

УДК 624.15

И. Н. Кулебякин

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАЙНОГО ОСНОВАНИЯ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ ЗДАНИЙ

В статье обсуждаются проблемы моделирования свайного основания при проектировании зданий и сооружений с учетом совместной работы основания и сооружения. Предлагается методика моделирования свайного основания численными методами при помощи линейных и нелинейных одноузловых элементов. Даны рекомендации по выбору расчетной схемы ростверк-свая-грунт с учетом факторов определяющих работу свайного фундамента. На реальном примере показан подход перехода к численному моделированию свайного поля от физической модели основания. Даны рекомендации по расчету необходимых параметров модели и анализ результатов. Данная статья полезна как для студентов при выполнении дипломного проекта, так и для инженеров-проектировщиков, занимающихся расчетами и проектированием зданий и сооружений.

Ключевые слова: свайное основание, конечный элемент, жесткость элемента, расчетная схема, фундаментная плита.

В соответствии с требованиями нормативных документов (1, 2) при проектировании и расчете сооружений должна рассматриваться совместная работа сооружения и основания. Расчетная схема сооружение -основание должна выбирать с учетом влияния наиболее существенных факторов определяющих напряженно деформируемое состояние основания и сооружения. Рекомендуется учитывать пространственную работу сооружения, физическую и геометрическую нелинейную работу основания, реологические процессы в грунтах, анизотропию грунтов. Данный анализ работы сооружения и основания возможно выполнить численными методами в программных комплексах Лира, Мономах, Склад. При проектировании свайных фундаментов расчетная схема

ростверк-свая-грунт должна выбираться с учетом наиболее существенных факторов определяющих работу свайного фундамента. При моделирование свайного основания, как правило, появляются возможные неопределенности и вариативности с назначением расчетной модели. Для анализа расчетной модели и результатов расчета свайного фундамента рекомендуется проводить сопоставление с аналитическими расчетами и расчетами выполненными по другим геотехническим программам. В данной статье приводится возможный подход к моделированию свайного основания на примере проектирования восемнадцатизэтажного каркасного дома выполненного из монолитного бетона.

Современные расчетные комплексы (например Plaxis) позволяют смоделировать объемное основание с включением стержневых элементов. Но такие задачи потребуют больших вычислительных ресурсов, значительно усложнят расчеты и потребуют специальных исследований напряженно деформируемого состояния грунтов. В практике проектирования сооружений с учетом работы основания, как правило используют метод местных упругих деформаций. Такой подход к расчету сооружений при соответствующем опыте проектирования дает удовлетворительные результаты. Данный подход возможен при проектирование свайных фундаментах с использованием одноузловых элементов.

Программные комплексы Лира и Мономах позволяют смоделировать свайное основание с использованием одноузлового линейного элемента КЭ-51. Данный КЭ применяется для введения связи конечной жесткости по направлению одной из осей глобальной или локальной системы координат узла. Так например, для степени свободы Z конечный элемент позволяет смоделировать работу пружины или упругого основания.

Моделирование конструктивной нелинейности обеспечивается специальными конечными элементами односторонних связей КЭ-251, работающими только на сжатие (растяжение).

При определении параметров элемента необходимо определить и задать жесткость связи и направление в глобальной или местной системе координат. Жесткость элемента определяется допускаемой нагрузкой на сваю и перемещением. Жесткость E_F — это линейная жесткость сваи, то есть нагрузка, которая вызывает перемещение сваи и расчетная длина связи равна 1 метру. Для вычисления жесткости по несущей способности задается нагрузка на сваю и соответствующая этой нагрузке осадка сваи. Например, нагрузка на сваю 60 тс, а осадка 0,04 м. В этом случае жесткость сваи принимается равной $60 \text{ тс} / 0,04 \text{ м} = 1500 \text{ тс на } 1 \text{ м длины сваи}$.

Несущая способность сваи определяется аналитически по рекомендациям СП или полевыми методами статическими испытаниями, зондированием, динамическими испытаниями. В соответствии с СП 24.13330 наиболее надежными и достоверными считаются полевые методы, а аналитический расчет используется как ориентировочный. В практике проектирования наиболее широко используют метод статического зондирования. Количество точек зондирования назначается в зависимости от размеров здания, от категории сложности строительной площадки в пределах 15-25 м расстояния между скважинами. Глубина исследования грунтов основания зависит от сложности инженерно-геологических условий площадки, нагрузок на фундаменты и конструктивных условий здания. При нагрузках на фундамент до 300 тс. и размерами ростверка 10x10 м глубина скважин должна составлять не менее 5 м от острия сваи. С увеличением нагрузки или размеров ростверка выше указанных величин глубина скважин должна быть увеличена до 10 м. При количестве испытаний больше 6 несущая способность сваи определяется методами статистической обработки при интервале доверительной вероятности 0.95, а если количество испытаний меньше 6 то принимается наименьшее значение. Динамические испытания назначаются, как правило для контроля и подтверждения расчетных значений. Деформации сваи определяются аналитическим методом согласно СП 24.13330.2011 как для одиночной сваи. Для

каждого фундамента определяется количество свай и корректируется осадка для каждого куста в зависимости от количества свай. Для каждого куста свай определяется жесткость в зависимости от допускаемой нагрузки на сваи и их осадки.

Для иллюстрации данного подхода к моделированию свайного основания рассмотрим расчет фундамента 18-ти этажного жилого дома выполненного из монолитного бетона.

Дом_18_Бетон_свай_м150

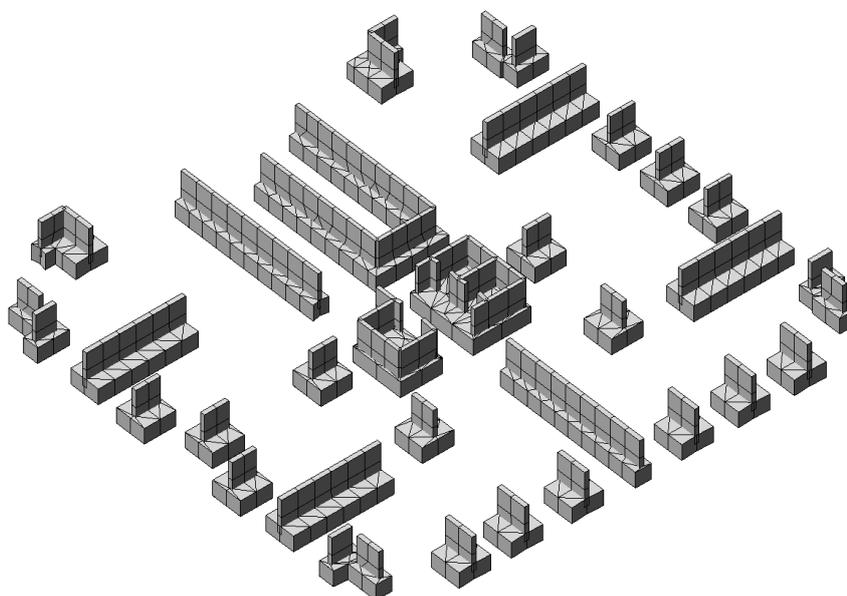


Рис. 1. Общий вид фундамента под жилое 18-ти этажное здание.

На модели здания первого этажа задаются фундаментные плиты (ростверки) свайного фундамента размеры и узлы плиты выбирается с учетом размещения свай. В монолитном варианте фундамента стыки пилонов и фундаментной плиты моделируются как жесткие и их необходимо определять как оболочки (для передачи моментов). В сборном варианте, когда стыки шарнирные элементы пилон можно задавать балкой-стенкой, а ростверк – плитой. Сваи включаются в расчетную схему только в том случае, если они находятся внутри контура фундаментной плиты, основание которой назначено как свайное.

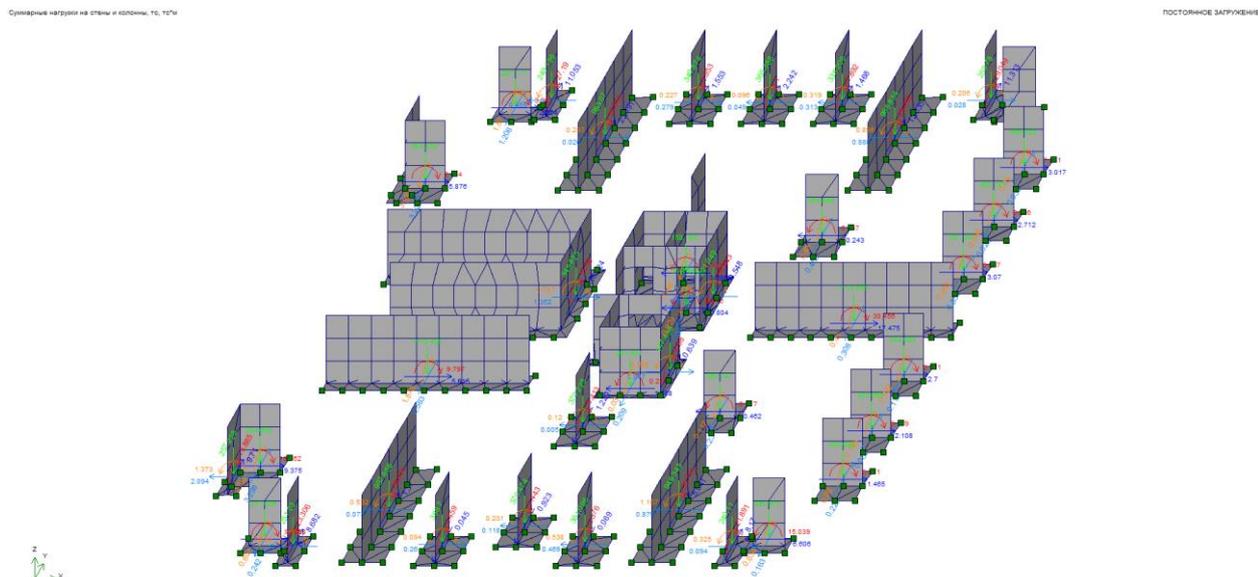


Рис. 2. Конечно-элементная модель фундамента жилого дома (выделенные узлы – сваи смоделированные КЭ-51).

Под несущими пилонами и диафрагмами жесткости сформированы фундаментные плиты (ростверки) и в узловых точках плиты сваи смоделированы одноузловыми элементами КЭ-51. Жесткость элементов определялась по материалам технического отчета по инженерно-геологическим изысканиям статистической обработкой результатов статического зондирования.

При статическом расчете здания, как правило выполняется несколько расчетных схем и при проектировании монолитных каркасных зданий для оценки деформируемости и трещинообразования в элементах каркаса проводится нелинейный расчет. Линейные одноузловые элементы КЭ-51 заменяются на физически нелинейные КЭ-251. Решение нелинейных задач проводится итерационными методами. Если на какой-либо из итераций усилие в связи стало больше (меньше) нуля, то связь на последующей итерации выключается из работы. Решение физически нелинейных задач позволяет более корректно оценить работу каркаса с учетом реальной работы бетона и трещинообразования в элементах.

Таким образом, моделирование свайного основания численными методами позволяет получить наиболее полную и достоверную работу свайного фундамента и грамотно и надежно запроектировать свайный фундамент.

Список литературы

1. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений.
2. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты.
3. Программный комплекс Лира-САПР 2013: учеб. пособие / под ред. Д. А. Городецкого. М., 2013.

КУЛЕБЯКИН Игорь Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительного производства, Вятский государственный университет. 610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

E-mail: i.kulebyakin@yandex.ru