

# 邻近深基坑开挖对既有地铁的影响计算分析

李伟强, 孙宏伟

(北京市建筑设计研究院有限公司, 北京 100045)

**摘要:** 深基坑的变形控制是设计中重要的一环, 当深基坑邻近既有建(构)筑物时尤其重要。针对某深基坑与邻近地铁车站的相互影响分析, 应用有限元建立岩土-结构整体计算模型, 为减小基坑变形对地铁的影响, 从安全可靠, 经济合理的方面出发, 提出针对措施及建议, 供类似工程参考。

**关键词:** 基坑; 回弹; 沉降; 变形控制

**中图分类号:** TU473

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-4548(2012)S0-0419-04

**作者简介:** 李伟强(1977-), 男, 河北邢台人, 高级工程师, 注册土木工程师(岩土), 主要从事地下结构、地基与基础、地基处理及基坑工程等方面的设计与研究工作。E-mail: liwq\_bj@163.com。

## Influence of deep excavations on existing subways

LI Wei-qiang, SUN Hong-wei

(Beijing Institute of Architectural Design Co., Ltd., Beijing 100045, China)

**Abstract:** Deformation control is an important ring in the design of deep excavations, and it is particularly important when there are adjacent buildings (structures). Based on a deep excavation adjacent to subway station, using finite element method, a model for soil-structure interaction is established. In order to reduce the influence of excavation deformation on the subway, the relevant measures and suggestions are put forward considering the safe, economic and reasonable characteristics. It may provide a reference for similar projects.

**Key words:** deep excavation; rebound; settlement; deformation control

## 0 引言

基坑开挖过程中, 土体卸荷必然引起周围地层位移, 由于受上部土体卸荷等诸多因素的影响, 下层土体的受力情况发生改变, 造成基坑回弹。当基坑开挖较深或开挖面积较大时, 基坑回弹量比较大, 往往对工程自身或周边环境造成较大影响。因此, 深基坑变形控制和分析尤为重要<sup>[1]</sup>。

随着城市建设的快速发展, 越来越多的深基坑开挖工程临近既有地铁车站或区间隧道, 致使地铁结构隆起并威胁地铁安全。现行标准对地铁车站和区间隧道的变形要求极其严格, 为保护地铁使用功能和安全, 选择合理的地基方案、基坑设计、施工工艺, 控制对地铁结构变形的影响, 确保安全, 成为工程界必须解决的课题<sup>[2-4]</sup>。

李家平<sup>[3]</sup>应用FLAC<sup>3D</sup>, 对上海雅居乐广场基坑开挖对基底地铁区间隧道进行数值计算分析, 结果表明基坑开挖引起坑底以下土层以及区间隧道隆起, 隆起量在沿隧道轴线方向基坑中部隆起量最大, 两端逐渐减小, 呈倒扣的盆状。

曾远、李志高、王毅斌<sup>[5]</sup>以分析基坑开挖引起紧邻车站变形为目的, 对实际的基坑开挖进行数值模拟。通过数值模拟分析, 研究了张杨路地铁车站基坑开挖时新旧两车站间距、源头变形、土体弹性模量三个因素对运营车站变形的影响, 从而得到一些有意义的结论。

本文针对某工程深基坑与邻近地铁车站的相互影响, 应用有限元建立岩土-结构整体计算模型, 通过详细分析计算, 提出针对措施及建议。

## 1 工程概况

拟建高层办公楼, 地上24层、地下4层, 距地铁净距约1.5~3.4 m, 典型剖面关系如图1所示。

受场地及工期限制, 本工程不能与地铁同期建设, 因此后期建筑基坑开挖势必对地铁结构产生一定的影响, 且地铁结构对变形要求非常严格, 为此需要分析基坑开挖对地铁车站结构的影响。如何减少影响, 是建筑基坑设计及施工需要解决的问题。

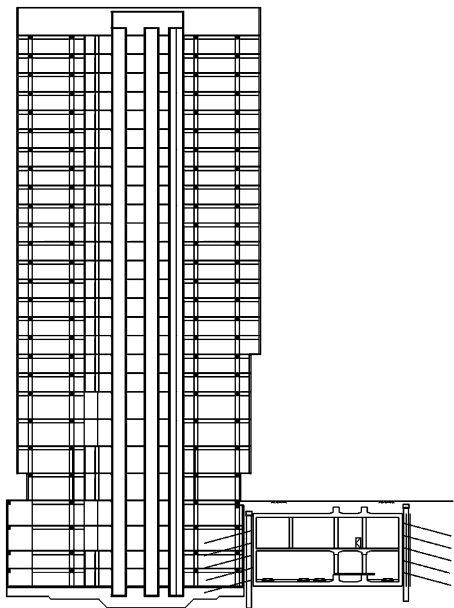


图 1 建筑与地铁剖面关系示意图

Fig. 1 Schematic diagram of sectional relationship between buildings and subway

2 工程地质

根据岩土工程勘察报告，本工程场地内自上至下分别为：

(1) 人工填土层

第①层：杂填土，主要为建筑垃圾，含砖块、碎石、水泥块、灰渣等。本层及夹层层厚 1.6~3.8 m，层底标高介于 41.79~44.26 m。

(2) 新近沉积层

第②层：砂质粉土、黏质粉土，本层部分钻孔缺失，可见层厚 0.3~1.7 m，层底标高介于 41.39~43.60 m。

第③层：卵石、圆砾，一般粒径 3~5cm，最大粒径约 25 cm。中细砂充填约 25%~35%，局部夹有漂石，最大粒径约 25 cm，漂石含量约 5%~10%，局部含量较大。本层局部夹③<sub>1</sub>层细中砂及③<sub>2</sub>层粉质黏土。

本层及夹层厚 3.9~6.5 m，层底标高介于 36.20~37.61 m。

(3) 一般第四纪沉积层

第④层：卵石、漂石，厚 13.4~16.5 m，层底标高介于 21.10~23.13 m。

第⑤层：卵石，杂色，一般粒径 4~8 cm。最大粒径约 15 cm，细中砂充填约 30%，局部夹有漂石，最大粒径大于 20 cm，漂石含量约 20%以上。层厚 5.4~13.6 m，层底标高介于 9.41~16.06 m。

(4) 第三纪沉积层

第⑥层：黏土质砂岩，土黄色，泥状，砂状结构，

强风化，埋深 50 m 仍为本层，最大揭露厚度 14.5 m。

3 计算分析

3.1 分析方法

本次计算工具采用 Plaxis 2D V9.0，岩土计算本构采用 HSS 模型，因为考虑土体小应变刚度特性可以显著减小超深基坑的变形，计算结果与实际情况更为吻合<sup>[6-7]</sup>。

3.2 分析模型及土层力学参数

为了分析基坑开挖对地铁结构的影响，模拟时选取了不同断面进行，本次以离地铁最近的主楼为例进行说明，其计算模型如图 2 所示。土层力学参数如表 1 所示。

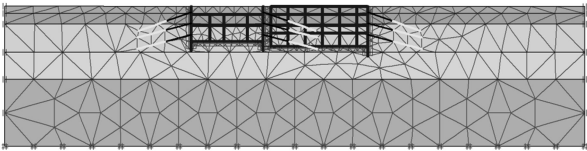


图 2 分析模型

Fig. 2 Analysis model of buildings and subway

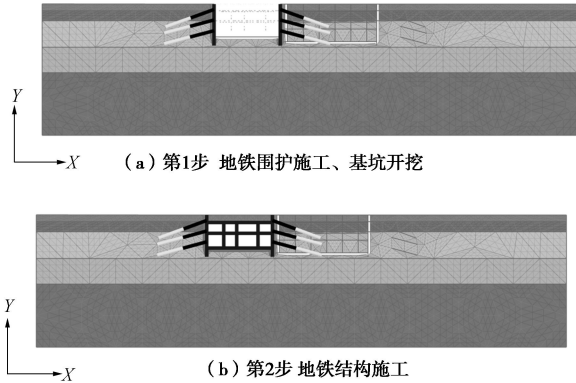
表 1 土层力学参数

Table 1 Mechanical parameters of soils

土层 编号	土层名称	重度 /(kN·m <sup>-3</sup> )	<i>c</i> /kPa	$\varphi$ /(°)	<i>E<sub>s</sub></i> /MPa
①	杂填土	19.0	8	10	10
②	砂粉、黏粉	19.8	15	20	6
③	卵石、圆砾	20.0	0	35	40
④	卵石、漂石	20.0	0	40	45
⑤	卵石	20.0	0	40	55
⑥	黏土质砂岩	20.0	—	—	40

3.3 分析步骤

为了比较精确地计算出基坑开挖对地铁的影响，分析时首先对地铁结构建造过程进行了模拟，当地铁结构建造完毕后把各单元位移清零，再模拟施工基坑围护结构、分层开挖、分析加锚对地铁结构的影响，最后还模拟了施工至地面时附加沉降对地铁的影响。整个分析步序如图 3 所示。



(a) 第1步 地铁围护施工、基坑开挖

(b) 第2步 地铁结构施工

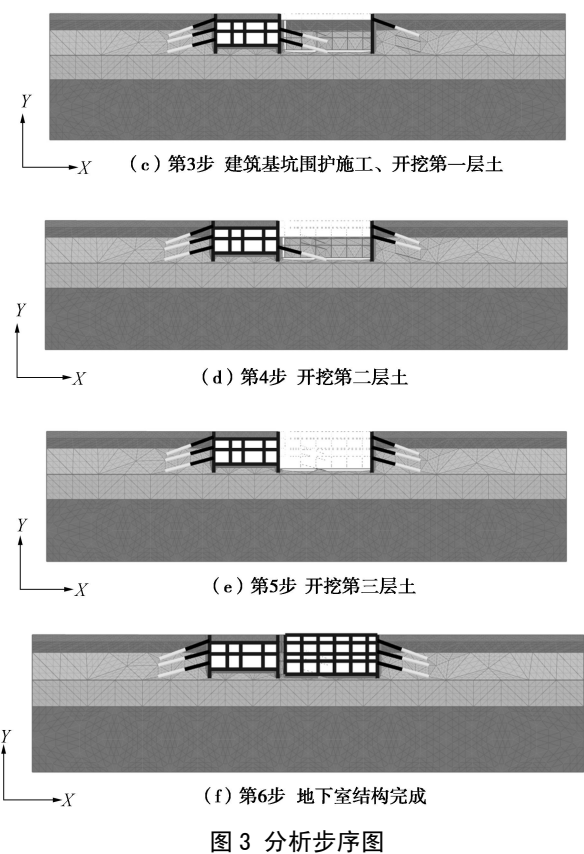


图 3 分析步序图

3.4 结果分析

为了得到地铁结构在整个基坑施工过程中的影响数据,对地铁车站结构选取了代表性计算监测点,如图 4 所示。

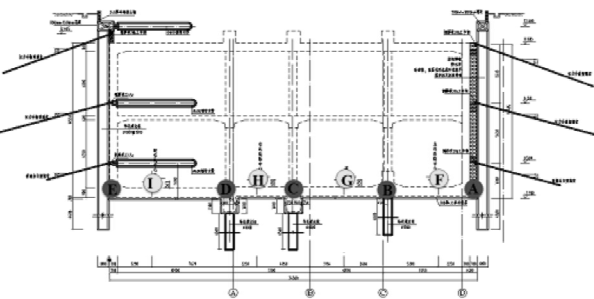


图 4 地铁结构计算监测点示意图

Fig. 4 Computational points for subway structure

通过计算分析可知,由于地铁车站距离基坑很近,受基坑开挖回弹的影响,地铁结构在基坑开挖过程中出现不同程度的回弹,其趋势为离基坑越近回弹越大,最大值约 8 mm。整个过程对地铁水平位移影响不大,最大值约 1.3 mm。整个分析过程中各监测点竖向位移、水平位移变化曲线如图 5, 6 所示。

4 结论及建议

(1) 由于本工程深基坑开挖面积和深度大,数值

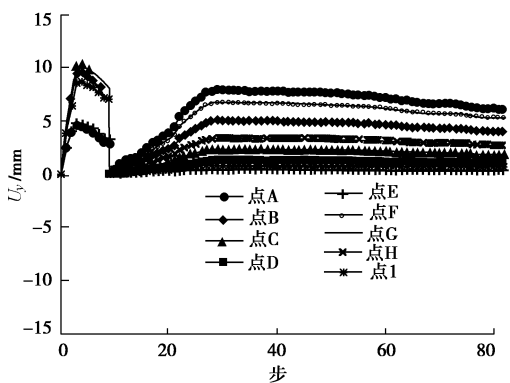


图 5 地铁结构各计算点竖向位移曲线

Fig. 5 Vertical displacement curves of subway structure at different computational points

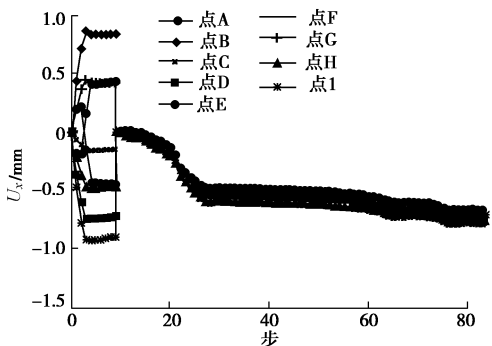


图 6 地铁结构计算点水平位移曲线

Fig. 6 Horizontal displacement curves of subway structure at different computational points

分析预测基坑回弹量大,开挖过程中对地铁结构及轨道产生竖向位移较大,基坑施工时应引起重视。

(2) 地铁设计中北侧采用永久锚杆的设计,减小了深基坑开挖对地铁造成的水平位移的影响,但施工影响因素较多,不应忽视车站的水平位移。

(3) 本工程目前处于设计阶段,分析计算未考虑三维时空效应,考虑到现场施工等条件的不确定性,建议实际开挖时分段分区进行,并加强施工监测,使基坑施工对地铁的影响处于可控状态。

参考文献:

[1] 李伟强, 罗文林. 大面积深基坑开挖对在建公寓楼的影响分析[J]. 岩土工程学报, 2006, 28(增刊): 1861 - 1864. (LI Wei-qiang, LUO Wen-lin. Analysis on ground movement of under construction building caused by deep excavation[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2006, 28(S0): 1861 - 1864. (in Chinese))

[2] 陈 郁, 张冬梅. 基坑开挖对下卧隧道隆起的实测影响分析[J]. 地下空间, 2004, 24(5): 748 - 751. (CHEN Yu, ZHANG Dong-mei. Analysis of monitoring data on tunnel

- heaving due to unloading of foundation pit excavation[J]. *Underground Space*, 2004, **24**(5): 748 - 751. (in Chinese))
- [3] 李家平. 基坑开挖卸载对下卧地铁隧道影响的数值分析[J]. *地下空间与工程学报*, 2009, **5**(增刊 1): 1345 - 1348. (LI Jia-ping. Numerical analysis of influence of deep excavation on underlying metro tunnel[J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2009, **5**(S1): 1345 - 1348. (in Chinese))
- [4] 张雷, 刘振宏, 钱元运, 等. 深基坑宽度对周围建筑影响的有限元分析[J]. *地下空间与工程学报*, 2009, **5**(增刊 1): 1312 - 1315. (ZHANG Lei, LIU Zhen-hong, QIAN Yuan-yun, et al. Finite element analysis on the effect of different width of deep foundation on buildings around[J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2009, **5**(S1): 1312 - 1315. (in Chinese))
- [5] 曾远, 李志高, 王毅斌. 基坑开挖对邻近地铁车站影响因素研究[J]. *地下空间与工程学报*, 2005, **4**(1): 642 - 645. (ZENG Yuan, LI Zhi-gao, WANG Yi-bin. Research on influencing factors of deep excavation adjacent to subway station[J]. *Chinese Journal of Underground Space and Engineering*, 2005, **4**(1): 642 - 645. (in Chinese))
- [6] 吕高峰, 魏庆朝, 倪永军. 考虑土体小应变特性的浅埋暗挖地铁隧道施工扰动影响的数值分析[J]. *中国铁道科学*, 2010, **31**(1): 72 - 78. (LÜ Gao-feng, WEI Qing-chao, NI Yong-jun. Numerical analysis of construction disturbance of shallow excavation tunneling considering small strain behavior of soil[J]. *China Railway Science*, 2010, **31**(1): 72 - 78. (in Chinese))
- [7] 褚峰, 李永盛, 梁发云, 等. 土体小应变条件下紧邻地铁枢纽的超深基坑变形特性数值分析[J]. *岩石力学与工程学报*, 2010, **29**(1): 3184 - 3192. (CHU Feng, LI Yong-sheng, LIANG Fa-yun, et al. Numerical analysis of deformation of deep excavation adjacent to metro considering small-strain stiffness of soil[J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 2010, **29**(1): 3184 - 3192. (in Chinese))

(本文责编 明经平)