

文章编号:1673-9469(2012)03-0023-04

## 基坑开挖对邻近既有下卧隧道的影响分析

张建新<sup>1,2</sup>,王传庆<sup>1</sup>,栾开运<sup>1</sup>

(1. 天津城市建设学院 土木工程学院, 天津 300384; 2. 天津市软土特性与工程环境重点实验室, 天津 300384)

**摘要:**运用 ABAQUS 有限元软件,对下卧地铁上、下行线隧道顶、侧、底面的水平和竖向位移进行了三维数值模拟计算和对比分析,结果表明:基坑开挖对邻近既有下卧隧道的变形影响明显,位于基坑中部位置以下的隧道竖向位移相对较大,靠近基坑边缘位置的隧道水平位移相对较大;同一隧道顶部位置的竖向位移大于侧面和底部的位移,隧道侧面的水平位移大于顶、底部的位移;受基坑开挖卸荷的影响,隧道的自身变形表现为竖向直径增大,水平向直径减小。对位于既有隧道上方的基坑开挖要引起关注。

**关键词:** 基坑开挖;下卧隧道;模拟分析;竖向位移;水平位移

中图分类号: TG333.17

文献标识码: A

## Influence analysis of foundation pit excavation on nearby underground existing tunnels

ZHANG Jian-xin<sup>1,2</sup>, WANG Chuan-qing<sup>1</sup>, LUAN Kai-yun<sup>1</sup>

(1. College of Civil Engineering, Tianjin Institute of Urban Construction, Tianjin 300384, China; 2. Tianjin Key Laboratory of Soft Soil Characteristics and Engineering Environment, Tianjin 300384, China)

**Abstract:** The three-dimensional finite element simulation and its results of the horizontal and vertical displacement of the top, the side, the underside of metro and downlink tunnels were carried out by the ABAQUS finite element simulation analysis software. The results show that there are obvious effects of foundation pit excavation on underground existing tunnels and the vertical displacement of the tunnel locating in the central position of the foundation pit and the horizontal displacement of the tunnel locating in the edge position of the foundation pit are relatively large. What's more, the vertical displacement of the top is larger than the side and the underside of the same tunnel and the horizontal displacement of the side are larger than the top and the underside of the same tunnel. In the effect of excavation unloading, the deformation of tunnel performance that the vertical diameter increases and the horizontal diameter decreases. We should pay more attention to the foundation pit excavation locating above the existing tunnel.

**Key words:** foundation pit excavation; underground tunnel; simulation analysis; vertical displacement; horizontal displacement

基坑开挖是对开挖面以下土体的卸荷过程,不可避免地会引起坑底土体的回弹隆起<sup>[1-3]</sup>,从而使得骑跨于邻近既有隧道之上的基坑开挖施工的难度和风险度加大。王路<sup>[4]</sup>以北京地铁10号线光华路站西侧国贸三期变电站基坑开挖为背

景,研究基坑开挖对其一侧邻近既有隧道变形与应力的影响,结果表明隧道上半部有远离基坑的位移趋势,且最大位移发生在隧道拱顶部;下半部产生靠近基坑的位移趋势,且最大位移发生在隧道拱底部。本文基于 ABAQUS 软件,以天津市含

水量大、强度低和压缩性高的软土为背景,对基坑开挖引起的邻近既有下卧隧道的变形进行了三维有限元数值模拟计算,并对基坑开挖对邻近既有下卧隧道的上、下行线及其顶、侧、底面的竖向和水平位移的影响进行对比分析。

## 1 基坑施工数值模拟

### 1.1 工程概况

基坑工程位于天津市闹市区,长条形基坑尺寸为 $100\text{ m} \times 30\text{ m}$ ,开挖深度为 $8\text{ m}$ ,分两层开挖,每层开挖 $4\text{ m}$ ,采用灌注桩围护结构,桩墙深 $16\text{ m}$ ,共设两道支撑;既有隧道分上、下行线,隧道顶部埋深距地面为 $20\text{ m}$ ,隧道直径为 $6\text{ m}$ ,衬砌厚度为 $0.35\text{ m}$ ;开挖基坑位于既有隧道的上方,相对位置如图1所示。

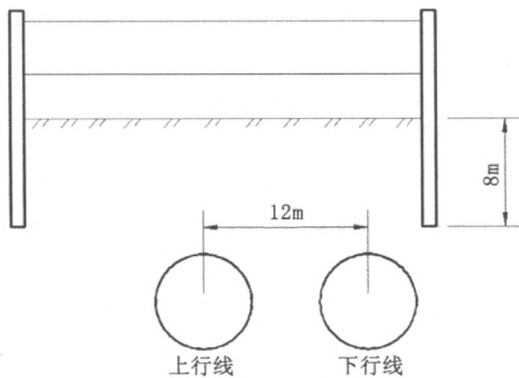


图1 隧道与基坑相对位置示意图

Fig.1 The relative position of tunnel and foundation pit

### 1.2 模型建立

模型选取 $200\text{ m} \times 100\text{ m} \times 100\text{ m}$ 的计算域,范围以 $1/2$ 基坑为研究对象。土体采用D-P本构模型;用混凝土管代替隧道衬砌,隧道与土体之间进行后注浆处理,本文将土体与隧道认为没有相对位移,简化为一个整体,即认为隧道随周围土体的变形而变化<sup>[5]</sup>。整个模型除支撑采用梁单元模拟外,其他均采用实体单元模拟。网格模型如图2所示,结构材料参数见表1,概化后的土层参数见表2。

有限元模拟过程中,基坑开挖分为3个分析步:(1)计算初始地应力;(2)加第一道支撑、开挖第一层土体;(3)加第二道支撑、开挖第二层土体。

表1 混凝土和钢支撑结构参数

Tab.1 Table of concrete and steel structural parameters

| 结构  | 密度<br>$/(kg \cdot m^{-3})$ | 弹性模量<br>$/(Mpa)$ | 截面积<br>$/(m^2)$ | 惯性距<br>$/(m^4)$ |
|-----|----------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 衬砌  | 2 500                      | 30 000           | 0.257           | 0.005 5         |
| 地连墙 | 2 500                      | 30 000           | 0.6             | 0.03            |
| 钢支撑 | 7 850                      | 300 000          | 0.016           | 0.001 2         |

表2 土体物理力学性能指标

Tab.2 Table of soil physical and mechanical properties

| 土层 | 重度<br>$/(KN \cdot m^{-3})$ | 压缩模量<br>$/(Mpa)$ | 泊松比 | 粘聚力<br>$/(kpa)$ | 内摩擦角<br>$/(^{\circ})$ |
|----|----------------------------|------------------|-----|-----------------|-----------------------|
| 1  | 1 850                      | 4.24             | 0.3 | 11.4            | 15.9                  |
| 2  | 1 960                      | 6.29             | 0.3 | 6.5             | 5                     |
| 3  | 1 950                      | 13.08            | 0.3 | 9.7             | 26.5                  |
| 4  | 2 040                      | 24.27            | 0.3 | 10              | 28.4                  |
| 5  | 2 050                      | 35.53            | 0.3 | 14              | 35                    |

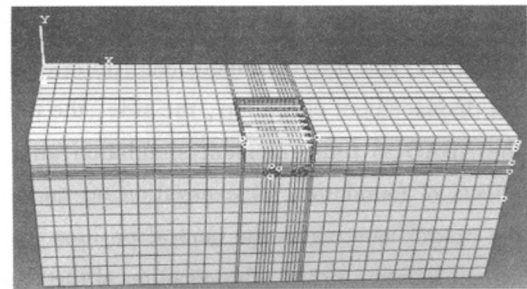


图2 基坑开挖有限元计算网格模型

Fig.2 The finite element model of excavation

## 2 数值模拟结果分析

### 2.1 隧道水平位移分析

分别在上、下行线隧道衬砌管片的顶、侧、底部面处进行布点,各点水平位移结果见表3和图3。

分析图3和表3可知,下行线隧道顶、侧、底部各点的水平位移均大于上行线各点的水平位移,分析认为隧道相对变形的大小由其周围土体竖向与水平向总应力的综合作用决定,下行线位于开挖基坑的边缘位置,墙后土体在开挖过程中产生较大的主动土压力,方向指向基坑内侧,同时受到竖向卸荷的影响,受到的综合作用力比较大,

而上行线距离基坑边缘较远,受主动土压力的影响较弱,故下行线产生的水平位移大于上行线水平位移。

上、下行线隧道侧点的水平位移均大于其他两点的水平位移,分析认为是由于基坑开挖引起坑内土体竖向卸荷比较大,水平向卸荷相对较小,隧道竖向直径伸长,水平向直径压缩,从而导致侧面产生较大的水平位移。

表3 隧道各点水平位移

Tab.3 The horizontal displacement of tunnel

| 水平位移/mm | 顶点    | 侧点    | 底点   |
|---------|-------|-------|------|
| 上行线     | 4.518 | 12.06 | 4.29 |
| 下行线     | 17.0  | 19.95 | 9.41 |

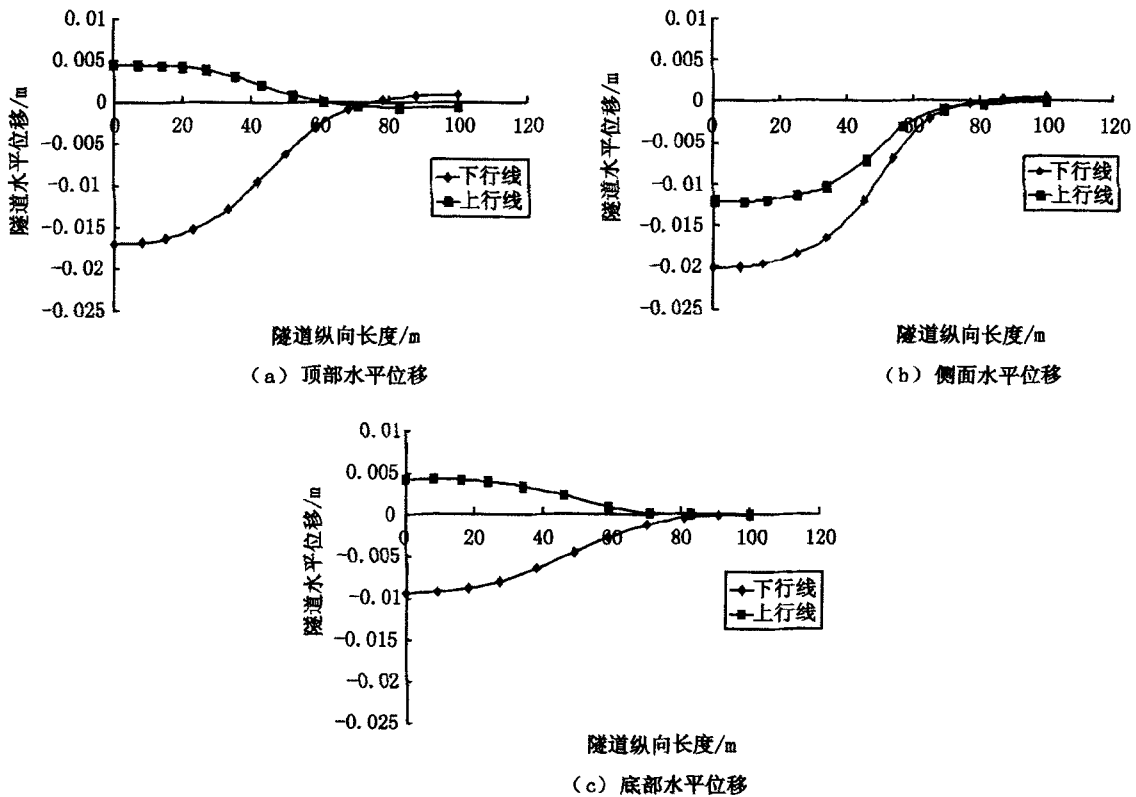


图3 上、下行线隧道的水平位移

Fig.3 Horizontal displacement of the up and down tunnels

### 2.2 隧道竖向位移分析

下卧隧道在基坑开挖之前处于受压状态,在基坑开挖范围内,隧道所受压力随着基坑的开挖而逐渐减小<sup>[6]</sup>。在隧道衬砌管片的顶、侧、底面处布点监测,各测点的竖向位移计算结果见图4和表4。

分析图4和表4可知,上行线隧道的顶、侧、底部竖向位移均大于下行线各点的竖向位移,认为是由于土体开挖,基坑开挖面以上土体产生的自重应力被释放,导致基底土产生卸荷回弹,以及基坑开挖后围护结构在其后土体主动作用力下向

基坑内侧变位,被动区土体处于类似于三轴拉伸的状态,由此产生被动区土体的三轴拉伸剪切变形,造成坑底隆起,而接近基坑坑底中部位置区域的隆起量最大。上行线正好处于接近于坑底中部位置下方,而下行线位于基坑边缘位置,距离基坑底中部较远,故上行线的竖向位移大于下行线的竖向位移。

表4 隧道各点竖向位移

Tab.4 The vertical displacement of tunnel

| 竖向位移/mm | 顶点     | 侧点     | 底点     |
|---------|--------|--------|--------|
| 上行线     | 19.504 | 14.328 | 10.629 |
| 下行线     | 16.293 | 10.555 | 9.517  |

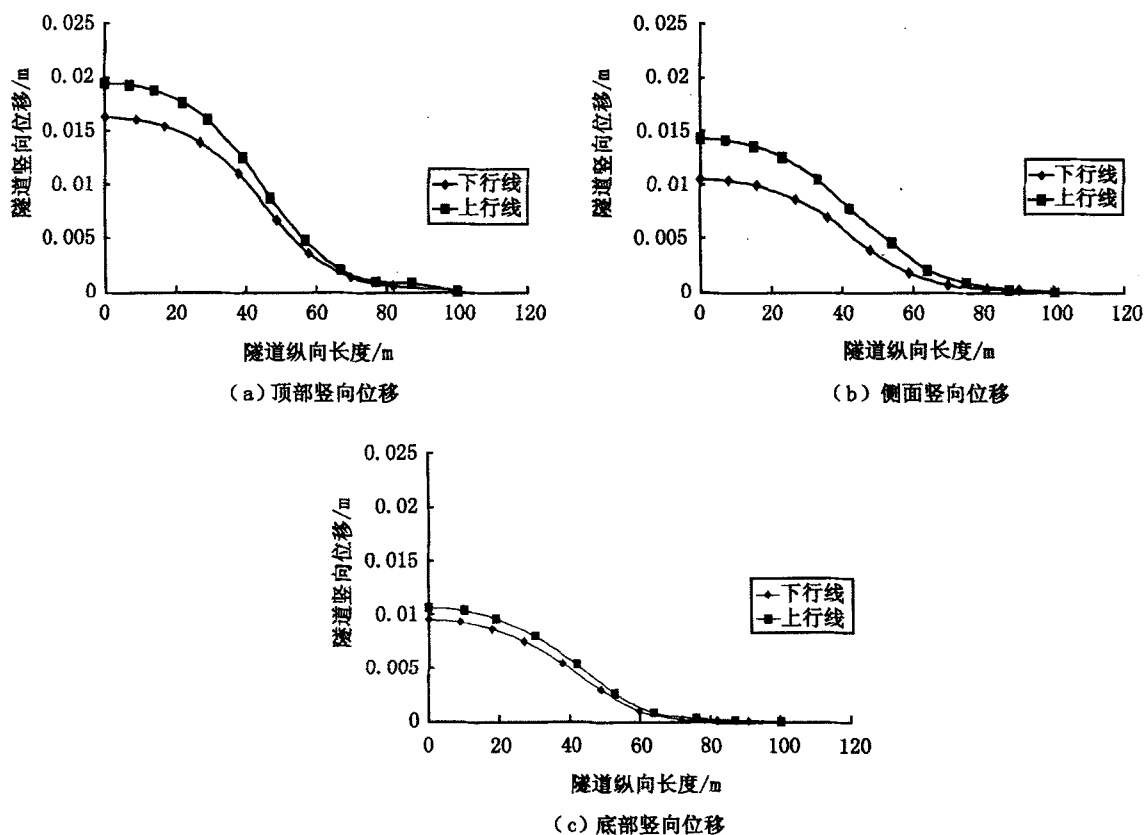


图4 上、下行线隧道的竖向位移

Fig. 4 Vertical displacement of the up and down tunnels

### 3 结语

1) 基坑开挖对其下卧隧道的水平、竖向位移有明显影响。隧道的自身变形表现为竖向直径增大,水平向直径减小,影响程度随隧道沿长度方向距离基坑中心距离的增大而减小。

2) 下卧隧道与基坑相对位置的不同对隧道的水平、竖向位移影响不同。位于基坑中部以下的隧道竖向位移较大,而水平位移相对较小;处于基坑底边缘的隧道水平位移较大,而竖向位移相对较小。

3) 同一隧道衬砌管片的不同位置的水平和竖向位移大小不同,隧道顶部位置的竖向位移相对较大,而隧道侧面位置的水平位移相对较大。

### 参考文献:

- [1] 新一. 成都市天府广场下穿隧道基坑支护工程实录[J]. 四川理工学院学报:自然科学版, 2005, 18(3): 78-81.
- [2] 孟文清, 秦志伟, 张亚鹏, 等. CSP热连轧机主传动系统扭振分析[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2010, 27(4): 5-8.
- [3] 柳家海. 基坑空间效应影响区长度的探讨[J]. 中国煤炭地质, 2011, 23(6): 40-41.
- [4] 王路. 基坑开挖对邻近既有隧道的影响分析[D]. 北京:北京交通大学, 2009.
- [5] 师晓权. 基坑开挖对下卧隧道影响的研究[D]. 成都:西南交通大学, 2005.
- [6] 汪小兵, 贾坚. 深基坑开挖对既有地铁隧道的影响分析及控制措施[J]. 城市轨道交通研究, 2009(5): 52-57.

(责任编辑 马立)