

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.04.041

灰土挤密桩处理大厚度素填土地基施工技术研究

魏 晋, 田鹏江

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司第十市政设计院, 甘肃 兰州 730000]

摘 要: 结合工程实践项目, 介绍了大厚度素填土地基的处理方法, 并通过兰州市青白石白道坪片区道路工程(K0+115~K0+175)段灰土挤密桩处理大厚度素填土地基的施工技术研究, 检验了灰土挤密桩对大厚度素填土地基的处理效果, 为今后大厚度素填土地基处理提供了一定借鉴。

关键词: 灰土挤密桩; 大厚度; 素填土; 施工技术

中图分类号: U415

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)04-0152-03

0 引 言

平山造地是西北地区扩大城市可建设用地的一种常用方法, 在平山造地的过程中, 对原状土在不含杂质或杂质含量很少的前提下, 通过开挖搬运及堆填构成的新的堆积土称为素填土。其中大于 10 m 的素填土称为大厚度素填土, 大厚度素填土地基具有工后不均匀、地基承载力不足、固结变形周期长等特点。选择处理大厚度素填土, 需要综合根据实际情况, 综合考虑工程建筑物特性、地基条件、施工条件等因素确定。灰土挤密桩是将素填土与消石灰按比例拌合后分层填入预先管桩成孔的处理素填土低级方法。该方法在形成较高承载力复合地基的同时, 也将改善素填土各项工程特性, 达到降低素填土的压缩性、提高地基强度、减小工后地基变形的目的^[1]。

本文结合兰州市青白石白道坪片区城市主干路大厚度素填土地基加固处理实例, 研究了灰土挤密桩的施工要点, 并通过原位测试试验, 检测了灰土挤密桩的加固效果, 对大厚度素填土的加固处理具有重要的参考意义。

1 工程概况

本研究依托工程兰州市青白石白道坪片区道路工程, 道路等级定义为城市主干路, 道路红线宽度 35 m, 两块板, 双向六车道, 为沥青混凝土路面, 主要包括道路、交通、给排水、照明、绿化工程及相关配套设施等。

通过现场踏勘及工程地勘报告, 工程所在地总

的地势由北向南倾斜, 区内地形起伏大, 相对高差达 40~250 m, 沿大浪沟、石沟等主要“U”沟谷两侧树枝状“V”型冲沟发育。且受兰州市城区北扩影响, 勘察区域内场地经历了平山造地活动, 现状场地内地势开阔、地形平坦, 原始地貌已经基本破坏。经地勘检测, 天然地基承载力特征值为 90 kPa。T497# 路全线位于平整后场地中部, 其中在 K0+115~K0+175 段素填土(Q4ml)层厚 10.5~24.0 m, 为近期平山造地形成, 主要成分为黄土, 偶含植物根系, 因堆积时间短, 孔隙发育, 人工自然堆填, 未经压实呈松散状, 局部稍密。本项目大厚度素填土地基处理中灰土挤密桩桩长为 15~22 m, 共计 1 452 根, 总长度为 29 622 m, 见表 1。

表 1 素填土处理工程量

序号	里程桩号	灰土挤密桩		
		根数 / 根	桩长 / m	总长 / m
1	K0+115~K0+125	242	15	3 630
2	K0+125~K0+138	314	20	6 280
3	K0+138~K0+175	896	22	19 712
合计		1 452		29 622

2 处理方法确定

强夯法、高速液压夯法、换填垫层法是素填土地基的一般处理方式, 但这些处理方式适用于处理填深小于 6 m 范围的素填土地基, 对于大厚度素填土地基的作用效果甚微。通过工程实践证明, 通过桩基础处理形成的复合地基是有效处理大厚度素填土的有效方法, 其中灰土挤密桩成桩在横向挤密的同时, 可消除地基土的湿陷性, 提高承载力, 节省土方开挖和回填土方工程量, 可就地取材, 降低工程造价。故决定研究灰土挤密桩处理该大厚度素填土地基的可行性, 应设计要求灰土挤密桩桩孔填料采用 2:8 灰土, 钢管

收稿日期: 2022-05-13

作者简介: 魏晋(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事市政道路设计及交通规划相关工作。

桩成孔,分层填料,分层夯实。

灰土挤密桩成孔素填土的含水量对施工成孔和桩与桩之间的挤压密实效果成型至关重要,经过实践证明,素填土的含水量在 12%~24% 范围内时,能够达到较好的挤密效果。根据现场实际素填土地基含水量测试其平均含水量为 16.12%,见表 2。

表 2 现场实际素填土地基含水量测试			
组别	原土重量 /g	烘干土重量 /g	含水量 /%
1	1 512.2	1 270.8	5.96
2	1 500.2	1 257.9	16.15
3	1 508.1	1 262.9	16.25
平均含水量 /%			16.12

3 灰土挤密桩处理大厚度素填土地基施工工艺研究

3.1 参数确定

为保证在大厚度素填土地基处理中灰土挤密桩能够顺利成型,在施工前应根据设计要求进行工艺性试桩,通过试验检验成孔质量和挤密效果,最终确定施工参数,见表 3。

表 3 灰土挤密桩施工参数		
序号	项目	参数
1	桩径 /m	0.5
2	桩间距 /m	1.2
3	有效桩长 /m	15、20、22
4	桩体压实度	≥97%
5	桩间土机密系数	≥0.93
6	28 d 地基承载力	185 kPa

根据前期对现场检测,处理范围内素填土层厚 10.5~24.0 m,考虑到施工方便性及地形条件,本次施工选取灰土挤密桩长为 15 m、20 m、22 m 三种有效桩长,桩孔的布置形式采用等边三角形布置,桩与桩之间距离采用 1.2 m,桩径采用 0.5 m,桩孔的布置形式,见图 1。

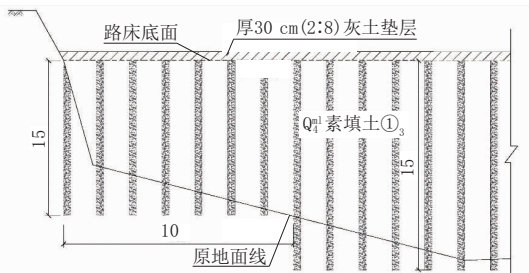


图 1 桩孔布置示意图(单位:m)

3.2 填料要求

本次桩孔填料采用集中拌合方式生产,桩孔内

的灰土填料,其消石灰与土的体积配合比为 2:8,经测定的最佳含水率为 14%~17%,呈现“手握结团,落地散开”的状态。灰土拌合的土料就地选材为粉质黏土,其中有机质含量在土料中不大于 5%,土料中无冻土和渣土。石灰选用新鲜的消石灰,粒径不应大于 5 mm。消石灰的质量应合格,有效 CaO+MgO 含量不得低于 60%。

3.3 施工工艺

考虑到本项目 K0+115~K0+175 段平山造地过程对素填土未采取任何压实处理,首先进行原地面高速液压夯实处理,然后采用沉管法成孔,即按“先内后外,隔行成桩”原则依次成孔填孔,见图 2。

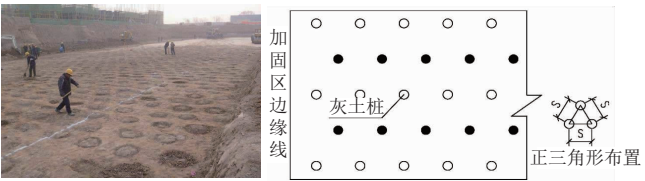


图 2 灰土挤密桩桩孔布置图

向孔内填料前,夯实孔底,桩孔直径、深度和垂直度采用抽样检查形式。确认桩孔检验符合标准后,将筛好的灰土向孔内分层填入,并逐层夯实至设计标高。夯锤重采用 200 kg,0.4 m 的直径,见图 3。夯实机准确稳定就位后,对中夯锤和桩孔,保证夯锤到孔底能够自由落体。完成灰土桩施工后将桩顶以上的预留土翻挖分层回填密实。



图 3 灰土挤密桩回填夯实机

综上所述,大厚度素填土灰土挤密桩施工工序可归纳为以下步骤:原地面处理→测量放样→设备就位→机械成孔→孔底夯实或冲击密实→桩体材料分层回填夯实→成桩质量检验。

3.4 注意事项

(1)在进行灰土桩施工前,应依照设计文件和现场实地调查,对项目工作区范围内的管线进行改移。

(2)在灰土桩施工前,对地基土的含水量、饱和

度,应进行检测,并将结果及时告知相关单位予以确认。对于含水量小于12%的素填土,应该在施工前的3~5 d,通过设置一定数量、深度的渗水孔,将水均匀地渗入施工范围的土层之中。确保素填土含水量达标。

(3)施工前应先行进行挤密桩工艺性试桩,通过试验检验成孔质量和挤密效果,确定合理的分次填料量和夯击时间或次数。

4 灰土挤密桩处理大厚度素填土地基效果

灰土挤密桩施工结束后,在7~14 d内应检验桩间土的处理效果,沿线路纵向每50 m抽样检验不少于3处;在桩间形心点、成桩挤密深度范围内采用钻机取样,每2 m取样测定干密度进行压缩试验。灰土挤密桩承载力检验是在成桩后的14~28 d天内进行。复合地基载荷试验是承载力检验的方法,检验数量按总桩数的1%计量,最低不少于3根。检测具体项目及方法,见表4。

表4 挤密桩验收标准及检测方法

序号	验收项目	允许偏差 / 指标	检测方法
1	桩位中心	50 mm	尺量或测量
2	垂直度	1.5%	
3	桩径	+500 mm	
4	桩长	-20 mm	
5	桩体压实度	≥97%	钻芯取样
6	桩间土机密系数	≥0.93	
7	地基承载力	≥185 kPa	平板载荷试验

4.1 桩间土挤密系数与桩体压实系数

(1)桩间土挤密系数

灰土挤密桩施工结束后7 d,按设计要求对3处抽检点桩间形心点灰土挤密桩深度范围内的土进行钻芯取样,通过室内压缩试验检测挤密效果。检验结果为桩间土挤密系数不小于0.93。满足规范及设计要求值。

(2)桩体压实度

灰土挤密桩施工结束后7 d,按设计要求对15根抽样检测桩桩心点全桩长范围内进行钻芯取样,并检测其桩体压实度。此次桩身质量抽检显示,其结果均满足桩体压实度不小于97%的设计要求。

4.2 复合地基承载力检测

在上述参数检测均合格的前提下,对完成路基处理的素填土地基进行28 d地基承载力检测,根据设计要求,处理后的地基承载力须不小于185 kPa。

平板载荷试验为地基承载力检测方法,施加测

试反力采用地锚法,加载采用油压千斤顶。整个检测过程分8级等量加载,每级荷载为25 kPa,每次加载条件和最终卸载条件均按规范要求进行,地基承载力检测试验采集了3个测点在荷载特征值及最大荷载值下的沉降值。具体数据见表5。

表5 地基承载力静载试验检测结果汇总

测点	荷载特征值 / kPa	沉降值 / mm	试验最大荷载值 / kPa	沉降值 / mm
1	100	5.14	200	8.04
2	100	5.35	200	8.50
3	100	5.38	200	8.42

检测结果显示:当最大加载荷载为200 kPa时,平均沉降量为8.32 mm,总体沉降满足工况需求且沉降较小,地基沉降关系曲线可看出P~S曲线平缓无明显突变;当荷载逐步加载到一定程度后,S~lgP曲线呈现较稳定斜率,见图4。从P~S曲线图可知,测试施加的最大荷载值在设计要求地基承载力2倍值内,且场地单桩复合地基承载力特征值大于185 kPa,按照《建筑地基处理技术规范》要求,对灰土挤密桩复合地基承载力特征值,不宜大于处理前天然地基承载力特征值的2.0倍,且不宜大于250 kPa。由此可知,该处理方式满足设计要求。

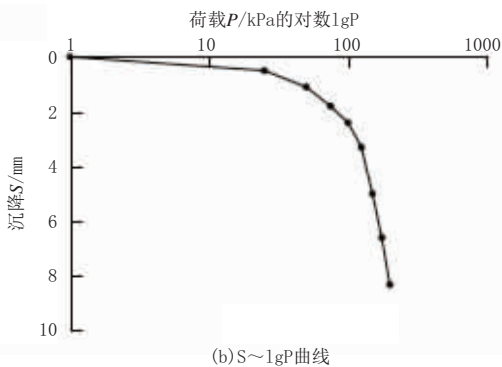
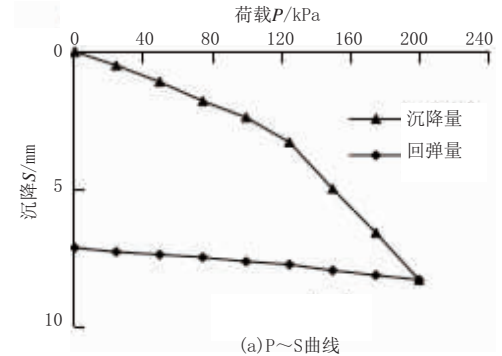


图4 地基沉降关系曲线图

5 结 语

本文研究了采用灰土挤密桩处理大厚度素填土地基的可行性及施工技术,研究表明:被处理地基桩

(下转第166页)

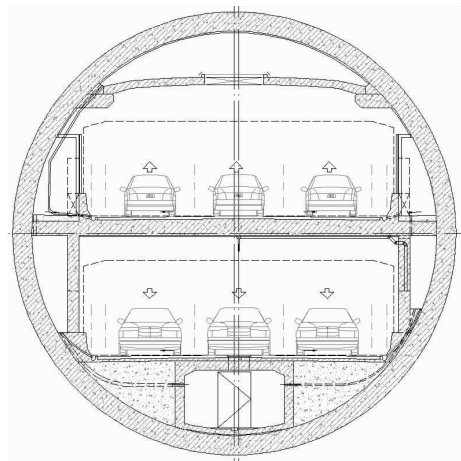


图5 盾构段标准横断面

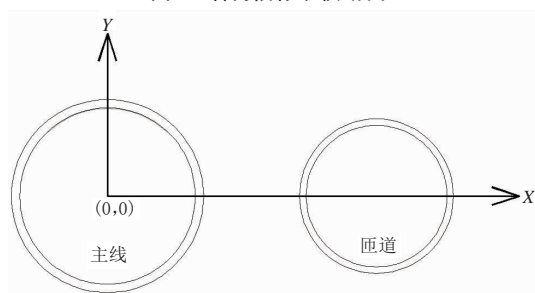


图6 建立直角坐标系

根据相关经验,如人民路隧道,盾构隧道区间段净距接近 $0.5D$ 时,两线之间的相互影响较为明显。因此,建议两者间距控制在 6 m 。上层匝道连接段考虑预留排烟风道、设备的空间,同时考虑下层匝道连接段空间预留,确定出 6 个关键控制点坐标,见图 7。

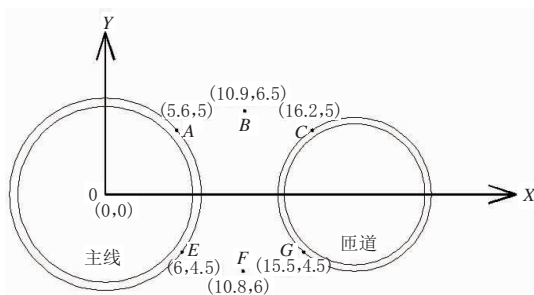


图7 关键控制点坐标(单位:m)

假设上层连接圆弧的圆心坐标为 $O_1(x, y)$, 根据距离 $O_1A=O_1B=O_1C$, 解得 O_1 坐标为 $x=10.9\text{ m}$, $y=-3.6\text{ m}$, 半径 $r=10.1\text{ m}$ 。故而上层圆弧方程为:

$$(x-10.9)^2+(y+3.6)^2=10.1^2(5.6\leq x\leq 16.2, y>0)$$

同理可得下层圆弧方程为:

$$(x-10.8)^2+(y-2.3)^2=8.3^2(6\leq x\leq 15.5, y<0)$$

4 结 论

本文通过采用主线盾构与匝道盾构间设置横向管幕与冻结法相结合的方法建造两者间分合流段。基于已有的冻结研究成果,本文详细分析了冻胀过程,假定理想状态下推导出相应的平衡方程,考察结构在冻胀状态下最优的曲线应为圆弧,并将这一结论应用于上海市北横通道实际工程中,进而推导出上、下匝道出主线连接最优方程。

本文研究成果可为建立大跨度地下空间连接结构模型,分析匝道口非开挖工法结构的受力,以及工程应用提供思路和方法。

参考文献:

- [1] 姚大钧,吴志宏,张郁慧.软弱粘土中管幕工法之设计与分析[J].岩石力学与工程学报,2004,23(S2):4999-5005.
- [2] 孙钧,虞兴福,孙昊,等.超大型“管幕-箱涵”顶进施工土体变形的分析与预测[J].岩土力学,2006,27(7):1021-1027.
- [3] 马保松,张雅春.曲线顶管技术及顶进力分析计算[J].岩土工程技术,2006(5):229-232.
- [4] 陈湘生,等.地层冻结工法理论与实践[M].北京:煤炭工业出版社,2007.
- [5] 周晓敏,苏立凡,贺长俊,等.北京地铁隧道水平冻结法施工[J].岩土工程学报,1999,21(3):63-66.
- [6] 杨平,余才高,董朝文,等.人工冻结法在南京地铁张府园车站的应用[J].岩土力学,2003,24(增2):388-391.
- [7] 齐吉琳,马巍.冻土的力学性质及研究现状[J].岩土力学,2010,31(1):133-143.
- [8] 童长江,俞崇云.论法向冻胀力与压板面积的关系[J].冰川冻土,1982,4(4):49-54.

(上接第 154 页)

间土挤密系数较大,基本消除了地基工后沉降且地基承载力提升效果显著。因此,灰土挤密桩在处理大厚度素填土地基时具有适用性强、处理效果明显、工期短等优点,可为今后大厚度素填土地基的处理提供借鉴。

参考文献:

- [1] 刘秋燕,吴道祥,蓝天鹏,等.灰土桩处理厚层淤泥质新填土地基的

效果分析[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2010,33(11):1694-1697,1706.

- [2] 胡建雄.湿陷性黄土路基灰土挤密桩的应用研究[J].节能,2019,38(10):53-54.
- [3] 陆召松,赵光红,万其伟,等.平凉湿陷性黄土地区灰土挤密桩的应用效果评价[J].土工基础,2019,33(4):407-410.
- [4] JGJ 79—2012,建筑地基处理技术规范[S].
- [5] GB 50202—2018,建筑地基基础工程施工质量验收标准[S].