

лась примерно до 5 м. Считается, что насыпь значительно сдвинулась из-за возможного разжижения основания грунта.

Десять провинций сильно пострадали от повреждений зданий, в том числе провинции Хатай, Кахраманмараш, Газиантеп и Адьяман. В этих провинциях насчитывается около 3,9 миллиона единиц жилья, причем 40 % из них были построены до изменения норм сейсмостойкого проектирования в 2000 году.

Преобладающая конструктивная система, используемая для зданий в городских районах региона, состоит из железобетонных каркасов с симметричной планировкой этажа и неармированных каменных стен. Согласно исследованиям, в зданиях, которые были либо сильно повреждены, либо обрушились, эти несущие конструктивные элементы имели низкое качество бетона и недостаточно арматуры. Здания, соответствующие нормам и правилам, вероятно, получили повреждения, но не обрушились и не привели к смертельным исходам.

Таким образом, плохие сейсмические характеристики большинства зданий в этих двух землетрясениях связаны с несоблюдением норм сейсмостойкого проектирования Турции. Контрастные характеристики между аналогичными зданиями, которые уцелели (в основном с некоторыми повреждениями), и теми, которые разрушились, свидетельствуют о том, что соответствие проектным нормам и хорошей практике строительства может ограничить ущерб во время сильных землетрясений.

Список литературы

1 **Thippa P. K.** A case study on performance of structures during Turkey-Syria multiple earthquakes occurred on February 6, 2023 / P. K. Thippa, R. K. Tripathi, G. Bhat. – DOI:10.1088/1755-1315/1280/1/012023.

2 **Nima, M.** Observed structural bridge damage report for the 2023 Turkey-Syria earthquake / M. Nima, K. Yasuko, A. Erdal. – Doi: 10.24546/0100490313.

УДК 624.154

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СВАЙНО-ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD

К. Д. СУШКО

*Научный руководитель – С. А. Тумаков (канд. техн. наук, доцент)
Ярославский государственный технический университет,
Российская Федерация*

Исследование посвящено расчету комбинированных свайно-плитных фундаментов. Изучены подходы к аналитическому расчету комбинированных свайно-плитных фундаментов. Указаны методы моделирования комби-

нированных свайно-плитных фундаментов как конечно-элементной модели в программном комплексе SCAD для создания расчетной модели. Проанализированы полученные результаты расчета.

Выбор модели основания и фундаментов в расчетах является актуальной задачей, поскольку от их реализации зависит точность произведенных вычислений и надежность строительных объектов.

Объектом исследования является многоэтажное жилое здание с монолитным железобетонным каркасом на свайно-плитном фундаменте. Решение о выборе свайно-плитного фундамента принято на основании анализа инженерно-геологических условий, общей нагрузки на фундамент и предварительной оценки деформаций основания здания на плитном фундаменте. Плитный фундамент не прошел проверку по второй группе предельных состояний.

Исследуемое 12-этажное здание имеет прямоугольную форму в плане, размеры в осях $57,29 \times 15,21$ м, высота этажа в свету составляет 2,72 м. За абсолютную отметку нуля принят уровень чистого пола жилой комнаты. Уровень земли находится на отметке 0,600 м. Общее количество квартир составляет 110 шт. и общая жилая площадь составляет 5 978 м². Конструктивная система здания – каркасно-стенная с безбалочными перекрытиями с локальным устройством балок по этажам здания и отдельными балками в подземной автостоянке.

В ходе геологического обследования были классифицированы грунты основания, предназначенные для последующего анализа и исследований. Непосредственно под фундаментной плитой на глубине 1,5 м располагается слой суглинка, характеризующийся модулем деформации, равным 8 МПа. На большей глубине, под слоем суглинка, располагается супесь с модулем деформации 15 МПа и толщиной слоя в 3,5 м. Ещё глубже находится слой мелкозернистого песка с модулем деформации 24 МПа и общей толщиной песчаного слоя, равной 6 м.

Согласно современным правилам и стандартам в области строительного проектирования, рекомендуемое пространство между точками опор, то есть сваями, должно быть в пределах от 5 до 7 раз увеличенных размеров диаметра или же стороны, если речь идет о квадратных сваях. В результате, для нашего случая со свайноплитным основанием, определяем расположение свай на равном удалении друг от друга приблизительно в 1,8 метра. Для анализа предложенной конструкции используется специализированный программный пакет SCAD, предназначенный для комплексных расчетов в строительстве. Конструктивная схема модели, представляющая свайно-плитный фундамент, представлена на рисунке 1.

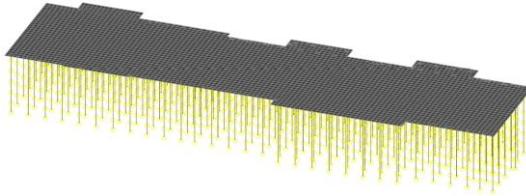


Рисунок 1 – Расчетная модель свайно-плитного фундамента

В модели расчета фундаментной плиты используются оболочечные элементы, которые опираются на грунтовое основание. Моделирование грунтового основания под плитой включает применение коэффициентов жесткости упругого основания. Сваи в модели представлены как трехмерные стержни, опирающиеся концом с моделируемым элементом упругости. Упругие связи моделируются при помощи применения конечных элементов, обозначаемых как КЭ-51. В связи с отсутствием функционала для оценки взаимного влияния свай в используемой версии программного комплекса SCAD, такой анализ проведен с помощью электронных таблиц. Жесткость связи под свайным концом по вертикальной оси z , вызванной вертикальными нагрузками N , основан на соотношении нагрузки к осадке $Rz = N / s$. Здесь N обозначает нагрузку на сваю, а s – осадку [4]. Осадка каждой конкретной сваи под номером i оценена с учетом эффекта от взаимодействия соседних свай, исходя из формулы, упомянутой в источнике [3]

$$s = \beta \frac{N_i}{G_{il}} + \sum_{j \neq i} \delta_{ij} \frac{N_j}{G_{jl}}, \quad (1)$$

где первая часть формулы – это осадка индивидуальной сваи под номером i ; δ_{ij} – это коэффициенты, зависящие между i -й и j -й сваями; $N_{i(j)}$ – величина нагрузки, прикладываемой к $i(j)$ -й свае.

Сваи по их протяженности делятся на сегменты, где в местах соединения используется имитация бокового давления почвы при помощи взаимосвязей со степенью упругости, которая рассчитывается на основе глубинного положения z и свойств грунта в соответствии с [3].

Для определения давления на грунт и деформаций основания под фундаментной плитой был применен стандартный итерационный процесс через обмен данными между аналитическим модулем SCAD и вспомогательной программой Кросс. Исходные данные для расчета жесткости элемента КЭ-51 были зафиксированы с предположением распределения нагрузки на грузовую площадь. В дальнейшем, в ходе итераций, параметры усилий в сваях корректировались в соответствии с полученными расчетными данными, что вело к переоценке параметров жесткости связующего элемента КЭ-51 в соответствующих электронных таблицах (рисунок 2).

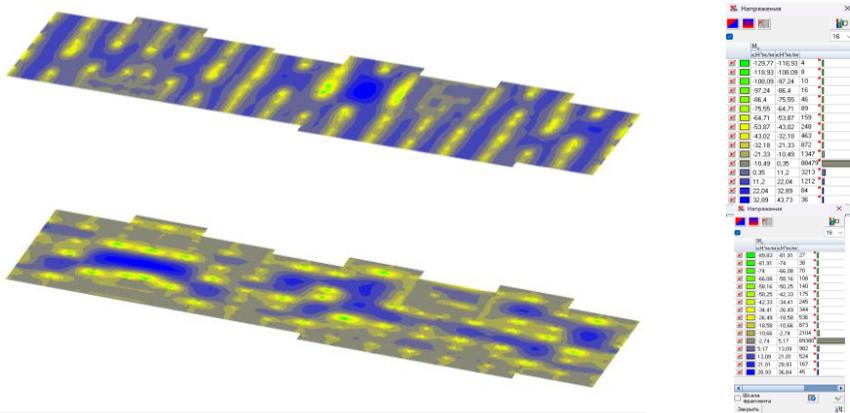


Рисунок 2 – Изополя распределения усилий M_x и M_y (соответственно) в теле плитной части фундамента

В рамках выполненного исследования осуществлена детальная оценка методик аналитического анализа свайно-плитных фундаментов в комбинированном исполнении, а также осуществлен обзор практического применения и разработка конечно-элементных моделей для изучения механизма взаимодействия между плитой, сваями и грунтом.

Для исследуемого объекта была разработана вычислительная модель на основе свайного и плитного фундамента с использованием программного обеспечения SCAD, на основе которой проведены соответствующие исследования. Итоги этих исследований послужили основой для анализа и последующих качественных оценок.

Представленный подход предоставляет возможность формирования компьютерной модели, через которую достигается точное определение усилий, напряжений и перемещений, которые происходят как в элементах свайно-плитного основания, так и в составе конструкций, расположенных выше фундамента.

Список литературы

1 **Нуждин, Л. В.** Численное моделирование свайных фундаментов в расчетно-аналитическом комплексе SCAD Office / Л. В. Нуждин, В. С. Михайлов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2018. – № 1. – С. 5–18.

2 **Агеев, А. С.** Комбинированные свайно-плитные фундаменты / А. С. Агеев, С. А. Тумаков // 74-я научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием : сб. материалов конф. : в 2 ч., Ярославль, 21 апреля 2021 года. Ч. 2. – Ярославль : ЯГТУ, 2021. – С. 484–487. – EDN YBRGFR.

3 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 : СП 24.13330.2016 : утв. приказом М-ва регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 786 и введен в действие с 20 мая 2011 г.

4 **Тумаков, С. А.** Оценка несущей способности железобетонной плиты пола цеха на армированном грунтовом основании / С. А. Тумаков, Г. Н. Голубь // Умные композиции в строительстве. – 2023. – Т. 4, № 4. – С. 8–19. – EDN FCYASA.

УКД 72.023, 693.9

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДУЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

К. С. СЫТЕНКО

*Научный руководитель – Л. В. Качемцева (канд. архитектуры, доцент)
Белгородский государственный технологический университет
им. В. Г. Шухова, Российская Федерация*

Использование модульных конструкций – одна из перспективных тенденций в архитектуре и строительстве, стремительно развивающихся на фоне современных вызовов строительных отраслей, таких как рост урбанизации, необходимость быстрого возведения зданий, уменьшение затрат и повышение экологической устойчивости. Основная идея модульных конструкций заключается в создании на заводах определенных деталей, которые можно легко комбинировать и адаптировать в зависимости от потребностей проекта, в свою очередь, это позволяет значительно сократить сроки возведения зданий, повысить качество строительства и снизить затраты на материалы и рабочую силу.

Целью данной статьи является раскрыть ключевые особенности использования модульных конструкций в архитектуре и строительстве и показать, как они влияют на мировые тенденции в данных отраслях.

При рассмотрении мирового опыта в области модульного строительства, было выявлено что данное архитектурное решение становится всё более популярным. Так, например, в Китае и странах Скандинавии данная технология широко применяется в проектировании и возведении жилых комплексов, гостиниц и офисных зданий. В Великобритании модульные конструкции используются для реализации социальных и инфраструктурных проектов, таких как больницы и школы, что позволяет сделать их высококачественными и адаптивными сооружениями.

Модульные конструкции обладают рядом преимуществ перед традиционными методами строительства, к ключевым особенностям можно отнести: