

软土地区邻近基坑高架桩基保护的简化模拟

李杰, 邬龙刚, 刘光明

(广东省建筑设计研究院有限公司, 广州 广州 510010)

摘要: 城市中邻近地下工程基坑的建(构)筑物较多,为保证基坑施工时邻近建(构)筑物的正常使用,需限制地下工程基坑支护结构的变形,以减小基坑开挖过程对邻近建(构)筑物的影响;特别是软土地区,基坑支护结构变形较大,除限制基坑支护结构变形外,还需对邻近的重要建(构)筑物采取保护措施。广州南沙地区软土较为深厚,某隧道下穿现状高架桥,桥墩距离基坑较近且桥下净空有限,基坑与桥墩之间土体采用接杆搅拌桩进行加固。采用Soilworks软件对基坑开挖过程中桥墩变形进行简化模拟,模拟结果表明基坑与桥墩之间土体在采用搅拌桩加固后,高架桥墩及桩基变形明显减小。

关键词: 软土地区; 基坑变形; 简化模拟; 土体加固; 高架桥墩变形

中图分类号: U443.15

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)03-0143-04

Simplified Simulation of Protection of Viaduct Pier Foundation near Foundation Pit in Soft Soil Area

LI Jie, WU Longgang, LIU Guangming

(Guangdong Architectural Design & Research Institute Co.,Ltd, Guangzhou 510010, China)

Abstract: There are many buildings (structures) near the foundation pits of underground engineering in cities. In order to ensure the normal use of adjacent buildings (structures) during the construction of foundation pit, it is necessary to limit the deformation of foundation pit supporting structure in underground engineering to reduce the influence of foundation pit excavation on the adjacent buildings (structures). Especially in soft soil area, the deformation of foundation pit supporting structure is large. In addition to limiting the deformation of the foundation pit supporting structure, it is necessary to take the protective measures for the adjacent important buildings (structures). The soft soil in Nansha area of Guangzhou is relatively deep. A tunnel is under the current viaduct. The bridge pier is close to the foundation pit and the clearance under the viaduct is limited. The soil mass between the foundation pit and pier is reinforced by the mixing pile of connecting rod. And the Soilworks software is applied to simplify and simulate the pier deformation in the excavation of foundation pit. The simulation results show that the deformation of viaduct pier and pile foundation is significantly reduced after the soil mass between foundation pit and bridge pier is reinforced by the mixing piles.

Keywords: soft soil area; deformation of foundation pit; simplified simulation; soil mass reinforcement; deformation of viaduct pier

0 引言

随着城市建设发展,城市中地下工程建设日益增多,但城市中地下结构、管线等建(构)筑物分布密集,周边环境非常复杂,地下工程建设时需考虑对邻近的现状建(构)筑物的影响,特别是软土地区,地质条件差,新建工程基坑支护结构变形大,对邻近建(构)筑物的影响较大。因此,在新建地下工程基坑

设计时,除限制基坑支护结构变形外,还需对邻近的重要建(构)筑物采取保护措施。常见的保护措施有注浆加固、搅拌桩加固等。目前,国内基坑开挖对邻近建(构)筑物的影响研究比较多,黄茂松等^[1-3]利用有限元方法研究基坑开挖对邻近建(构)筑物变形影响规律,提出了基于周边建筑物承载能力的基坑变形控制标准,木林隆等^[4-5]利用土体小应变理论研究基坑开挖对邻近建(构)筑物的影响。

本文通过具体工程实践,采用Soilworks软件二维平面模型对广州南沙软土地区邻近现状高架桥墩的隧道基坑开挖过程进行简化模拟,分析基坑开挖

收稿日期: 2024-09-10

作者简介: 李杰(1991—),男,工学硕士,工程师,从事岩土设计工作。

过程中,基坑支护结构与邻近高架桥墩的变形,及搅拌桩加固措施对邻近桥墩保护的有效性。

1 基坑概况

广州南沙地区软土层较深厚,某隧道下穿现状高架,隧道拟采用明挖法施工,隧道基坑深度为9.89~10.03 m,基坑宽度为24.5 m。基坑左侧桥墩距基坑围护结构4.96~5.98 m,基坑右侧桥墩距基坑围护结构5.91~4.83 m。高架桥上部采用现浇箱梁,下部采用花瓶墩接承台,高架桥桥跨径组合为30 m+40 m+30 m,上跨隧道段跨径40 m,花瓶墩横桥向尺寸4.5~2.5 m,纵桥向尺寸为1.5 m;承台尺寸为6.6 m×2.6 m×2 m,桥梁桩基采用嵌岩桩,嵌岩桩直径为1.6 m,嵌入微风化层1.5倍桩径。目前,该高架桥已投入使用中,且隧道施工期间不得影响其正常使用,因此隧道施工期间需增强基坑支护设计,并对现状高架桥墩进行保护设计。

桥下段隧道基坑采用直径1.0 m灌注桩+二道钢筋混凝土支撑+被动区加固的支护体系,桩顶设置一道钢筋混凝土冠梁(截面尺寸为1.0 m×0.8 m)和支撑(截面尺寸为0.8 m×0.8 m),第一道支撑下方5.0 m处设置一道钢筋混凝土腰梁(截面尺寸为1.0 m×0.8 m)及第二道支撑(截面尺寸为0.8 m×0.8 m)。基坑底部被动区采用直径60 cm旋喷桩抽条加固,旋喷桩搭接15 cm,旋喷桩加固深度为6 m,基坑支护断面图如图1所示。

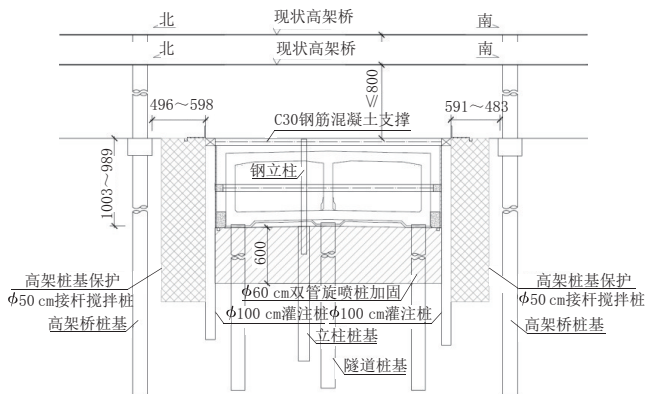


图1 基坑支护断面图

高架桥下受净空限制,桥墩与基坑支护桩之间土体采用直径50 cm接杆搅拌桩格栅加固,搅拌桩搭接15 cm,加固桩穿透淤泥层进入底部硬土层不少于2 m。

2 工程地质

2.1 地层分布

根据勘察报告,拟建场地的地层按地质成因依

次分为(自上而下):1素填土,2-1淤泥,3-1粉细砂,3-2中粗砂,3-3可塑粉质黏土,4-1可塑砂质黏土,4-2硬塑砂质黏土,5~8全~微风化花岗岩。

2.2 地下水

本工程地下水类型分布为:(1)上层滞水,主要赋存于填土中,补给来源主要靠大气降水,补给量受季节的影响明显;(2)潜水,主要在填土、冲(洪)积成因的砂层中,补给来源主要靠大气降水、附近义沙涌等地表水补给,补给量受季节的影响明显,水量丰富,具有一定的承压性,水头与稳定水位基本齐平;(3)岩层中的裂隙水,与基岩的裂隙发育及其连通性有关,主要的补给来源为大气降水及相邻含水层的侧面补给,补给量受岩体破碎程度及范围的影响明显。

钻探期间测得地下水初见水位的埋深介于0.00~5.60 m,初见水位高程介于1.26~4.97 m;地下水稳定水位的埋深介于0.00~6.00 m,稳定水位高程介于1.06~4.77 m;地下水位变化幅度1~3 m。

2.3 岩土参数

勘察报告提供的岩土工程参数如表1所列。

表1 土层岩土工程参数表

| 岩性地层 | 重度 $\rho / (g \cdot cm^{-3})$ | 黏聚力 C/kPa | 内摩擦角 $\varphi / (^\circ)$ | 压缩模量 E_s/MPa | 变形模量 E_v/MPa |
|-----------|-------------------------------|-------------|---------------------------|----------------|----------------|
| 素填土1 | 1.80 | 10 | 8 | 3.5 | |
| 淤泥2-1 | 1.65 | 6 | 5 | 1.8 | |
| 粉细砂3-1 | 1.80 | 0 | 20 | — | 20 |
| 中粗砂3-2 | 1.90 | 0 | 28 | — | 25 |
| 可塑粉质黏土3-3 | 1.80 | 16 | 14 | 4 | 12 |
| 可塑砂质黏土4-1 | 1.90 | 23 | 18 | 4 | 12 |
| 硬塑砂质黏土4-2 | 1.95 | 28 | 20 | 7.5 | 30 |
| 全风化5 | 2.00 | 40 | 25 | 10 | 100 |
| 强风化6 | 2.10 | 50 | 30 | 12 | 150 |
| 中风化7 | 2.10 | 120 | 35 | 30 | |
| 微风化8 | 2.10 | 260 | 45 | 55 | |

3 分析模型

采用Soilworks软件二维平面模型对基坑开挖过程中桥墩的变形进行简化模拟,利用有限元法中的地基和建筑物相互作用方法,分析基坑周边地基和建筑物的变形,以此来评估基坑开挖对邻近建(构)筑物的影响,并评估邻近基坑的桥墩的保护加固措施的有效性。整个有限元模型分为12个部分:地基

土、基坑底加固土、基坑与现状桥墩之间加固土、开挖土层1~4、现状桥桩、基坑围护桩、支撑及立柱与桩基。考虑基坑变形影响范围为3倍基坑深度,分析模型地基土厚80 m,长141 m,共有6层土,土层岩土参数见表1。地基土及加固土采用摩尔-库仑模型,结构(基坑支护桩、钢筋混凝土支撑、高架桥墩及桩基)采用梁单元(混凝土结构)。结构与土体之间界面采用刚体连接单元,模型边界采用智能支承。基坑模型如图2所示。

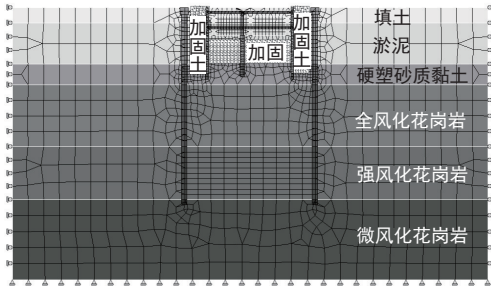


图2 基坑模型图

采用静力分析法模拟不同施工阶段时桥墩及桩基的变形,隧道基坑施工阶段内容详见表2。

表2 施工阶段表

| 施工阶段 | 施工内容 |
|------|-----------------------|
| 阶段1 | 原场地 |
| 阶段2 | 基坑支护桩、加固搅拌旋喷桩、立柱及桩基施工 |
| 阶段3 | 基坑开挖至第一道支撑 |
| 阶段4 | 第一道支撑施工 |
| 阶段5 | 基坑开挖至第二道支撑 |
| 阶段6 | 第二道支撑施工 |
| 阶段7 | 基坑开挖至基底 |
| 阶段8 | 施工隧道结果底板 |
| 阶段9 | 拆除第二道支撑 |
| 阶段10 | 施工隧道结构侧墙,增设临时换撑 |
| 阶段11 | 拆除第一道支撑 |
| 阶段12 | 施工隧道结构顶板 |

4 有限元模拟结果

高架桥墩与基坑支护结构之间采用搅拌桩加固后,基坑开挖至基底时水平位移云图如图3所示。

根据同类工程经验及高速公路管理部门有关要

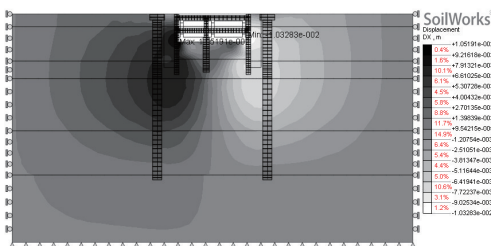


图3 基坑开挖至基底水平位移云图

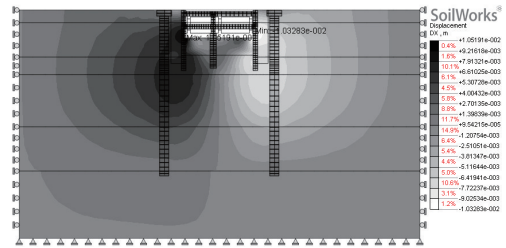


图4 拆除基坑第一道支撑水平位移云图

求,基坑开挖及回填过程中,对邻近基坑高架桥墩变形的影响要求如表3所列。

表3 变形控制值

| 位置 | 变形控制值/mm |
|----|----------|
| 桥墩 | 5 |

由图5、图6可知,开挖至基底时,基坑与桥墩之间未加固时,高架桥墩水平位移6.95~7.95 mm,加固后,高架桥墩水平位移0.2~2.84 mm,满足变形控制值要求;拆除第一道支撑时,基坑与桥墩之间未加固时,高架桥墩水平位移8.93~9.91 mm,加固后,高架桥墩水平位移1.98~3.98 mm,满足变形控制值要求。

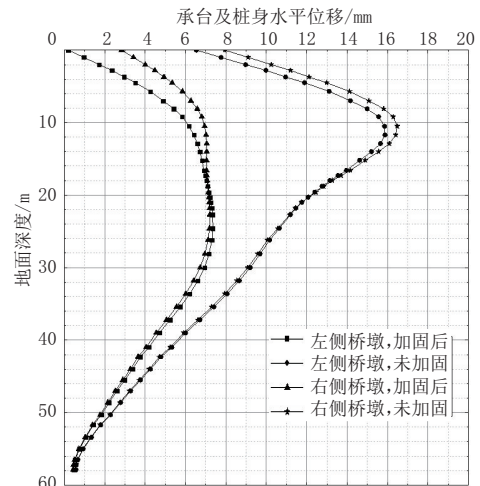


图5 高架桥墩及桩基水平位移对比一开挖至基底

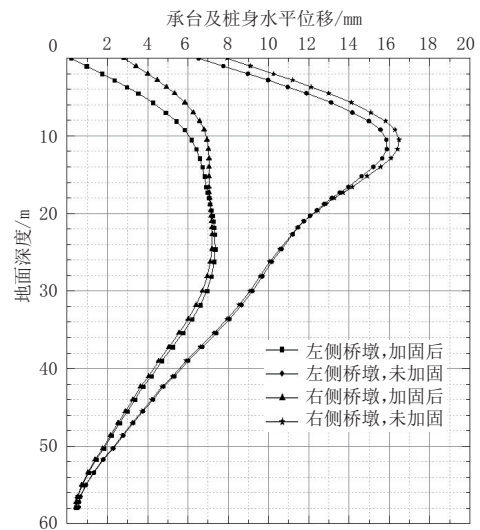


图6 高架桥墩及桩基水平位移对比(拆除第一道支撑)

由上可知,桥墩与基坑支护结构之间采用搅拌桩加固后,桥墩及桩身水平位移明显减小,说明该加固措施是有效的。

5 结 语

通过采用 Soilworks 软件,对软土地区某基坑开挖进行有限元建模,分析基坑开挖过程中邻近基坑的桥墩及桩基的变形,结果表明:桥墩与基坑之间土体加固后,桥墩及桩基变形明显减小,被加固的土体有效的限制了桥墩及桩基的变形,该加固措施有效。本文对软土地区外侧存在重要建(构)筑物的基坑设计具有一定的指导意义。

除增强基坑支护结构及对桥墩与基坑支护桩之间土体进行加固外,还应通过施工措施减小隧道基坑对现状高架桥的影响,如基坑支护桩采用泥浆护壁,并跳桩施工;基坑底被动区加固旋喷桩由距桥梁桩基近处向远处施工;桥墩与基坑支护桩之间土体

加固搅拌桩施工时应跳桩施工,由距桥梁桩基近处向远处施工;基坑施工期间需严格控制地下水位;施工期间加强对桥墩承台变形(沉降及水平位移)的监测等。

本文仅对该基坑进行二维简化模拟,并未考虑基坑开挖时的空间效应。后续可对该基坑进行三维模型分析。

参考文献:

- [1] 黄茂松,朱晓宇,张陈蓉.基于周边既有建筑物承载能力的基坑变形控制标准[J].岩土工程学报,2012,31(11):2305-2311.
- [2] 杨敏,周洪波,杨焯.基坑开挖与邻近桩基相互作用分析[J].土木工程学报,2005,38(4):93-96.
- [3] 陈福全,汪金卫,刘毓胤.基坑开挖时邻近桩基形状的数值分析[J].岩土力学,2008,29(7):1971-1976.
- [4] 木林隆,黄茂松.基于小应变特性的基坑开挖对邻近桩基影响分析方法[J].岩土工程学报,2014,36(增刊2):304-310.
- [5] 木林隆,黄茂松.基坑开挖引起的周边土体三维位移场的简化分析[J].岩土工程学报,2013,35(5):1-8.

(上接第132页)

直方向加强箍筋配置,控制裂缝开展;

(6)通过理论分析,该文所述“斜转正”异型结构盖梁方案可行,对类似项目可起到推广借鉴作用。

参考文献:

- [1] 田亮,高伟.箱梁梁格法建模若干问题的探讨[J].山西建筑,2019(20):150-152.
- [2] JTG 3362—2018.公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].