

水泥粉喷桩在软土路基处理中的应用

刘亚坤¹, 刘洪君²

(1. 济宁市交通工程质量监督站, 山东济宁 272000; 2. 山东省公路检测中心, 山东济宁 272113)

摘 要:以国道 105 线济宁至金乡改建工程第 2 合同段为例, 简述了水泥粉喷桩在软土路基处理中的应用。其中主要介绍了粉喷桩施工中对材料及施工机械的选择, 具体施工程序及对施工质量的控制。

关键词:人工加固地基; 粉喷桩; 施工工艺; 质量控制

中图分类号: TU472.36 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)03-0104-02

0 前言

粉喷桩又称深层粉体搅拌桩, 是软土地基加固处理的一种重要方法。它以处理效果好、施工周期短、无振动、无噪音、污染小、造价低等优点, 已被广泛应用于房屋建筑工程、高速公路工程、水利工程以及城市防洪等诸多工程领域。

粉喷桩施工利用改制的螺旋钻机, 将钻杆钻至设计要求的土层深度, 钻头到达下部持力层后, 用压缩空气将固化剂经钻杆内孔输送至钻头上特制的喷嘴, 随同钻头旋转向四周一定范围内的土体自下而上不断切割, 使之疏松, 再强行使喷入的固化剂与土颗粒之间产生一系列物理、化学反应, 形成具有整体性、水稳性和一定强度的柱状固结体。该柱状固结体与周围的软土地基一起组成复合地基, 从而起到加固软土地基的作用。目前, 粉喷桩所采用的固化剂主要有石灰和水泥两类。石灰固化剂主要用于上部荷载较轻的软基处理中, 当桩荷较大, 桩柱较长时, 则多采用水泥做固化剂进行软基处理, 即水泥粉喷桩。本文以国道 105 线济宁至金乡改建工程第二合同段为例, 简述水泥粉喷桩在软土路基处理中的应用。

1 总体工程情况

国道 105 线是北京至珠海的国家级重要干道。济宁至金乡段改建工程全长 40.3km, 路基宽 30m, 路面宽 21m, 双向四车道, 设中央绿化带。该工程分六个合同段, 招标后分别由山东省鲁南公路工程总公司(一合同), 山东省交通工程总公司(六合同京杭大运河桥项目部), 中铁十四局五处(二合同), 中铁十七局三处(三合同), 中建八局南京机械化公司(四合同)和天津大港油田公路工程总公司(五合同)等六家队伍施工。粉喷桩处理段在中铁十四局五处施工的二合同段内, 该段全长 7.8km, 粉喷桩处理段长 480m, 设计桩径 0.5 m, 间距 1.2m, 梅花状布桩, 总量 3 722 棵, 桩总长 37 220m。由于该段位于黄河古道以北, 属黄河冲击平原, 又紧靠京杭大运河, 属老南四湖湖底, 地质情况复杂, I 层为棕褐色, 灰绿及黑色粘土, 软塑状, 多具膨胀性, 厚 5m 左右, 允许承载力 55kPa; II 层为棕红、黄褐色亚粘土, 硬塑状 2~3m, 允许承载力 110kPa; III 层为黄色粉砂土为主, 有的黄中夹黑, 厚度变化大, 层位不稳定, 允许承载力 160kPa。

2 材料质量控制

粉喷桩的成桩质量与材料质量、施工工艺有很大关系, 为确保粉喷桩质量, 必须对材料严格控制。

水泥粉喷桩所用水泥为 Po32.5 级普通硅酸盐水泥, 一般应选用国家免检产品或是大型厂家生产的水泥, 且在有效期

之内, 严禁使用受潮结块变质的水泥。该项工程使用的是山东曲阜水泥厂生产的鲁城牌水泥, 水泥的喷入量不小于 50 kg/m。为改善水泥土的性能和提高强度, 施工中以木质素碳酸钙作为外掺剂, 通过实验达到设计规定的 $R_{28} \geq 0.8\text{MPa}$ 和 $R_{90} \geq 1.2\text{MPa}$ 的强度要求。

3 施工机械的选择

该段粉喷桩施工选用铁道部第十四工程局五处的 PH-5 型喷粉桩机。该设备具有以下特点:

- (1) 机械传动, 液压操作, 操纵方便可靠。
- (2) 位移采用液压步履式, 能纵、横向移动, 对孔就位, 方便可靠。
- (3) 钻机喷粉系统采用电子称计量, 数码显示, 机械无级调速, 可以任意调节喷粉量的大小。
- (4) 钻机在加固深度范围内钻杆可连续钻进或提升。
- (5) 钻杆深度可由电器行程开关控制。

4 工艺流程图

粉喷桩施工的工艺流程图如图 1:

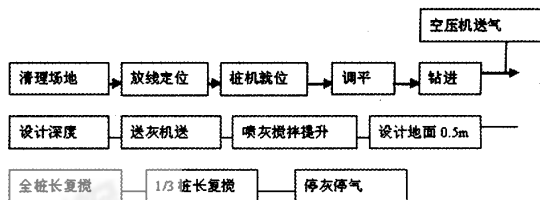


图 1 粉喷桩施工工艺流程

5 具体施工程序

(1) 粉喷桩施工前进行地表处理, 清理杂草树木, 平整地形, 完善排水设施, 对场地进行一定厚度的砂砾铺垫, 以利桩机置平和场内行走。

(2) 根据设计进行现场桩位测放。为了便于调整机械施工误差, 路基纵向每 20m 为一单元体进行测量控制。

(3) 将喷射搅拌桩机运至量测的桩位对中。

(4) 启动深层搅拌机电机, 待搅拌转速正常后, 边旋转切土边下沉, 直至设计加固深度。

(5) 粉喷桩搅拌提升。当深层搅拌机下沉到设计深度后, 开启空压机, 待气粉混合物达到喷射口后, 开始边喷灰边提升深层搅拌机。至设计地面下 0.5m 处时关闭空压机, 防止水泥粉喷入大气中。提升速度通过试桩确定。

(6) 重复搅拌。在上述初次搅拌完成后, 重复搅拌下沉至桩底, 再搅拌提升至设计地面下 0.5m; 然后再向下将地面下 1/3 的桩长重复搅拌一次。

收稿日期: 2005-11-20 □□

作者简介: 刘亚坤(1977-), 男, 山东人, 工程师, 主要从事公路工程质量监督及公路管理工作。

(7)关闭搅拌机并移位,进行下一根桩的施工。

6 施工质量控制

在采用 PH-5 型粉体喷射搅拌机进行粉喷桩施工期间,要严格按设计图纸、施工规范及通过试桩确定的工艺参数,对钻进及提升速度、喷灰量、置换率以及水泥与地基土的搅拌均匀程度进行质量控制,这些是保证桩身水泥土整体质量的关键,主要包括以下几个方面:

(1)搅拌提升速度 $V(m/min)$ 与转速 $R(r/min)$ 要求将地基土尽可能切碎并把水泥粉与土充分拌和均匀,在搅拌杆转速一定时,搅拌次数与拌和的均匀度,直接与提升的速度有关。根据 PH-5 钻机型的机械性能及现场桩身水泥土强度试验结果确定,当中档钻进时,提升速度为 $1m/min$,慢钻进时,提升速度为 $0.5m/min$ 。

(2)喷灰质量控制:根据设计要求水泥掺量为 $50kg/m$,但现场的施工情况,由于在桩底部范围内残积土密实度较高,作为复合地基承受上部荷载其桩身轴向压力自上而下逐渐减少,因此在桩顶下 $3m$ 范围内加大喷灰量。

(3)为保证置换率,钻头叶片直径应保证不小于设计桩径。由于在施工过程中钻头叶片磨损较大,因此要经常加焊或更换钻头叶片。

(4)复搅深度:试验和实践表明,复搅水泥土的无侧限抗压强度比未复搅拌桩体水泥的无侧限抗压强度大 $2\sim 3$ 倍。

7 质量检测及效果

粉喷桩施工结束后,经过一段时间的养护,对该段 3722 根粉喷桩质量进行了全面检测。开挖后桩位准确,桩体质地坚硬,锤击声清脆可闻,实际桩径均在 $50\pm 2cm$,采用岩芯钻机按 2% 抽取比率进行钻芯取样,芯样均匀密实,无侧限抗压强度全部达到设计标准;为进一步验证粉喷桩的加固效果,对部分单桩及复合地基进行了静载试验,结果表明,单桩承载力和复合地基承载力均超过设计值。

该工程已竣工使用 2a,2004 年底被评为山东省优质工程,从这两年的使用情况看,该工程未发生路基下沉、路面开裂及其它异常现象。

