

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СБОРНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ АЛМАТИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Баймахан А.Р. , Кабаева Г.Д. , Сейнасинова А.А., Баймахан Р.Б.

ИГиОН НАН КР, г. Бишкек,
Академия гражданской авиации Казахстана,
ИМиМ НАН РК, г. Алмата

В статье рассматривается напряженно-деформированное состояние (НДС) массива вокруг незакрепленной выработки. С использованием критериев предельного равновесия определяются области влияния упрочнения на грунт по всему периметру выработки.

В качестве нагрузки выступает собственный вес вышележащих грунтов массива. Задача решается в плоской постановке методом конечных элементов (МКЭ). В зависимости от того, связаны ли грунты или несвязны, выбираются различные критерии устойчивости/1 /.

Размеры расчетной области Высота и ширина расчетной области составляют $H=80$ м, $L=200$ м.

Ширина, высота и радиус свода выработки соответственно равны $h=r=2,5$ м, $\ell=2,5$ м.

Физико-механические свойства слабоустойчивого грунта: модуль Юнга - $E=78$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu=0.27$, объемный вес

$\gamma \cdot 102 = 2.25$ МН/м³, угол внутреннего трения $\varphi = 38^\circ$, коэффициент сцепления - $C = 0,036$ МПа.

Аналогично значения физико-механических свойств цементационного укрепляющего материала соответственно равны: $E = 3200$ МПа, $\nu = 0.25$, $\gamma \cdot 102 = 2.5$ МН/м³, $\varphi = 35^\circ$, $C = 4.5$ МПа.

Граничные условия. Поверхность земли свободна от напряжений:

$\sigma_x = \sigma_z = \tau_{xz} = 0$. Основание имеет жесткое закрепление $u = w = 0$. На боковых гранях отсутствуют горизонтальные перемещения: $u = 0$, $w \neq 0$.

Расчетная область разбита на 418 изопараметрические восьмиузловые элементы с 1330 узлами. Количество решаемых уравнений системы составляло 3876. Напряжения вычислялись в 9 точках внутри каждого изопараметрического элемента.

Расчетная область, содержащая тоннельную выработку, имеет по основанию и высоте 60,0 м. Ось тоннеля находится на глубине $H = 30$ м. При таких размерах расчетной области выполняется условие $\sigma_z \approx \gamma H$ везде вне области концентраций напряжений (ось Z направлена вертикально вниз).

На границах области ставятся следующие условия: на основании отсутствуют вертикальные перемещения $W \approx 0$, допускаются горизонтальные перемещения $U \neq 0$; на боках $U = 0$, $W \neq 0$. Земная поверхность свободна от нагрузок $\sigma_z = 0$, $\tau_{xz} = 0$.

Условия контактного взаимодействия предполагают равенство нормальных радиальных и касательных напряжений и перемещений обнаженной поверхности тоннельной выработки и внешней поверхности выработки, т.е.

$$\sigma_r^n = \sigma_r^{ob}, \tau_{r\theta}^n = \tau_{r\theta}^{ob}, U_r^\Pi = U_r^{ob}, U_\theta^n = U_\theta^{ob}.$$

На рисунке 1 показана расчетная схема решения задачи и направления падения сейсмической волны по отношению к протяженной оси тоннеля.

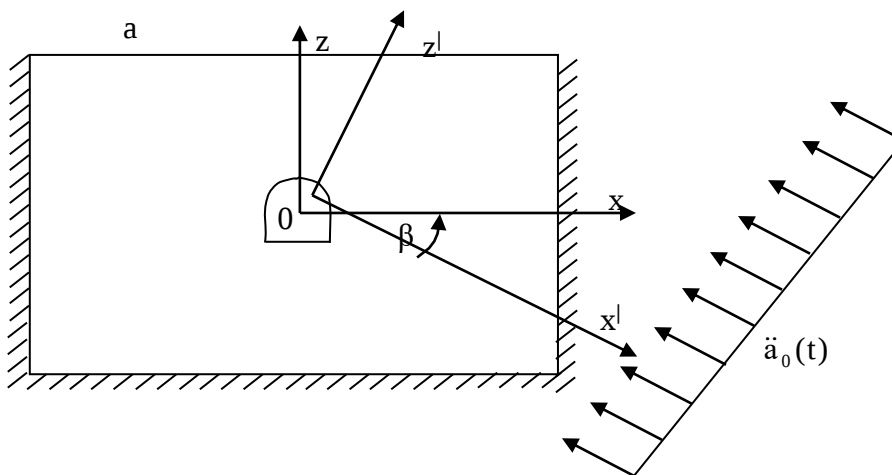


Рис. 1. Произвольное направление падения сейсмической волны к оси тоннеля.

На рисунке 2 показана конечноэлементная разбивка описанной выше расчетной области с расчетными узлами.

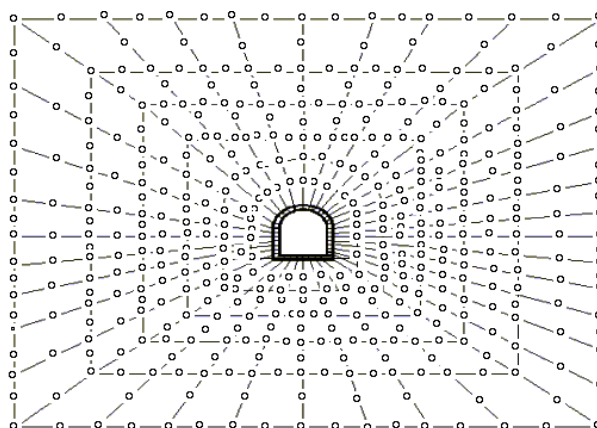


Рис. 2. Разбивка обделки тоннеля сводчатой формы и окружающей грунтовой толщи на конечные элементы

Расчеты проведены методом конечных элементов. На рисунке 3 показано эпюры сейсмических перерезывающих сил при горизонтальном падении сейсмической волны.

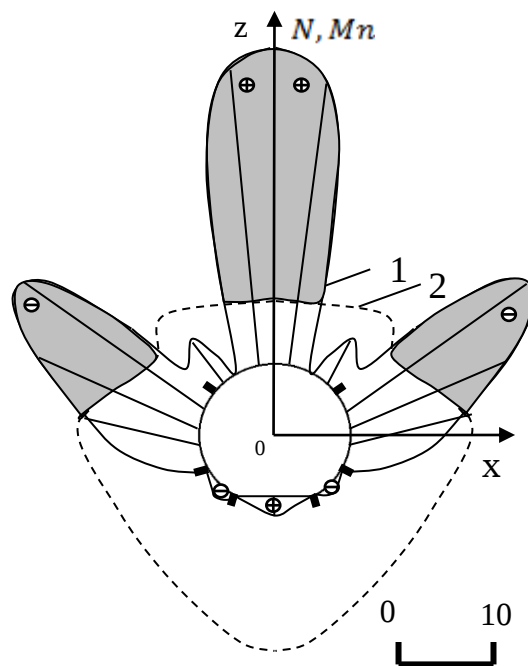


Рис. 3. Эпюры окружных продольных сил от статических и сейсмических сил и окружных напряжений (пунктирные линии) на внутреннем контуре сборной обделки.

Анализ результатов исследований показывает, что наибольшие силовые воздействия появляются в области кровли и на висячих боках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баймахан Р.Б. Расчет сейсмонапряженного состояния подземных сооружений в неоднородной толще методом конечных элементов. (под ред.акад.Ш.М. Айталиева) Алмата, 2002. –230 с.