

Противооползневые мероприятия. Расчет устойчивости оползнеопасных склонов и откосов.

Программы "rust-51" и "krust-51"

Создание современных программных средств для расчетов оползневой опасности и устойчивости сооружений

В связи с возникающей оползневой опасностью береговых склонов в институте выполнен значительный объем работ по созданию современных программных средств для расчетов оползневой опасности и устойчивости сооружений в соответствии с требованиями действующих СНиП и других нормативных документов. Приобретенный практический опыт проектирования противооползневых мероприятий, а также выполнения расчетов оползневых склонов на городских территориях (в том числе в г. Москве), берегах водоемов, на трассах газо- и нефтепроводов позволяет нам успешно использовать его при экспертизе проектов, мониторинге оползневых территорий, проведении инженерных изысканий, выполнении расчетов и проектировании инженерной защиты.

Результаты расчетов, технические решения и стоимость противооползневых и других сооружений, взаимодействующих с грунтом, существенно зависят от применяемых программ и методов расчетов, но в еще большей степени от точности исходных данных, прежде всего расчетных параметров прочности грунтов [1].

Основные требования к расчетам устойчивости приведены в действующих нормативных документах СП 11-105-97[2], СНиП 2.02.01-83 [3], СНиП 22-02-2003 [4], СНиП 2.02.02-85[5] и ряде других.

Поиск в массиве грунта поверхности с максимальным значением разности удерживающих и сдвигающих сил является многоэкстремальной вариационной задачей, решение которой с достаточной надежностью возможно только по программам, гарантирующим нахождение глобального экстремума.

Программы "rust-51" и "krust-51"

Указанным выше требованиям удовлетворяют программы "RUST-51" и "kRUST-51", в которых реализованы общепринятые методы расчета, регламентированные рядом нормативных документов в строительстве, в частности, [5] и [6], так называемые "методы блоков" или "наклонных сил". Эти программы прошли успешную многолетнюю апробацию на тысячах расчетов, в том числе для аварийных объектов и модельных экспериментов различных исследователей [7, 8, 9], при проектировании противооползневых мероприятий, плотин, высотных зданий, набережных и пр. Так, например, ОАО "Гипроречтранс" принял участие в ряде работ по определению устойчивости портовых сооружений, откосов судоходных каналов, береговых участков подводных переходов трубопроводов (через Сев. Двину, Каму, Усть-Илимское водохранилище), а также гражданских сооружений, располагаемых вблизи склонов, потенциально оползнеопасных (например, в г. Москве и области: комплекс высотных зданий "Воробьевы горы" на склоне р. Сетунь, комплекс зданий Академии ФСБ, 17-этажного дома у глубокого оврага р. Котловки, комплекс из трех

17- и двух 14-этажных зданий на склоне р. Москвы в г. Лыткарино, комплекс АОЦ Московской области на берегу р. Москвы в Мякинино и др.).

Программа "RUST-51" решает вариационную задачу поиска наихудшей поверхности скольжения произвольной формы одним из численных методов динамического программирования, обеспечивающим достаточно точное решение многоэкстремальной задачи. При этом критерием оптимизации является разность удерживающих и сдвигающих сил.

Расчеты выполняются для геомеханических моделей, построенных на основе инженерно-геологических (геолого-литологических) разрезов. Программа RUST-51 позволяет учитывать в расчете до 30 РГЭ. Программа позволяет учесть анизотропию РГЭ, включая вызванную системой трещин в трех направлениях. Программа позволяет учесть сопротивление сдвигу до 5 рядов вертикальных свай или столько же горизонтальных армирующих элементов.

К поверхности грунта может быть приложена вертикальная равномерно-распределенная ступенчатая (до 40 ступеней) нагрузка двух типов: постоянная и временная. В массиве грунта может быть приложено до 400 наклонных сосредоточенных сил, с помощью которых можно передать на грунт ниже его поверхности нагрузки от свай, ввести в расчет, например, фильтрационное давление воды, а также вес воды, приложенный к поверхности водоупора. В случае, когда задана поверхность воды в грунте и положение водоупора, величины и направление фильтрационных сил определяются автоматически. Рассчитываемый массив грунта автоматически разделяется на вертикальные блоки (до 200).

Программа "rust-51"

Программа "RUST-51" позволяет учитывать любую реализацию сил трения и сцепления по вертикальным плоскостям (между блоками), как постоянную для всего сдвигаемого массива грунта, так и переменную вдоль поверхности скольжения. Исходные данные результаты расчета показываются в текстовом и графическом виде на мониторе ПК и выдаются на печать (в текстовом и/или графическом виде при помощи Word и ACAD). В частности, выдаются:

- поверхность, ограничивающая массив грунта, в котором получены достоверные результаты расчета;
- поверхности сдвига или поверхность с минимальным коэффициентом устойчивости;
- наинизшая равновесная поверхность в расчетном створе, что необходимо, например, для определения минимального заглубления свай или шпунтового ряда исходя из требований обеспечения общей устойчивости и пр.);
- эпюры оползневой нагрузки, эпюры активного и пассивного давления грунта на вертикальную плоскость в расчетном створе;
- таблица с условными обозначениями и параметрами прочности грунтов РГЭ и др..

Программа имеет развитую систему формального и смыслового контроля исходных данных, большое количество подсказок и др. элементов "дружественного интерфейса", существенно облегчающих работу с программой.

Программа разработана в ОАО "Гипроречтранс". Авторы программы А.М.Романов и В.Э. Даревский. В различных модификациях она используется в ОАО "Гипроречтранс" и в других организациях с 1995 г.

Расчет устойчивости на сдвиг с проверкой равновесия горизонтальных или наклонных сил является необходимым, но не достаточным, т.к. в некоторых случаях возможна потеря устойчивости в результате поворота части массива грунта в результате проскальзывания его по круглоцилиндрической поверхности (если она кинематически возможна).

Программа "krust-51"

Программа "kRUST-51" предназначена для выполнения таких расчетов. Она работает на том же массиве исходных данных, что и программа "RUST-51", но рассматривает только круглоцилиндрические поверхности скольжения, осуществляя полный перебор их с определенным шагом по горизонтали и вертикали. При этом решается многоэкстремальная вариационная задача и выявляются как глобальная, так и локальные круглоцилиндрические поверхности скольжения.

Использование указанных выше программ позволяет существенно упростить поиск рациональных технических решений по обеспечению устойчивости склонов и сооружений.

Грамотное использование программ предполагает высокую квалификацию специалистов в области механики грунтов и инженерной геологии.

ОАО "Гипроречтранс" принимает заказы на выполнение расчетов с использованием указанных программ, как в составе инженерных изысканий, так и на стадии проектирования и исследования аварийных ситуаций.

Литература

1. В.Э.Даревский, А.М.Романов. Сократить ущерб от оползней - посильная задача. / "Муниципалитет" 1-2.2002, спецвыпуск "Экология городов" №13-14, с. 54-55.
2. СП 11-105-97. Инженерные изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов.
3. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений.
4. СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. (Взамен СНиП 2.01.15-90).
5. СНиП 2.02.02-85. Основания гидротехнических сооружений.
6. Проектирование причальных набережных. Пособие к СН-РФ 54.1-85 / Гипроречтранс, М. 1991, книги 1-7.
7. Романов А.М. Даревский В.Э. Количественная оценка оползневой опасности в проектной практике. "Основания, фундаменты и механика грунтов", 1994, N5, с.9-12.
8. Романов А.М., Даревский В.Э. Программа RUST - эффективное средство выполнения расчетов устойчивости грунтовых массивов при проектировании набережных и инженерной защиты территорий. "Основания, фундаменты и механика грунтов", 1998, № 1.
9. Даревский В.Э., Романов А.М., Ткачева М.В. Автоматизированные инженерные методы расчетов общей устойчивости склонов, зданий и сооружений. "Промышленное и гражданское строительство", 2006, № 9, с 16 – 21.
10. Г.М. Шахунянц. Железнодорожный путь. М.: "Транспорт", 1969, 536 с.