

深层水泥粉喷桩施工关键技术

刘注¹, 翁少玲²

(1.中交路桥华东工程有限公司,上海市201210; 2.中交路桥华东工程有限公司,上海市201210)

摘要:永宁大桥陆域引桥为软土路基,采用水泥粉喷桩对路基进行加固处理。水泥粉喷桩桩位处地质复杂、桩长长、土层含水量随着季节变化大,施工质量控制难度大。为解决复杂地质条件下深层水泥粉喷桩成桩质量控制难度大问题,详细分析了水泥粉喷桩常见的质量问题及原因,并制定了对应的措施进行解决。检测结果表明,水泥粉喷桩无侧限抗压强度和单桩承载力满足设计及规范要求,达到了控制目的。

关键词:软土路基;水泥粉喷桩;质量控制

中图分类号: U416.1

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)08-0218-03

0 引言

随着我国公路网的不断健全和完善,软土地区道路施工越来越普遍。软土路基处理常用方式有:开挖换填、振冲挤密、钻孔灌注桩、预应力管桩、水泥搅拌桩等。水泥搅拌桩以其适用范围广,处理深度大,加固效果好,施工方便,造价低而被广泛采用^[1]。水泥搅拌桩施工分为干喷工艺(粉喷桩)和湿喷工艺(浆喷桩),土层含水量较大时常采用干喷工艺,土层含水量较小时常采用湿喷工艺,水泥搅拌桩施工质量受土层含水量影响较大。如何提高深层水泥搅拌桩施工质量,减少软土路基沉降,已十分重要。

本文以永宁大桥陆域引桥水泥粉喷桩施工为背景,探讨了水泥粉喷桩施工常见的质量问题及原因分析,并逐一提供了解决措施,为相似工程水泥粉喷桩施工质量控制提供了参考。

1 工程概况

温州市域铁路S3线附属配套工程(瑞安段)永宁大桥项目处于飞云江入海口,长约3.127 km,其中跨江范围长约1.1 km。水域主桥从北至南桥跨布置依次为:(90+90)m简支钢桁梁+(140+200+260+140)m刚性悬索桥+(90.4+94.6)m简支钢桁梁。本项目集市域铁路、快速路、一级公路等功能于一体,采用双层桥梁建设。

本工程水泥搅拌桩地基处理包括桥头、过渡段

及承台周边处理(见图1),地下土层含水量大于50%,故采用双向搅拌干喷工艺施工,设计桩身28 d无侧限抗压强度为0.8 MPa,90 d无侧限抗压强度为1.0 MPa,28 d单桩极限承载力不低于150 kN。桥头水泥粉喷桩桩长20 m,桩间距为1.4 m。过渡段水泥粉喷桩桩长15 m,桩间距为1.3 m。承台周边水泥粉喷桩桩长10 m,桩间距为1.4 m。水泥粉喷桩设计桩径均为0.5 m,本工程水泥粉喷桩共计173 480 m,施工工艺参数见表1。

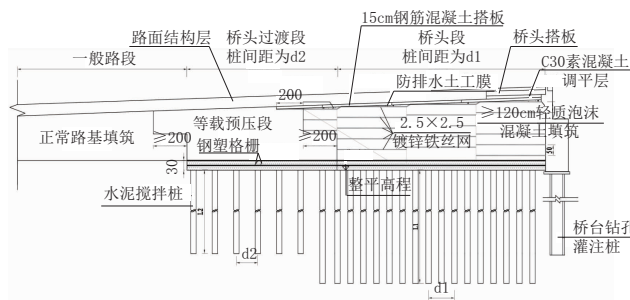


图1 桥头及过渡段路基处理设计图(单位:cm)

表1 水泥粉喷桩施工工艺参数表

水泥用量 / ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$)	钻进速度 / ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	提升速度 / ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$)	喷气压力 / MPa
55	0.8 ~ 1.5	0.5 ~ 0.8	0.5 ~ 0.8

2 水泥粉喷桩施工质量问题及原因分析

2.1 水泥粉喷桩常见质量问题

水泥粉喷桩施工完成28 d后,需进行取芯检测桩身完整性和无侧限抗压强度,合格后进行单桩承载力检测,以判断水泥粉喷桩施工质量^[2]。从前期水泥粉喷桩检测结果看,主要存在的质量问题有:桩顶芯

收稿日期:2023-07-19

作者简介:刘注(1994—),男,学士,工程师,从事道路桥梁施工工作。

样不成型、取芯长度不足、单桩承载力不足,见图2。



图2 桩顶芯样不成型和桩长不足图

2.2 水泥粉喷桩质量问题原因分析

水泥粉喷桩施工质量涉及的影响因素较多,主要有:桩位处土层性质、土层含水量、施工参数控制(如搅拌速度,下沉速度、提升速度、喷气压力、单位长度喷粉量、检测龄期)、钻机垂直度等^[3],不同质量问题的原因需要具体分析。

(1) 桩顶芯样不成型原因分析

永宁大桥位于飞云江入海口,地下土层为淤泥、淤泥质黏土,地下水位标高受季节影响明显。5~7月份处于梅雨季节,降雨量大,地下水位高,土层含水量大,有利于粉喷桩成型。而8~11月份处于高温少雨季节,降雨量少,地下水位低,土层含水量小,不利于粉喷桩桩顶成型。从前期取芯检测结果看,5~7月份施工的水泥粉喷桩桩顶芯样成型质量明显好于8~11月份施工的水泥粉喷桩,故枯水期桩顶土层含水量低会导致桩顶芯样成型差。

永宁大桥陆域引桥部分为旧路改建,部分水泥粉喷桩位于老路范围内。老路路基为宕渣,土层存在较大块石,会影响水泥和土层搅拌均匀,导致桩顶芯样成型差。永宁大桥陆域引桥部分位于荒地,水泥粉喷桩桩位处土层含砂量较大,且存在较多垃圾,也会影响水泥和土层搅拌均匀,导致桩顶芯样成型差。

(2) 取芯长度不足原因分析

取芯长度不足原因有两种,一种钻杆钻进深度不足,桩长不够,导致取芯长度不足。另一种虽然桩长足够,但钻机不水平,桩身垂直度差,取芯时钻杆偏出桩外,导致取芯长度不足。

(3) 单桩承载力不足原因分析

单桩承载力检测时,荷载施加于桩顶,桩顶承受的荷载大于桩底。因水泥粉喷桩桩顶芯样成型差,荷载施加后桩顶会产生较大的压缩变形,导致水泥粉喷桩单桩承载力不足。

水泥粉喷桩施工时,由于钻进时钻杆抖动,钻杆

与土层间会存在较大空隙,桩顶钻进时水泥会沿着空隙喷出,减少了桩顶单位长度水泥用量,降低桩顶承载力,导致单桩承载力不足。同时,水泥喷出地面,会产生较大的粉尘,污染环境。

3 水泥粉喷桩施工质量控制措施

水泥粉喷桩施工质量不合格,通车后路基会产生较大沉降,导致路面出现不规则裂缝,降低道路设计使用年限。同时,在桥头和承台周边,会产生不均匀沉降,导致桥头和承台周边路面产生错台,车辆在此处会产生跳车现象,影响行车安全和舒适性^[4]。因此,水泥粉喷桩施工质量控制对道路施工至关重要。若水泥粉喷桩施工质量不合格,需在桩位旁补桩,产生较大经济损失,故事前控制至关重要。

3.1 桩顶芯样不成型控制措施

为了解决枯水期桩顶土层含水量低造成的芯样不成型,可采取在钻机钻头部位安装水管,当钻机在桩顶3 m范围内钻进时,打开水管,边钻进边洒水增加土层含水量,见图3。水管采用直径40 mm软管,水管一端放入河中,由增压泵加压供水,通过增压泵电箱开关控制洒水时间。



图3 桩顶洒水增加土层含水量图

为解决桩顶土层存在大块石、砂性土和垃圾造成的芯样不成型,可采取开钻前挖除原地面不合格土层,换填含水率大于50%的黏性土。换填深度需满足将大块石、砂性土和垃圾全部清除干净,换填范围为水泥粉喷桩桩位范围。

3.2 取芯长度不足控制措施

为解决钻进深度不足造成的芯样不成型,可采取在钻机钻杆上焊接钢筋用于深度标记,便于钻机操作人员控制停机深度,也便于现场技术人员随时检查钻进深度是否达到设计要求,防止钻机操作人员随意减少钻进深度。

为解决桩身垂直度差造成取芯长度不足,可采

取在钻机上安装水平靠尺,开钻前由钻机操作人员和现场技术员共同检查钻机机架垂直度,出现偏差及时进行调整,钻机机架垂直度小于 1/300 后方可钻进。

3.3 单桩承载力不足控制措施

为解决桩顶芯样成型差造成的单桩承载力不足,可采取上述措施,提高水泥粉喷桩桩顶质量,减少桩顶压缩变形。

为解决桩顶钻进时水泥喷出地面造成单桩承载力不足,可采取在钻机钻杆上安装一块钢板做压板,防止钻进时水泥喷出地面,减少粉尘污染。钢压板直径 1.5 m,厚 20 mm,钢板中间开 100 mm 小孔,用于穿过钻杆。钢压板安装完成后,可卡在钻杆底部刀片上,便于钢压板随着钻机移动到相应的桩位处。

4 水泥粉喷桩质量检测结果分析

水泥粉喷桩施工执行上述措施后,为了验证上述措施的有效性,成桩 28 d 后对水泥粉喷桩进行了取芯检测(见图 4),检测结果表明桩长、芯样抗压强度均符合设计要求,桩身均匀性良好(取芯检测结果见表 2)。



图 4 粉喷桩取芯和单桩承载力检测图

取芯检测合格后,进行单桩承载力检测,当千斤顶加载至最大加载量 150 kN 时,千分表测出最大沉降量为 27.87 mm,整个加载过程中沉降基本均匀,其 $Q-s$ 曲线为缓变型曲线,无明显陡降段, $s-lgt$ 下弯曲现象,卸载至零后,有明显回弹量,回弹率为 26.09%,检测结果合格,措施实施效果较好。

5 结语

水泥粉喷桩作为软土路基施工关键组成部分,

表 2 水泥粉喷桩取芯检测结果表

回次	累计孔深 /m	进尺 /m	芯样长度 /m	采取率 /%
1	0.50	0.50	0.466	93.2
2	1.50	1.00	0.914	91.4
3	3.00	1.50	1.447	96.5
4	4.50	1.50	1.422	94.8
5	6.00	1.50	1.416	94.4
6	7.50	1.50	1.459	97.3
7	9.00	1.50	1.403	93.5
8	10.50	1.50	1.452	96.8
9	12.00	1.50	1.442	96.1
10	13.50	1.50	1.418	94.5
11	15.00	1.50	1.427	95.1
12	16.00	1.00	0.085	/
芯样截取深度 /m		0.50 ~ 1.10		
抗压强度 /MPa		1.01		

关系到路基施工的成败,需加以严格控制^[5]。本文以永宁大桥陆域引桥深层水泥粉喷桩施工为例,详细分析了水泥粉喷桩施工常见的三条质量问题及原因,并提出了桩顶钻进时洒水增加土层含水量、桩顶原地面换填黏性土增加水泥与土搅拌均匀性、在钻杆上焊接深度标记控制钻进深度、在钻机上安装水平尺控制桩身垂直度、在钻杆上安装钢压板防止水泥喷出地面等措施进行解决。通过以上措施,水泥粉喷桩施工质量得到了有效控制,为今后类似软土地区超长水泥粉喷桩施工提供了经验。

参考文献:

- [1] 费智强.软土地基中水泥粉喷桩施工分析[J].散装水泥,2023(2):88-90.
- [2] 刘鑫龙.公路桥梁施工中水泥粉喷桩施工工艺及质量检测分析[J].交通世界,2023(增刊2):183-185.
- [3] 张济宁.水泥粉喷桩施工技术在河岸软土地基处理中的应用[J].黑龙江水利科技,2022,50(11):152-154,162.
- [4] 郑尚孚.软土路基变形分析及控制研究[J].江西建材,2022(12):46-48.
- [5] 杨普锋.深厚淤泥层中大直径深孔水泥粉喷桩施工技术[J].湖南交通科技,2022,48(3):60-63.