

地铁隧道上方气泡轻质土填筑施工技术研究

庞琼文

(深圳市市政设计研究院有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要: 本文引用的工程项目为深圳市前海听海大道市政工程,属于前海自贸区调整规划后新增的市政道路。由于道路规划调整后地坪高程整体抬高了约5.0 m,超过了场地内地铁1号线前新区间隧道原设计荷载,道路的建设将对地铁隧道结构产生巨大的影响。气泡混合轻质土在该工程中的应用避免了路基碾压施工对地铁隧道的影响,有效解决了地铁1号线荷载超限及运营安全问题,并保障了听海大道道路路基的安全稳定。本文列举其设计和施工过程,并结合地铁的变形监测分析其使用效果,详细论述现状地铁隧道上方应用气泡混合轻质土填筑路基的可行性和有效性。

关键词: 气泡混合轻质土;路基;地铁上方;抗浮验算;地铁变形监测

中图分类号: U455.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)08-0223-03

0 引言

气泡混合轻质土是一种较多封闭气孔的材料。其具备极强的抗油污能力、耐热性,与水泥混凝土材料相比,有着相同易施工性、流动性、耐久性等,并具备轻质性的优势。从国内的路基工程来看,气泡混合轻质土已广泛应用于解决路基过渡段、半填半挖段、旧路加宽段及施工困难段路基,并有效地解决了路基沉降变形问题^[1-4]。

在某工程中,将气泡混合轻质土应用于地铁设施减荷,同时减少路基填筑时的碾压对地铁的扰动,属于比较新颖的应用形式。从目前的观测数据判断,地铁设施在路基填筑完成后结构变形总体表现良好,达到了预期的控制目标。该项目的思路及轻质土的应用可参考可复制性强,对同类型项目提供了成功的范例,有较强的指导和借鉴意义。

1 工程概况

该项目所设计的听海大道(桂湾四路以北段)道路红线范围内主要有现状的地铁1号、5号线前海湾站、前新区间及前鲤区间等。该项目路基填筑主要影响地铁1号线。图1为听海大道与地铁1号线上下重叠之图示。根据前期收集的资料,地铁前新区间明挖隧道结构状态良好。该段地铁1号线上方地坪设计标高为5.5 m。自贸区成立后,调整了片区规划,

地铁上方路面标高整体抬高至9.5 m。因此,路基成形后土荷载将超出地铁的设计荷载(原设计为12 m覆土,路基完成后最大覆土达16 m)。



图1 听海大道与地铁1号线上下重叠之图示

根据勘察成果,路段内分布的地层从上而下为:人工填土层(Q_m)、第四系全新统海陆交互相沉积层(Q_{mc}^4)、第四系上更新统冲洪积层(Q_{s1}^{al+p1})、第四系残积层(Q_{el})。工程沿线地下水主要赋存于中砂层中,为富含水、强透水性地层,赋存于其中的地下水属孔隙潜水。杂填土及含粘性土粉砂层含水性、透水性一般,为相对弱含水、弱透水性地层。另外,在填石层中,分布着少量上层滞水,其它岩土层属弱透水性地层或相对隔水层。

场地地下水主要接受大气降水补给及在一定条件下接受前海湾海水侧向补给,随地势由高处往低洼处排泄,地下水整体由东向西流入前海湾。钻探期间测得钻孔混合水位埋深0.10~3.50 m,标高2.39~5.41 m。进行抗浮设计时,考虑场地原始地貌及水文地质条件、气象因素,抗浮设计水位按绝对标高7.5 m考虑。

收稿日期: 2020-12-15

作者简介: 庞琼文(1990—),男,学士,工程师,从事道路路基工程设计工作。

2 气泡混合轻质土路基设计

综合前文所述,项目主要解决的是道路路堤填筑产生的附加荷载对既有地铁结构的影响问题。借鉴该地区地铁1号、5号、11号线相关的施工经验,为避免影响现状地铁的结构安全,该项目采用“气泡混合轻质土”对地铁上方土体进行置换及路基填筑,以达到减少附加荷载兼路基使用的目的。大致方案如下:

(1)道路路基位于地铁隧道结构上方的工段,在置换原土时,设计采用分段开挖方案。每个施工段5~10 m,间隔15~30 m跳槽开挖,以避免大面积开挖时坑底土体回弹变形对地铁结构产生不利影响。

(2)路基填筑施工时,须根据地铁隧道的监测结果,合理安排路基填筑进度,避免短时间内过快加载影响地铁结构安全。

(3)为了掌握土体置换、路基填筑和地铁隧道变形的工况对应关系,现场须选取试验段进行施工,以掌握对地铁实际影响的参数,指导下一步施工。

3 计算分析

综合前文所述,在项目进程中,应主要验算内容有:道路轻质土路基施工过程中,地铁结构的抗浮验算;轻质土路基施工完成后地铁结构的裂缝验算。

3.1 抗浮验算

(1)计算参数取值,见表1所列。

表1 抗浮计算参数取值表

土的饱和容重	水容重	地铁结构混凝土容重
18 kN/m ³	10 kN/m ³	25 kN/m ³

(2)抗浮验算成果,见表2所列。

表2 抗浮计算成果表

项目	参数值	项目	参数值
轻质土容重	8.78	路面结构层容重	20
水容重	10	侧土压力系数	0.55
土饱和容重	18	混凝土强度	C30
地铁结构混凝土容重	25	设计水位	7.5

3.2 路基施工完成后地铁结构裂缝验算

(1)计算参数取值,见表3所列。

容重的单位:kN/m³;钢筋:主筋 HRB335 级,箍筋 HPB235 级;超载:12 kN/m;弯矩单位:kN/m。

(2)道路与地铁关系及内力计算:

在地铁1号线明挖区间上方采用“轻质土填筑

表3 结构内力计算参数取值表

开挖至换填底面 3.5 m 时覆土重 G_1 /kN	地铁结构 自重 G_2 /kN	水浮力 G_3 /kN
3 258.9	1 565.75	3 344.1
$K=(G_1+G_2)/G_3=1.443$,满足抗浮要求		

路堤”,换填底标高约3.5 m,设计水位约7.5 m,现状地铁结构两侧有地铁1号线基坑围护桩(D1000@800 荤素咬合桩)。因此,地铁结构侧墙所受土压力被基坑围护桩隔断。计算中侧墙所受土压力按没有围护桩隔断状态下土压力的60%取值,水压力不折减。采用理正结构设计工具箱软件7.0(平面刚桁架)内力计算结果如图2、图3所示。

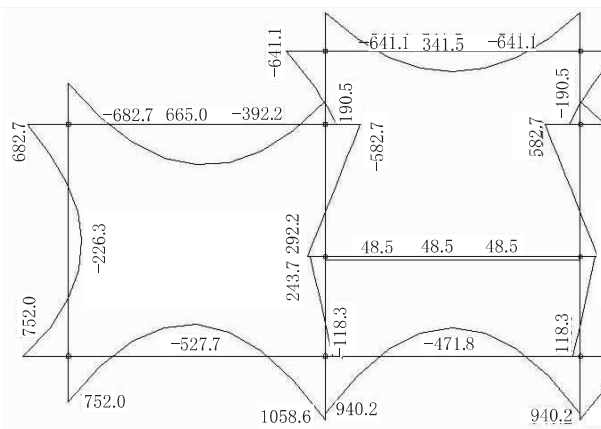


图2 地铁结构内力计算简图 [工况1(现状)]

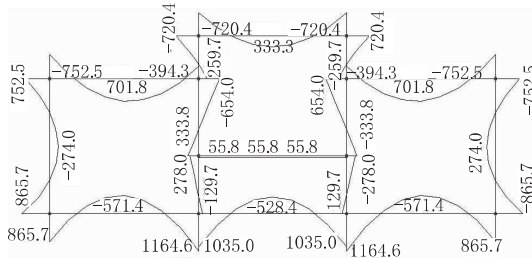


图3 地铁结构内力计算简图 [工况2(道路施工完成后)]

(3)内力计算结果及裂缝验算,见表4、表5所列。

表4 结构内力计算成果对比表

工况		工况 1	工况 2	结论
底板	正弯矩	527.7	571.4	增 8.28%
	负弯矩	1 058.6	1 164.6	增 10.01%
顶板	正弯矩	665.0	701.8	增 5.53%
	负弯矩	682.7	752.5	增 10.22%
侧墙	正弯矩	226.3	274.0	增 21.08%
	负弯矩	752.0	865.7	增 15.12%

3.3 结论及要求

计算结果表明,采用轻质土填筑路基可满足该工程的设计目标。要求施工前对地铁结构的现状进行相应的调查,必要时进行激光扫描,以掌握地铁结

表 5 裂缝验算成果表

部位	原配筋(HRB335)	现状(设计水位 5.5 m)	道路施工完成后(设计水位 7.5 m)
底板	Φ 22@100+Φ 25@100	0.133	0.164 mm
顶板	Φ 25@100	0.145	0.172 mm
侧墙	Φ 22@100+Φ 20@100	0.154	0.184 mm

构现状使用状态,确保施工安全。在施工过程中,应严格按照设计的分段跳挖及分层开挖回填等原则进行,并实时关注地铁监测数据,合理安排施工,避免一次性大面积卸载或回填导致地铁结构破坏。

4 地铁监测数据分析

根据该项工程需要,将现场监控量测与信息反馈作为重要的一道工序纳入施工组织中,并应贯穿施工过程始终。其目的是:实时监测地铁隧道及轨道的三维变化情况,实时分析轨道的平顺度,保障列车的安全运营。

结合实际情况,设计按以下方案进行:1 号线明挖区间每 10 m 布设一个断面,每个断面布设 4 个观测点(道床 2 个,侧壁 2 个)。监测施工时,以自动化监测为主,人工监测为辅。监测周期应从施工开始至影响地铁设施的分部工程结束后三个月,且监测曲线趋于平缓时止。

监测数据使用徕卡 Geomos 系统进行处理,将监测量、监测量变化、监测量速率的时间过程曲线及进尺过程曲线绘制的同时,还能将地面与地下监测变形量值进行关联分析,在地铁运营期,可对地铁隧道情况进行监督。

根据《深地铁安保[2019]南山 1- 停测 -3 号》文件,截止 2018 年 6 月 30 日,地铁 1 号线左线水平位移 X 方向最大累计值为+1.7 mm,Y 方向最大累计值为+0.8 mm,垂直位移累计最大值+6.5 mm;地铁 1 号线右线水平位移 X 方向最大累计值为+1.9 mm,Y 方向最大累计值为+0.7 mm,垂直位移累计最大值+6.4 mm。可见项目施工对地铁 1 号线有所影响,但影响均在设计控制范围内,进一步证明了该项目采用轻质土路基填筑方案是可行的,有效的。

5 结 语

结合实际的工程项目,将气泡混合轻质土路基在地铁减荷领域的应用做了详细的分析,并列举了相关项目的详细设计过程及监测数据结果。从数据上看,该方案有效解决了地铁 1 号线荷载超限及运营安全问题,达到了预期的控制目标。其设计思路及气泡混合轻质土的应用方式可参考,可复制性强,对同类型项目有较好的示范作用,

参考文献:

[1] 叶观宝,刘江婷,张振,饶烽瑞,陈佳祺,张甲峰.循环荷载作用下气泡混合轻质土动强度及预测模型[J].施工技术,2020,49(9): 50-53.

[2] 刘鹏,李祥祥,王文清,李剑锋,赵云奎,李利.地铁上方气泡混合轻质土填筑路基施工技术研究[J].工程建设与设计,2019(21): 45-48.

[3] 李章珍,梁朋涛,董捷,唐浩.干湿循环条件下气泡混合轻质土耐久性的试验研究[J].路基工程,2017(4):109-113.

[4] 蔡力,陈忠平,吴立坚.气泡混合轻质土的主要力学特性及应用综述[J].公路交通科技,2015(12):71-74.

（上接第 193 页）

参考文献:

[1] 段妮娜,王逸贤,王磊,等.我国污泥处理处置主流技术路线的发展概况及制约因素[J].城市道桥与防洪,2019(11):86-89,13.

[2] 胡维杰,周友飞,陈如超,等.石洞口污水处理厂污泥干化焚烧二期工程工艺要点解析[J].中国给水排水,2019,35(16):41-47.

[3] 陈如超.污泥单独干化焚烧与电厂掺烧的综合对比分析[J].城市道桥与防洪,2017(10):88-89.

[4] 唐健,张欢,曹晶,等.市政污泥脱水技术的发展及展望[J].中国资源综合利用,2020,38(8):106-114.

[5] 陈伟楠,刘天顺.低温除湿干化工艺在污水处理厂污泥处置中的可行性研究[J].城市道桥与防洪,2019(4):118-121.