

СВАИ – СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

Шаран Д.В. Пивонос В.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Висвітлені: історія розвитку пального фундаментобудування, типи паливих підвалін, технології влаштування та способи занурення палів, можливі резерви підвищення несучої здатності палів.

Историческая справка

Археологические раскопки на берегах Цюрихского озера показали, что сваи использовались человеком с самой глубокой древности. В 1854 году уровень воды Цюрихского озера понизился до небывалой отметки, и местное население использовало открывшиеся залежи ила для удобрения сельскохозяйственных угодий. Так под толстым слоем ила были обнаружены остатки древнейшего свайного поселения. Историки отнесли находку к эпохе неолита! А более поздние исследования показали, что этот пример не был единственным. Подобные поселения были береговыми, на сваях они возводились из-за развития земледелия на болотистых территориях, а также для защиты от диких зверей и враждебных племен.

Сначала сваи применялись в качестве стоек, которые позволяли поднять пол жилья над водой или землей. Римский архитектор и инженер Витрувий (I в. до н.э.) подчеркивал необходимость использования деревянных свай при строительстве на наносных или болотистых грунтах для передачи нагрузки от зданий на так называемый материк. Позднее применение свай позволило возводить массивные сооружения на слабых грунтах.

Библиографические исследования по словам[1], показывают, что первые упоминания о «грунтах» и «сваях» в России относятся ко времени правления Петра I. Так, в 1708 году, Джованни Марио-Фонтана по заданию Великого государя Петра I перевел на русский язык книгу Якова Бароция де Виньола «Правило о пяти чинах архитектуры» издания 1563 года. Большой интерес для геотехников представляет статья «Фундамент как строить». Это одна из первых инструкций, в которой не только впервые упоминается термин «грунт» и «свая», но и рекомендуется при выборе места для заложения фундаментов «хорошо знать характер грунта». Строителям рекомендовалось при появлении грунтовых вод «в двух или трех локтях глубины бить сваи», а при строительстве на болоте «надлежит сваи бить дубовые или ялховые, которые надлежит крепить. А ежели великое строение, то надлежит на концы сваи железом насодить дабы хотчее пошло в землю. Также надлежит пореже сваи бить (хольтя и лучше часше), ибо когда часше станем бить, то одна другую вон выбивать будет... В чем надлежит осмотрение иметь дабы фундамент был всегда каменный или гораздо из доброго кирпича (ежели камня нет) и гораздо выжженова...».

В разделе «О битье свай на слабых местах» указано, что «ежели сыщется слабое болотное место в таких рвы рыть весьма должно до настоящей ординарной воды и, выливая оную, рыть глубже сколько возможность допустит, а потом бить сваи такие, которые б дошли до самого материка земли, хотя от 3-х и до 5-ти саженных бревен... Как потребное число свай набито, тогда фундамент надлежит углубить на 2 фута ниже ординарной воды и те сваи подрубить ватерпасно, оставя на некоторых шипы, на которых тож, сплота на иглы колотыя бревна или 4-х дюймовые доски, насадить крепко, на котором основании имеет заложен бить фундамент».

Таким образом, Петр I в виде правил и требований старался донести до зодчих и строителей города опыт, полученный мировой архитектурой еще в Средние века. Именно эти Петровские грамоты положили начало Санкт-Петербургской школе фундаментостроения.

В XIX веке сваи уже стали применяться также и для уплотнения грунта. П. Усов в работе «Строительное искусство» (1859) отмечает «сопротивление слабого грунта можно значительно увеличить втрамбованием в него каменного щебня или сжиманием его уплотняющими сваями».

При изучении истории свай представляет интерес свидетельства современников строительства Исаакиевского собора, опубликованные в «Инженерном журнале» за 1861 год. «Работа фундамента произведена следующим образом: по отрытии фундаментной ямы, откачав из нея воду помощью Архимедовых винтов, которые работали постоянно и в последствии, в дно ямы всей ее поверхности были забиты частоколом сосновыя сваи от 11 до 12 дюймов в диаметре и длиною 3 саж. Разстояние между сваями равнялось диаметру их. Сваи были забиты до отказа бабою в 70 пуд. весом. Копров было 10; - бабы на них поднимались помощью конных воротов, на каждом из которых работали 4 лошади. Работа эта продолжалась целый год и не прекращалась и зимою. Забивкою свай грунт был так уплотнен, что весьма трудно было отрывать его в промежутках между сваями. Срезка свай под одну горизонтальную плоскость была произведена очень просто: для этого действие водоотливных машин было приостановлено, и когда вода в фундаментной яме достигла желаемой высоты, то она тем самым отметила на каждой свае высоту, на которой ее нужно было срезать, что и было затем исполнено. Промежутки между головами свай были отрыты на 14 дюйм и заполнены сильно утрамбованным древесным углем. После этой операции место постройки фундамента представляло совершенно горизонтальную плоскость. С забитыми в нее 10762 сваями».

Долгое время забивка свай осуществлялась вручную. Первое описание примитивного ручного копра относится к 1660 году. Изобретение станины с направляющими для бабы и присоединение для ее подъема различных приспособлений позволило увеличить мощность снаряда. Там же [1] упоминается, что изобретение Нэсмитом (Великобритания) паровой бабы было несомненным проявлением технической революции. В 1889 году это изобретение было усовершенствовано русским инженером С.А.Арцишем, что позволило еще увеличить производительность снарядов. И только в 30-40х годах прошлого столетия появились первые дизельные сваебойные установки, а в 50х – электрические вибропогружатели.

До 1838 года применялись только забивные сваи, хотя они тоже модернизировались – изменялся материал свай, а при забивке в гравелистые и твердые грунты для деревянных свай стали использовать железные башмаки. В 1838 году Митчелл (Mitchell) предложил завинчивать сваи в грунт, для чего нижняя часть сваи оборудована винтом. Наконечники свай имеют разный вид в зависимости от свойств грунта. В.Карлович в Монографии «Основания и фундаменты» (1869 г.) признает преимущества винтовых свай перед забивными при применении их в некрепких грунтах, так как «концы их передают давление на большую площадь».

Условия взаимодействия свай с грунтом

Сваи-стойки, к которым относятся сваи всех видов, опирающиеся на скальные грунты, а забивные сваи, кроме того, на малосжимаемые грунты (крупнообломочные грунты и твердые глины с модулем деформации $E > 50$ МПа).

Висячие сваи, опирающиеся на сжимаемые грунты и передающие нагрузку на основание боковой поверхностью и нижним концом

Типы свайных оснований

Устройство свайного основания может быть весьма различным в зависимости от расположения и количества свай, их конструкции, длины и пр. Все это обуславливается конфигурацией и нагрузками сооружения и местными грунтовыми условиями. Разнообразие увеличивается еще тем, что сваи могут различаться как по материалу, так и по способу погружения в грунт. Поэтому вполне целесообразно установить классификацию свайных оснований, выделив характерные их типы.

В отношении способа погружения сваи разделяют на два типа: [2]

- а) погружаемые в грунт в готовом виде, которые называют готовыми (забивными) сваями.
- б) изготавливаемые непосредственно в грунте, называемые набивными.

Сваи, расположенные изолированно или на значительных расстояниях друг от друга, называют одиночными сваями.

Небольшие группы свай носят название свайных кустов. В свайном кусте, например в основании для мостовой опоры, может быть несколько поперечных и продольных рядов свай. Куст свай аналогичен отдельному фундаменту.

Если сваи располагаются в один или несколько рядов по ширине полосы, которая имеет значительную длину, и следовательно, в продольном направлении в каждом ряду помещается много свай, то такие свайные основания называют или свайным и полосами или свайными рядами. Свайные ряды аналогичны фундаментам-стенкам, или ленточным фундаментам, в зависимости от характера передачи нагрузки.

Если свайное основание занимает площадь значительной ширины и длины, то оно образует свайное поле. Этот тип основания аналогичен общему фундаменту.

Ростверк – конструкция объединяющая головы свай, воспринимающая нагрузки от вышележащих конструкций и передающая их через сваи на грунтовое основание.

Низким свайным ростверком называют такой, в котором головы свай располагаются в котловане ниже поверхности грунта.

Повышенный свайным ростверком называют такие, в котором головы свай располагаются в котловане в уровне поверхности грунта.

Высоким свайным ростверком или свайным основанием высокого типа называют такое, в котором головы свай располагаются выше поверхности грунта. В этом случае верхние участки свай представляют собой сжатые стойки, нижние же их части, находящиеся в грунте, служат для передачи нагрузки на грунт и являются собственно сваями.

Согласно [1,2,3] сваи классифицируют по различным признакам.

Классификация свай по материалу

Забивные деревянные сваи

Дерево по своим природным качествам является отличным материалом для свай, допуская погружение посредством забивки. Сваи применяются длиной от 5 до 20м, толщиной от 15 до 40 см. Длинные сваи делают сращенными из двух, реже из трех бревен. Стык бревен устраивают с деревянными или металлическими накладками и штырем по оси, причем торцы плотно упираются один в другой.

Металлические и железобетонные забивные сваи.

Металлические сваи начали применять еще в позапрошлом столетии. Первоначально появились чугунные сваи, отлитые в виде труб с особым уширением внизу. Для погружения их был изобретен способ подмыва струей воды. В наше время для свай широко применяют цельнокатаные стальные трубы двух вариантов. В одном варианте низ трубы остается открытым, труба забивается в грунт, а затем полость ее очищается от грунта и заполняется бетоном. По другому варианту труба снабжается специальным

башмаком или просто заваривается снизу в виде острия и забивается в грунт. После забивки остается лишь заполнить полость бетоном. Однако, если нагрузка на сваю незначительная, то можно оставить полость свободной

Железобетонные сваи. Впервые железобетонные сваи были применены Геннебиком в Германии в 1897 г. Они выдерживают все операции по перевозке и подъему и допускают забивку сильными ударами. В первое время железобетонным сваям придавали форму и размеры, напоминающие деревянные. В настоящее время железобетонные сваи изготавливаются квадратного или прямоугольного поперечного сечения, при котором требуется простая опалубка; прямоугольное сечение более выгодно при работе свай на изгиб. Железобетонным сваям можно придавать, вообще говоря, любые размеры.

При забивке в верхней части сваи появляются местные напряжения от ударов, а в острие и нижней части — от сопротивления грунта; эти места примерно на четверть длины сваи усиливают косвенным армированием, располагая хомуты или витки спирали на меньших расстояниях.

Песчаные (грунтовые) сваи. Изготавливают вибрационным способом в водонасыщенных грунтах с использованием инвентарной металлической трубы, снабженной лепестковым раскрывающимся наконечником. После погружения трубы до проектной отметки ее заполняют песком и затем извлекают краном при одновременном действии вибропогружателя. При этом наконечник раскрывается и уплотненный песок заполняет скважину.

Способы погружения и устройства свай

Погружение забивкой

В старину сваи погружали посредством забивки. Этим способом пользуются и в настоящее время, применяя различные машины и приспособления — от простых ручных колотушек (баб) до мощных и весьма совершенных механических копров. Средства для погружения свай все время видоизменяются, причем на смену простым машинам приходят более совершенные, сжатый воздух заменяет пар, как в свое время ручные копры были вытеснены паровыми. В позапрошлом веке применяли пороховой взрыв для подбрасывания бабы, в наше время имеются дизельные бабы и появились новые машины — вибропогружатели. Весьма эффективным способом оказалось погружение с использованием струи воды (подмыв). Этот способ, изобретенный еще в прошлом веке, был забыт, а теперь снова применяется весьма широко. При погружении посредством подмыва, сваи опускаются в грунт без ударов и сотрясений. Струя воды под давлением размывает в грунте скважину, в которую сваи погружаются под влиянием собственного веса; лишь в последний момент, вернее для последних 1,0—1,5 м погружения, требуется доливка бабой легкого веса.

Вибропогружение свай.

Наиболее эффективен при погружении свай в водонасыщенные песчаные и малосвязные грунты. При прикладывании к свае вибрационной нагрузки происходит разжижение песчаного грунта и резко уменьшаются силы трения по боковой поверхности. После прекращения вибраций силы трения пограничного слоя восстанавливаются.

Для погружения свай методом вибрации используют вибропогружатели и вибромолоты - навесное оборудование в составе вибрационных машин. Вибромолот, в отличие от вибропогружателя, ускоряет процесс погружения сваи путем приложения к свае, кроме вибрационной, еще и ударной нагрузки.

Вдавливание (задавливание) свай.

Логическим развитием методов погружения свай является метод вдавливания (задавливания) свай. Он сочетает в себе высокую скорость работы, отсутствие каких-либо ударных или вибрационных нагрузок на грунты, что позволяет производить работы в историческом центре города или на сложных грунтах. Технология не зависит от типа грунта и применяется при устройстве свайного поля на любом типе грунтов.

Пожалуй, единственным недостатком этого метода является относительно высокая стоимость оборудования, определяемая его конструктивными особенностями.

К несомненным преимуществам технологии вдавливания свай относятся: отсутствие лидерных скважин, отсутствие любых вибро и ударных нагрузок на грунт и окружающие сооружения, очень высокая скорость работы.

Забивка свай с подмывом.

При этом способе погружения свай и свай-оболочек внутри трубчатой сваи или снаружи размещают водопроводные трубы диаметром от 37 до 131 мм, через которые подается вода под давлением 0,4—2,0 МПа. В результате размыва грунта свая под действием собственной массы и массы установленного на ней молота погружается в грунт. Последние 0,5—1 м до проектной отметки свая должна погружаться без подмыва, ее добивают молотом до получения заданного отказа.

Погружение ввинчиванием (анкерные сваи)

Хотя винтовые сваи могут быть дороже железобетонных в основаниях, для районов со сложными условиями строительства основной составляющей цены является уже не стоимость материалов, а затраты на транспорт и строительно-монтажные работы. Поэтому строительство ЛЭП на винтовых сваях обойдется значительно дешевле, чем при применении традиционных способов.

Немаловажен и тот факт, что технология устройства фундаментов ЛЭП на винтовых сваях является щадящей для окружающей среды, не ухудшает экологическую обстановку. По сравнению с устройством железобетонных оснований, не требуется проводить земляные работы, что позволяет экономить на

привлечении дополнительной техники. Полностью исключаются мокрые процессы. Кроме того, винтовые сваи дают возможность производить установку опор сразу же после завинчивания, что значительно сокращает сроки строительства. Имеется возможность сооружения оснований в непосредственной близости к строениям и сооружениям.

Работы выполняются в течение несколько дней круглый год, даже в зимний период; стволы свай допускается не бетонировать; фундамент на винтовых сваях гораздо более ремонтпригоден, чем ленточный или плитный фундамент; уже использованные винтовые сваи для временных сооружений в будущем можно будет вывинтить и использовать повторно, срок службы обработанных антикором винтовых свай составляет 50 лет и более.

Сваи изготовленные в грунте (набивные).

Понятие «набивные сваи» объединяет большое число различных конструкций свай и методов их изготовления. Но для всех видов набивных свай принципиально общей является основная технологическая схема: в грунте тем или иным методом устраивают скважину, которую затем заполняют бетоном.

Если до заполнения скважины бетоном в нее опускают стальной арматурный каркас, то получается железобетонная набивная свая.

В зависимости от материала, конструкции и способов изготовления различают следующие виды набивных свай:

по материалу — бетонные, железобетонные, песко- и грунто-бетонные, песчаные, грунтовые, комбинированные с применением металлической, асбоцементной и синтетических оболочек, сборного железобетона, дерева.

Способы образования скважин следующие: механическое и вибромеханическое бурение, пробивка отверстий конусом или лидерной трубой, бурение под глинистым раствором, взрывной метод.

На практике применяют два основных способа образования скважин под набивные сваи для последующего заполнения их бетоном: бурением или пробивкой грунта. По первому способу, в зависимости от грунта, скважины бурят без укрепления стенок или с укреплением их глинистым раствором, а также под защитой обсадных труб.

Резервы повышения несущей способности свай

Технологические способы

Для повышения несущей способности буронабивных свай во многих случаях целесообразно увеличить площадь их опирания.

Рассмотрим шесть основных способов устройства уширенных пят свай: 1) различными приемами механического трамбования бетона в скважинах; 2) виброударным способом, изготовления набивных свай; 3) путем пневматического прессования ствола набивной сваи. 4) специальными разбуривающими механизмами, с помощью которых ниже забоя скважины образуется уширение диаметром значительно превышающим диаметр скважины. Образованную уширенную полость заполняют бетоном; 5) с помощью камуфлетного взрыва. В скважину опускают заряд взрывчатого вещества, затем часть ее заполняют пластичным или литым бетоном, после чего производят взрыв. Полость ниже забоя скважины, образующаяся после взрыва, тотчас заполняют бетоном, поступающим из ствола скважины; 6) с помощью электромеханического или электрогидравлического устройства, раздвигающего (раздавливающего) грунт в основании скважины.

Конструктивные способы

Сейчас разработано большое количество различных типов свай отличающихся конструктивными особенностями:

-Конические и пирамидальные сваи (отличаются повышенной удельной несущей способностью, малой материалоемкостью, простотой технологии изготовления и погружения);

-Сваи с уширением по длине (эффективность работы повышается за счет увеличения площади передачи нагрузки на грунты основания);

-Сваи с раскрывающимся наконечником (эффективность работы аналогично повышается за счет увеличения площади передачи нагрузки нижним концом сваи на грунты основания);

-Сваи с уплотненным забоем (эффективность работы повышается за счет формирования в пределах забоя уплотненного грунтового ядра и увеличения площади передачи нагрузки нижним концом сваи на грунты основания);

-Сваи продольно расчлененные, типа козловых (помимо повышенной несущей способности хорошо работают на горизонтальные нагрузки);

-Конструкции из бурозавинчивающихся и винтонабивных свай(эффективность работы повышается за счет преднапряжения околосвайного массива грунта с повышением составляющей несущей способности сваи по боковой поверхности и увеличения площади передачи нагрузки в пределах контура сваи и нижнего конца сваи).

-Буроинъекционные сваи (эффективны по технологии в условиях реконструкции).

Выводы

История развития свайных оснований начинается с эпохи неолита и продолжается на современном этапе. Технология и конструктивные особенности свайных оснований и фундаментов зависят от инженерно-геологических условий участков строительства, от особенностей возводимых объектов, от технологической оснащенности строительных организаций, от уровня технических возможностей предприятий строительной индустрии, от географического расположения строительных объектов, от удаленности объектов от транспортной сети.

Литература

1. С.А Пьянков Свайные фундаменты Учебник для строительных вузов издательство УлГТУ, Ульяновск 2007. -105с
2. СНиП 2.02.03–83. Свайные фундаменты. – М.: Стройиздат, 1986. -46с
3. Руководство по проектированию свайных фундаментов. – М.: Стройиздат, 1980. -151 с.
- 4 Берлинов М.В. Основания и фундаменты. – М.: Высшая школа, 1999. -319 с
5. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. – М.: Стройиздат, 1990. – 304с.