

地铁盾构施工引起邻近基础沉降的FLAC元数值模拟

刘波¹, 叶圣国¹, 陶龙光¹, 唐孟雄²

(1. 中国矿业大学 北京校区, 北京 100083; 2. 广州市建筑科学研究院, 广州 510030)

摘要: 以广州地铁二号线新南方购物中心地质剖面为例, 用FLAC程序分析了由于盾构施工引起的地层沉降对该购物中心基础的影响, 对土体中的位移场及地层下沉情况, 进行了数值模拟研究, 并提出了相应的地基处理措施和建议。

关键词: 地铁; 盾构法; 沉降; 数值模拟

中图分类号: U455.43; TB115 **文献标识码:** B **文章编号:** 0253-2336(2002)10-0009-03

Simulation of FLAC element value for adjacent foundation subsidence caused by metro shield construction

LIU Bo¹, YE Sheng-guo¹, TAO Long-guang¹, TANG Meng-xiong²

(1. Beijing Campus, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China;

2. Guangzhou City Research Institute of Building Science, Guangzhou 510030, China)

1 概述

随着我国城市化的加快和城市建设的蓬勃发展, 可供利用的地面城市交通面积越显不足, 加快城市地下铁道的建设已越来越受到人们的重视。位于城市中的地铁, 其区间隧道一般位于繁华地段, 周围有很多重要的建筑物以及大量的地下管线, 为施工带来了一定的难度, 盾构法以其机械化程度高, 适应各种施工恶劣条件能力强的特点, 因此在我国沿海软土地区城市地铁修建中得到广泛应用, 并已取得了大量的理论成果和实践经验。但包括盾构法、新奥法等暗挖法隧道施工过程中, 都不可避免的要引起地层变形, 当地层变形超过一定的限度时, 将会严重危及邻近建筑和地下管线的安全。广州地铁二号线穿越新南方购物中心下部, 必然会对其基础产生一定影响, 因此有必要对其进行研究。

根据“广州地铁二号线隧道盾构施工对环境影响的评价及建筑物加固技术研究”项目的要求, 及赤岗—鹭江段的工程施工条件, 就盾构施工对地基基础产生影响的程度, 本文采用FLAC^{2D}进行了数值模拟研究。考虑到新南方购物中心为排架结构,

且已经完成最终沉降的情况, 此次模拟将针对隧道开挖过程, 对购物中心基础可能带来的附加沉降。

本次模拟工作因考虑到隧道轴线基本与建筑物基础轴线成平行穿过, 故在模拟中采用了二维FLAC (Fast Lagrangian Analysis of Continua) 元, FLAC3.3版本。

2 地铁隧道盾构施工FLAC元法建模

2.1 FLAC元法简介

拉格朗日元法采用差分法按时步进行显式迭代求解, 且同时可以考虑材料和几何非线性及大变形情况。因此, 对于解决由于盾构施工引起的地表沉降这种大变形问题是行之有效的方法。

此次数值模拟使用的FLAC3.3, 它是目前世界上优秀岩土工程数值分析软件之一。该软件考虑了岩土材料的复杂性、及岩土体的不连续、大变形、大应变、非线性和峰值后强度特征。FLAC适合于岩土工程的原因, 在于它提供了适于岩(土)石特性的本构模型, 如考虑了横观各向同性、摩尔-库伦、零模型模拟开挖、应变软化、砌体节理模型以及黏性流变模型和渗流模型等; 对不同介质之间的不连续面可采用交界面模拟等, 它能较好地模

基金项目: 广州建设科技发展基金项目 (建研 2001-02)

拟隧道衬砌(管片)、锚杆、支柱和其他支护单元。因此,非常适合于隧道开挖等岩土工程问题。

2.2 地铁隧道盾构施工模拟的数值模型

新南方购物中心位于广州赤岗-鹭江區段,该建筑物为排架结构,总长 68 m,宽 20 m。为柱基础,埋深 2.1 m,基础长 4.4 m,宽 3.6 m。新南方购物中心基础与隧道位置关系如图 1 所示。

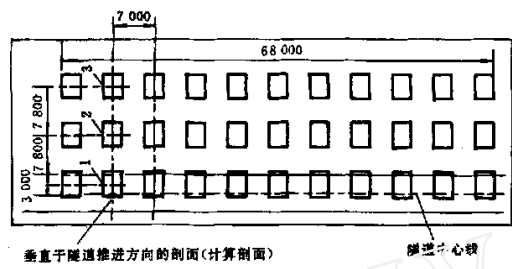


图 1 新南方购物中心基础与隧道位置关系示意
1—基础 A; 2—基础 B; 3—基础 C

通常数值模型尺寸的边界为 3D (D 为隧道直径) 以外,由于该地区为软土,模型范围应较大,隧道直径 D 为 6 m,隧道埋深 13.04 m,选取的范围包括柱基础在内,计算模型宽度取为 13D,下方深度以隧道之下 3D 为界。计算时岩土材料采用弹塑性模型,摩尔-库伦破坏准则。左右边界条件视为链杆支座,下边边界条件视为铰支座。数值分析模型如图 2 所示。

开挖模拟方法:岩土体在自重和荷载作用下固结沉降,达到平衡,而后进行开挖,并计算一定的时步,研究盾构隧道开挖对建筑物的影响。根据计算建筑物的自重荷载,得到作用在柱基上的荷载为

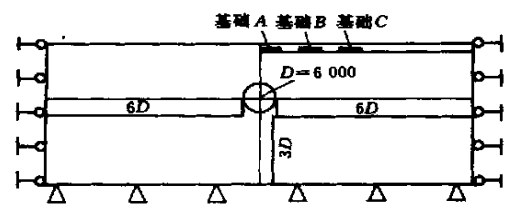


图 2 数值分析模型示意(单位:mm)

210 kN/m。计算时将此荷载平均分布作用在地基上。对于地铁隧道的混凝土管片,采用 FLAC 元中的 Beam 单元,混凝土衬砌的弹性模量为 40 GPa,泊松比 0.3,厚度为 300 mm。

在研究中,隧道附近建筑基础沉降是最受关注的重点,因此邻近隧道处网格划分较密,计算模型的网格如图 3 所示,方框 A、B、C 为基础所在位置,在基础底部施加均布荷载以模拟建筑物荷载作用。

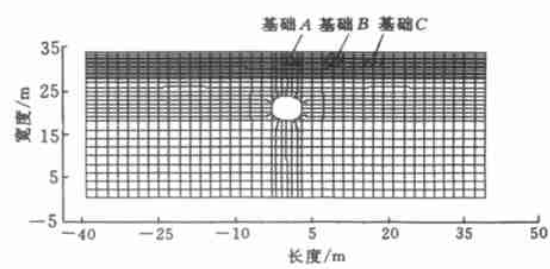


图 3 垂直于隧道推进方向剖面的最终沉降网格

参数根据赤岗-鹭江段地质勘察报告、各层岩土计算参数选取,见表 1 (自地表至计算深度)。

表 1 岩土计算参数

土层编号	土 性	厚度/ m	密度/ kg · m ⁻³	体积模量/ MPa	剪切模量/ MPa	内摩擦角/ (°)	黏聚力/ kPa
1	杂填土	1.04	1 875	4.67	2.15	12.5	11.0
2	海陆交互淤泥质土	0.5	1 650	4.69	0.79	5.5	8.3
3	冲积-洪积土层	3.0	1 960	4.67	2.15	13.3	45.2
4	冲积-洪积砂层	1.5	1 950	2.47	1.63	19.5	22.5
5	残积土(可塑~稍密)	1.0	1 940	3.58	1.65	16.1	49.2
6	残积土(硬塑~密实)	6.0	1 940	3.48	1.80	37.1	46.1
7	岩石全风化带	3.0	2 005	4.33	2.60	22.9	48.3
8	岩石中风化带	18	2 390	917	423	43.7	785

3 结果分析

垂直于隧道推进方向剖面盾构隧道竖向沉降等值线如图4所示。垂直于隧道推进方向剖面位移矢量如图5所示。建筑物基底处的沉降曲线如图6所示。

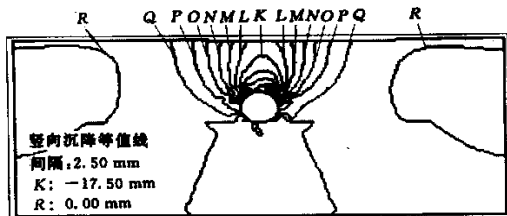


图4 垂直于隧道推进方向计算剖面
隧道竖向沉降等值线

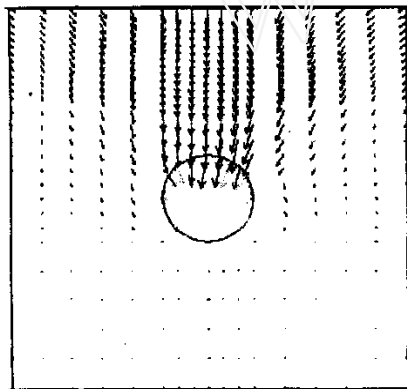


图5 垂直于隧道推进方向剖面局部位移矢量

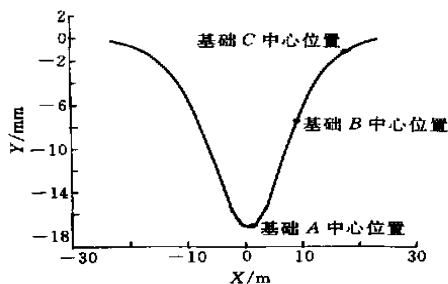


图6 建筑物基底处的沉降曲线

基础位置的沉降值见表2,对于所取横剖面(即垂直于隧道推进方向剖面),计算得出 $= 17.03 - 7.37 = 9.66$ mm,即紧邻隧道中心线的相邻两排柱基础的沉降差最大值9.66 mm。根据《建筑地基基础设计规范》^[5],框架结构的沉降差

允许值见表3。

表2 基础位置的沉降值

基础的位置	A	B	C
离隧道中心的距离/m	1	9	17
计算剖面沉降值/mm	-17.03	-7.37	-1.99

表3 框架结构沉降差允许值

压缩性	中低压缩土	高压缩土
沉降差允许值	$0.002L$	$0.003L$

注: L 为两柱基中心之间的距离

因该建筑物已建成多年,土体已受到一定程度的压缩,现按中低压缩土考虑,在本文数值模拟研究中,横剖面上柱基中心点之间的距离 $L = 7.8$ m;则沉降差允许值为 $0.002 \times 7800 = 15.6$ mm。

由于新南方购物中心建成后柱基并无差异沉降,根据上述计算可得出如下结论:地铁隧道盾构施工对地面建筑物(新南方购物中心)的影响,即基础附加沉降值在规范允许范围内,因此可以不对该建筑物基础进行加固。

4 结 语

采用 $FLAC^{2D}$ 针对盾构施工对建筑物基础的影响程度进行了数值模拟研究,得出在该工程条件下,盾构施工对该购物中心的影响程度在规范允许范围内,因此对该购物中心基础可以不进行加固。基于本研究结果,在2001年10月盾构施工通过该区段时未采取专门加固措施,盾构施工安全通过该购物中心。

参考文献:

- [1] 侯学渊. 软土工程施工新技术 [M]. 合肥:安徽科学技术出版社,1999.
- [2] 李方政,杨林生,王圣公. 拉格朗日元法在地铁联络通道施工中的应用 [J]. 煤炭科学技术,2000 (10).
- [3] 邓金根,刘书杰,石德勤,等. 软泥岩井眼弹塑性变形的拉格朗日元法计算 [J]. 地质力学学报,1997 (1).
- [4] GB5007-2002, 建筑地基基础设计规范 [S].

作者简介:刘波(1970-),湖南湘潭人,博士,副教授,现在中国矿业大学北京校区从事土木工程教学和科研工作。

收稿日期:2002-05-13;责任编辑:李军涛