

УДК 624.15:69.056.55

**ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ МОНОЛИТНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСОВ**

Викторов Валерий Васильевич,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

кандидат технических наук, доцент кафедры "Строительные конструкции".

Викторова Ольга Леонидовна,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

кандидат технических наук, доцент кафедры "Городское строительство и архитектура".

Доронина Анна Александровна

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г. Пенза,*

студент.

Аннотация

Приведено описание способов моделирования в различных расчетных программах учета совместной работы каркасов зданий и их фундаментов с основаниями.

Ключевые слова: расчет свай; моделирование свайных полей; моделирование совместной работы зданий со свайными основаниями; нагрузка на сваи; внутренние усилия в сваях.

FEATURES OF MODELING PILE FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES IN THE CALCULATION OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE FRAMES

Viktorov Valery Vasilyevich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Building Structures”.

Viktorova Olga Leonidovna,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Urban Construction and Architecture”.

Doronina Anna Alexandrovna,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

student.

Abstract

The description of modeling methods in various calculation programs for accounting for the joint work of building frames and their foundations with foundations is given.

Keywords: calculation of piles; modeling of pile fields; modeling of joint work of buildings with pile foundations; load on piles; internal forces in piles.

Все проектируемые и возводимые здания должны удовлетворять требованиям безопасности [1] и надежности [2].

Для этого проектные характеристики и параметры зданий должны быть установлены таким образом, чтобы в процессе строительства и эксплуатации здание или сооружение было безопасным для жизни и здоровья людей, животных и растений; имущества физических или юридических лиц.

Соответствие значений проектных параметров и характеристик требованиям безопасности должны быть обоснованы:

- ссылками на требования соответствующих нормативных документов

- ссылками на требования специальных технических условий.
- результатами исследований;
- расчетами или испытаниями, выполненными по сертифицированным методикам;
- моделированием сценариев возникновения природных или техногенных воздействий;
- оценкой риска возникновения природных или техногенных воздействий.

При обосновании проектных характеристик расчетами расчетные модели, расчетные схемы и основные предпосылки расчета строительных конструкций и основания должны отражать действительные условия работы здания или сооружения, отвечающие рассматриваемой расчетной ситуации.

При этом должны быть учтены особенности взаимодействия элементов строительных конструкций между собой и с основанием.

При моделировании свайных фундаментов в расчетных программах может быть использован следующий подход.

Ростверк с однорядным расположением свай моделировался стержневыми конечными элементами (тип 5 или тип 10). Ростверки с двух-трехрядным расположением свай и фундаментные плиты моделировались плоскими конечными элементами оболочек (тип 42 или тип 44). Сваи моделировались стержневыми конечными элементами (тип 5 или тип 10).

Длина конечных элементов свай принималась от горизонтальной плоскости, проходящей через середину ростверка до точки защемления сваи в грунте. Участок сваи, расположенный в теле ростверка, моделировался в виде жесткой вставки вдоль местной оси X_1 стержня сваи. Положение точки защемления сваи в грунте определялось в соответствии с [3]. Глубина точки защемления сваи в грунте зависит от размеров сваи и характеристик окружающего сваю грунта. Боковое сопротивление грунта в зависимости от сложности решаемой задачи могло не учитываться в небольшой запас прочности, либо учитывалось в соответствии с [3]. В последнем случае свая

моделировалась из нескольких конечных элементов, поскольку коэффициент постели грунта, окружающего сваи, увеличивается с ее глубиной. Для каждого конечного элемента определялся свой коэффициент постели.

Поскольку свая в грунте считается заземленной на точку заземления накладываются связи по всем направлениям, кроме вертикального направления Z .

Податливость сваи в вертикальном направлении с помощью одноузлового конечного элемента упругой связи (тип 51) с жесткостными параметрами, зависящими от характеристики грунта.

Жесткостные параметры упругого элемента сваи определялись следующим образом:

- разрабатывалась расчетная схема здания на жестком основании и со всеми нагрузками;
- определялся вес здания, получаемый в результате статического расчета;
- по результатам инженерно-геологических изысканий назначалась длина сваи;
- по назначенной длине сваи определялась ее несущая способность и допустимая нагрузка на сваю;
- принималось количество свай, как отношение веса здания к допустимой нагрузке на сваю с учетом коэффициента запаса, который в зависимости от конструктивного решения здания принимался равным 1,1-1,4;
- выполнялась расстановка свай на свайном поле;
- определялась средняя нагрузка на сваю,
- по величине средней нагрузки на сваю в соответствии с [3] определялась ее осадка;
- в зависимости от расстановки свай на свайном поле и наличия близко расположенных свай в соответствии с [3] определялась дополнительная осадка сваи;

- жесткостная характеристика конечного элемента упругой связи, моделирующего податливость сваи, определялась как отношение нагрузки, действующей на сваю к ее осадке.

Этот способ эффективен для расчета ленточных или столбчатых свайных фундаментов. Из статического расчета здания можно определить погонные нагрузки, действующие на конкретные стены или колонны и для различных стен или колонн можно задавать свои жесткостные характеристики упругих элементов связей.

Для многоэтажных зданий с фундаментной плитой после определения суммарных нагрузок от веса здания

- принималось требуемое количество свай;
- выполнялась расстановка свай на свайном поле;
- выполнялся расчет осадки методом линейно-деформируемого полупространства в соответствии с [3] и [6].
- жесткостная характеристика конечного элемента упругой связи, моделирующего податливость сваи, определялась как отношение нагрузки, действующей на сваю к ее осадке.

После расстановки свай на свайном поле и определения жесткостных характеристик сваи выполнялось моделирование свай в расчетной схеме и расчет здания. В ходе расчета определяются максимальная абсолютная осадка и крен здания (для ленточных фундаментов дополнительно определяется относительная разность осадок соседних фундаментов). Эти значения сравниваются с максимально допустимыми, приведенными в [6] и [4]. Также в ходе расчета определяются усилия, действующие в сваях. По величине этих усилий в соответствии с [5] определяется требуемое армирование свай.

Этот подход к моделированию совместной работы каркаса и основания в настоящее время является актуальным для разработки расчетных схем с помощью программ "SCAD" и "STARK". Для программы "Lira" имеется альтернативный способ моделирования свай. При этом сваи моделируются конечными элементами типа 57. Конечный элемент типа 57 – это одноузловой

элемент моделирования упругой связи. В отличие от конечного элемента типа 51, который создает упругую связь по одному направлению, конечный элемент типа 57 может создавать упругую связь по 6 направлениям. Для моделирования свайного фундамента в соответствии с алгоритмом, изложенным выше, определяют длину и количество свай для свайного поля. Затем в соответствии с расстановкой свай на свайном поле в расчетную схему вводят конечные элементы типа 57. Жесткость свайных элементов определяется в автоматизированном режиме. Для этого в программном модуле "Грунт", входящем в состав системы автоматизированного проектирования "Ли́ра", вводятся исходные данные об инженерно-геологических условиях строительной площадки. Вводится информация об имеющихся на строительной площадке грунтах об их прочностных и деформативных характеристиках. Заносится информация о месте расположения инженерно-геологических проходок (скважин), о распределении инженерно-геологических элементов в толще проходки.

На основании введенных данных программа моделирует пространственную модель простирающихся грунтов. На эту пространственную модель грунта устанавливается пространственная модель здания, вводятся исходные данные о здании, сваях, способе определения осадки здания, типах и длине свай. После этого запускается расчет, в ходе которого каждая свая моделируется набором стержневых элементов, в узловых точках которых располагаются конечные элементы упругих связей. Для каждой связи вычислены индивидуальные жесткостные характеристики в горизонтальном (X и Y) и вертикальном (Z) направлениях. Автоматизированное вычисление жесткостных характеристик свай ускоряет работу над созданием расчетной схемы проектируемого здания. В ходе выполнения расчета программа "Lira" определяет перемещения узлов, моделирующих сваи, усилия в конечных элементах, требуемое армирование свай.

Таким образом, используя приведенную выше методику, можно выполнить моделирование совместной работы каркаса здания, свайных

фундаментов и основания. Методика позволяет определить максимальные значения внутренних усилий и перемещений свай, необходимое расчетное армирование.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 30 декабря 2009 года №384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" М.: РГ Федеральный выпуск №5079, 2009.

2. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. М.: Стандартинформ, 2015.

3. СП 24.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – М.: Минстрой РФ, 2011.

4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: Минстрой РФ, 2016.

5. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М.: Минстрой РФ, 2018.

6. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М.: Минстрой РФ, 2016.