

Изобретение относится к строительству и может быть использовано при возведении свай, в частности, при усилении фундаментов.

Известен способ возведения пневмосвай, включающий опускание обсадной трубы с теряемым башмаком, порционное заполнение ее бетоном сжатым воздухом и прессование каждой порции. Сжатый воздух подают компрессором под давлением 3-5 атмосфер. Под давлением сжатого воздуха бетонная смесь одновременно уплотняется и вдавливаются в грунт, а обсадная труба поднимается. Бетонируют пневмонабивные сваи в несколько приемов. Первая порция бетона заполняет трубу на высоту 1,5 - 2 м, последующие порции увеличивают в 2 - 3 раза (1)

Недостатком известного способа является то, что сжатый воздух подают без учета состояния бетона и грунта, в котором возводят сваю. Вследствие этого, необходимо тщательно следить уровнем смеси, не допуская понижения высоты пробки менее 1 м, особенно при подъеме трубы, т.к. сжатый воздух может выбросить бетон вверх и даже привести к разрыву сваи.

Известно устройство для возведения трубовдавливаемой набивной сваи, содержащее упорную плиту с центральным отверстием для пропуска вдавливаемой секционной трубы, на которой установлены гидроцилиндры, имеющие проушины на корпусе, штоки которых шарнирно соединены с траверсой, имеющей центральное отверстие для пропуска секционной трубы, а проушины корпусов гидроцилиндров жестко соединены с упорной плитой. Вдавливанию производят секциями трубы по 3 м, которые соединяют сваркой. Секции подают краном и вдавливают гидроцилиндрами (2). Недостатком известного устройства является то, что реактивные усилия воспринимаются усиливаемым элементом за счет его собственной массы, из-за чего при вдавливании развиваются значительные усилия, что усложняет процесс возведения свай.

В основу изобретения положена задача создать такой способ возведения трубовдавливаемой набивной сваи и устройство для его осуществления, в которых путем оптимизации величины и зоны приложения давления прессования бетона достигается снижение бокового трения, возникающее при вдавливании трубы в грунт, что позволяет возводить сваю при меньших усилиях.

Для решения задачи предложен способ возведения трубовдавливаемой набивной сваи, включающий опускание обсадной трубы с теряемым башмаком, порционное заполнение ее бетоном сжатым воздухом и прессование каждой порции, в котором, согласно изобретению для заполнения бетоном используют секционную обсадную трубу, секции которой соединены муфтами, при этом сжатый воздух подают с давлением, определяемым из соотношения:

$$P_o \geq \rho_{гр} h_{тр} - \rho_b - h_b + \frac{4 f_{тр} \cdot h_b}{D_{вт}} ,$$

где  $P_o$  - давление прессования порции бетона;

$\rho_{гр}$  - плотность грунта;

$h_{тр}$  - глубина вдавленной в грунт части трубы;

$\rho_b$  - плотность бетона,

$f_{тр}$  - удельная величина трения бетона по боковой поверхности трубы;

$h_b$  - высота бетонной смеси в трубе над теряемым башмаком;

$D_{вт}$  - внутренний диаметр трубы.

Для решения задачи, также, предложено устройство для возведения трубовдавливаемой набивной сваи, содержащее упорную плиту с центральным отверстием для пропуска вдавливаемой секционной трубы, на которой установлены гидроцилиндры, штоки которых шарнирно соединены с траверсой, имеющей центральное отверстие для пропуска секционной трубы, жестко соединенные с упорной плитой, у которого, согласно изобретению, на траверсе вокруг центрального отверстия выполнены упоры

Реактивные усилия, возникающие при вдавливании секционной трубы, передаются силовым блоком ростверку. Силовой блок посредством тяги или проушин устанавливается соосно со сквозными отверстиями монолитного железобетонного ростверка. Ростверк вплотную подводится к усиливаемому сооружению, жестко с ним крепится и вес сооружения используется для передачи нагрузок вдавливания силовым блоком на вдавливаемые секционные трубы. Муфтовые соединения большего диаметра по сравнению с секционными трубами позволяют снизить боковое трение, возникающее при вдавливании труб в грунты.

Вдавливание секционных труб происходит через сквозные отверстия, которые предварительно оставлены при бетонировании железобетонного ростверка. Отверстия в ростверке имеют вид усеченного конуса, куда выходят выпуски арматурных стержней ростверка, предназначенные для сопряжения с арматурным каркасом устраиваемой сваи. Отверстия в виде усеченного конуса устраняют возможность проскальзывания ростверка относительно сваи, которое также устраняется сочленением арматурных каркасов сваи и ростверка. В дальнейшем это конусное отверстие заполняется бетоном.

При достижении теряемым башмаком вдавливаемой секционной трубы проектной отметки в грунте, в трубу подается порция бетонной смеси (20-30 литров), которая затем опрессовывается давлением сжатого воздуха, секционная труба извлекается силовым блоком из грунта. Давление опрессования определяется по формуле из расчета создания избыточного давления на забой (теряемый башмак) больше, чем бытовое давление грунта на отметке теряемого башмака. Это необходимо для исключения образования грунтовой пробки над теряемым башмаком при извлечении секционной трубы из грунта и недопущения нарушения сплошности бетонного ствола сваи, образования бетонных пробок в секционной обсадной трубе. Величина давления опрессования должна быть не менее величины, определенной по формуле:

$$P_o \geq \rho_{гр} \cdot h_{тр} - \rho_b \cdot h_b + \frac{4 \cdot f_{тр} \cdot h_b}{D_{вт}} , (1)$$

где:  $P_o$  - давление опрессования,  $\rho_{гр}$  - плотность грунта,  $h_{тр}$  - глубина вдавливания трубы в грунт,  $\rho_b$  - плотность бетона,  $f_{тр}$  - удельная величина трения бетона по боковой поверхности трубы,  $h_b$  - высота бетона в

трубе над теряемым башмаком,  $D_{\text{вт}}$  - внутренний диаметр секционной трубы.

Вывод формулы исходит из условия создания над бетоном в трубе избыточного давления воздуха для преодоления сил трения продавливанию бетонного столба в секционной трубе и создания избыточного давления бетонной смеси над теряемым башмаком больше бытового давления грунта на данной отметке заложения теряемого башмака сваи, а также облегчения извлечения секционной трубы из грунта. Таким образом силы разложатся на нормальное направление вниз, на забой скважины продавленной секционной трубой -  $P_0$  и  $P_6$  - вес бетона, равный произведению  $\rho_6 \cdot h_6$  и направленные вверх - силы трения бетона о внутреннюю поверхность трубы и бытовое давление грунта на отметке вдавливания трубы.

Следовательно, давление опрессования:

$$P_0 \geq \rho_{\text{тр}} h_{\text{тр}} + N_{\text{т}} - \rho_6 h_6 \quad (2)$$

Для перехода на удельные величины давления воздуха опрессования и соблюдения размерностей представим второе слагаемое в зависимости (2) в виде:

$$N_{\text{т}} = f_{\text{тр}} \pi \cdot D_{\text{вт}} \cdot h_6 \quad (3)$$

Для перехода на удельные величины разделим обе части зависимости (3) на площадь бетона в трубе:

$$\frac{N_{\text{т}}}{S_6} = \frac{f_{\text{тр}} \cdot \pi \cdot D_{\text{вт}} \cdot h_6}{S_6} \quad (4)$$

где  $S_6$  ~ площадь бетона (столба) в трубе.

Принимая, что  $S_6 = \pi D_{\text{вт}}^2/4$ , и подставляя это выражение в зависимость (4), получим зависимость (1).  
Подача бетона и извлечение секционной трубы ведутся так, чтобы труба не выходила из бетона.

На чертеже изображено устройство для реализации предлагаемого способа возведения трубовдавливаемой набивной сваи.

Устройство включает железобетонный ростверк (1), армированный продольной (2) и поперечной (3) арматурой с отверстиями (4) для пропуска свай и петлями (5) для закрепления на ростверке упорной плиты (6) с центральным отверстием (7) силового блока для вдавливания секционных труб (8). На упорной плите силового блока жестко закреплены в вертикальном положении два гидроцилиндра (9), на штоки (10) которых с помощью пальцев (11) установлена траверса (12) с возможностью поворота на  $180^\circ$  в горизонтальной плоскости. Траверса также имеет центральное проходное отверстие (13), выполненное соосно с таким же отверстием (7) в упорной плите и ростверке (4), для пропуска через них вдавливаемых секционных труб. На траверсе (12) возле центрального отверстия по его периметру установлены сегментные упоры (14), соединенные пружинами (15), для передачи усилий вдавливания от траверсы на муфтовые соединения (16) секционной трубы (8). Секции трубы имеют длину менее длины свободного хода штоков гидроцилиндров. Секционная труба устанавливается на теряемый башмак (17) и циклично вдавливается силовым блоком с одновременным наращиванием арматурного каркаса (18), который жестко крепится к теряемому башмаку. Имея криволинейную поверхность торцевой части, муфтовые соединения и винтовую нарезку на конусной поверхности теряемого башмака (19), колонна вдавливаемых труб получает при вдавливании дополнительное вращение в вертикальной плоскости для снижения усилий вдавливания в грунте. При этом вращение происходит в сторону свинчивания труб муфтовыми соединениями. При достижении проектной отметки башмаком секционной трубы, в нее подается порциями бетонная смесь, которая опрессовывается сжатым воздухом, а секционная труба извлекается из грунта. При извлечении трубы, арматурный каркас жестко закрепляется на силовом блоке для исключения подъема его вверх, что позволяет контролировать положение теряемого башмака в процессе извлечения секционных труб и бетонирования ствола сваи. Извлечение труб производят переводом траверсы в горизонтальной плоскости на  $180^\circ$  и упором сегментных упоров в муфтовые соединения. Криволинейная поверхность их торцевой части позволяет и в этом положении упоров сообщать колонне труб вертикальное вращение вокруг своей оси для исключения затирки и прихватом ее грунтом. Бетонирование завершается формированием головы сваи и вибрированием бетона посредством подсоединения вибратора к арматурному каркасу сваи.

