

快速路地道下穿地铁高架区间影响分析

张佃仁¹, 张刚², 彭慧¹

[1.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司青岛分公司, 山东 青岛 266005; 2.青岛西海岸市政工程有限公司, 山东 青岛 266400]

摘要: 为了保证安全和满足使用要求, 地铁工程对沉降、变形要求非常严格, 新建市政地道下穿地铁高架区间必须考虑基坑开挖的影响, 进而制定相应的监测和保护措施。以青岛风河快速路地道下穿青岛地铁13号线高架区间为案例, 分析了基坑开挖对高架结构的影响分析, 为青岛地区上土下岩地质条件下的类似工程提供了有益参考。

关键词: 地道; 开挖; 地铁; 高架

中图分类号: TU9

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)02-0226-03

0 引言

对于基坑开挖对临近基坑的影响, 国内外专家学者已进行了大量的研究, 例如 Richard J. Finno 等人^[1]利用二维平面有限元对该问题进行了分析; C. F. Leung 等人^[2]通过模型试验研究了临近开挖对桩基的影响; 雷扬^[3]、Runhong Zhang^[4]等对通过三维有限元分析, 探究了不同基坑深度、嵌入深度、桩顶约束的条件下, 基坑开挖对临近桩基的影响规律; Lin-long Mu^[5]则提出了一种新的理论计算方法, 并对其进行了验证。郑刚^[6]、张子新^[7]、丁春勇^[8]也结合国内上海、天津等地实际工程进行了相应研究。

随着经济社会的发展, 青岛地区的市政基础设施工程建设也大量开展起来, 工程复杂程度也逐步提高。风河快速路工程某地道就需要下穿青岛地铁13号线高架区间, 根据《青岛市轨道交通保护区施工作业管理办法》及相关规范, 为了保证下穿的安全施工, 对本项目进行了有限元分析和评估。

1 工程概况

风河快速路工程设计为双向四车道, 上海路地道与青岛地铁13号线交叉, 为避让既有桥墩及其基础, 在交叉处分为南、北两幅从高架中间穿越, 结构型式为净尺寸 $B \times H = 9.45 \text{ m} \times 5.1 \text{ m}$ 的箱涵。

受地道基坑开挖影响的为临近的 ZS56 号、ZS57 号、ZS58 号墩柱, 桩基长 20~28 m, 均嵌入微风化花岗岩。地道基坑深度为 7.4 m, 基坑边距离承

台最小水平距离为 4.2 m。相对位置平面见图 1。

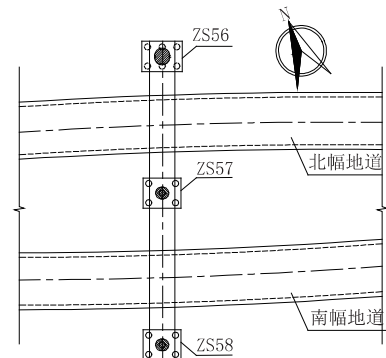


图1 地道下穿相对位置关系平面图

基坑支护墙采用 $\phi 0.8 \text{ m}$ 的钻孔灌注桩, 桩中心间距 1 m, 外侧设厚度 0.7 m 的 TRD 止水搅拌墙。内支撑体系采用一道砼支撑 + 一道钢管支撑, 回筑工况设置一道钢管换撑。根据地铁安全专项评估专家意见要求, 坑底及 TRD 搅拌墙外侧, 对土体进行了旋喷桩预加固处理。剖面及相对位置关系见图 2, 图中阴影区域表示加固。

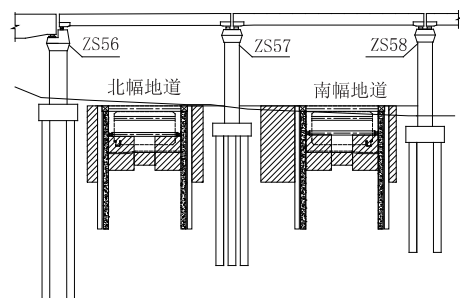


图2 地道下穿相对位置关系剖面图

2 水文工程地质条件

根据勘察资料拟建场地岩土层自上而下依次为①耕土、②中细砂、③淤泥质粉质黏土、④粉质黏土、⑤中粗砂、⑥粗砾砂、⑦强风化花岗岩、⑧中风化花

收稿日期: 2021-05-31

作者简介: 张佃仁(1989—), 男, 硕士, 工程师, 从事地下结构及基坑工程设计工作。

岗岩层。土体参数见表 1。

表 1 地勘土体参数表					
土层	厚度 /m	压缩模量 /MPa	$\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	c/kPa	$\phi/(^{\circ})$
1	3.2	—	—	—	—
2	0.9	10	20	0	27.34
3	0.9	2.88	18.5	8.2	3.9
4	4.5	4.29	19.5	13	10.5
5	2.1	18	17.9	0	28.77
6	5.4	20	20	0	29.18
7	7.5	45	21	0	45
8	4.5	1 500	22	0	50

勘察期间,地下水水位埋深 1.20 ~ 1.80 m,地下水类型为第四系孔隙潜水和基岩裂隙水,主要接受侧向迳流及大气降水补给,排泄以蒸发和侧向迳流为主。

3 数值模拟计算

各层土体均采用摩尔 - 库伦准则下的实体单元,围护墙、各道支撑、腰梁、盖梁、承台、桩基等结构构件均按线弹性材料模拟。其中,钻孔灌注桩根据刚度等效原则^[9],等效为厚度为 0.622 m 的地墙。轨道梁为简支梁,模型中通过添加盖梁上的集中力模拟其支座反力^[10]。Midas/NX 三维计算模型见图 3。

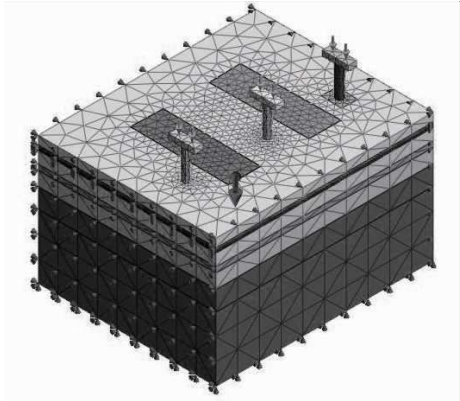


图 3 计算模型

施工工况为:北幅地道围护墙施工和土体加固→依次开挖至各道支撑处标并施工各道支撑→开挖至坑底→浇筑底板→拆除第二道支撑,并设置换撑→完成主体结构及覆土→南幅地道围护墙和主体结构施工(顺序同北幅)。

4 计算结果及分析

4.1 盖梁及桩基变形

计算结果显示,北幅地道开挖至坑底工况、南幅地道开挖至坑底工况为最不利工况。北幅地道开挖至坑底时,盖梁垂直轨道方向最大变形 $D_x=0.34\text{ mm}$,沿轨道方向最大变形 $D_y=1.91\text{ mm}$,最大沉降

$D_z=0.47\text{ mm}$,见图 4。

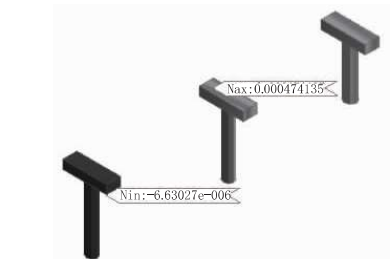


图 4 北幅地道开挖至坑底工况盖梁竖向变形(单位:m)

南幅地道开挖至坑底时,盖梁垂直轨道方向最大变形 $D_x=0.30\text{ mm}$,沿轨道方向 $D_y=3.47\text{ mm}$,最大沉降 $D_z=1.47\text{ mm}$,见图 5。



图 5 南幅地道开挖至坑底工况盖梁竖向变形(单位:m)

北幅地道开挖至坑底时,受影响较大的为 ZS57 桩基,垂直基坑方向桩基最大水平变形 $D_y=0.67\text{ mm}$,桩基最大竖向变形 $D_z=0.60\text{ mm}$,见图 6。南幅地道开挖至坑底时,受影响较大的为 ZS58 桩基,垂直基坑方向桩基最大水平变形 $D_y=1.05\text{ mm}$,竖向变形 $D_z=1.80\text{ mm}$,见图 7。

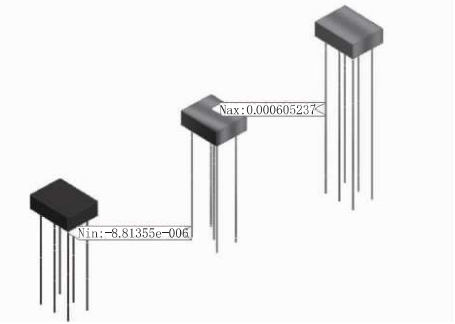


图 6 北幅地道开挖至坑底工况桩基竖向变形(单位:m)



图 7 南幅地道开挖至坑底工况桩基竖向变形(单位:m)

4.2 计算分析及监测数据

根据相关规范^[10]及轻轨高架桥相关单位提供的保护标准,13 号线轻轨高架桥结构为简支座 U 性梁,桥墩与桩基绝对沉降小于 5 mm,桩基水平位移容许限值 6 mm,墩台容许倾斜限值 $\tan \theta < 0.5\%$,相邻

桥墩差异沉降小于 2.5 mm。根据计算,均满足要求。

施工过程中,各桥墩竖向及水平变形实际监测数据分别见图 8、图 9,对应 ZS56~ZS59 桥墩的竖向监测点和水平监测点分别为 CJ56~CJ59、SPWY56~SPWY59。参照 ZS59 号桥墩(位于 ZS58 号桥墩以南 30m 处)及其监测数据,受开挖影响的 ZS56~ZS58 桥墩变形指标均表现地比较稳定,满足安全运营要求。

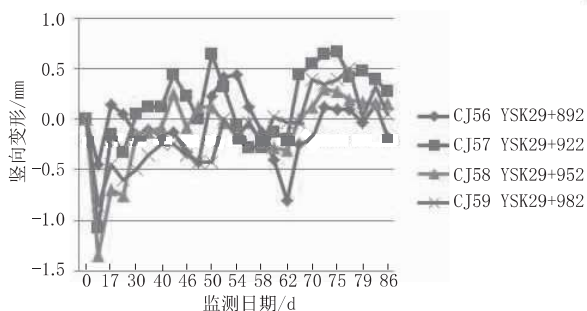


图 8 各桥墩竖向变形(单位:mm)

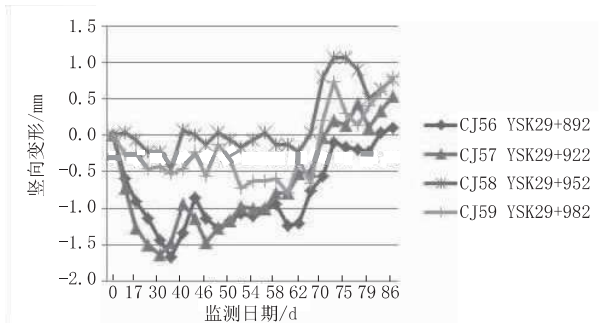


图 9 各桥墩水平变形(单位:mm)

5 结 语

本文通过建立有限元模型,分析了青岛风河快速路地道下穿青岛地铁 13 号线对地铁高架区间结构的影响。结果表明南、北幅基坑分期施工,对临近的桥墩影响最大,对间隔的桥墩影响较小。本工程所

采取的分期施工、预加固技术措施能够很好的控制变形,可为今后青岛地区类似工程问题的处理提供有益经验。

参考文献:

- [1] Richard J. Finno, Samir A. Lawrence, Nabil F. Allawh, et al. Analysis of performance of pile groups adjacent to deep excavation[J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1991, 117(6): 934-955.
- [2] C.F. Leung, Y.K. Chow, R.F. Shen. Behavior of pile subject to excavation-induced soil movement[J]. Journal of Geotechnical and Environmental Engineering, 2000, 126(11): 947-954.
- [3] 雷扬. 基坑开挖对临近桩基影响的实测及三维有限元数值模拟分析[D]. 天津: 天津大学, 2005.
- [4] Runhong Zhang, Wengang Zhang, Anthony Teck Chee Goh. Numerical investigation of pile responses caused by adjacent braced excavation in soft clays[J]. International Journal of Geotechnical Engineering (2018-09-06)[2021-05-30]. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19386362.2018.1515810>.
- [5] Linlong Mu, Wei Chen, Maosong Huang, et al. Hybrid Method for Predicting the Response of a Pile-Raft Foundation to Adjacent Braced Excavation[J]. International Journal of Geomechanics, 2020, 20(4): 1-13.
- [6] 郑刚, 颜志雄, 雷华阳, 等. 基坑开挖对临近桩基影响的实测及有限元数值模拟分析[J]. 岩土工程学报, 2007, 29(5): 92-96.
- [7] 张子新, 李佳宇, 周湘, 等. 近距离开挖卸荷条件下运营地铁高架桥墩响应研究[J]. 岩石力学, 2015, 36(12): 3531-3540.
- [8] 丁春勇, 王建华. 深基坑施工对高架基础的变形影响及控制研究[J]. 土木工程学报, 2012, 45(7): 155-161.
- [9] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [10] 付士航. 基于 Midas/GTS 的新建桥梁对既有桥梁安全影响分析[J]. 四川水泥, 2017(8): 27.
- [11] CJJ/T 202—2013, 城市轨道交通结构安全保护技术规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴, 为您提供平台, 携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com