначения:

H, M – значения те же, что и в формуле (3);

$\alpha_A, E_b J$ – значения те же, что и в формуле (6) Приложения СНиП II-I7-77, значения α_A по результатам испытаний определяется в соответствии с п.п. 3.I4, 3.I5 настоящих Рекомендаций;

A_0, B_0, C_0 – коэффициенты, значения которых принимаются по табл.2 Приложения СНиП II-I7-77;

ℓ_0 – расстояние от подошвы ростверка до поверхности грунта (для свободно стоящих свай – высота приложения горизонтальной нагрузки над поверхностью грунта).

3.7. Величина коэффициента m_2 по результатам испытаний свай на горизонтальные динамические воздействия определяется по формуле

$$m_2 = \frac{P_2}{P_0} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\Delta_2}{\Delta_0}}, \qquad (I9)$$

где

P_0 и P_2 – величина вертикальной статической нагрузки на сваю соответственно до начала и после окончания горизонтальных динамических воздействий;

Δ_0 – величина осадки сваи при нагрузке P_0 перед началом испытаний на горизонтальные динамические воздействия;

Δ_2 – величина дополнительной осадки сваи за время испытаний на горизонтальные динамические воздействия и контрольных запусков вибратора.

3.8. Испытания горизонтальными динамическими и сейсмическими воздействиями рекомендуется производить на различных сваях. Допускается проведение указанных испытаний на одной и той же свае, при этом испытания горизонтальной динамической нагрузкой должны выполняться после испытаний на сейсмовзрывные воздействия. В случае, когда оба вида испытаний проводятся на одной и той же свае, вертикальную статическую нагрузку, уменьшающуюся в процессе опыта в результате сейсмовзрывных воздействий, необходимо довести до первоначального значения, равного P_0.

3.9. Испытания имитированными сейсмическими воздействиями свай, загруженных осевой выдергивающей статической нагрузкой, для определения коэффициентов m_1 и m_2 проводятся аналогично испытаниям свай,

загруженных осевой вдавливающей нагрузкой, при этом перед началом испытаний сваи загружаются статической осевой ступенчато-возрастающей выдергивающей нагрузкой до величины φ, равной несущей способности сваи на выдергивающую нагрузку и определяемой по формуле (I5) главы СНиП II-I7-77. При вычислении коэффициентов m_1 и m_2 величины осадок сваи Δ_0, Δ_1, Δ_2 в этом случае заменяется на соответствующие значения вертикальных перемещений (выхода) сваи.

3.I0. Для проведения испытаний имитированными сейсмическими воздействиями не должны использоваться сваи, испытанные ранее статической нагрузкой для определения их несущей способности.

3.II. Сваи, испытанные имитированными сейсмическими воздействиями, не должны в дальнейшем использоваться в свайном фундаменте сооружения.

3.I2. Количество свай, подлежащих испытаниям имитированными сейсмическими воздействиями, устанавливается проектной организацией и принимается не менее I/3 от числа свай, испытанных вертикальной статической нагрузкой на данном объекте.

3.I3. В случае невозможности проведения испытания свай на сейсмовзрывные воздействия на конкретной площадке строительства, допускается использовать результаты испытаний по изложенной методике таких же свай в аналогичных грунтовых условиях.

3.I4. Испытания одиночной сваи горизонтальной статической нагрузкой для определения коэффициента деформации $\alpha_д$ производится без условий стабилизации перемещений на каждой ступени нагрузки, т.е. форсированным методом при постоянной скорости возрастания нагрузки с интервалом ее действия на каждой ступени в течение 5 минут. Величина ступени нагрузки принимается равной I/I0 - I/I2 предполагаемой величины предельной нагрузки в испытаниях, при достижении которой величина горизонтального перемещения сваи начинает непрерывно возрастать без увеличения нагрузки.

3.I5. Коэффициент деформации $\alpha_д$, по результатам испытаний горизонтальной статической нагрузкой, приложенной в уровне поверхности грунта к одиночной свае, определяется по формуле:

$$\alpha_д = \frac{A\beta + B}{\ell}, \qquad (I9)$$

$$\beta = \ell \sqrt[3]{\frac{H_0}{y_0 E_б J}}, \qquad (20)$$

ℓ - значение то же, что и в формуле (5);

y_o - горизонтальное перемещение сваи в уровне поверхности грунта, соответствующее нагрузке ;

H_o - нагрузка, меньшая на одну ступень, чем предельная при испытаниях;

$E_б J$ - значения те же, что и в формуле (6) Приложения СНиП II-I7-77;

A, B - коэффициенты, значения которых зависят от условий опирания нижнего конца сваи и коэффициента β : при свободном опирании нижнего конца сваи на нескальный грунт и $\beta < 3$ $A = I,I4$ $B = 0,67$; при защемлении нижнего конца сваи на глубине ℓ и $I,6 \leq \beta < 3$ $A = I,43$ $B = 0,29$; при любых условиях опирания нижнего конца и $\beta > 3$ $A = I,34$ $B = 0$.

3.I6. Сваи, испытанные горизонтальной статической нагрузкой для определения коэффициента деформации α_A , не должны использоваться в фундаменте здания или сооружения.

Приложение

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Требуется рассчитать свайный фундамент из одной сваи под колонну промышленного здания при расчетной сейсмичности 8 баллов. Набивные сваи диаметром 0,8 м длиной I6 м изготавливаются по п.2.6.а главы СНиП II-I7-77 (погружается труба, нижний конец которой закрыт оставляемым в грунте башмаком, затем эта труба извлекается по мере заполнения скважины бетонной смесью).

Подошва ростверка находится на глубине 2 м от планировочной отметки грунта. Свая прорезает слой лессовидного просадочного суглинка общей толщиной I4 м и заглубляется в тугопластичные непросадочные суглинки на 2 м. Грунтовые условия относятся ко II типу по просадочности. Просадка грунта от собственного веса составляет = 43,8 см.

Требуемые для расчета характеристики грунтов в водонасыщенном состоянии приведены в таблице.

Таблица

Характеристика грунтов

Глубина слоя грунта от планировочной отметки	Коэффициент пористости	Показатель консистенции в водонасыщенном состоянии	Расчетное значение угла внутреннего трения, град	Расчетное значение удельн. сцепления, $тс/м^2$	Относительная просадочность от бытового давления
3	0,872	0,82	I8	I,I	-
5	0,834	0,85	I8	I,I	0,0I5
7	0,886	0,85	I8	I,I	0,022
9	0,858	0,8	I8	I,0	0,035
II	0,93I	0,9	I7	0,9	0,040
I3	0,935	0,87	I7	0,7	0,042
I5	0,9II	0,85	I6	0,5	0,040
I7	0,692	0,4	I9	3,2	-

В здании располагается производство с мокрым технологическим процессом, в связи с чем неизбежно замачивание всей толщи просадочных грунтов. Предельно допускаемая осадка для данного типа здания составляет 8 см.

Расчетные нагрузки на сваю:

а) при основном сочетании: вертикальная сжимающая - II0 тс, горизонтальная - 4 тс, момент - 5,3 тм;

б) при особом сочетании с учетом сейсмических воздействий: вертикальная сжимающая нагрузка - 95 тс, горизонтальная - I2 тс, момент - I6 тм.

Решение

I. Определяем несущую способность сваи на сжимающую нагрузку с учетом возможности развития негативного трения грунта по формуле (28) главы СНиП II-I7-77 в статических условиях

$$\Phi_д = \Phi - a(mu\sum_{0}^{h_n} f_i \ell_i) = m(m_R RF + u\Sigma m_f f_i \ell_i) - a(mu\sum_{0}^{h_n} f_i \ell_i),$$

где

m = I; m_R = I; m_f = 0,8; F = 0,5 м^2; u = 2,5I м; R =308 т/м^2; значения f_i на глубинах от 3 до I5 м через 2 м, а также на глубине I7 м соответственно составляют: 0,7; 0,7; 0,7; 0,8; 0,7; 0,7; 0,7; 3,9; a - I,4; просадка грунта от собственного веса, равная 8 см, определяется просадкой двухметрового слоя, залегающего непосредственно выше кровли тугопластичных суглинков (относительная просадочность грунтов этого слоя составляет 0,04), т.е. h_n = I4-2 = I2м.

$$\Phi_д = I\,[\,I\cdot 308\cdot 0,5 + 2,5I\cdot 0,8\cdot 2(0,7\cdot 6 + 0,8 + 3,9) - I,4\cdot I\cdot 2,5I\cdot 2(0,7\cdot 5 + 0,8)\,] = I59,5 \text{ тс}.$$

Нагрузка, допускаемая на сваю, равна

$$P_д = \frac{I59,5}{I,4} \leq II4 \text{ тс} < II0 \text{ тс}.$$

2. Несущую способность сваи на сжимающую нагрузку с учетом сейсмических воздействий определяем по формуле (I) настоящих Рекомендаций без учета возможности развития негативного трения грунта.

Предварительно определим коэффициенты α_A, $m_{кс}$ и величину h_p.

Коэффициент пропорциональности К принимаем по табл.I Приложения к СНиП II-I7-77 как для суглинков с показателем консистенции J_L =0,85 К = I40 тс/м^4. Коэффициент упругой деформации определяем по формуле (6) Приложения СНиП II-I7-77

$$\alpha_A = \sqrt[5]{\frac{K b_c}{E_б J}}$$

где

b_c = I+0,8 = I,8 м; $E_б$= 2,4·I0^6 т/м^2 (бетон марки 200);

$J = \frac{3,I4\cdot 0,8^4}{64}$ = 0,02 м^4.

$$\alpha_4 = \sqrt[5]{\frac{I40 \cdot I,8}{2,4 \cdot I0^6 \cdot 0,02}} = 0,35\ м^{-I}$$

Так как приведенная глубина погружения, вычисленная по формуле (5), $\ell = 0,35 \cdot I6 = 5,6 > 4$, то коэффициент $m_{RC} = I$.

Длину участка сваи, вдоль которой сопротивление грунта на боковой поверхности не учитывается, определяем по формуле (2) настоящих Рекомендаций, принимая $\xi_1 = 2,5$ $\xi_2 = 0,98$ $\xi_3 = 0,8$ (по табл.2); $c_I = I,I\ т/м^2$; $\varphi_I = I8^0 - 4^0 = I4^0$ (в соответствии с п.I2.6 главы СНиП II-I7-77); объемная масса грунта с учетом взвешивания в воде для средней величины коэффициента пористости 0,864, равна

$$\gamma_I = \frac{\gamma_4 - I}{I + \varepsilon} = \frac{2,7-I}{I+0,864} = 0,9I\ т/м^3.$$

По формуле (3) определяем величину H^*, принимая $\xi_4 = 0,45$:

$$H^* = I2 + 0,45 \cdot 0,35 \cdot I6 = 2I4,5\ тс.$$

Величина h_p по формуле (2)

$$h_p = \frac{0,25 \cdot 2,5}{0,35}\left[\frac{2,5 \cdot 0,35 \cdot 0,98 \cdot I4,5 \cdot 0,97}{I,8(0,8 \cdot 0,9I \cdot 0,25/0,35 + I,I)} - I\right] = 6,I\ м$$

Поскольку величина $\frac{\xi_1}{\alpha} = \frac{2,5}{0,35} = 7,I5 > 6,I$, принимаем

$h_p \cong 6$ м.

Определяем Φ_c, принимая $m_c = 0,8$ $m_{c_i} = 0,65$ (по табл.I),

$$\Phi_c = I\ [\ 0,8 \cdot I \cdot I \cdot 308 \cdot 0,5 + 2,5I \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 2(0,7 \cdot 3 + 0,8) + 2,5I \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 3,9\ ] = I33,4\ тс.$$

Нагрузка, допускаемая на сваю, равна

$$P_c = \frac{I33,4}{I4} = 95,3\ тс > 95\ тс.$$

Таким образом, требования расчета сваи по грунту на сжимающую нагрузку по первому предельному состоянию (по несущей способности) как на основное, так и на особое, с учетом сейсмических воздействий, сочетание нагрузок полностью удовлетворяются.

3. Проверяем сечение сваи на совместное действие расчетных усилий при особом сочетании нагрузок с учетом сейсмических воздействий.

В табл.3 приведены величины изгибающих моментов, действующих в сечениях сваи по глубине, вычисленные по формуле (I0) Приложения СНиП II-I7-77 при внешних воздействиях в уровне поверхности грунта $H_0 = H = I2$ тс и $M_0 = M + H\ S_{пр.гр} = I6 + I2 \cdot 0,438 = 2I,26$ тм.

Таблица 3

Приведенная глубина расположения сечения	0,2	0,4	0,6	0,8	I,0	I,2	I,4
Действительная глубина расположения сечения в м	0,57	I,I4	I,7I	2,28	2,85	3,43	3,99
Изгибающий момент в сечении, тм	28	33,9	38,6	4I,6	42,8	42,7	40,8

Из табл.3 видно, что изгибающий момент достигает максимального значения на глубине $z = 0,85$ м и составляет $M_{макс}$=42,77 тм.

Величину осевой сжимающей нагрузки в рассматриваемом сечении на глубине 2,85 м определяем по формуле (9) настоящих Рекомендаций

$$N_z = N - u\sum_{0}^{z} f_i \ell_i = 95 - 2,5I \cdot 0,7 \cdot 2,85 = 9I,I \text{ тс.}$$

Проверку прочности сечения сваи, а также определение необходимого количества продольной арматуры при совместном действии изгибающего момента M = 42,87 тм и осевой сжимающей силы N_z =9I,I тс выполняются как для внецентренно сжатого элемента в соответствии с требованиями главы СНиП II-2I-75 "Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования" или п.п.3.73,3.74 "Руководство по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения" М.,I977) с учетом требований п.5.2 главы СНиП II-I7-77.

3. Давление, передаваемое боковыми поверхностями сваи на грунт при особом сочетании нагрузок с учетом сейсмических воздействий, определяем для глубины $z = \frac{0,85}{\alpha_g} = \frac{0,85}{0,35} = 2,43$ м (так как $\bar{z} > 2,5$) по формуле (I6) Приложения СНиП II-I7-77

$$\sigma_z = I40 \cdot 2,43 \left(20,I \cdot I0^{-3} \cdot 0,997 - \frac{5,52 \cdot I0^{-3} \cdot 0,8I}{0,35} + \frac{2I,26 \cdot 0,33}{0,35^2 \cdot 4,8 \cdot I0^4} + \right.$$

$$\left. + \frac{I2 \cdot 0,089}{0,35^3 \cdot 4,8 \cdot I0^4}\right) = 3,04 \text{ т/м}^2.$$

Расчетное сопротивление грунта R_δ на глубине 2,43 м определяем по формуле (I4) Приложения СНиП II-I7-77

$$\sigma_p = I \cdot I \frac{4}{\cos I4^0}(0,9I \cdot 2,43 \cdot tg\, I4^0 + 0,3 \cdot I,I) = 3,63 \text{ тс/м}^2 > \sigma_z,$$

что удовлетворяет требованиям расчета.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общие положения 3
2. Указания по расчету и проектированию 3
3. Испытания свай имитированными сейсмическими воздействиями .. 9
Приложение. Пример расчета I6

НИИ оснований и подземных сооружений
Редактор Осокин В.А.

М-59036 Подп.к печати 14·3·80 Заказ 762 Тираж 300 экз.
Уч.-изд.л. Цена I0

gost.e-ecolog.ru

Отпечатано в Производственных экспериментальных мастерских ВНИИИС Госстроя СССР