DOI: 10.17117/na.2016.02.02.324

<http://ucom.ru/doc/na.2016.02.02.324.pdf>

Поступила (Received): 18.02.2016

Бакулина А.А., Шешенев Н.В., Бурмина Е.Н. Использование конструкции усиленных свай при горизонтальных нагрузках

Bakulina A.A., Sheshenev N.V., Burmina E.N.
The use of design of reinforced piles under horizontal loads

Сваи используются для восприятия горизонтальных нагрузок различных сооружений, таких как линии электропередач, электростанции, дороги и т.д. Горизонтальные нагрузки могут исходить от ветра, движения транспорта сейсмических воздействий, землетрясений. Целью данной работы является проведение анализа влияния конструкции на горизонтально загруженные сваи, основанные на сравнении их напряжения и деформации в случаях наличия или отсутствия дополнительного устройства сваи

Ключевые слова: свайный фундамент, свая, опора

Piles are being used for supporting axial and lateral loads for a variety of structures such as transmission lines, power station, highway structure, etc. Lateral loads may come from wind, traffic, seismic events, waves and earth pressures. The purpose of this paper is to conduct analysis of the rigid circle shape plate influence on the laterally loaded pile resistance based on comparison stress and strain condition for cases of present or absent plate near ground level

Key words: pile foundations, pile, pillar

Бакулина Александра Александровна

Кандидат технических наук, доцент
Рязанский институт (филиал МАМИ)
г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53

Bakulina Alexandra Alexandrovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan Institute (branch MAMI)
Ryazan, Right-Lybridska st., 26/53

Шешенев Николай Викторович

Ассистент
Рязанский институт (филиал МАМИ)
г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53

Sheshenev Nikolai Viktorovich

Assistant
Ryazan Institute (branch MAMI)
Ryazan, Right-Lybridska st., 26/53

Бурмина Елена Николаевна

Кандидат технических наук, доцент
Рязанский институт (филиал МАМИ)
г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53

Burmina Elena Nikolaevna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ryazan Institute (branch MAMI)
Ryazan, Right-Lybridska st., 26/53

Одностоечные сваи в практике строительства опор контактных линий, линий электропередач, фундаментов ветровых электростанций и других, горизонтально работающих конструкций имеют широкое применение. Существует ряд разработанных практических рекомендаций в виде различного рода нормативных документов позволяющих производить расчет подобных сооружений [1, 2 и др.].

Устойчивость горизонтально нагруженных фундаментов определяется степенью их заземления в грунте и зависит от характеристик грунтовой среды окружающего опору.

При действии горизонтальных нагрузок более загруженной является зона у поверхности, в ней возникают пластические деформации в виде выпора грунта.

В связи с этим, в случаях горизонтального нагружения, для повышения деформационно-прочностной устойчивости, используют лежневые конструкции в виде плит, балок или брусков. Которые укладывают со стороны противоположной горизонтальной нагрузке или моменту.

Исходя из этого, возникают два вида задач это: разработка и проектирование конструкций с оптимальными размерами способных воспринимать горизонтальные усилия и моменты и подбор типовых опор, которые могут быть применены в конкретных случаях.

Расчет фундаментных опор производят по методу предельных состояний (по деформации и несущей способности), на комбинации нагрузок, которые могут оказаться невыгодными. Так, например, наиболее невыгодной может оказаться не максимальная нагрузка, а минимальная, но действующая в том направлении, в котором грунт хуже сопротивляется деформации фундамента.

Нормативную способность $M_{гр}^H$ по грунту закапываемых фундаментов опор сети на действие момента от нагрузок определяют по формуле:

$$M_{гр}^H = M_0 m_\phi m_{от} m_{вб} m_y m_n m_H \quad (1)$$

где M_0 – несущая способность условного фундамента по грунту;

$m_\phi, m_{от}, m_{вб}, m_y, m_n$ и m_H – коэффициенты условий работы;

За условный фундамент (рис. 1) принимаем призматический фундамент прямоугольного поперечного сечения, погруженный в грунт на горизонтальной площадке и при нагрузке, в которой доля постоянной составляет 35% ($\varepsilon = 0,35$). Для условного фундамента все коэффициенты $m_\phi = m_{от} = m_{вб} = m_y = m_n = m_H = 1$.

Рис. 1. Схема для расчета условного призматического фундамента

На фундамент оказывают воздействие:

- горизонтальная сила $F = M^0 / H$;
- вертикальная сила N^0 ;

- в) напряжение σ_y давления грунта на участке;
- г) нормальное напряжение $k_\sigma \sigma_\sigma$.

Несущую способность условной конструкции фундамента укрепленного лежнями M , расположенного в трех различных слоях грунта (рис. 2), определяется по формулам:

- а) при расположении поворотной фундаментной оси в первом верхнем слое:

$$M^0 - N^d e + P_t d_t - P_d d_d - \frac{R_2(d_2^3 - d_1^3)}{3} - \frac{R_3(d^3 - d_2^3)}{3} =$$

$$= \frac{R_1 d_1}{3} - \frac{2}{3} R_1 \left(\frac{M^0 - (P_1 - P_d)H}{R_1 H} - \frac{R_2(d_2^2 - d_1^2)}{2R_1} + \frac{R_{32}(d^2 - d_2^2)}{2R_1} + \frac{d_1^2}{2} \right)^{3/2} \quad (2)$$

- б) при расположении поворотной фундаментной оси во втором (среднем) слое:

$$M^0 - N^d e + P_t d_t - P_d d_d + \frac{R_1 d_1^3}{3} - \frac{R_3(d^3 - d_2^3)}{3} =$$

$$= \frac{R_1(d_1^3 + d_2^3)}{3} - \frac{2}{3} R_2 \left(\frac{M^0 - (P_1 - P_d)H}{R_2 H} - \frac{R_1 d_1^2}{2R_2} + \frac{R_3(d^2 - d_2^2)}{2R_2} + \frac{d_1^2 + d_2^2}{2} \right)^{3/2} \quad (3)$$

- в) в третьем (нижнем) слое:

$$M^0 - N^d e + P_t d_t - P_d d_d + \frac{R_1 d_1^3}{3} + \frac{R_2(d_2^3 - d_1^3)}{3} =$$

$$= \frac{R_3(d_1^3 + d_2^3)}{3} - \frac{2}{3} R_3 \left(\frac{M^0 - (P_t - P_d)H}{R_3 H} - \frac{R_1 d_1^2}{2R_3} + \frac{R_2(d_2^2 - d_1^2)}{2R_3} + \frac{d^2 + d_2^2}{2} \right)^{3/2} \quad (4)$$

где d_1 и d_2 – расстояние от подошвы соответственно первого (верхнего) и второго (среднего) слоя до расчетной поверхности грунта;

R_t и R_d – расчетные сопротивления лежней;

R_1 , R_2 и R_3 – значение коэффициента пропорциональности, характеризующих изменение давления грунта с глубиной, определяемые по R_u с учетом коэффициентов условия работы соответственно для первого (верхнего), второго (среднего) и третьего слоя;

d_t и d_d – глубина расположения лежней от нулевой поверхности грунта.

Рис. 2. Расчетная схема фундамента с лежнями [1]

Расчетные сопротивления лежней P_1 и P_d определяют по формулам:

$$P_t = R_t d'_t (l_t - b_f) \quad (5)$$

$$P_d = R_d d'_d (l_d - b_f) \quad (6)$$

где R_t и R_d – значения коэффициентов пропорциональности;

l_t и l_d – длины лежней соответственно верхнего и нижнего;

b_f – ширина опоры в месте установки;

d_t и d_d – глубина расположения рабочей грани лежней (от фактической поверхности грунта).

Однако существует ряд недостатков лежневых конструкций в случаях действия знакопеременных нагрузок, так как они воспринимают односторонне направленные нагрузки и моменты. Для таких случаев эффективным будет являться применение уширения в верхней сжимаемой зоне грунта в виде плиты круглой формы, заглубленной на необходимую глубину. Плита будет обеспечивать отпор по всему контуру горизонтального сечения опоры, повышая ее несущую способность и деформационную устойчивость.

Практическое применение подобных конструкций для опор троллейбусного типа в лессовых просадочных грунтах г. Самарканда (Узбекистан) было предложено А.С. Бусловым и С.С. Джалиловым [3].

Некоторые рекомендации по расчету опор воспринимающих горизонтальные нагрузки и моменты были предложены рядом ученых [4], [5]. Дальнейшая разработка метода расчета лежней в виде кольцевого уширения представлена в работах [6], [7].

В случаях возможного проявления нормальных сил пучения и просадки по подошве плиты между плитой и опорой предусматривается зазор, в том числе с гидрофобной обмазкой, достаточный для погашения этих сил [7, 8].

Эффект от использования кольцевого уширения заключается в расширении области применения горизонтально нагруженных моносвайных опор, как в различных областях строительства (опоры линий электропередач, опоры контактной сети, опоры ветровых электростанций, промышленное и гражданское строительство), так и в различных инженерно-геологических условиях (пучинистые, набухающие и просадочные грунты, слабое водонасыщенное основание и т.д.). Это происходит за счет повышения их несущей способности, универсальности в восприятии знакопеременных горизонтальных нагрузок и приспособляемости к проявлениям сил пучения, набухания, просадки грунта при экстремальных природных воздействиях.

Список используемых источников:

1. Нормы проектирования контактной сети. 141-99. МПС РФ. Москва, 2001.
2. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. М., 1986. 45 с.
3. Джалилов С.С. Исследования устойчивости и деформаций опор контактной сети при изменении влажности лёссовых грунтов. автореф. дис. канд. техн. наук. Ташкент, 1992.
4. Кобринец В.М., Барчукова Т.Н. Метод расчета по деформациям грунтового основания горизонтально нагруженного фундамента из короткой сваи-колонны // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вып. 71. Кн. 1. Київ: НДИБК, 2008. С. 463-469.
5. Матус Н.Ю. К расчету горизонтально нагруженной сваи-колонны с низким ростверком-оголовком. Одесса: ГТ Проект – Украина. 8 с.

6. Буслов А.С., Бакулина А.А. Влияние кольцевого уширения на несущую способность горизонтально нагруженной моносвайной опоры // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С.63-68.
7. Бакулина А.А. Исследование МКЭ горизонтально нагруженных опор с кольцевым уширением в упругом полупространстве // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 6 (173). С. 34-37.
8. Буслов А.С., Бакулина А.А. Уравнения нелинейной повреждаемости основания по данным испытаний моделей горизонтально нагруженных свай // Вестник МГСУ. 2012. № 12. С.96-103.

© 2016, Бакулина А.А., Шешенев Н.В., Бурмина Е.Н.
Использование конструкции усиленных свай при
горизонтальных нагрузках

© 2016, Bakulina A.A., Sheshenev N.V., Burmina E.N.
The use of design of reinforced piles under horizontal
loads