

РАСЧЕТ СКЛОНОВ ОДЕССКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Гришин В.А., Дорофеев В.С., Мартынов Г.А. *(Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)*

Розглядається новий метод розрахунку схилів з врахуванням пружно-пластичних властивостей їх ґрунтів, модельованих за теорією течії зі зміцненням, при статичних навантаженнях, що діють на схил від споруд, які будуються.

В настоящее время на неблагоустроенных участках склонов Одесского побережья, которые подвержены оползневому процессам, идет их застройка. В статье рассматривается расчет одного из таких склонов, который находится в районе села Вапнярка Коминтерновского района Одесской области. Его настоящий вид показан на приведенных ниже трех рисунках. Описание Одесских склонов дано в работах [1, 2].





Требуется определить напряженно-деформированное состояние грунтового массива склона и его устойчивость от действия его собственного веса, подземных вод и дополнительной нагрузки от проектируемого жилого трехэтажного дома. Если потребуется из расчета, то необходимо предусмотреть противооползневые удерживающие сооружения.

В настоящее время при расчете склонов грунт рассматривают как сплошную несжимаемую среду, прочность которой подчиняют известному закону Кулона и может нарушаться одновременно во всех точках поверхности сдвига. Применительно к такой постановке задачи были предложены две теории, в соответствии с которыми разработаны два метода расчета устойчивости склонов: 1) метод, базирующийся на теории предельно напряженного состояния грунта, 2) метод, основанный на использовании модели отвердевшего отсека обрушения грунта. Оба эти метода не отвечают действительно наблюдаемым картинам разрушения склонов. Их критика и недостатки приведены, например, в работе [3]. Поэтому используемая здесь расчетная модель склона базируется на более совершенной теории грунтовых сред, предложенной в [4, 5].

Используемая модель позволяет учесть не только прочностные свойства грунтов, что только представляется возможным приблизительно сделать по отмеченным выше двум методам, но и дает возможность определять, что очень важно, дополнительно деформации, пластические и прочностные зоны склонов. В этой модели учитываются такие реальные свойства грунтов, как упругость, пластичность, вязкость и неоднородность, а также влияние подземных грунтовых вод. Ее описание и расчетные формулы приведены в работе [4, 5].

Расчетная схема склона по особо опасному инженерно-геологическому разрезу представлена на рисунке 1. На ней нанесены грунтовые слои, которыми являются (сверху вниз) насыпной грунт, суглинок, глина, известняки и мэотическая глина. Физико-механические свойства этих грунтов были определены по четырем скважинам. На этом рисунке крестиками также изображен горизонт подземных грунтовых вод.

Влево от верхней бровки склона на расстоянии 10 м должен быть построен 3-х этажный жилой дом с верандой. Нагрузка от дома составляет 0.1МПа, а от веранды 0.05МПа.

Расчет выполняется по двум этапам, которые соответствуют производству строительных работ:

- производится расчет от собственного веса грунта склона, после которого деформации обнуляются, но напряжения сохраняются, что соответствует действительным условиям началу строительства, и учитываются на последующем этапе расчета;

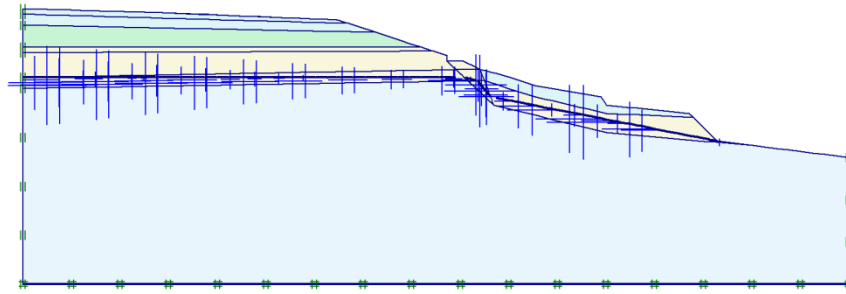


Рис. 1. Схема подземных грунтовых вод

- определяется напряженно-деформированное состояние склона от действия нагрузки от сооружаемого жилого дома с учетом ранее выполненных работ по первому этапу.

Приведем и исследуем результаты расчета склона, полученные на втором этапе. На рисунке 2 показана эпюра полных перемещений (совпадающих с направлением вектора перемещений) грунтов склона после возведения жилого дома. Справа на рисунке приведена масштабная линейка для определения перемещений в любой точке склона в метрах. Наибольшее перемещение расположено под фундаментом здания и равно 24 см. Разница перемещения между этой точкой фундамента и его левым концом составляет 3 см.

На рисунке 3 приведена эпюра полных напряжений в точках грунта склона. Величины напряжений на масштабной линейке указаны в $\text{кН}/\text{м}^2$. Наибольшие напряжения, равные $475 \text{ кН}/\text{м}^2$, расположены в левом нижнем углу грунтового массива, что вызвано в основном давлением от веса грунта. Наибольшее полное напряжение, представляющее интерес для анализа напряженного состояния склона, расположено в грунте под левым краем фундамента и равно $128 \text{ кН}/\text{м}^2$. Напряжения по наклонной грани склона не превышают $50 \text{ кН}/\text{м}^2$.

На рисунке 4 показана эпюра касательных напряжений в точках грунта склона. Их величины на наклонной грани склона не превышают величины $30 \text{ кН}/\text{м}^2$.

Образование пластических зон и зон, в которых нарушена прочность в грунтах, зависит от совокупности нормальных и касательных напряжений и соответственно от принятого вида функции нагружения или функции прочности. Исследуем эти вопросы применительно к рассматриваемой задаче, используя в качестве указанных функций условие Кулона-Мора.

Полученная из расчета схема образования пластических зон с использованием в качестве функции нагружения условия Кулона-Мора приведена на рисунке 5. Видим, что наибольшая пластическая зона образовалась в слоях известняка. В нижней части склона по кривой наметилась почти замкнутая пластическая зона, по которой возможен в будущем глобальный оползень, возникающий при увеличении нагрузки, а также возможно при изменении свойств его грунтов или при смыве морем его береговой части, которая, как видно из рисунка, находится также в пластическом состоянии.

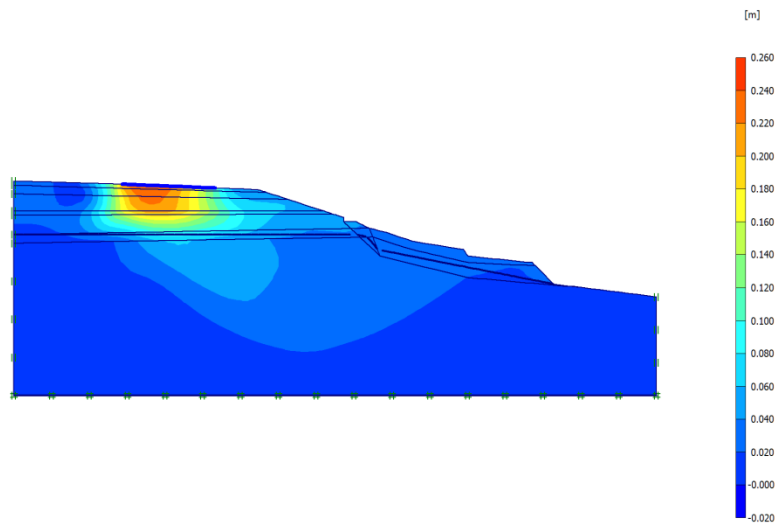


Рис. 2. Эпюра перемещений грунтов склона после выполнения второго этапа расчета

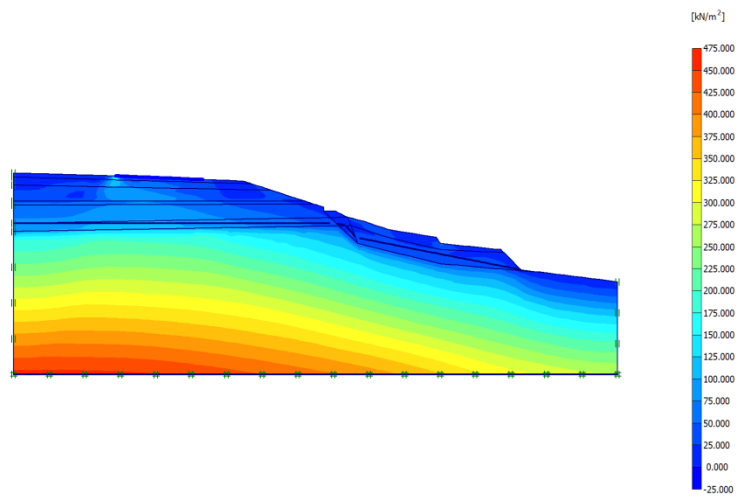


Рис. 3. Эпюра полных напряжений в грунтах склона

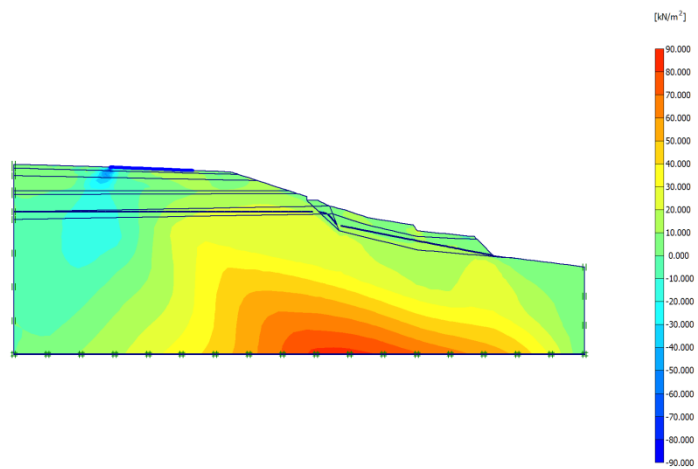


Рис. 4. Эпюра касательных напряжений в грунтах склона

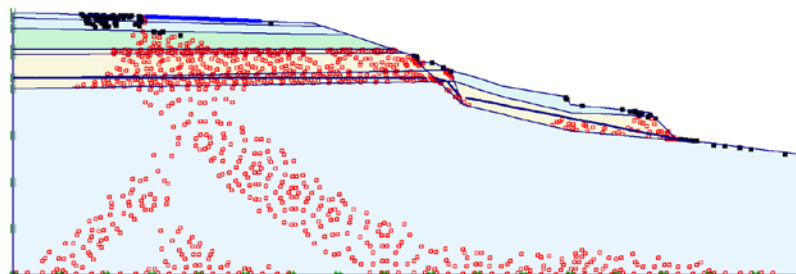


Рис. 5. Схема образования пластических зон в грунтах склона

При действии на склон только нагрузки от здания он находится в устойчивом состоянии, несмотря на возникающие значительные пластические зоны, образованные в его грунтах. При этом коэффициент надежности устойчивости склона равен $k = 1.1$. При постепенном понижении прочностных характеристик можно определить этот коэффициент надежности для ситуации, при которой образуется оползень, т. е. склон теряет устойчивость. Такая операция была выполнена при коэффициенте надежности равным $k = 0.99$. В этом случае произошло разрушение склона. Зоны нарушения прочности, возникающие в грунтах склона в момент образования оползня, показаны на рисунке 6.

Укрепление слабых известняков можно выполнить путем установки двух рядов буронабивных свай скрепленных в верхней части ростверком с подпорной железобетонной стеной как показано на рисунке 7. На нем изображены пластические зоны, возникшие от строительства жилого дома.

Из рисунка следует, что с одной стороны пластические зоны в известняке слева от усиления уменьшались, но с другой стороны они несколько увеличились справа от конструкции усиления по поверхности будущего скольжения оползня, т. е. ухудшили работу склона.

Если в этом случае путем ухудшения свойств грунтовой среды укрепленного склона привести его коэффициент надежности к величине $k = 0.99$, то на склоне образуется оползень. Схема образования зон нарушения прочности склона в момент потери его устойчивости показана на рисунке 8. Эта область имеет несколько меньший объем по сравнению с неукрепленным склоном, когда он находится в этой же ситуации.

Заключение

В заключении можно сделать следующие выводы. Строительство индивидуального жилого дома при сохранении свойств грунтов, представленных в документации заказчиком, не приведет к потери устойчивости склона. При ухудшении свойств грунтовой среды склона (коэффициент надежности равен $k = 0.99$) произойдет оползень в береговой зоне склона. Он не приведет к разрушению жилого дома. Но отмыв морем

смещенного оползнем грунта, вызовет новый глубокий оползень всего склона, который разрушит жилой дом. Для избежания этой ситуации необходимо выполнить укрепления берега от его размыва морскими волнами. Укрепление склона буронабивными сваями, скрепленными по верху ростверком с подкрепленной стеной, существенно не влияет на сохранение устойчивости склона от возможного оползня.

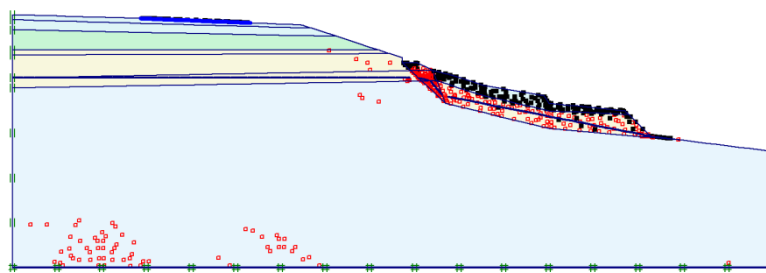


Рис. 6. Образование зон нарушения прочности в грунтах склона в момент возникновения оползня

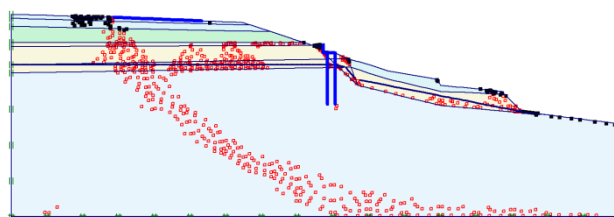


Рис. 7. Образование пластических зон в грунтах склона с учетом крепления

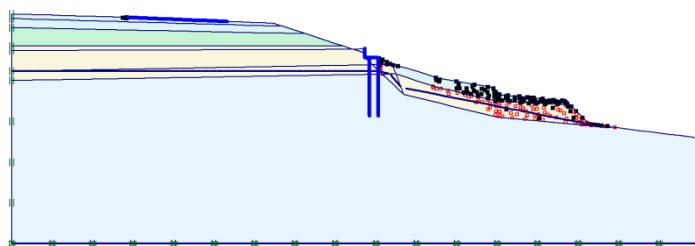


Рис. 8. Зоны нарушения прочности склона в момент потери его устойчивости

Summary

The new method in calculation of the slopes with putting into account the elastic-plastic ground characteristics is given in article.

Литература

1. Генеральная схема противооползневых мероприятий побережья гор. Одессы. – Одесса: 1940. - 193 с.
2. Труды Одесского государственного университета им. И.И.Мечникова. Материалы по изучению Одесских оползней. – Одесса: 1960. – 159 с.
3. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. – М: Стройиздат, 1977. – 320 с.
4. Гришин В.А., Дорофеев В.С. Некоторые нелинейные модели грунтовой среды. – Одесса: Внешрекламсервис, 2007. – 309 с.
5. Гришин В.А., Снисаренко В.И. Одесские склоны и оползни. – Киев: МП Леся, 2008. – 300 с.