

粉喷桩在湖塘淤泥土地基处理中的应用

张 威¹, 孙学先¹, 彭 洪²

(1. 兰州交通大学, 甘肃 兰州 730070; 2. 中国市政工程西北设计研究院, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:结合广东地方铁路惠澳线某段地基处理的工程实例,介绍了粉喷桩加固淤泥土地基的设计、施工和检测方法,并通过实践经验总结,提出了设计与施工中应予以重视的问题。

关键词:地基处理;粉喷桩;淤泥土;加固;设计;施工;广东省

中图分类号:TU472.36 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)02-0132-03

1 应用原理

1.1 概述

粉体喷射搅拌法属深层搅拌范畴,用于加固软土地基,该法系以生石灰、水泥等粉体作固体加固材料,利用压缩空气将固化材料呈雾状喷入软土层的深处,通过专用旋钻的钻头在原地与土强制搅拌,使地基软土与水泥粉体得到充分混合、压密,同时水泥颗粒中的各种矿物很快与软土中的水发生水解、水化、离子交换和固结反应,产生各种氧化钙,水化酸钙化合物,直接减少了被加固土中的水分,增加了土颗粒间的粘结与固结,其混合物在软土中固结成具有整体性强,水稳定性好和强度高的水泥土桩体,从而使地基土的工程性质得到局部改善,形成由桩体和桩间土共同承担上部荷载的复合地基,提高了软土地基的承载力,减少了沉降量。同时,由于加固材料的吸水性,降低了桩周土的含水量,兼而局部提高了桩周土的强度。它广泛应用于含水量高的淤泥质土,粘土,粉土等软土地基的处理,具有处理效果显著,造价低,施工快的特点。

1.2 计算及设计一般原则

粉喷桩是一种介于刚性桩与柔性桩之间,具有一定压缩性的桩基形式,其承载特性与桩身强度有关,桩身强度越高,承载特性越接近刚性桩,反之则接近柔性桩。

设计时按《粉喷法加固软弱土层技术规范》(TB 10113-96)进行设计计算。在计算单桩承载力 R 时,分别由桩周土及桩端土承载力计算公式和桩身强度承载力计算公式进行计算,取两者之间的小值。两式分别为:

$$R_s = u_p \sum_{i=1}^n q_{si} l_i + \alpha q_p A_p$$

$$R_s = \eta f_{cu} A_p$$

式中: f_{cu} ——与搅拌桩桩身水泥土配比相同的室内加固土试块在标准养护条件下90 d龄期的立方体抗压强度平均值(kPa)

η ——桩身强度折减系数,干法可取0.20~0.30;湿法可取0.25~0.33

u_p ——桩的周长(m)

n ——桩长范围内所划分的土层数

q_{si} ——桩周第 i 层土的侧阻力特征值。对淤泥可取4~7 kPa;对淤泥质土可取6~12 kPa;对软塑状态的粘性土可取10~15 kPa;对可塑状态的粘性土可取12~18 kPa

l_i ——桩长范围内第 i 层土的厚度(m)

q_p ——桩端地基土未经修正的承载力特征值(kPa)

α ——桩端天然地基土的承载力折减系数,可取0.4~0.6,承载力高时取低值

粉喷桩复合地基的承载力与沉降可按散体材料桩复合地基理论计算,复合地基承载力理论计算值通常需要根据复合地基载荷试验确定。沉降计算中由复合土层的平均压缩变形 s_1 与桩端下未加固土层的压缩变形 s_2 两部分构成。其表达式为:

$$s_1 = \frac{(p_s + p_d) l}{2E_p}$$

式中: p_s ——搅拌桩复合土层顶面的附加压力值(kPa)

p_d ——搅拌桩复合土层底面的附加压力值(kPa)

E_p ——搅拌桩复合土层的压缩模量(kPa)

桩端下未加固土层的压缩变形 s_2 可按现行国

收稿日期:2005-05-24

作者简介:张威(1981-),男,山东莱州人,硕士研究生,研究方向为桥梁与隧道工程。

家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定进行计算。

粉喷桩桩位平面布置可根据上部结构特点及地基承载力和变形的要求,采用柱状,壁状,棚格状或块状等加固型式。桩只可在基础平面范围内布置。柱状加固可采用正方形,等边三角形等布桩型式。

需要指出的是,粉喷桩法要求当地基土的天然含水量小于 30% (黄土含水量小于 25%)、大于 70% 或地下水的 pH 值小于 4 时,不宜采用该法。故地质勘察摸清地层含水量有着十分关键的作用。

2 工程概况

2.1 场地条件

该工点位于新建地方铁路广东省惠州至澳头支线 DK16+870~DK17+270,全长 400 m。该工点地形条件为山前洼地,线路切坡脚后,经过大小三个鱼塘,鱼塘水深 1~2 m。

2.2 地层岩性及物理力学指标(表 1)

表 1 地层岩性及物理力学指标

层序	①	②	③
岩性	砂粘土,褐黄色,淤泥,灰黑色,土质均匀,具粘性,可塑	淤泥,灰黑色,土质均匀,具粘性,可塑	花岗岩,灰白色,肉红色,风化严重,呈土状及碎块状,手捏易碎
厚度	1~6 m, DK16+870~DK16+960 段厚约 4~6 m	DK17+270 之间厚约 0~7 m	风化厚度大于 6 m
级别	Ⅱ级普通土	Ⅰ级松土	Ⅲ级硬土
承载力标准值	90~120 kPa	53~77 kPa	250 kPa

3 地基加固设计

3.1 粉喷桩设计

根据地层情况,上部地层②为软塑一流塑状的淤泥质粘土,层厚为 0~7 m,承载力标准值约为 53~77 kPa,为粉喷桩的加固层;下伏地层③花岗岩为粉喷桩的持力层,承载力标准值达 250 kPa。

设计桩长时考虑到,加固地基土层的淤泥质粘土分布的厚度变化较大,设计桩长以施工时控制粉喷桩处理深度必须穿透淤泥软土层,进入持力层 0.5 m 厚为标准,水泥用量每桩延米不少于 50 kg。由桩周土和桩端土计算得到的单桩竖向承载力远大于按桩身强度设计的单桩竖向承载力,故两者取小值,可按桩身强度设计即可。

桩直径 500 mm,纵横向桩间距 1.5 m×1.5 m。路堤段路基面每侧加宽 0.2 m,且地表铺 0.3 m 中粗砂垫层。处理范围为路堑 10 m 宽,路堤超出坡

脚外 1.5 m,水泥粉喷桩施工之前,应先排出鱼塘积水,挖除淤泥。

3.2 路堑、路堤粉喷桩处理大样图(图 1、图 2)

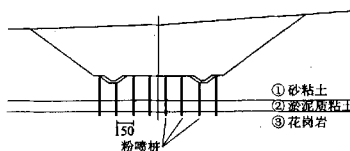


图 1 路堑粉喷桩处理大样图

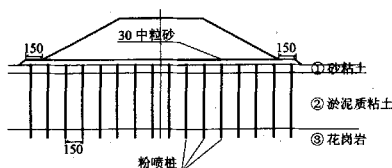


图 2 路堤粉喷桩处理大样图

4 粉喷桩施工与测试

4.1 施工前室内掺入比试验

为查明该地区淤泥层水泥土桩的加固效果,对地基加固提供设计依据进行校核,经商定取水泥与软土掺入比为 1:6.42,试验结果表明,7 d 龄期的无侧限抗压强度为 0.3~0.4 MPa,平均为 0.3 MPa,28 d 龄期的无侧限抗压强度为 0.6~0.7 MPa,平均为 0.6 MPa,随龄期的增加水泥土强度有明显提高,水泥土 28 d 龄期强度是 7 d 龄期强度的 2 倍左右,满足规范要求,其强度也满足设计文件单桩 1000 kPa 的要求。

4.2 现场粉喷桩芯压桩试验

正式开工前,打试验桩 4 根,按设计文件要求,每米水泥喷灰量 50 kg,7 d 龄期开挖,桩径达 500 mm 以上,锤击桩身坚硬。对 28 d 龄期桩,按规范要求取桩号 O-65、M-16 各一组共两组,做无侧限抗压强度, O-65 号桩平均 12.5 MPa, M-16 号桩平均 13.5 MPa,完全达到设计要求加固强度。

4.3 粉喷桩施工

施工中严格按照铁道部《粉喷法加固软弱土层技术规范》(TB 10113-96)进行,桩位放线先放路基中线桩及控制边桩,控制全场,然后据各控制点测放桩位,做到定位准确,桩长、桩径、喷灰量按设计文件要求成桩。

4.3.1 施工工序

- (1) 桩体对位:移动钻机使钻头对准设计桩位。
- (2) 上灰:将粉体加固料装入罐中,并记录上灰总量。
- (3) 钻进:启动钻机和空压机,钻至设计标高。
- (4) 粉体发送器喷灰,提升钻杆搅拌至设计停灰面。
- (5) 复搅:按设计要求对桩体上部2 m范围进行复搅。
- (6) 提升结束,当钻头提升至桩顶设计标高时,粉体发送器停止喷射水泥加固料,成桩结束。
- (7) 检查:提升过程和成桩结束后检查记录喷灰量,对不合格者原位及时复打。

4.3.2 喷灰量的控制与调整

- (1) 调节灰罐下转鼓转速。
 - (2) 调节提升速度(分5档)。
 - (3) 可按表中进行调节灰罐压力的大小。
 - (4) 调整出灰口蝶阀的开启度。
- 上述各项功能调整到位后,保证了送灰量的稳定,送灰量满足有关设计要求。

5 粉喷桩成桩效果检验

5.1 开挖桩头检查桩体外观

成桩结束后,经常性地开挖桩头检查成桩情况,结果表明桩体水泥土搅拌均匀,凝固正常、形状规则,桩径满足设计及规范要求。

5.2 人力压入平头钢筋

在保护桩头顶部(地面下1 m)对已达28 d龄期的桩,采用人力压入 $\Phi 16$ mm平头钢筋,共对70根桩进行检验,所有被检桩头钢筋压入深度未超过2 cm,强度完全满足人力压入深度不大于8 cm的要求,证明水泥土桩成桩良好,强度超过预期效果。

6 施工中翻浆冒泥与上部空洞的处理

在DK17+171 m处粉喷桩施工过程中,当钻头喷灰搅拌提升至地面附近时,桩位出现翻浆冒泥,桩头附近出现最深达近2 m的空洞。为了保证成桩质量,采取向空洞内人工倒入水泥及回填土,同时操作桩机反复搅拌的办法予以弥补,28 d龄期开挖桩身浑圆坚硬,桩径达到设计要求。

7 结束语

(1) 粉喷桩是一项加固软土地基的新技术,经过多年的推广应用实践来看,其适应范围广,优势显而易见,如工期短、造价低、干扰少、便于施工等。但在使用中必须根据粉喷桩的适用性,针对各工程对象的具体特性,认真分析区别对待。

(2) 根据场地地层厚度变化大的特性,采用根据施工控制桩长的办法,在每米喷灰量不变的情况下,可最大限度地发挥粉喷桩的作用,在58 d的有效工期中,完成粉喷桩总计24537.8延米,耗用425#普通水泥1077 t,即施工桩段内每米平均达50 kg。

深圳地铁3号线工程动工兴建

连接特区内罗湖区与特区外龙岗区的地铁3号线于2005年12月底动工兴建。它的起点为罗湖区的红岭中路站,终点为龙岗区龙兴街站,全长32.895 km,总投资达109.87亿元,预计2009年建成通车。3号线在特区内的8.533 km将以地下方式通行,经过罗湖区在布心站出洞后,沿深惠路高架布设,先后经过龙岗区的布吉、横岗、龙城和龙岗街道。特区外除过渡段外的21.727 km均穿行在高架桥之上,因此,3号线全线有2/3段是在“地上”跑。

据了解,地铁3号线全线共设车站21座,通车后,可在老妇站与地铁1号线换乘、在塘坑站与轻轨5号线换乘,在布吉客运站与广深铁路换乘,并在龙兴街站预留与城际铁路规划线的换乘条件。届时,可沿城市东部发展轴连接特区中心组团、中部服务组团、东部物流组团及龙岗中心组团,沟通布吉、横岗、龙岗三个卫星新城。

根据远期规划,地铁3号线有2个延长段。一个延长段是从红岭中路站沿红荔路到福田区购物公园站与2号线接驳,另外一个延长段是从龙兴街站往东延长以便来往惠州方向公交车的集散和城际铁路的接驳。地铁3号线建成通车后将大大提高深惠公路这一交通走廊的客运能力,刺激和引导其交通功能转型,将真正解决目前龙岗区与特区之间交通不便的问题,切实缓解该地区交通拥挤的局面。

(上海市老科协土建委组稿)