

PLAXIS –

геотехнические расчеты в дорожном строительстве

Объекты дорожного строительства являются сложными инженерными сооружениями, поведение которых в значительной степени определяется свойствами грунтов, в которых производится строительство, технологией возведения этих объектов и многими другими обстоятельствами.

Ниже на примере двух реальных объектов — набережной с дорожным полотном и железнодорожной насыпи, армируемой геотекстилем, — мы рассмотрим опыт применения программы PLAXIS при проектиро-

вании объектов дорожного строительства.

Расчет коэффициента устойчивости набережной

Расчет напряженно-деформированного состояния набережной ведется с учетом этапов строительства:

1. Устройство шпунта и бетонной banquetки.
2. Отсыпка насыпного грунта.
3. Устройство гравийной подготовки под крепления откоса набережной.
4. Забивка свай.

5. Бетонное крепление откоса.

6. Внешняя нагрузка.

Геометрическая модель представлена на рис. 1.

Моделирование конструкций

Шпунт представлен элементом плита с интерфейсами, свая — межузловой анкер. Бетонные конструкции моделируются линейно-упругим непористым материалом.

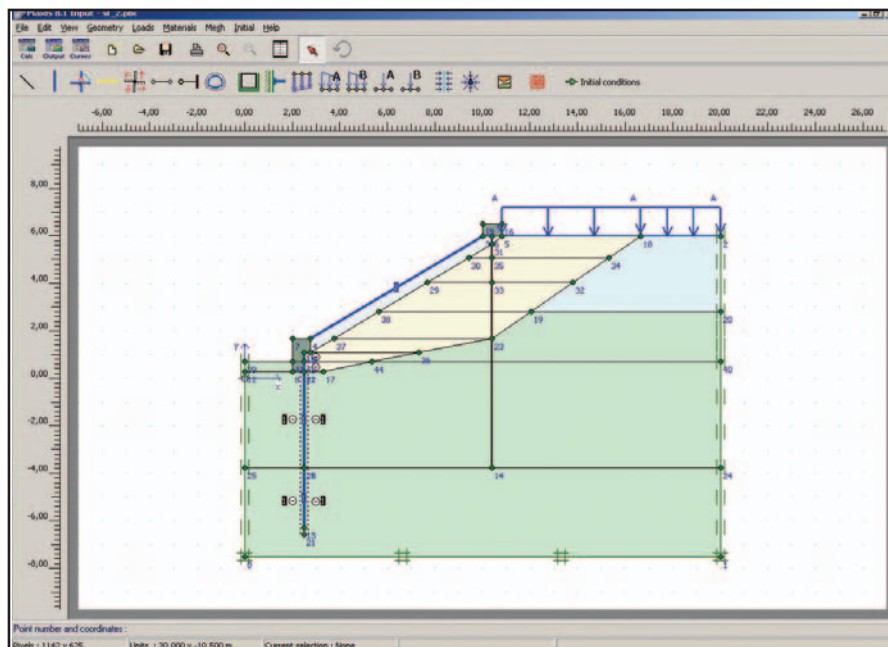
Бетонное крепление откоса представлено элементом плита.

Полезная нагрузка на дорожное полотно — 2 т/м.

На начальном этапе представлен уровень грунтовых вод на отметке 0,7 м. Генерируются активные поровые давления. Поскольку грунтовое основание не горизонтально, в данном случае не использовалась процедура K_0 для генерации начальных напряжений в грунте, а применялось гравитационное нагружение — как первый этап расчета. После этого расчета все перемещения были сброшены на ноль.

Результаты расчета после устройства бетонного основания, шпунта и отсыпки всех слоев насыпного грунта со щебнем: полные перемещения составили на этом этапе 37,6 мм; коэффициент устойчивости $k = 1,38$ (рис. 2).

Перед следующим расчетом сбрасываются перемещения, достигнутые на предыдущих этапах, так как производилась дополнительная засыпка грунта.



▲ Рис. 1. Геометрическая модель

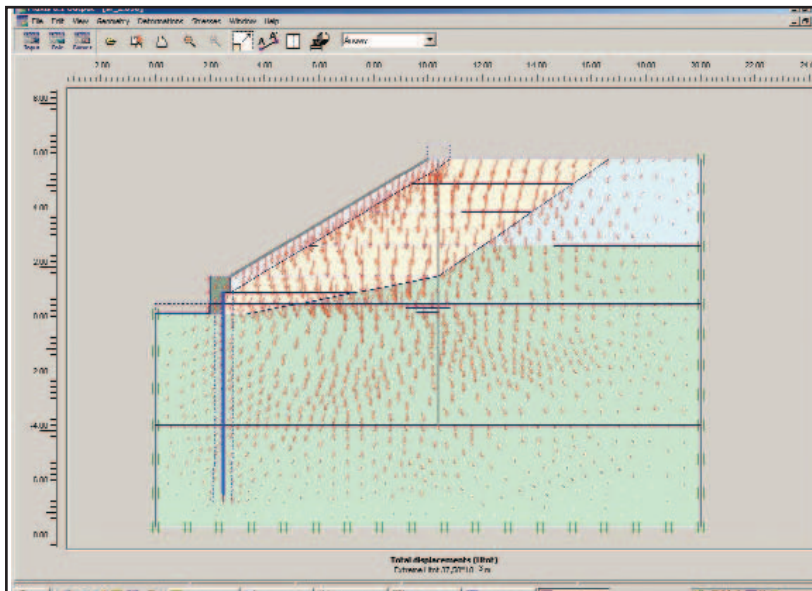


Рис. 2. Полные перемещения

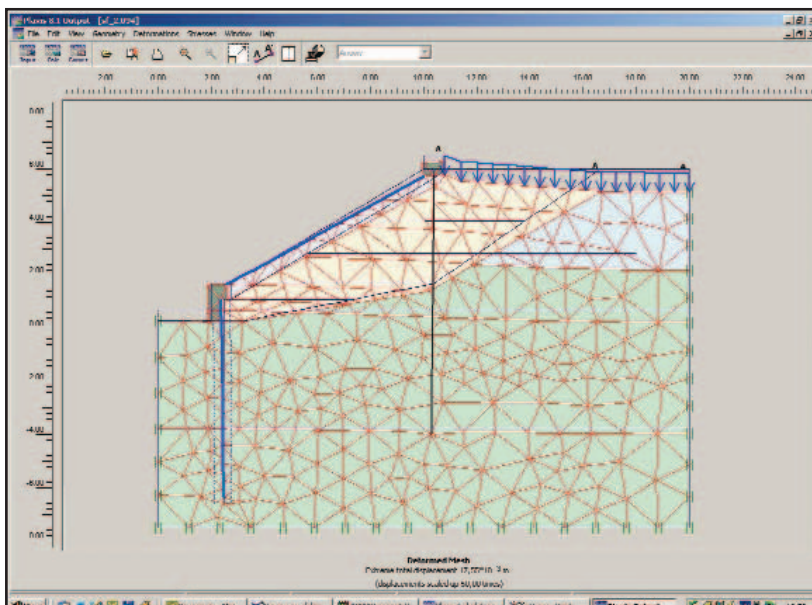


Рис. 3. Деформированная сетка после приложения нагрузки

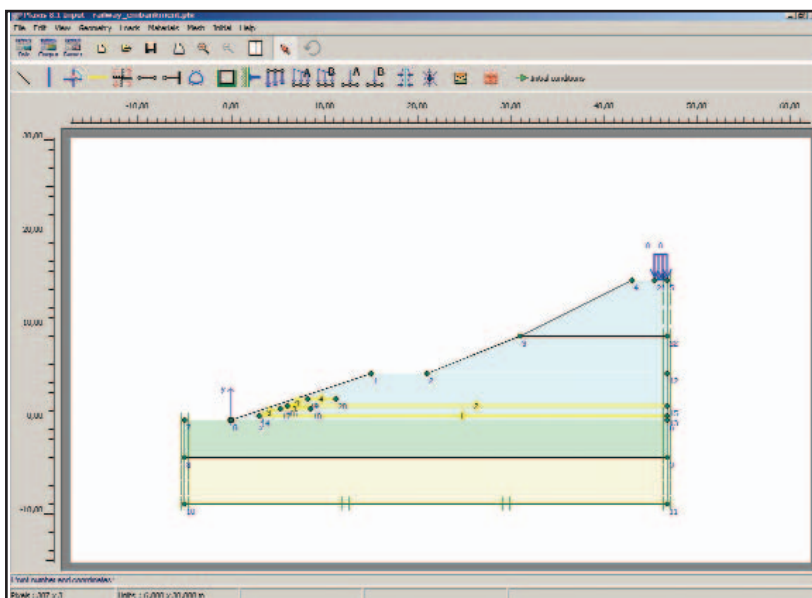


Рис. 4. Расчетная схема земляного полотна

На предпоследнем строительном этапе осуществлялось укрепление откоса при помощи бетонных монолитных плит, а также производились забивка свай и установка бетонной балки. Полезная нагрузка прикладывается на последнем расчетном этапе.

Деформированная сетка представлена на рис. 3.

С бетонным креплением откоса коэффициент устойчивости набережной составил $k = 2,13$.

Расчет напряженно-деформированного состояния железно-дорожной насыпи

Насыпь сооружается с бермами из пылеватых песков. Высота насыпи — 15 м. В основании земляного полотна залегают слабые грунты. Для обеспечения устойчивости насыпь армируется геотекстилем. Нагрузка от поездов и верхнего строения пути (рельсы, шпалы, балласт) составляет 68 кН/м. Применяется геотекстиль высокой прочности на разрыв и с малым удлинением при растяжении. В проекте принято два слоя геотекстиля: первый располагается на отметке 0,5 м выше поверхности земли, второй — на отметке 1,0 м выше первого слоя. Расчетная схема земляного полотна представлена на рис. 4.

Расчетные характеристики грунтов и материалов

Грунты насыпи — пылеватый песок

$$\begin{aligned} \gamma &= 1,96 \text{ т/м}^3 & E &= 60 \text{ МПа} \\ \varphi &= 32^\circ & \mu &= 0,28 \\ C &= 10 \text{ кПа} \end{aligned}$$

Грунты основания:

$$\begin{aligned} \text{супеси текучие} \\ \gamma &= 1,65 \text{ т/м}^3 & E &= 40 \text{ МПа} \\ \varphi &= 12^\circ & \mu &= 0,31 \\ C &= 1 \text{ кПа} \end{aligned}$$

суглинки в вечномерзлом состоянии

$$\begin{aligned} \gamma &= 1,70 \text{ т/м}^3 & E &= 6 \times 10^4 \text{ МПа} \\ \varphi &= 15^\circ & \mu &= 0,16 \\ C &= 300 \text{ кПа} \end{aligned}$$

Прочность геотекстиля на разрыв 400 кН/м, жесткостная характеристика $EA = 3,18 \text{ кН}$.

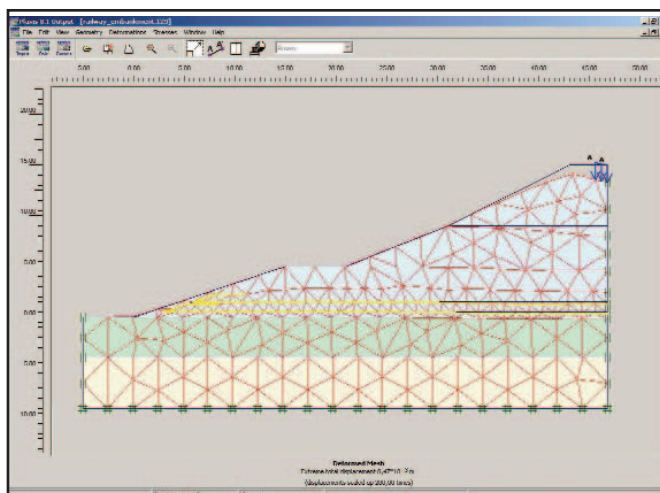


Рис. 5. Деформированная сетка (полные перемещения от внешней нагрузки)

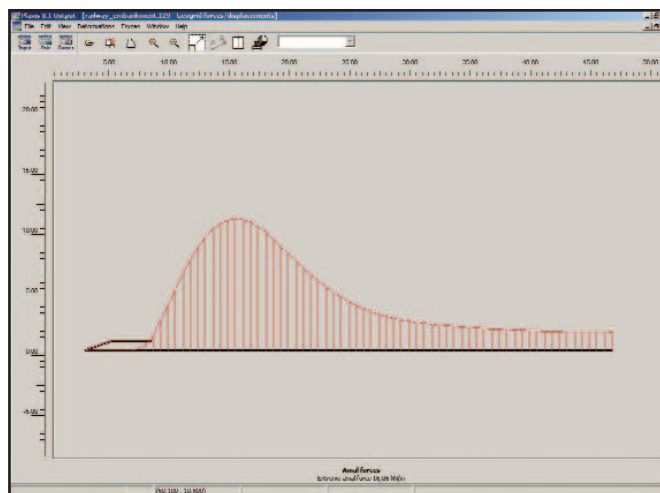


Рис. 6. Продольные усилия в геотекстиле

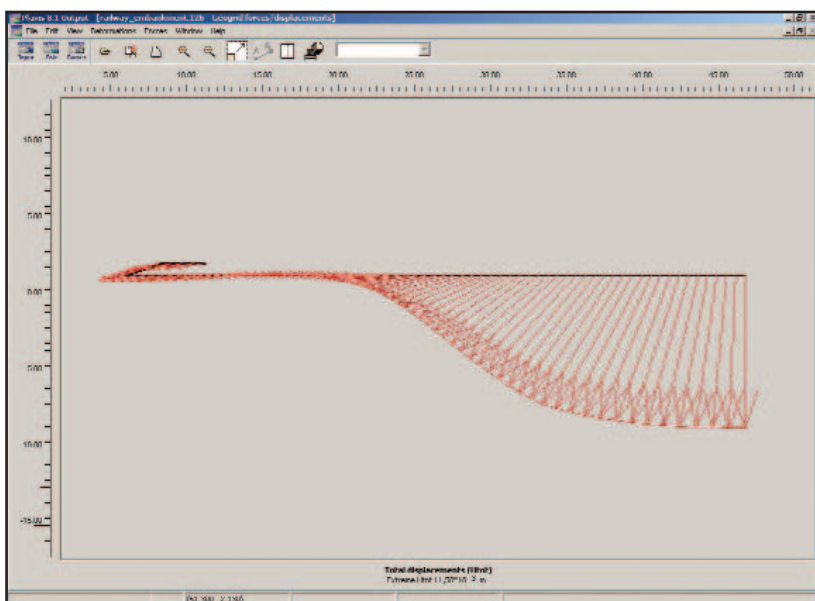


Рис. 7. Полные перемещения геотекстиля

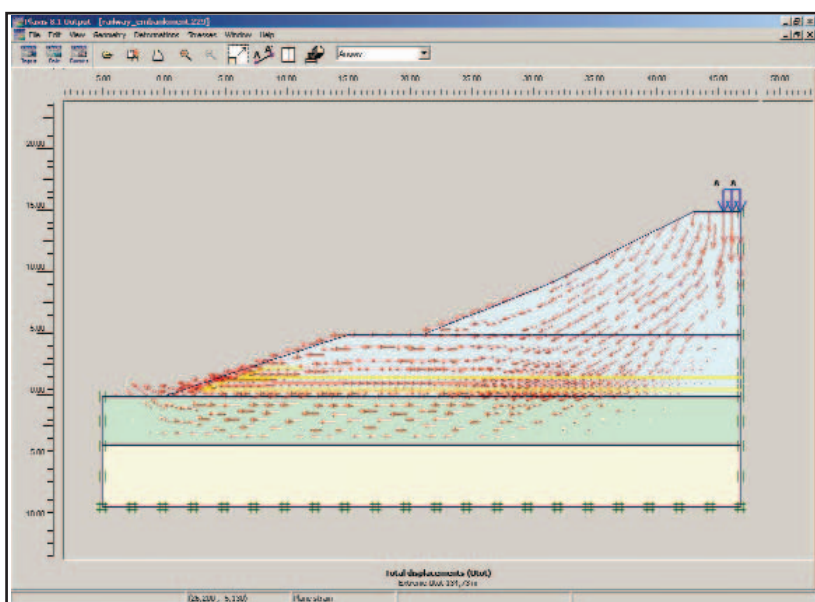


Рис. 8. Полные перемещения (расчет устойчивости)

На первом этапе расчетов генерируются начальные напряжения в грунтах основания, затем ведется отсыпка насыпи до уровня бермы и установка геотекстиля. Последующая отсыпка разбита на два этапа. Перед последним расчетным этапом (учет внешней нагрузки) все деформации сбрасываются на ноль. Деформированная сетка на последнем этапе расчетов представлена на рис. 5. Максимальное перемещение составило 8,47 мм.

Продольные усилия в верхнем геотекстиле и полные перемещения после поэтапной отсыпки насыпи до проектной отметки показаны соответственно на рис. 6 и 7.

Для данной железнодорожной насыпи был рассчитан коэффициент устойчивости по методу ϕ - c reduction: он составил 1,2. Траектории полных перемещений на стадии разрушения показаны на рис. 8.

Эти примеры наряду с теми, что были рассмотрены в предыдущих статьях (см. CADmaster № 3, 4/2002), наглядно демонстрируют, что программа PLAXIS – эффективный инструмент инженера-геотехника: она может использоваться в различных областях строительной индустрии для выполнения геотехнических расчетов и оперативного моделирования сложных геотехнических ситуаций.

Ольга Патронова
НИИ-Информатика
(Санкт-Петербург)

Тел.: (812) 118-6211, (812) 370-1825

E-mail: info@nipinfor.spb.su

Internet: <http://www.nipinfor.ru>