

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА РАСПОЛОЖЕННЫХ ДРУГ ПОД ДРУГОМ ТОННЕЛЕЙ МЕТОДОМ ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ

*Зенькевич Максим Олегович, студент 5-го курса*

*кафедры «Мосты и тоннели»*

*(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

В данной работе исследуется рациональная последовательность строительства тоннелей, расположенных друг под другом. Взяв за основу тоннель 5-й линии метро Тяньцзиня, с помощью программного обеспечения Flac3D была создана трехмерная численная модель для изучения влияния последовательностей строительства «сначала вверх, а затем вниз» и «сначала вниз, а затем вверх» на осадку поверхности, смещение пласта, радиальное напряжение и смещение футеровки. (Рис. 1).

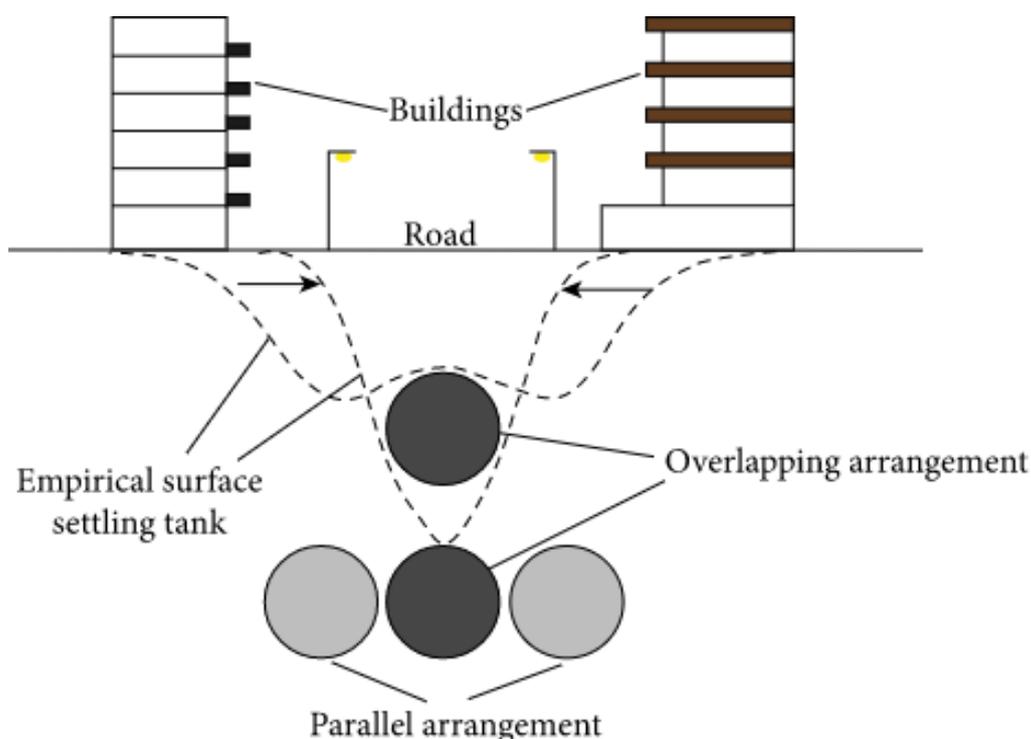


Рисунок 1 – Сравнение зон влияния разного расположения

С помощью численного моделирования (Рис. 2) изучаются закон просадки грунта, вертикальные смещения пласта, радиальное напряжение и деформация футеровки тоннеля при различных последовательностях строительства, что подтверждается данными полевых измерений.

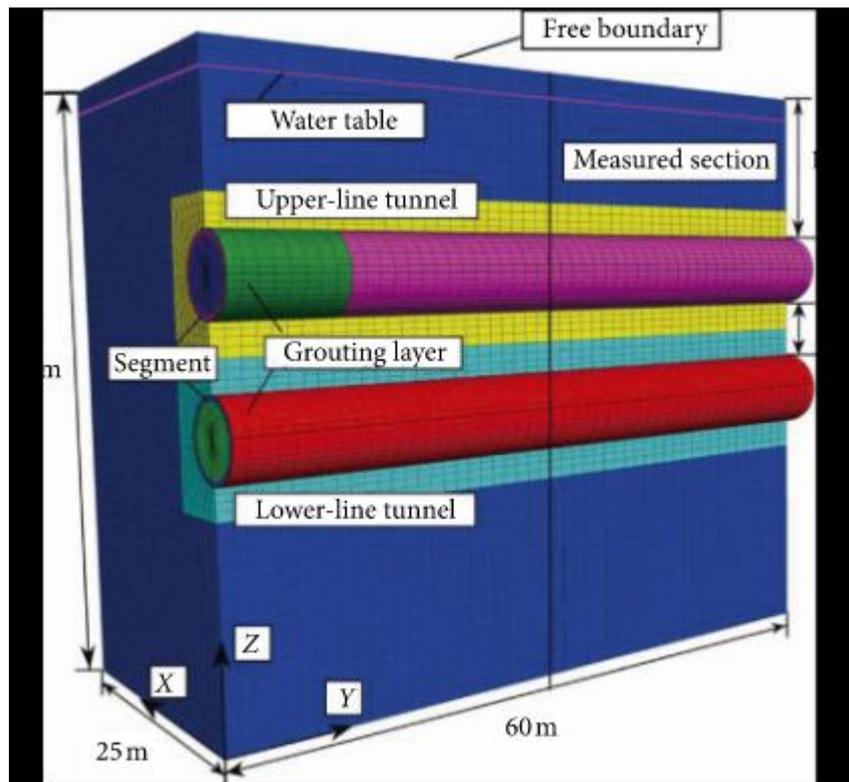


Рисунок 2 – Половина модели численного моделирования Flac3D

При последовательностях строительства «сначала вниз, а затем вверх» и «сначала вверх, а затем вниз», форма и ширина желоба окончательной просадки поверхности в основном одинаковы, а изменение максимальной совокупной просадки очень мало. Кумулятивная просадка, вызванная построением «сначала вверх, а затем вниз», на 1,8 мм больше, чем вызванная последовательностью строительства «сначала вниз, а затем вверх».

Различие между эффектами двух условий на вертикальное смещение пласта в основном происходит в среднем слое верхнего и нижнего тоннелей, слои в состояниях подъема и опускания различаются. В условиях «сначала вниз, а затем вверх», диапазон слоев в состоянии поднятия составляет примерно на  $1/3$  ниже нижней границы верхнего тоннеля, а диапазон слоев в состоянии проседания составляет примерно на  $2/3$  выше верхней границы нижнего тоннеля. При условии «сначала вверх, а затем вниз», диапазон слоев в состоянии опускания составляет примерно на  $1/3$  выше верхней границы нижнего тоннеля, а диапазон слоев в состоянии подъема составляет примерно на  $2/3$  ниже нижней границы верхнего тоннеля.

Последовательность строительства мало влияет на предельное радиальное напряжение футеровки тоннеля.

В двух рабочих условиях изменение радиального напряжения футеровки первого тоннеля, вызванное выемкой грунта во втором тоннеле, очень мало, оба

в пределах 4,2%. Таким образом, при различных условиях строительства конструкция второго тоннеля мало влияет на напряжение в облицовке первого тоннеля.

При условии «сначала вниз, а затем вверх» режим деформации футеровки первого построенного тоннеля, вызванный вторым построенным тоннелем, является в основном всплыванием вверх, а величина всплытия вверх составляет приблизительно 7,2-9,2 мм. При условии «сначала вверх, а затем вниз», режим деформации футеровки первого тоннеля, вызванный второй конструкцией, в основном представляет собой просадку, которая составляет примерно -9,1 ~ -10,4 мм.

Путем сравнения просадки поверхности, смещения пласта, радиального напряжения футеровки и смещения в двух рабочих условиях предлагается принять последовательность строительства «сначала вниз, а затем вверх», потому что это вызывает меньшую просадку поверхности и смещение футеровки.

#### Литература:

1. Д. Диас и Р. Кастнер, Движения, вызванные рытьем туннелей с использованием забойных герметичных экранов - анализ результатов мониторинга и численного моделирования // Инженерная геология, т. 152, нет. 1. С. 17–25, 2013.
2. Р. Хасанпур, Дж. Ростами и Б. Юнвер, Трехмерная конечно-разностная модель для моделирования туннелирования ТБМ с двойным экраном в сдавливающих грунтах // Туннелирование и подземные космические технологии, т. 40. 2014. С. 109–126.
3. Х. Лю, Q. Фанг, Д. Чжан и З. Ван, Поведение существующего туннеля из-за строительства нового туннеля ниже // Компьютеры и геотехника, т. 110. С. 71–81, 2019.