

УДК 624.15

ФУНДАМЕНТЫ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ◆◆◆◆ FOUNDATIONS OF HIGH-RISE BUILDINGS

Фотиева Вера Алексеевна

студент 3 курса направления «Строительство»,
Кубанский государственный технологический университет
fotievavera@gmail.com

Столбикова Ангелина Анатольевна

студент 3 курса направления «Строительство»,
Кубанский государственный технологический университет
stolbikovaaa02@mail.ru

Пахолько Валерия Ильинична

ассистент кафедры Строительных конструкций,
Кубанский государственный технологический университет
vik_valery@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме проектирования фундаментов для высотных зданий. Выделяются факторы, влияющие на выбор типа фундамента. Рассмотрены технология возведения и применение плитного и свайного фундаментов. Приводятся преимущества и особенности возведения комбинированного фундамента.

Ключевые слова: высотные здания, строительство, фундамент, основание, сваи, плитный фундамент.

Fotieva Vera Alekseevna

4rd year Student
of the direction «Construction»,
Kuban State University of Technology
fotievavera@gmail.com

Stolbikova Angelina Anatolyevna

4rd year Student
of the direction «Construction»,
Kuban State University of Technology
stolbikovaaa02@mail.ru

Pakholko Valeria Ilyinichna

Assistant at the Department
of Building Structures,
Kuban State University of Technology
vik_valery@mail.ru

Annotation. The article is devoted to the problem of designing foundations for high-rise buildings. The factors influencing the choice of the type of foundation are highlighted. The technology of erection and the use of slab and pile foundations are considered. The advantages and features of the construction of a combined foundation are given.

Keywords: high-rise buildings, construction, foundation, ground, piles, slab foundation.

Высотные здания строятся уже почти сто лет, что позволяет решить проблему устройства городского пространства.

Если безопасная эксплуатация надземной части зданий в большей степени связана с качеством материалов и человеческим фактором, то с подземной частью все сложнее. Фундаменты зданий подвергаются гораздо большему числу рисков. Предвидеть их все просто невозможно. Поэтому проектирование фундаментов высотных зданий является, самым сложным и ответственным моментом в процессе строительства.

При проектировании фундамента учитывают высоту здания и его конструктивные особенности. Дом может быть одиночной башней или целой группой зданий разной этажности. Также от высоты здания зависит величина нагрузки, передаваемой от веса конструкций на фундамент и основание. Чем выше здание, тем большие нагрузки воздействуют на основание фундамента. Общая вертикальная нагрузка может достигать колоссальных значений.

Такое давление способен выдержать далеко не всякий грунт. Поэтому инженерно-геологические изыскания – одно из важнейших подготовительных действий при подготовке проекта строительства высотных зданий. На разных отметках забираются пробы грунта для определения их состава. Чем плотнее и тверже грунт, тем лучше.

В целом строительство высотных зданий возможно на разных грунтах, от пластичных глинистых до скальных.

Величина вертикальной нагрузки на основание и характеристики грунта – два основных фактора, влияющие на выбор типа фундамента высотного здания. Однако, тщательному учёту подвергаются и другие факторы [1]:

- Наличие сейсмической активности или напряжений пород природного и техногенного происхождения в регионе строительства;
- Присутствие источников грунтовых вод, подземных рек и других подземных аномалий;
- Расположение крупных объектов капитального строительства по соседству;
- Проходящие в непосредственной близости транспортные коммуникации, тоннели метро, газо- и водопроводы, и другие объекты;

• Климатические факторы – прежде всего сезонные перепады температур, частота гроз и скорость ветра.

После анализа данных инженерных и геологических изысканий, можно приступить к выбору фундамента высотного здания.

Основные типы:

- фундамент на естественном основании;
- свайно-плитный фундамент (СПФ);
- свайные фундаменты глубокого заложения.

В первом случае применяются забивные или вдавливаемые сваи. Во втором – буровые сваи, опускные колодцы-кессоны и полые сваи из стальных труб. Последний тип фундаментов может устраиваться с выемкой грунта и без неё.

Фундамент на естественном основании (без забивки свай) подходит для строительства сравнительно невысоких зданий (до 75 м). Как правило, фундамент представлен монолитной железобетонной плитой толщиной от 1 до 2,5 метра.

В отдельных случаях, когда отсутствуют или маловероятны риски смещения грунта, возможно применение традиционных ленточных и столбчатых фундаментов. Однако плитный фундамент всё равно считается более предпочтительным. Его применяют и при возведении зданий высотой до 100–120 метров. В местах максимальных нагрузок плита снабжается рёбрами жёсткости. Как правило, это области расположения колонн и пилонов [2].

Данный вид фундамента применён в сталинских высотках, в частности, в здании МГУ. Там горизонтальная основная плита имеет коробчатое вертикальное усиление по периметру. Такая конструкция за шесть десятков лет вполне доказала свою надёжность, учитывая, что высота семи московских небоскрёбов эпохи СССР превышает 200 метров [3].

При строительстве зданий высотой до 200 метров применяются забивные и вдавливаемые сваи сечением 300 × 300 и 350 × 350 мм.

При большей высоте зданий обычно под выкапывается котлован, глубина которого зависит от количества помещений, расположенных по проекту под землёй. В этом случае стены котлована подвергаются дополнительному усилению железобетоном, которое защищает фундамент от горизонтальных нагрузок. Фундаменты глубокого заложения предусматривают применение бетонных и стальных свай диаметром до 2 метров и длиной до 83 метров. Именно такие сваи были применены при строительстве Лахта-центра на болотистых грунтах Васильевского острова.

При проходке сверхплотных и скальных грунтов применяются опускные колодцы, которые при достижении необходимой глубины заливаются бетоном, становясь обсадной трубой. Именно такую технологию применяют при строительстве сверхвысоких зданий в ОАЭ и Саудовской Аравии, где под относительно неглубоким слоем песка таятся труднопроходимые скальные породы.

Если в зоне строительства присутствуют подземные воды, используются колодцы-кессоны. Вода выдавливается из них при помощи сжатого воздуха.

Комбинированные свайно-плитные фундаменты являются наиболее сложными в плане монтажа, однако позволяют обеспечить устойчивость высотного здания в условиях разнородных грунтов. Примером может опять-таки служить здание Лахта-центр.

Суть технологии состоит в том, что оголовки свай привариваются на дне котлована к балкам бетонного ростверка. В Санкт-Петербурге он двуслойный. Нижняя плита, соединённая со сваями, служит опорой для верхней плиты, служащей непосредственной опорой задания. В результате уменьшается давящий и изгибающий момент в отношении оголовков свай. Такая же схема применена при устройстве фундаментов ряда высоток Москва-Сити.

Также при использовании свайно-плитных фундаментов следуют некоторым правилам:

- Несколько свай большой длины всегда лучше большого количества свай коротких.
- Максимальные нагрузки на сваи идут по углам и вообще по периметру здания, поэтому чем дальше от края фундамента, тем короче должна быть свая;
- Грунт под плитой должен быть переуплотнён – для этого при разработке котлована производится недобор одного–двух метров грунта, а при устройстве свай делается предварительная скважина на 10 % уже диаметра сваи. Когда свая и плита встают на место, грунт принудительно уплотняется.

Учитывая уникальность высотных зданий первой категории при строительстве, рекомендуется вести постоянный мониторинг состояния грунтов, свай, ростверка и ограждающих бетонных конструкций.

Не следует забывать, что существуют первичная и вторичная усадка грунта. Причём после того, как на фундамент и основание начнёт давить вся тяжесть двухсотметровой высоты, деформация грунта может принять критические значения.

На сегодня в мире наиболее распространена технология устройства свайного или свайно-плитного фундамента глубокого заложения с выемкой грунта и монтажом ограждения по периметру («стена в грунте»). Она обеспечивает максимальную устойчивость конструкции и надёжную гидроизоляцию цоколя и подземных помещений и фундамента в целом.

Помимо классических, прошедших проверку временем фундаментов с вертикальными сваями, появились смелые проекты, предусматривающие диагональное расположение свай. Так, изобретатель Амир Сафин в 2009 году запатентовал проект, в котором свайный фундамент представляет собой под землей гиперboloид вращения. Фундамент включает пересекающиеся сваи и ростверк. Сваи попарно, с равным шагом, соединены верхними и нижними концами таким образом, что образуют жесткую пространственную конструкцию в виде однополостного гиперboloида вращения, верхняя наибольшая окружность которого образована точками соединения верхних концов свай, которые закреплены в ростверке, а нижняя наибольшая окружность гиперboloида вращения образована точками соединения нижних концов свай. Технический результат состоит в повышении надежности конструкции фундамента, снижении материалоемкости и стоимости процесса возведения фундамента.

Литература

1. Шулятьев О.А. Фундаменты высотных зданий / О.А. Шулятьев // Вестник ПНИПУ. – 2014. – № 4. – С. 203–245.
2. СП 412.1325800.2018. Свод правил. Конструкции фундаментов высотных зданий и сооружений.
3. МГУ на Ленинских горах // Летопись Московского университета. – URL : letopis.msu.ru/content/mgu-na-leninskih-gorah (дата обращения 10.05.2023).
4. Поддубский А.В. Современные технологии строительства фундаментов в сейсмоопасных районах / А.В. Поддубский, А.Н. Леонова // В сборнике: Актуальные вопросы городского строительства, архитектуры и дизайна в курортных регионах. Материалы Третьей Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – 2016. – С. 108–110.
5. Булдыжов Ф.О., Черняк В.Е., Леонова А.Н. Сравнение фундаментов высотных зданий // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2022. – № 4. – С. 39–42.
6. Белый Д.А. Способы усиления фундаментов мелкого заложения / Д.А. Белый, А.Н. Леонова // В сборнике статей Международной научно-практической конференции: Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». – 2017. – С. 13–16.

References

1. Shulyatyev O.A. Foundations of high-rise buildings / O.A. Shulyatyev // Bulletin of PNRPU. – 2014. – № 4. – P. 203–245.
2. SP 412.1325800.2018. A set of rules. Constructions of foundations of high-rise buildings and structures.
3. Moscow State University on Lenin Hills // Chronicle of Moscow University. – URL : letopis.msu.ru/content/mgu-na-leninskih-gorah (date of the application 10.05.2023).
4. Poddubsky A.V. Modern technologies for building foundations in earthquake-prone areas / A.V. Poddubsky, A.N. Leonova // In the collection: Current issues of urban construction, architecture and design in resort regions. Materials of the Third All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists. – 2016. – P. 108–110.
5. Buldyzhov F.O., Chernyak V.E., Leonova A.N. Comparison of foundations of high-rise // Science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin). – 2022. – № 4. – P. 39–42.
6. Bely D.A. Methods of strengthening shallow foundations / D.A. Bely, A.N. Leonova // In the collection of articles of the International Scientific and Practical Conference: Environmental, engineering, economic, legal and managerial aspects of the development of construction and transport infrastructure. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University». – 2017. – P. 13–16.