

УДК 624.13

Денисов Сергей Дмитриевич,

студент магистратуры,
кафедра «Строительных и общепрофессиональных дисциплин»,
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
Российская Федерация, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191;

Кара Виктор Владимирович,

студент магистратуры,
кафедра «Строительных и общепрофессиональных дисциплин»,
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
Российская Федерация, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191;

Шишова Рита Гучипсовна,

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Строительных и общепрофессиональных дисциплин»,
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
Российская Федерация, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191;

Меретуков Заур Айдамирович,

доктор технических наук, профессор кафедры
«Строительных и общепрофессиональных дисциплин»,
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
Российская Федерация, 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

ОСНОВНЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА В МЕХАНИКЕ ГРУНТОВ

Аннотация. Среди численных методов расчета в механике грунтов чаще всего применяются метод конечных разностей (МКР) и метод конечных элементов (МКЭ), которыми решаются такие задачи как консолидация, ползучесть, динамика грунтов и так далее, математически моделируются поведение грунтовых массивов, взаимодействующих с сооружениями, с учетом практически всех присущих грунтам особенностей. Для обеспечения простоты и сокращения времени расчетов на ос-

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

нове этих методов разрабатываются вычислительные программы или программные комплексы, которые ориентированы на решение определенных задач.

В статье рассматриваются методы расчета с оценкой их применимости, эффективности и адекватности.

Ключевые слова: численные методы, механика грунтов, основание, фундамент, параметры, проектирование, осадка.

Универсальный характер данных расчетных комплексов позволяет решать множество задач данного класса для этого необходимо просто внести параметры конкретной задачи в исходной информации, что не требуют изменения всего алгоритма решения. Во всем этом и заключается важнейшее преимущество численных перед аналитическими решениями, каждое из которых справедливо в рамках конкретной задачи [1, с.24].

МКР ориентируется на решение задач, которые описываются уравнениями в частных производных, которые применяются для решения задач теории предельного равновесия, а сама идея метода подразумевает замену частных производных в дифференциальных уравнениях решаемой задачи отношениями разностей переменных (конечными разностями).

МКЭ – это основной метод решения огромной массы задач, которые описываются дифференциальными уравнениями и часто применяется для решения задач механики грунтов. Расчетная область разбивается на конечные элементы и может представлять собой грунтовый массив, систему типа фундамент – основание или сооружение – основание и т.п. Сами элементы представляют собой одномерные, плоские или пространственные фигуры простой формы, такие как прямолинейные или криволинейные треугольники и четырехугольники (рис. 1а).

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

Узлы или узловые точки, которые выделяются в элементах размещаются в вершинах элементов, а также могут быть расположены на сторонах и внутри элемента, а сами элементы имеют общие узлы и стороны. Расчетная среда в процессе деформации остается сплошной и непрерывной, а сама разбивка является только математическим приемом и не сопровождается механическим разделением [2, с.101]. Так как в механике грунтов исследуют практически не ограниченный в размерах грунтовых массив, который взаимодействует с сооружением, а для расчета МКР и МКЭ рассматриваются области конечных размеры, то приходится ограничивать размер рассматриваемого участка массива, но таким образом, чтобы влияние искусственно введенных границ не приводило к существенному искажению результатов решения [3, с.37].

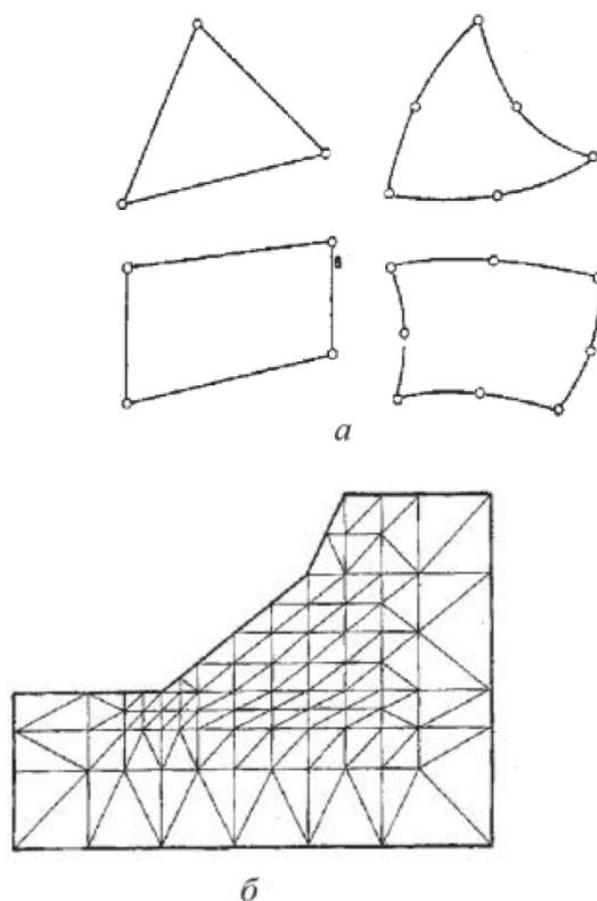


Рис. 1. Некоторые типы плоских конечных элементов (а) и пример конечно-элементной дискретизации плоской расчетной области (б)

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

Краевые задачи для неоднородных сред, характер неоднородности которых связан с наличием в расчетной области участков с различными физико-механическими свойствами материалов, так же можно решать численными методами. Точность конечных результатов зависит от качества сетки, а граничные условия назначают с учетом особенностей решаемой задачи [4, с.51].

Наиболее часто используемые расчетные модели основания:

- Модель местных упругих деформаций;
- Модель упругого полупространства;
- Модель нелинейно-деформируемого полупространства.

Модели совершенно по-разному влияют на контактные напряжения. Это можно продемонстрировать на примере (рис.2). Если на поверхность грунтового полупространства действует нагрузка по полосе, то образуется лунка оседания грунта различной формы и размеров.

На поверхности линейно-деформируемого полупространства лунка имеет пологий характер. Проявляется высокая распределительная способность массива и распространяется за пределы полосы нагружения. На поверхности нелинейно-деформируемого полупространства лунка имеет более крутой угол наклона и сравнительно-равномерное оседание в центральной части. По модели местных упругих деформаций лунка имеет прямоугольную форму, что говорит об отсутствии распределительной способности основания.

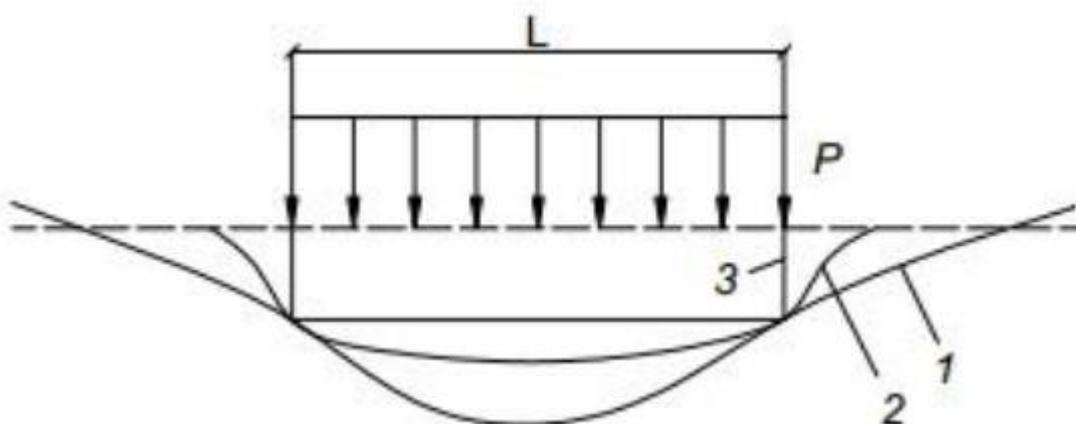


Рис.2. Характер прогиба поверхности грунта при действии полосовой нагрузки.
1- упругое полупространство; 2- нелинейно-деформируемое полупространство; 3- модель местных упругих деформаций.

Напряжения в массивах грунтов, служащих основанием для зданий, возникают как от собственного веса грунта, так и под воздействием внешних нагрузок. Для того чтобы рассчитать деформации грунтов, которые обусловлены осадками и перемещениями сооружений, а так же для расчета устойчивости грунтов и оценки прочности, необходимо знание напряжений, а так же необходимо знать реактивные напряжения, которые возникают на контакте между основанием и фундаментом для расчетов конструкций. Так как определить напряжения в массиве грунта сложно и является непростой задачей то при инженерных расчетах инженеры основываются на ряде упрощающих допущений [1, с.78].

Основная задача расчета напряжений – определить распределение напряжений на контакте подошвы фундамента конструкции и грунтового основания, определить соответствующее контактным напряжениям распределение напряжений в массиве грунта от действия нагрузки, и от собственного веса грунта (природное давление). При определении контактных напряжений важную роль имеет выбор расчетной модели основания [2, с.123].

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

Под действием собственного веса и внешних нагрузок в грунтовом массиве формируется сложное, неоднородное НДС, мерой количественной оценки НДС являются компоненты напряжений $\sigma_{ij}(x, y, z)$, деформации $\epsilon_{ij}(x, y, z)$ и перемещения в направлении x, y, z , т.е. $u(x, y, z)$, $v(x, y, z)$ и $w(x, y, z)$. Итого 15 неизвестных, и для определения этих неизвестных необходимо иметь 15 уравнений. Это – три уравнения равновесия, шесть уравнений неразрывности и шесть уравнений, связывающих компоненты напряжений и деформаций. Различают природное, начальное, промежуточное (нестабилизированное) и стабилизированное НДС массива грунта.

При расчете НДС массивов грунтов предлагается определить осадку с помощью современных конечно-элементных геотехнических программ, которые дают возможность смоделировать слоистое основание объемными конечными элементами, и далее на основании полученной осадки и давления под подошвой фундамента определить значение коэффициента постели, а также оценить НДС основания [3, с.43].

MIDAS GTS, ANSYS, PLAXIS являются наиболее известными конечно-элементными комплексами, используемыми в геотехническом моделировании, а отличаются они различной сложностью интерфейса, различными моделями грунта и возможностью моделировать сложные процессы. Конечно же, для того, чтобы заниматься численным моделированием с помощью современных программ, необходимо наличие большого опыта моделирования в сфере выбранной программы и обладать определёнными знаниями в геотехнике [2, с.223].

Для численного моделирования основания в данной работе использовался программный комплекс PLAXIS, такими грунтовыми моделями как (линейноупругая, Мора-Кулона, упрочняющегося грунта и др.).

Различные грунтовые модели используют для моделирования системы «фундамент – массив грунта», которые в зависимости от их фи-

Наука и образование XXI века: актуальные вопросы теории и практики

зико-механических свойств описывают их поведение при изменении напряженного состояния. Наиболее общие модели используют для описания поведения и стандартных грунтов (сжимаемые осадочные породы, песчаные и глинистые) и слабых грунтов (водонасыщенные глинистые, заиленные грунты) – модели Кулона-Мора и упрочняющегося грунта (Hardening Soil).

Список литературы

1. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. / З.Г. Тер-Мартirosян. – М.: АСВ, 2009. – 500 с.
2. Ухов, С.Б., Семенов, В.В., Знаменский, В.В., Тер-Мартirosян, З.Г., Сернышов, С.Н. Механика грунтов, основания и фундаменты / Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В., Тер-Мартirosян З.Г., Сернышов С.Н. – М.: АСВ, 2009. – 520 с.
3. Флорин В.А. Основы механики грунтов Т.1,2. – М.-Л.: Стройиздат, 1959.
4. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.