

隧道近距离下穿开闭所对策分析

唐伟庆

(深圳市交通公用设施建设中心, 广东 深圳 518040)

摘要: 隧道近距离下穿城市既有建筑物不可避免地会对既有建筑物结构的稳定性产生一定的影响。现以东部过境高速公路连接线隧道下穿开闭所房屋为工程实例, 结合隧道的工程水文地质条件及房屋鉴定报告, 对已开裂房屋采用合理的加固方案与电力改迁方式, 保障隧道下穿期间的房屋结构安全与供电安全。

关键词: 隧道下穿建筑物; 房屋加固; 电力改迁; 数值分析

中图分类号: U455

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)12-0259-04

0 引言

近年来, 城市交通隧道、地下综合管廊、海绵城市等的建设进行得如火如荼, 各种隧道、基坑、管线、地下构筑物邻近修建, 纵横交错, 综合交通枢纽更是屡见不鲜。因此, 有些隧道不可避免地要在构筑物旁边或在下方紧邻穿过, 产生了大量地下工程近接建筑物施工的问题。隧道开挖时, 原有土体会发生扰动, 若相距较近, 会对既有工程产生不利的影响。尤其是老房子或者结构承载本身就存在问题的建筑物, 承受变形能力弱, 很容易产生沉降、开裂现象, 若不采取相应措施, 甚至将给生产建设和人民生命财产安全带来严重危害。因此, 在隧道近接既有建筑物施工时, 如何保证既有工程的正常使用和安全, 是一个极其有必要的研究课题, 国内外学者都对此类问题进行了大量分析研究^[1-5]。

1 工程概况

东部过境高速公路连接线工程起点为爱国路立交, 终点与东部过境高速近期实施段起点(莲塘水厂处)相接。该工程设计范围西起北环布心路, 路线以隧道形式穿越现状爱国路高架、东湖公园, 向东与口岸连接线合流后, 接入东部过境高速公路主线, 南线隧道全长约 3.1 km, 北线隧道全长约 3 km。主线在谷对岭下设置一对东南向匝道, 向南接入东环沿河北路, 其中东向南匝道长约 1.3 km, 南向东匝道长约

1.1 km。沿线北环布心路地面道路改造长约 1.0 km, 东环沿河北路地面改造长约 0.7 km, 工程平面总图如图 1 所示。



图 1 东部过境高速公路连接线工程平面图

北线隧道正下穿开闭所, 隧道拱顶距开闭所约 15 m, 南线隧道侧穿开闭所, 南线隧道覆土 10 m, 南线隧道边线与开闭所平面距离约 10 m, 平面位置关系见图 2 所示。



图 2 隧道下穿开闭所平面位置关系图

收稿日期: 2023-01-06

基金项目: 上海市政总院科技项目(K2017K046A, K2020K107A)

作者简介: 唐伟庆(1980—), 男, 学士, 高级工程师, 从事交通工程建设。

现状水厂开闭所整体占地面积为 840 m^2 , 建筑占地面积为 160 m^2 , 内为罗湖供电局二级仓库。现状开闭所为两层楼建筑, 一层为 10 kV 开关房, 二层为员工宿舍。需采取合理的设计及施工方案, 确保房屋及供电的安全。

暗挖隧道为双洞两车道马蹄形断面隧道, 开挖断面宽约 13 m , 开挖高度约 10 m , 采用矿山法施工, 复合式衬砌结构, 二衬采用模筑混凝土。隧道超前支护措施采用超前大管棚+超前小导管, 上半断面超前帷幕注浆, 注浆范围为开挖轮廓线外扩 4.5 m 内的土层及全、强风化岩层, 开闭所与南线隧道间设隔离桩进行保护。开挖工法采用 CRD 工法, 初支钢架为工 20b, 详见图 3 所示。

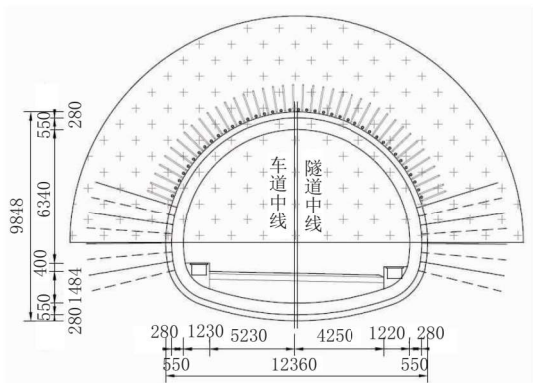


图3 隧道衬砌设计图(单位:mm)

2 地质条件

该段隧道沿线围岩级别为 VI 级, 北线隧道覆土为 13 m 到 16 m , 南线隧道覆土为 10 m 左右。根据地质勘察揭露, 南北线隧道拱顶以上为人工填土、粉质粘土、含有机质粉质粘土、粉细砂和含卵石中粗砂层、残积粉质粘土层等, 隧道断面为土状全、强风化岩层, 隧道仰拱进入中、微风化岩层。其中地下水埋藏浅, 饱和砂性土含水丰富, 渗透性好; 其它土层为弱透水层。隧道洞身超浅埋, 位于地下水位以下。地质横剖面见图 4 所示。

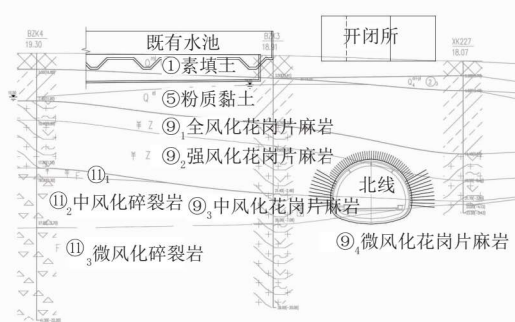


图4 下穿开闭所节点地质横剖面图

3 开闭所开裂情况

2020 年 11 月 23 日接到供电局报告, 开闭所建筑物、地面及围墙发现裂缝。

北线隧道掌子面距离开闭所 8 m , 南线隧道掌子面距离开闭所 12 m , 均未进入开闭所平面投影范围内, 两线掌子面均处于封闭状态。

根据《爱国路开闭所结构检测鉴定报告》(深圳市建研检测有限公司, 2020.12), 基本情况如下: 开闭所为二层砌体结构, 房屋一层大部分墙体不满足抗压承载力要求, 个别不满足抗震承载力要求, 部分钢筋混凝土梁不满足配筋要求。楼梯间布置、材料强度等级均不满足规范要求。四周设有圈梁, 墙体上下不连续, 未检测到构造柱。房屋不均匀沉降及开裂后, 房屋危险鉴定等级评定为 D 级。

4 开闭所应急加固方案

为防止开闭所变形倒塌, 对开闭所率先采取应急加固方案, 方案如下:

(1) 对于开闭所一层屋面梁采用钢立柱进行支撑, 详见图 5 所示。



图5 应急加固室内地梁与钢立柱图示

(2) 开闭所外墙立面对应位置设置斜撑进行支撑, 并与内侧钢立柱进行连接, 详见图 6 所示。

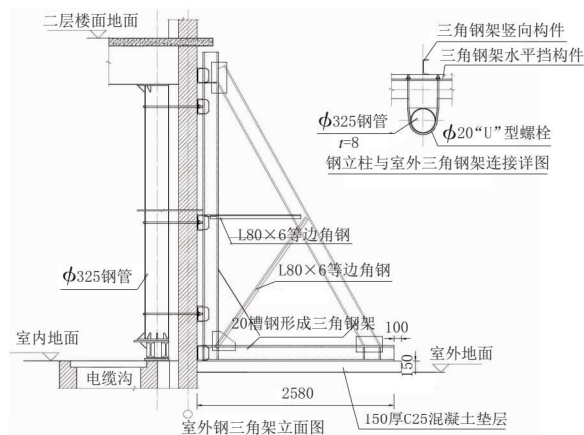


图6 应急加固室外斜撑立面图(单位:mm)

(3)开闭所外墙裂缝进行补缝挂网修复处理,加强建筑物的变形监测。

5 房屋重建方案

由于配电设施电缆接头、连接母排等对变形敏感,后续隧道施工过程的沉降存在不确定性,为了保证配电设施的安全运行,在施工过程中临时新建户外开关箱及配套电缆,替换原开闭所功能。完成替换后,原开闭所拆除。在临时新建户外开关箱完成之前,为确保现状开闭所的安全,在应急加固措施基础上继续加强,增加立柱横杆、斜撑等。原开闭所拆除后,隧道下穿开闭所场区,待隧道通过场区并沉降稳定后,在原址新建开闭所设施及相应配套功能。

拆除重建方案实施步骤:

(1)在房屋加固之前对开闭所内一层配电箱采用钢结构保护套进行保护。同时考虑埋设补偿注浆管,并采取防水、防物体坠落、绝缘等保护措施。钢结构保护套方案布置详见图 7 所示。

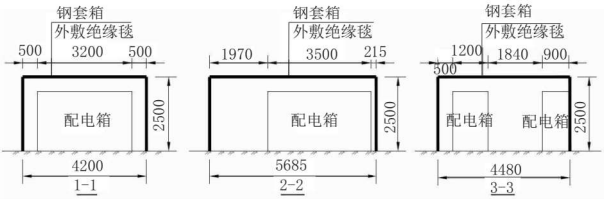


图 7 配电箱钢结构保护套剖面示意图(单位:mm)

(2)在前期加固的基础上,再对开闭所房屋进行临时加固,增加钢立杆、钢梁、斜撑等,增加房屋的整体刚度,如图 8 所示。

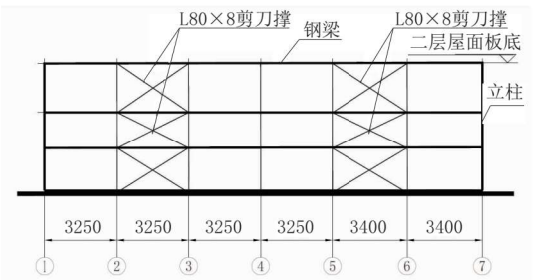


图 8 临时加固立面布置图(单位:mm)

(3)新建户外开关箱及配套电缆,替换原开闭所功能。

为了控制隧道施工期间室外电力设施的沉降,保证供电安全,配电柜基础采用 15 根 $\phi 300$ 微型桩基础,桩长 20.6 m,深入中、微风化岩。室外配电设施与隧道位置关系如图 9 所示。

为准确分析隧道开挖对于室外配电设施基础的影响,采取二维有限元法对施工全过程进行数值模拟。

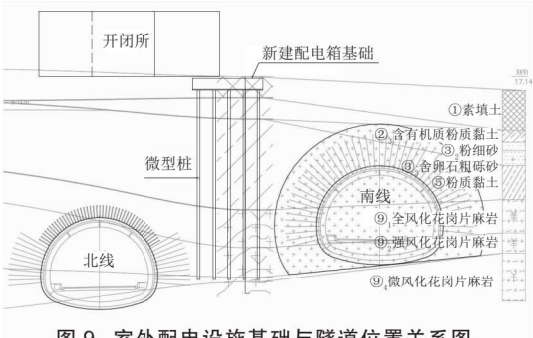


图 9 室外配电设施基础与隧道位置关系图

5.1 计算范围

此次分析目的主要是研究隧道开挖施工对室外配电设施基础的影响。模型边界距离隧道边不小于 3~5 倍隧道跨度。有限元尺寸,其长 $\times$ 深为 164 m $\times$ 72 m。有限元模型见图 10 所示。

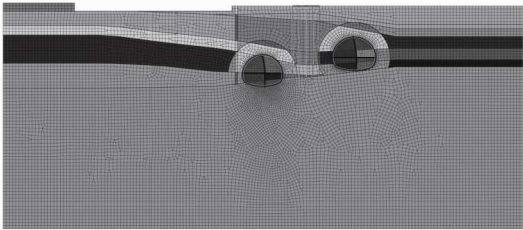


图 10 有限元模型

5.2 所选取单元及本构

该分析土体本构模型采用理想弹塑性模型,库伦-摩尔屈服准则;其余材料采用理想弹性本构。土体物理力学参数见表 1 所列。

表 1 土层参数表

土层编号	重度 / ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	黏聚力 / kPa	内摩擦角 / ($^{\circ}$)	弹性模量 /MPa
②素填土	18	12	16	6
② ₃ 有机质粉质黏土	17	15	8	3.5
③ ₂ 粉细砂	18	0	30	27
⑤粉质黏土	18	30	20	22
⑨ ₁ 全风化花岗片麻岩	20	35	25	70
⑨ ₂ 强风化花岗片麻岩	21	50	28	180
⑨ ₃ 中风化花岗片麻岩	24	500	39	4 000
⑨ ₄ 微风化花岗片麻岩	26	1 800	45	15 000

5.3 工况模拟

根据问题的需要,结合实际施工工序,对计算工况和步骤作如下定义:

工况 1:土体初始应力场计算,位移清零,计算时土体及回收水池已建结构在模型中激活;

工况 2:施工电力设施桩基础,位移清零;

工况 3~20:南北线隧道按 CRD 法依次开挖、施工初期支护、二次衬砌。

5.4 计算结果

计算结果见图11所示。根据计算结果,基础最大竖向位移发生于工况20,即南北线隧道二衬施工完成。最大竖向位移为0.78 mm,为沉降变形,发生于基础靠近南线隧道处。

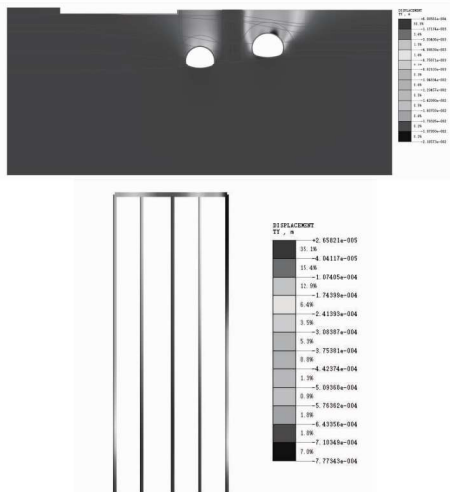


图11 土体与基础竖向位移云图

通过有限元分析,可以得到以下结论:

(1)在隧道整个施工过程中,设备基础最大竖向沉降为0.78 mm,表明隧道开挖不会对电力设施运营安全产生影响。

(2)隧道施工下穿开闭所场区,并根据设备基础、配电箱变形监测情况适当采用注浆补偿措施。

(3)隧道下穿完成且沉降稳定后,场内重建开闭所。

6 结论

针对隧道近距离下穿开闭所房屋时遇到的房屋开裂、供配电设施对沉降敏感等问题采取一系列措

施保障隧道施工期间的房屋及供配电安全。其成果可对类似工程起到一定的指导和借鉴意义。现总结如下:

(1)对开裂房屋采取应急加固措施,保证房屋不会倒塌。

(2)对房屋内供配电设施采用钢结构保护套进行保护。并采取防水、防物体坠落、绝缘等保护措施保障设施的安全及日常维护。

(3)对开裂房屋进一步采取加固措施,保证房屋拆迁前的安全。

(4)为了保障供配电的正常运营,新建户外开关箱及配套电缆,替换原开闭所功能。

(5)控制隧道施工期间室外电力设施的沉降,保证供电安全,配电柜基础采用 $\phi 300$ 微型桩基础,桩基深入中、微风化岩。并通过数值分析模拟隧道开挖对于室外配电设施基础的影响。

(6)隧道在软弱围岩段下穿建构筑物,为控制建构筑物的沉降及变形,应提前采取加固措施。施工过程中根据变形监测情况适当采用注浆补偿措施。有条件尽量采取拆迁的措施。

参考文献:

- [1] 章慧健,仇文革,孔超.新建隧道近接既有建筑物施工的破坏模式研究[J].现代隧道技术,2016,53(4):97-101.
- [2] 章慧健,郭蕾,郑余朝,等.城市隧道近接建筑物施工的影响与对策分析[J].铁道工程学报,2016,33(4):95-100.
- [3] 仇文革.地下工程近接施工力学原理与对策的研究[D].西南交通大学,2003.
- [4] 孔萌.地铁隧道矿山法施工对地表建筑物影响分析及其控制措施[D].西南科技大学,2018.
- [5] 徐剑波.地基不均匀沉降对房屋的危害分析及治理对策研究[D].湖南大学,2006.

《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@smcdi.com