

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ 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 Алматы

Исследуется напряженно-деформированное состояние (НДС) массива вокруг тоннельной выработки со сборной железобетонной обделкой. Эпюрами указываются наиболее уязвимые места контура на внешние силовые воздействия.

В качестве реальной конструкции взята сборная железобетонная обделка перегонного тоннеля Алматинского метрополитена (рисунок 1). Она состоит из семи сегментов. Радиусы обделки равны: внутренний $r_1 = 2,55$ м, внешний $r_2 = 2,75$. В каждом сегменте по толщине в бетоне расположены три ряда арматур с диаметрами $d_a = 0,02$ м. Общая толщина железобетонного сегмента $\delta = 0,2$ м.

Тоннель заложен на глубине $H = 27,45$ м от земной поверхности в валунно – галечниковом грунте. В качестве внешних нагрузок выступают вес налегающего массива и сейсмическое воздействие от 9-балльного землетрясения.

Раньше считалось, что территория города Алматы расположена на наклонной равнине на конусах выносов горных рек

Большой и Малой Алматинок. Сейчас она простирается на Юге до Ядерного Центра расположенного на поселка Алатау на уровне города Талгар и на Западе до горной реки Аксая. Наклонную структуру имеет не только земная поверхность, но и грунтовая толща. Тщательное изучение литологии позволяет констатировать, что внутренне пространство современных отложений местами тоже имеет наклонной и анизотропную строению.

На рисунке 1 показана строение грунтовой толщи центральной части проспекта Абая, где имеются несколько подземные станции метрополитена.

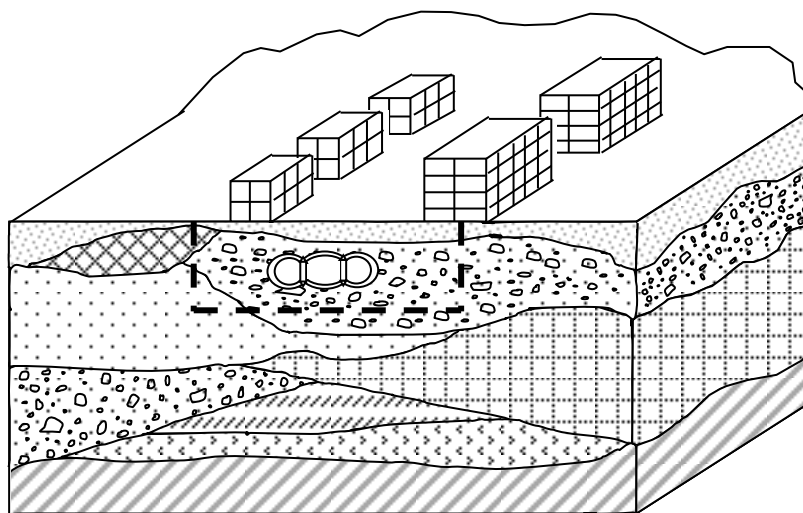


Рис. 1. Неоднородное строение грунтовой толщи центральной части города Алматы /1/.

Физико-механические свойства массива и элементов обделки заимствованы у технического отдела ОАО «Алматыметрокурылыс». Прочностные характеристики материалов взяты из работы /1/.

Задача решена методом конечных элементов (МКЭ). 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.

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

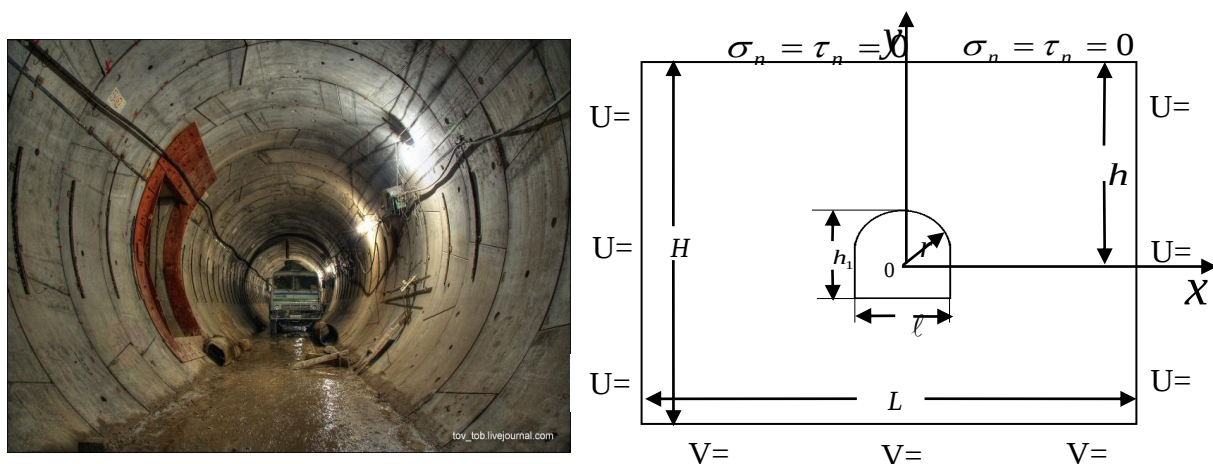


Рис. 2. Сборная железобетонная обделка тоннеля после сборки (а) и ее расчетная схема (б).

На рисунке 2 показаны эпюры сжимающих тангенциальных нормальных напряжений σ_θ контура незакрепленного тоннеля. Видно, что концентрация сжимающих напряжений заметно смещается к углам на подошве контура. Наименьшие сжимающие напряжения наблюдаются в области свода, а на подошве появляются незначительные растягивающие напряжения.

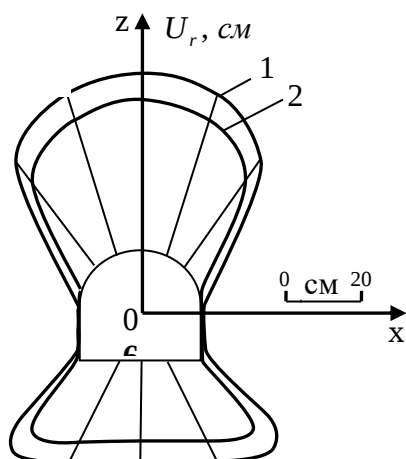


Рис. 3а. Эпюры радиальных перемещений при неупрочненном (кривая 1) и упрочненном (кривая 2) грунтах

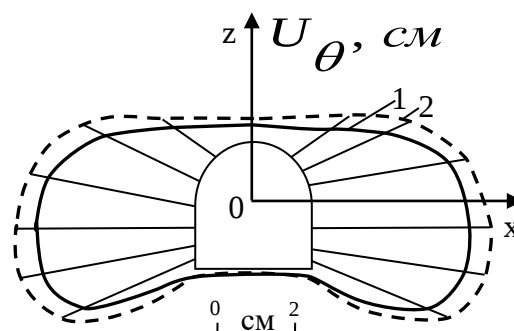


Рис. 3б. Эпюры тангенциальных перемещений при неукрепленном (кривая 1) и укрепленном (кривая 2) грунтах

Соответствующие этим случаям эпюры радиального перемещения показана на рисунке 3а. Боковые области почти не перемещаются. Перемещения свода после укрепления грунта уменьшились на 11 см. Для полноты анализа на рисунке 3б показана тангенциальные перемещения.

ЛИТЕРАТУРА

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