

深圳书城湾区城基础设计与分析

王子佳¹ 王红²

1 深圳市建筑工务署工程设计管理中心, 广东 深圳 518000

2 筑博设计股份有限公司, 广东 深圳 518000

[摘要] 文章主要论述项目在特定的地铁安保区范围, 深基坑内采用管桩基础的可行性、经济性及施工保障措施并通过项目实施情况验证。本项目取得了减少施工工期和降低基础造价的良好的社会效果, 可为类似项目的设计及施工提供一定的参考。

[关键词] 地铁保护区; 基础选型; 预应力管桩; 挤土效应

DOI: 10.33142/ec.v6i12.10332

中图分类号: TU973

文献标识码: A

Basic Design and Analysis of Shenzhen Shucheng Wanqu

WANG Zijia¹, WANG Hong²

1 Engineering Design Management Center, Bureau of Public Works of Shenzhen Municipality, Shenzhen, Guangdong, 518000, China

2 Zhubo Design Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract: The article mainly discusses the feasibility, economy, and construction guarantee measures of using pipe pile foundation in deep foundation pits within a specific subway security zone, and verifies it through project implementation. This project has achieved good social effects in reducing construction period and foundation cost, which can provide a certain reference for the design and construction of similar projects.

Keywords: subway protected areas; basic selection; prestressed pipe piles; squeezing effect

引言

随着城市加快更新, 新建建筑物对邻近地铁的安全影响评价成为重要议题, 而桩基础的影响是较关键的。通常依据建筑物与地铁的距离选定桩基的施工方式(非挤土桩和挤土桩), 如深圳地区地铁控制保护区为 50m, 但是上述规定的距离通常根据经验确定, 导致在实际工程中的应用缺乏灵活性, 如采取过于保守的设计方式造成过度的浪费, 或一味追求经济性而影响地铁的安全性和使用性。本文结合实际工程案例, 针对管桩对邻近地铁的挤土效应、变形的影响等关键问题进行分析, 并提出施工过程中相应的地铁保护措施, 可为类似工程的设计与施工提供借鉴。

1 工程概况

深圳书城湾区城项目位于宝华路与海秀路交汇处西南侧, 东侧临近地铁 5 号线宝华站及临海至宝华区间, 由书城、民俗馆及海天路上盖三部分组成, 其中书城和民俗馆地下和地上均为两层, 建筑高度约 12m, 海天路上盖为斜坡屋面, 层高约 8.2m~9.3m。

基坑开挖面积约 53000 m², 开挖深度约 9.5m~13.0m, 采用直径 1200mm、间距 1800mm 咬合桩加钢筋砼内支撑支护形式。工程桩与 5 号线隧道、车站、出入口及风亭等结构最小水平净距分别为 8.6m、8.8m、9.5m、10.7m, 桩底与车站底板深度差最大约为 25.9m, 与隧道结构底深度差最大约为 26.3m, 与支护桩底深度差最大约为 18m。基坑支护桩与地铁结构最小水平段净距约为 6.04m。

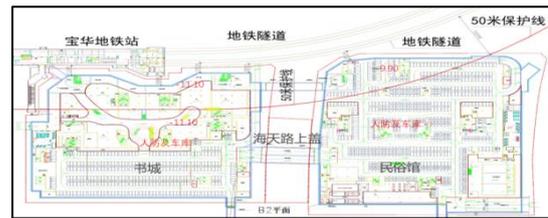


图 1 地下二层平面示意图

2 工程地质条件

根据地勘报告, 场地内土层依次是杂填土、淤泥、粉质黏土、含砾中粗砂、全风化粗粒花岗岩、强风化粗粒花岗岩、中风化粗粒花岗岩、微风化粗粒花岗岩。抗浮水位西侧取 5.5m(标高 5.50m, 为地坪以下 0.5m), 东侧 3.5m, 中间按 0.5m 水头梯度取值。基坑底部各土体工程地质性质差异较大, 强度和变形不能满足拟建物的要求, 可采用预应力管桩或旋挖成孔灌注桩。

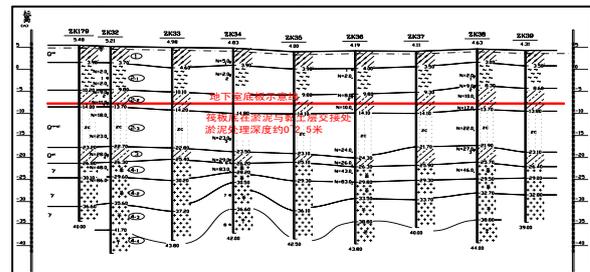


图 2 典型地质剖面图

3 基础选型

依据地勘报告,综合考虑工期、造价、质量及施工可行性等因素,进行三个方案的比选。方案一采用筏板基础加抗浮锚杆方式,锚杆跨中布置,杆径 180mm,采用 3 根直径 32mm 的钢筋,持力层为中风化岩,入岩深度 4.0m,锚杆长度约 26m~36m,超 30m,存在质量不可控的缺点。承载力特征值为 400kN,总锚杆数估算约 6000 根,单价约 210 元/m,锚杆总造价约 4200 万元,筏板下淤泥需采用高压旋喷桩加固处理,估算约 12700 根,按 330 元/m,桩长按 14m,总价约 5867 万元。筏板下褥垫层约 0.3m,面积 5.3 万 m²,回填处理 400 元/m³,总价约 650 万元。基础总造价约为 10717 万元,预计施工工期 180 天。

方案二采用旋挖成孔灌注桩,桩径 1.0m~1.8m,持力层为中风化岩或微风化岩,进入微风化持力层 0.5m,入中风比较厚时根据承载力换算,最少入中风化深度不小于 2 米。采用旋挖工艺灌注桩方案存在泥皮效应严重、空桩段长、大直径旋挖抗拔桩承载力离散性较大的缺点,且施工质量较难控制。柱下抗压桩总桩数 289 根,估算造价 3500 万元,抗浮桩 1120 根,估算造价 11500 万元。基础总造价约为 15000 万元,预计施工工期 160 天。

方案三采用预应力管桩,先开挖至支撑梁面,持力层为全风化或强风化。总桩数约 10100 根,总桩长约 140000m,单根桩送桩长度约 8~10 米,总送桩长约 80000m。按 390 元/米计算,管桩估算费用为 5460 万元,送桩按 330 元/米计算,估算费用为 2640 万元。基础总造价约为 8100 万,预计施工工期 120 天。

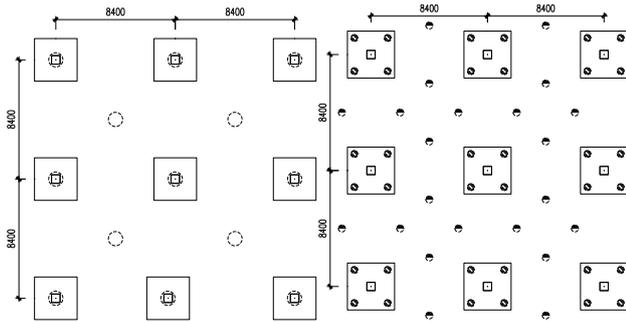


图 3 局部旋挖桩示意图

图 4 局部管桩示意图

综上所述,采用预应力管桩具有工程造价低,施工周期短等优势,本项目在地铁控制保护区范围(50m)外,采用预应力管桩,保护区范围内采用旋挖成孔灌注桩。

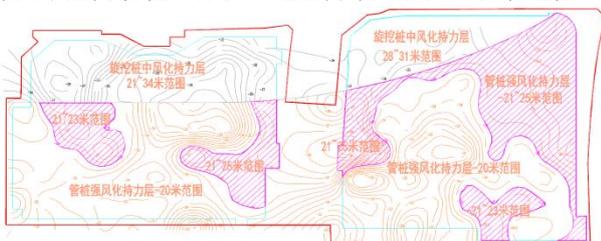


图 5 桩基范围示意

4 管桩对地铁影响分析及保护措施

根据理论分析,管桩对地铁的挤土效应是可控的,并通过地铁监测结果得到验证,单桩竖向抗压及抗拔承载力特征值也满足设计要求,由此可知,采用管桩是可行的。同时,合理的施工措施和施工顺序能减小管桩施工对地铁的影响。

4.1 管桩挤土效应分析

参考相关论文^[1-2]及工程经验,对本项目管桩挤土效应进行分析,根据地勘,设计桩顶标高以下分别为约 4.4 米粉质黏土层、8.8m 的含砾中粗砂层及 3.4 米砾质黏性土,均为中等压缩性土。以最小桩距 2.1m、8.8m 的含砾中粗砂层为例,压缩模量 6.0MPa,平均标杆 22,换算相对密实度 63.8%,根据土力学,砂松散 $n_{max}=47.6%$,紧密 $n_{min}=26.0%$,求得孔隙比 0.528,该砂土孔隙度为 $n_0=34.6%$ 。

考虑 2 倍桩径范围理论挤密,2~7 倍桩径范围均匀衰减,用下列公式计算:

$$\pi r^2 = \pi((3r)^2 - r^2) \cdot (n_0 - n_{min}) + \pi((n \cdot r)^2 - (3r)^2) \cdot (n_0 - n_{min}) / 2$$

求得 $n=4.03$,因此理论挤土效应影响范围约 4 倍的桩径,本工程柱下承台管桩间距不小于 4.2 倍桩径,桩抗拔间距不小于 5.6 倍桩径,大于理论影响范围,因此认为挤土效应是可控的。

此外,本项目施工地面到设计桩顶标高约有 8 米(采用定制送桩器解决超长距离送桩施工问题),为杂填土和淤泥,此段为空桩段,没有管桩的实际体积挤压,仅压桩引起的孔隙水压会造成土体的挤压,空桩部分的土层会成为泄压孔、消散孔,也可以减少桩顶周围土的隆起,对压桩是有利的,因此,在最不利的淤泥层,挤土效应影响也是有限的。

4.2 试桩

本项目管桩直径 500mm,抗压桩的单桩竖向抗压承载力特征值 2100kN,抗压兼抗拔桩,单桩竖向抗压承载力特征值分别为 1000kN 及 2100kN,单桩竖向抗拔承载力特征值分别为 530kN、480kN 及 320kN。

旋挖桩桩径为 1000mm、1200mm、1400mm、1600mm,抗压桩承载力桩身控制,抗拔桩承载力以入中风化岩深度控制,抗拔桩裂缝按 0.2mm 控制。

因场地含有中密的中粗砂,管桩成桩较困难,需通过试桩情况验证管桩方案的可行性。

对本项目管桩进行单桩竖向抗压静载试验,结果表明,单桩竖向抗压承载力检测值均满足设计承载力特征值的要求;单桩竖向抗拔静载试验结果表明,单桩竖向抗拔承载力检测值均满足设计承载力特征值。试桩时对上部空桩部分涂刷黄油消除影响。

4.3 地铁保护措施

管桩的挤土效应与打桩范围、施工过程等因素息息相

关,不同的施工工艺对地铁的影响显著不同。靠近地铁侧的旋挖桩先施工,地面至设计桩顶标高有约11米的空桩段,临近预应力管桩附近的旋挖桩,尽量不回填,相当于形成泄压孔,减少50米地铁保护范围外管桩挤土效应对地铁的影响。静压桩施工期间对旋挖桩孔内的水位进行监测,采取抽水、回灌等措施保持坑外水位标高与施工前基本一致,避免土体中的孔隙水压力过高对地铁造成影响。

施工期间严格按照基坑支护安评的要求对地铁进行监测,地铁内布置69个监测断面(车站间距10m,隧道间距5m),地铁出入口变形监测点26个,项目实施过程中采用自动化监测实时观测地铁结构变形。监测结果表明,竖向位移数据均未超设计预警值,累计沉降量最大值为2.95mm,满足地铁影响等级三级的要求。

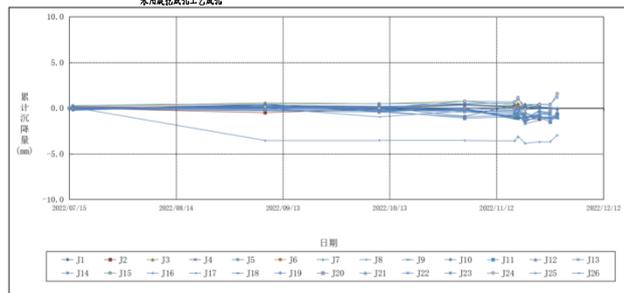
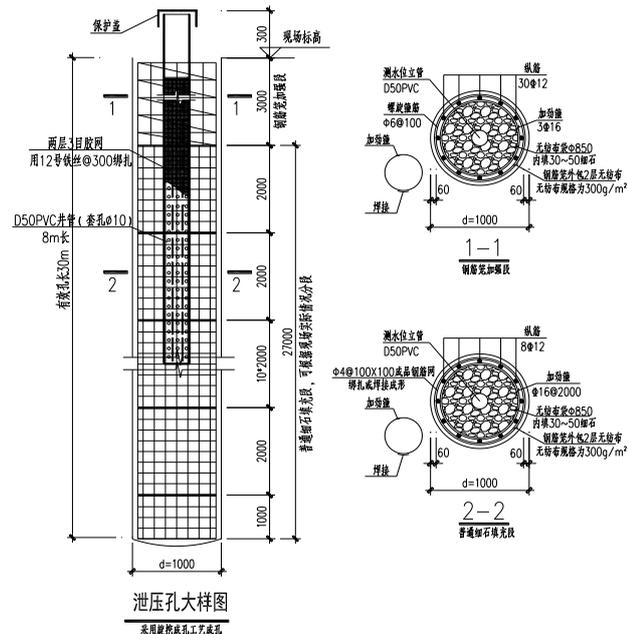


图6 地铁结构变形监测数据

项目基坑较大,需要在中部设置降水井,降水点位及预应力管桩泄压孔应该结合后浇带位置设置(兼做后期地下室基坑中部降水井),泄压水位监测孔间距可适度调整,泄压孔直径1000mm,泄压孔深度约30m,采用无纺布袋包裹直径4mm、间距100mmx100mm的钢筋笼、直径850mm,内填充30~50粒径的细石,2m一段,分段填充泄压孔内。

5 结论

(1) 采用管桩方案对比筏板基础方案,造价可节约2617万,工期可节约60天,对比旋挖桩方案可节约6900万元,工期可节约40天,本项目采用管桩具有明显的经济优势并能缩短工期。特殊地质条件下(如本项目场地含有中密的中粗砂),可通过试桩结果验证桩基的可行性。

(2) 通过理论分析及地铁变形监测结果,证明管桩对地铁的影响是可控的。理论与实践相结合的方式对桩基设计具有参考意义。

(3) 合理的桩距及施工顺序可有效的减少桩基挤土效应对地铁的影响。

【参考文献】

[1] 余跃心. 成桩挤土效应实验验证[J]. 淮阴工学院学报, 2006, 15(1): 66-68.
 [2] 高明军, 张震. 高强度预应力混凝土管桩挤土效应的影响分析[J]. 施工技术, 2008, 37(1): 21-26.
 [3] 翁效林, 孙腾, 冯莹. 桩基础承载过程对近距离地铁隧道影响机制分析[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2016, 48(3): 138-142.
 [4] 杨敏, 靳军伟. 桩基础与既有地铁隧道相互影响的研究进展[J]. 建筑结构学报, 2016, 37(8): 90-99.
 [5] 楼晓明, 刘建航. 高层建筑桩基础对邻近隧道影响的监测与分析[J]. 同济大学学报, 2003, 31(9): 1014-1018.
 作者简介: 王子佳(1982.10—), 男, 单位名称: 深圳市建筑工务署工程设计管理中心; 毕业学校和专业: 深圳大学、建筑学专业; 本科: 太原理工大学、土木工程专业; 研究生: 深圳大学, 建筑学专业; 王红(1989.8—), 女, 单位名称: 筑博设计股份有限公司; 毕业学校和专业: 本科: 南昌大学、土木工程专业; 研究生: 沈阳建筑大学, 建筑与土木工程专业。