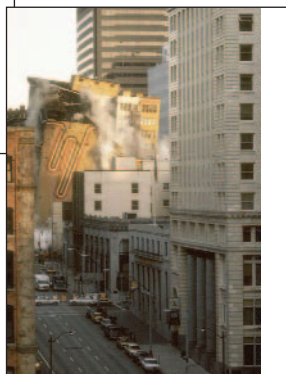


PLAXIS:

АНАЛИЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Одной из причин происходящих в мире техногенных катастроф зачастую оказываются ошибки при проектировании и возведении объектов. 2002 год продемонстрировал это в очередной раз.



В предыдущем номере журнала на ряде примеров были рассмотрены некоторые возможности программы PLAXIS, предназначенной для конечно-элементного анализа устойчивости конструкций в проектах, связанных с геотехнической инженерией¹. А одним из мотивов написания этой статьи стали последние события: обрушения зданий, катастрофические последствия наводнений. Мы рассмотрим примеры расчета и анализа возводимых конструкций на предмет возникновения аварийной ситуации и возможных путей ее предотвращения. Примеры носят схематический характер и не имеют прямой связи с реальными проектами.

Пример 1

Строительство котлована с выемкой грунта насухо и анализ взаимодействия отдельно стоящего фундамента со стенкой котлована. PLAXIS позволяет детально моделировать задачи такого типа. Кроме того, выемка

грунта насухо подразумевает расчет фильтрации грунтовых вод.

Входные данные

Котлован шириной 20 м и глубиной 7 м укреплен бетонными стенками длиной 15 м и толщиной 0,35 м. Котлован имеет симметричную форму, так что следует моделировать только одну его половину.

Размеры фундамента 3,5 × 1,5 м. Распределенная нагрузка на фундамент составляет 20 т/м. Геометрическая модель показана на рис. 1.

Рассматриваемый грунт представлен тремя слоями: мелкозернистый насыпной песчаный грунт, плотный песок и суглинок. Уровень грунтовых вод расположен на глубине 2 м от поверхности земли.

Свойства материала

Обратите внимание, что значения проницаемости интерфейса не соответствуют стандартной настройке.

¹"PLAXIS — инструмент инженера-геотехника. Примеры расчетов".

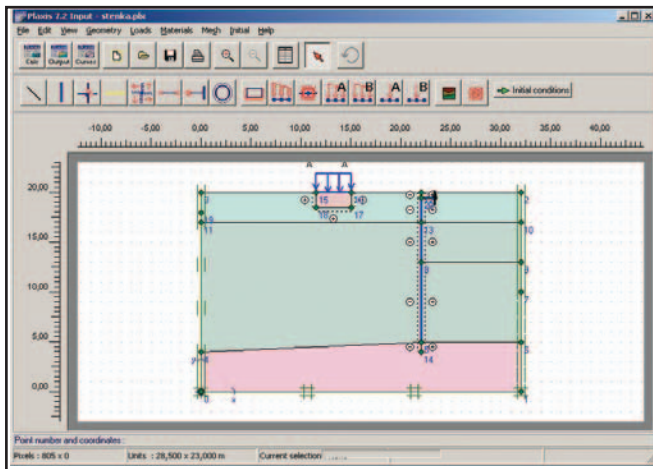


Рис. 1. Геометрическая модель

Балки, используемые для моделирования стенок, сами по себе являются полностью проницаемыми. Чтобы заблокировать фильтрацию через стенку (это необходимо для расчета уровня грунтовых вод и консолидации грунта), потребуются интерфейсы. Для блокирования потока необходимо задать параметр проницаемости интерфейса как *Impermeable* (непроницаемый). В этом случае в расчетах будет использоваться очень низкая (но не нулевая) величина проницаемости интерфейса.

Фундамент моделируется с помощью упругого непористого материала с удельным весом $\gamma = 25 \text{ кН/м}^3$. Характеристики шпунтовой стенки сведены в таблицу 1.

Таблица 1

| Номер | Наименование | Тип | EA, кН/м | EI, кНм ² /м | w, кН/м/м | nu |
|-------|------------------|---------|----------|-------------------------|-----------|------|
| 1 | Шпунтовая стенка | Elastic | 1,20E+07 | 1,20E+05 | 8,3 | 0,15 |

Расчет

Расчет осуществляется в несколько фаз:

Фаза 1 – приложение нагрузок.

Фаза 2 – активация шпунтовой стенки, деактивация (выемка) верхнего кластера котлована, фильтрационный расчет.

Фаза 3 – деактивация нижнего кластера котлована, фильтрационный расчет.

Во время расчета третьей фазы обнаружили разрушение грунта (на 82-м шагу из 112 полные перемещения составили порядка 26 сантиметров) и недопустимая осадка фундамента, поэтому было целесообразно рассмотреть способ предотвращения аварийной ситуации – строительство шпунтовой стенки с распоркой. Распорка моделируется как пружинный элемент, обязательным входным параметром для которого является нормальная жесткость.

Фаза 4 (начинается со второй фазы) – активация распорки, деактивация нижнего кластера котлована, фильтрационный расчет.

Полные максимальные перемещения на данной фазе расчета составили 5,1 см, то есть по сравнению с расчетной схемой без распорки уменьшились в пять раз (рис. 3).

Фаза 5 – определение коэффициента запаса методом снижения ϕ , c .

Коэффициент запаса равен 1,66.

Пример 2

В этом примере рассматривается аварийная ситуация подмыва фундамента трехэтажного дома. Ленточный фундамент, стены и перекрытия смоделированы с помощью элемента "балка". Характеристики элементов конструкции указаны в таблице 1. Здание стоит на песчаном грунте, уровень грунтовых вод расположен на 3 метра ниже поверхности земли. Толщина перекрытий и стен равна 0,5 м, толщина фундамента – 2 м.

Жесткостные параметры приведены в таблице 2.

Таблица 2

| Номер | Наименование | Тип | EA, кН/м | EI, кНм ² /м | w, кН/м/м | nu | d, м |
|-------|--------------------|---------|----------|-------------------------|-----------|------|------|
| 1 | Стены и перекрытия | Упругий | 1,50E+07 | 3,13E+05 | 12,5 | 0,25 | 0,5 |
| 2 | Фундамент | Упругий | 6,00E+07 | 2,00E+07 | 50 | 0,25 | 2 |

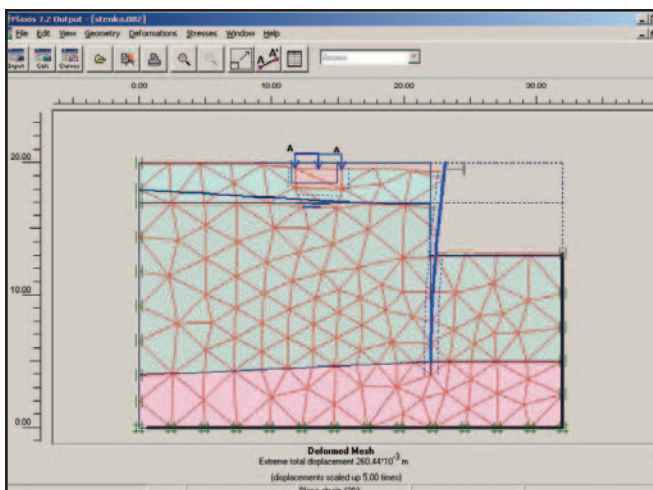


Рис. 2. Деформированная сетка

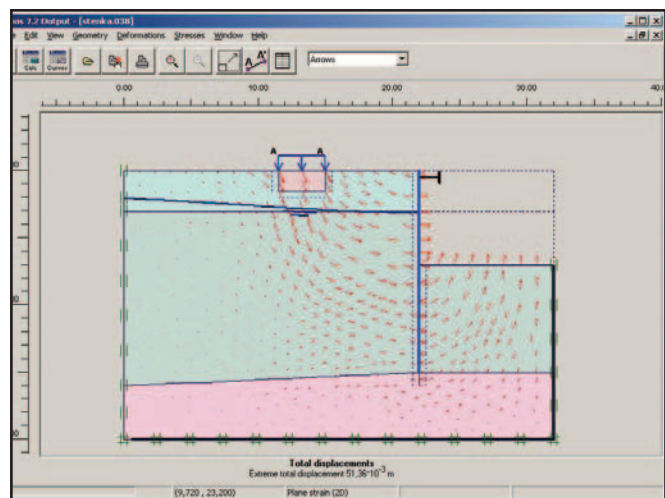


Рис. 3. Полные перемещения

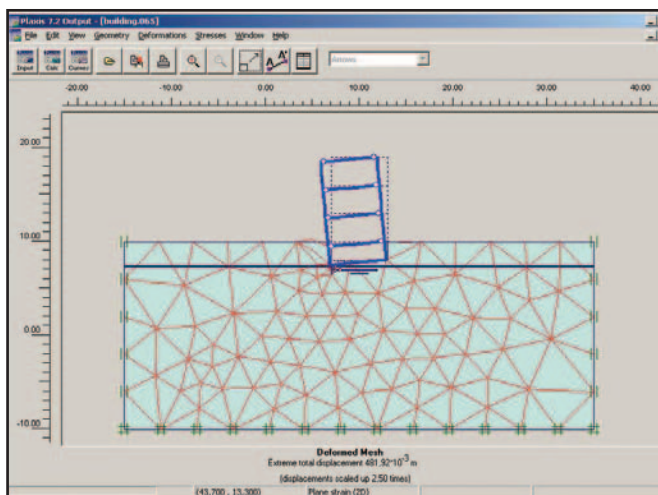


Рис. 4. Деформированная сетка в предельном состоянии

Область размыва моделируется с помощью треугольных кластеров, которые во время расчета деактивируются.

После упругопластического расчета этого сооружения с деактивированным кластером проводим расчет коэффициента запаса путем снижения ϕ , c . Деформированная сетка в предельном состоянии показана на рис. 4, коэффициент запаса при этом равен 1,004.

Так как жесткость фундамента была завышена, разрушения не произошло. Размеры треугольного кластера: 2 метра по длине фундамента, глубина — около 1,5 метров. Пролет здания 6 метров, высота этажа 3 метра. При создании анимации PLAXIS позволяет в динамике посмотреть развитие деформаций и напряжений.

Пример 3

Рассмотрим пример плотины со шпунтом. Для нас будет представлять интерес аварийный случай, при котором по каким-либо причинам разрушена целостность шпунта. Смоделирована земляная неоднородная плотина с ядром. Материал плотины и основания — песок, ядра — глина. Коэффициенты фильтрации соответственно — 1 м/с и 0,001 м/с. Геометрическая модель приведена на рис. 5.

Для фильтрационного расчета задаем граничные условия: уровень верхнего бьефа и уровень нижнего бьефа.

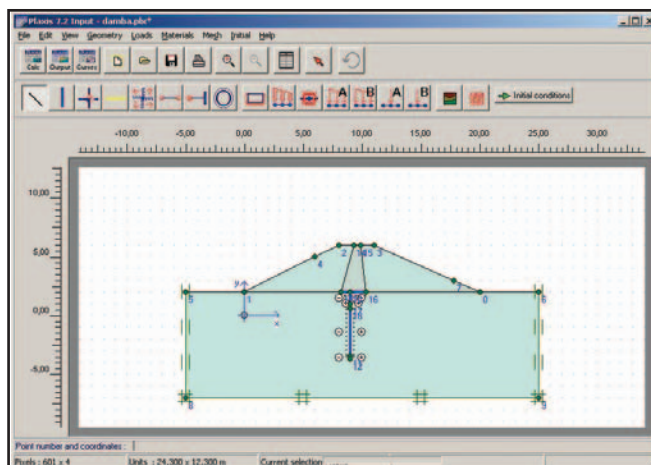


Рис. 5. Геометрическая модель

Чтобы определить шпунт как непроницаемый, вводим интерфейсные элементы по его контуру, кроме зоны разрыва шпунта (в нашем случае длина этой зоны составляет 40 см). На рис. 6 показано поле фильтрации, где стрелками обозначены векторы скоростей. Наибольших значений скорости достигают в зоне разрыва шпунта, а также в месте обтекания потока шпунтовой преграды. Линии равных напоров изображены на рис. 7.

Как уже сказано в предыдущей статье, программа PLAXIS дает возможность на стадии фильтрационного расчета посмотреть распределение давлений и скоростей в любом сечении. Таким образом можно оценить градиенты напора и как следствие определить суффозионную прочность.

PLAXIS позволяет быстро оценить аварийные ситуации и найти оптимальные пути их предотвращения. Надеемся, что эта статья откроет для специалиста-геотехника новые возможности применения программы.

Ольга Патронова

НИИ-Информатика

(Санкт-Петербург)

Тел.: (812) 370-1825

E-mail: olgap@nipinfor.spb.su

Internet: www.nipinfor.ru

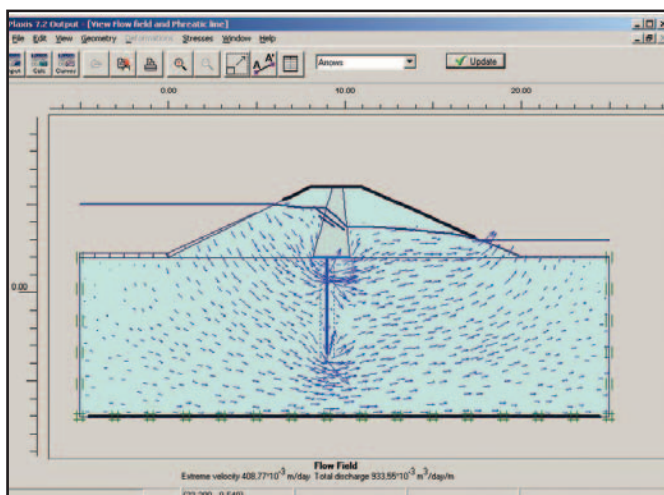


Рис. 6. Поле фильтрации

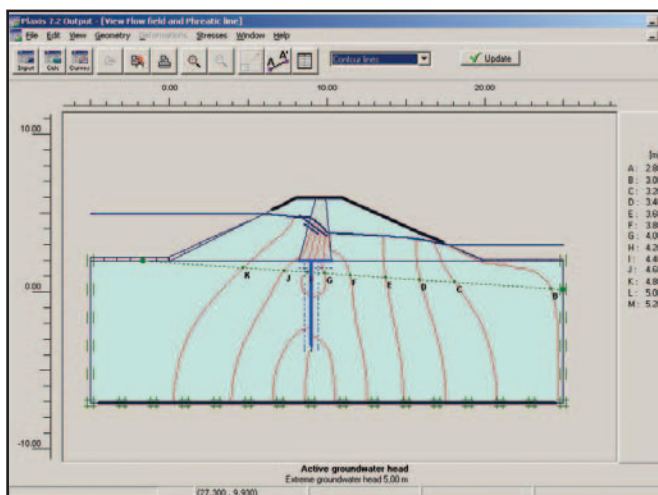


Рис. 7. Линии равных напоров