

文章编号:1009-6825(2004)09-0029-02

# 水泥深层搅拌(粉喷)桩的施工工艺及质量控制

李建钢

**摘要:**介绍了怡华苑小区古玩城工程地基处理所采用的水泥深层搅拌(粉喷)桩的施工工艺、质量控制要点及施工检测,阐明了水泥深层搅拌(粉喷)桩在施工技术、质量控制等方面的优势。

**关键词:**水泥深层搅拌(粉喷)桩,质量控制,施工检测

**中图分类号:** TU472.3<sup>+</sup>2

**文献标识码:** A

## 1 工程概况

怡华苑小区古玩城是华北地区最大的古玩商城,建筑面积为9 145 m<sup>2</sup>,地下1层,地上6层(局部8层)。地基处理采用水泥深层搅拌(粉喷)桩,设计桩径均为500 mm,有效桩长6.0 m,桩距800 mm,总桩数2 797根,设计要求桩体无侧限抗压强度极限不低于2 000 kPa,单桩承载力不小于80 kN,复合地基承载力不小于160 kPa。

## 2 水泥深层搅拌(粉喷)桩加固地基原理

在软土地基中加入改良材料水泥粉,与原桩位的土用搅拌机进行强制性的搅拌混合,使原桩位的土与水泥粉进行化学反应,从而形成一个由水泥、软土混合成的圆柱状凝固体,同时将柱间的土挤密,使得地基得到加固。

### 2.1 水泥的水解和水化反应

普通32.5水泥的主要成分为CaO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,约占95%以上,用水泥加固地基时,水泥颗粒表面的矿物(Ca<sub>3</sub>SiO<sub>4</sub>、硅酸二钙、铝酸三钙、铁铝酸四钙等)很快与土中水分发生水解和水化反应,其反应式为:



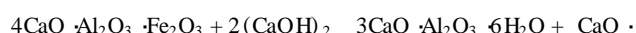
硅酸三钙                      含水硅酸钙                      氢氧化钙



硅酸二钙                      含水硅酸钙                      氢氧化钙



铝酸三钙                      含水铝酸钙



铁铝酸四钙

铁铝酸四钙                      含水铝酸钙                      含水铁酸钙

铝酸三钙反应速度较快,促进早凝,硅酸三钙和铁铝酸四钙水化反应也较快,早期强度较高,硅酸三钙水化反应较慢,对后期强度增长的抗水性能较好。另外,水泥粉在地基土中的水化反应放出的大量热能使水泥土吸收水分的能力更强。

### 2.2 水泥的凝结与硬化

水泥的水化反应开始处在碱性的氢氧化钙、硅酸钙等环境中,钙离子使土中的SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>发生化学反应,并逐渐生成不溶于水的稳定铝酸钙、硅酸钙及钙黄长石的结晶水化物,这些化合物在水中逐渐硬化,增大了水泥土的强度,而且由于其结构比较紧密、水分不易侵入,从而使水泥土具有足够的水稳定性。

地基土一般表现出胶体特征,土中的SiO<sub>2</sub>遇水形成硅胶体微粒,表面的Na<sup>+</sup>当量吸附交换,使得土粒表面吸附的Ca<sup>2+</sup>所形成的扩散层减弱,大量的土粒形成较大团粒,这种坚固的联结,

使水泥土的强度大大提高。

### 2.3 碳酸反应

水泥水化物中游离的Ca(OH)<sub>2</sub>能吸收水中的CO<sub>2</sub>,生成CaCO<sub>3</sub>,这种反应亦能使水泥土的强度增加。

## 3 施工工艺

桩机就位使桩架保持双向垂直 钻孔至桩底 喷粉提钻至桩顶 下钻复搅 提钻至地面 钻机移位至新桩位。

## 4 施工程序和操作要点

4.1 放轴线桩:依据甲方提供的建筑物总图和设计院提供的布桩平面图,用经纬仪放出轴线,记录放线资料,认真做好原始资料整理工作,桩位编号要按图上编号的桩位编号,以免发生差错,每桩打桩前后,都要核对桩位,以防错打、漏打。

4.2 桩机就位:根据设计,确定加固机体的位置,使搅拌轴保持垂直,校准机身水平,使钻尖对准桩位。

4.3 启动搅拌钻机,钻头边旋转边钻进,同时开动空气压缩机沿高压胶管、钻杆高压送气(即送强气流风),以防止钻头喷粉口堵塞并冷却钻头。

4.4 当水泥粉筛过后装入小灰罐,用空压机将水泥灰雾化,从小罐压入大罐,而后将大罐充气,压力保持在3 kPa~4 kPa,当钻机钻进至设计标高时停止钻进,反转慢慢提升,同时开动送灰机,将大罐内灰送到管内,然后用高压气流(空压机)通过高压管、钻杆,带有喷射嘴的钻头把水泥干粉喷出,送入土体。在搅拌过程中,钻头叶片反转时,就将已搅松的土压实,当钻头提升至离地面0.3 m~0.5 m时,停止送灰正转,3 m内复搅、复喷,再反转匀速将钻头提升、压实,直至提出地面成桩结束。

4.5 施工中如发现喷粉量不足,实行整桩复打,并不小于设计用量,如遇停电、机械事故等原因导致喷粉中断也必须复打,复打重叠孔段长度不小于1 m。

## 5 施工检测

依据现行施工规范要求,检测方案布置如下:

1) 评价桩身质量及桩体强度是否满足工程要求,选取6根样桩,通长钻取芯样,所取芯样室内做无侧限抗压强度试验。

2) 在试桩中做3组单桩静载荷试验,然后计算工程单桩承载力,最后推算复合地基承载力。

### 5.1 单桩静载试验

单桩静载试验参照JGJ 4-94建筑桩基技术规范的有关规定进行,反力装置采用平台堆载法,配重280 kN,加荷系统采用液压千斤顶加荷,同时在桩顶面的正交两个直径方向安装4个百分表,

收稿日期:2004-02-27

作者简介:李建钢(1976-),男,1998年毕业于石家庄铁道学院工民建专业,工程师,大同市第五建筑工程有限责任公司,山西 大同 037006

文章编号:1009-6825(2004)09-0030-02

## 顶涵技术在电缆隧道施工中的应用

刘水林 贾斗文

**摘要:**结合热连轧技改工程实际,介绍了顶涵技术在电缆隧道穿越现有建筑物地基土施工中的应用。指出在以工期为主导的工程中,钢涵箱的防腐、防水、顶进、混凝土浇筑是施工中的重点。

**关键词:**顶涵,钢涵箱,防腐,电缆隧道

**中图分类号:**U455

**文献标识码:**A

## 1 工程概况

热连轧加热炉电缆隧道位于粗轧区主电室偏跨——变压器室西侧,电缆隧道中长为7.5 m的一段在现有变压器室下方穿过,与主电室相通。隧道底标高-6.56 m,截面3.0 m×3.45 m,内净空2.0 m×2.2 m。

变压器室基础垫层底标高为-3.10 m。按常规施工,必须停产50 d左右,大大影响了生产。然而,工期要求为15 d。针对这一课题,经现场调查、多方研究、深入讨论、多种方案比较,最终决定采用钢涵箱顶涵施工技术。

## 2 总体施工顺序

准备阶段:经过查阅旧资料,反复论证,确定采用顶进钢涵箱,然后再做混凝土内衬的方案,总体施工顺序如下:

靠背施工 滑板导向墩施工 顶进操作 箱体内部钢筋绑扎  
第一次混凝土浇筑 第二次混凝土浇筑。

## 3 技术要点

通过基准梁侧读出桩的沉降值,以4个百分表平均值作为桩下沉量的实测值。

加荷方式采用慢速维持荷载法,按24 kN为一级,分级加荷,直至加到最大荷重240 kN,每级加荷后间隔5 min、10 min、15 min各测读一次,以后每隔15 min测试一次,累计1 h后每隔30 min测读一次,每1 h沉降不超过0.1 mm,并连续出现两次即可,认为已达到相对稳定,可加下一级荷载。

卸载时,每级卸载为加载值的2倍,每级卸载后隔15 min测读一次残余沉降,读两次后,隔30 min再读一次,即可卸下一级荷载,全卸载后,隔3 h~4 h再读一次。

古玩城地基粉喷桩在检测期间加载至240 kN,均未出现极限承载力,按照建筑地基基础设计规范,确定试桩单桩竖向极限承载力240 kN,计算工程桩单桩承载力特征值不小于80 kN,根据公式 $f_{spk} = mR_a/A_p + (1-m)f_{sk}$ 计算复合地基承载力不小于160 kPa。

## 3.1 型钢混凝土靠背桩墙施工

3.1.1 经过计算,顶涵设计顶力为4 000 kN。打入18根22型钢桩,间距300 mm,锚入基槽底2.7 m,外露2.0 m。在0.8 m及1.6 m焊接两道[20]。

3.1.2 22型钢桩施工后,支模浇筑C25早强混凝土墙壁,厚0.6 m,长2.5 m,高2.2 m。将22桩包在正中央,以确保靠桩满足顶涵行进中的最大水平推力。于-6.16 m处涵箱中心线两侧对称预埋-600 mm×600 mm×25 mm铁件一块,承担水平推力。

## 3.2 降、排水工作

3.2.1 作业坑开挖前,应做好降水工作。雨季施工,还应在工作坑底边沿设置集水井排水。

3.2.2 施工过程中,做好变压器室的沉降观测工作。

## 3.3 涵箱制作与防腐

3.3.1 因工期较紧,采用钢涵箱。钢涵箱采用45号型材门型

## 5.2 桩头取芯无侧限抗压强度试验

现场随机抽取样桩6根,在开挖至有效桩顶标高处钻取桩体芯样,观察桩体情况,并留高10 cm、直径10 cm试件,做现龄期无侧限抗压强度试验。经过试验检测,无侧限抗压强度平均值4.8 MPa,变异系数0.338,桩体质量及强度达到设计要求。

## 6 结语

6.1 采用水泥深层搅拌(粉喷)桩加固地基,机械化程度高,施工速度快,可使用几台设备同时作业,缩短了施工工期。

6.2 采用水泥深层搅拌(粉喷)桩加固地基,基于水泥土的一系列物理化学反应,改变了原状土的结构,使土颗粒重新排列、重新固结成水泥土,硬结成具有整体性、水稳性和强度较高的水泥土拌合柱体,从而大大地提高了地基土的承载力。

6.3 由于粉喷桩是就地搅拌加固地基,使软土不向侧向挤压,因此,对邻近已有建筑物影响很小。

## Construction technology and quality control measures of cement deep-mixing pile

LI Jian-gang

(The 5th Building Engineering Co. Ltd. of Datong, Datong 037006, China)

**Abstract:** Taking one practical work as example the construction technology of the cement deep-mixing pile is introduced as well as quality control points and construction detection. In addition the advantages of this kind pile in construction and quality control are mentioned.

**Key words:** cement deep-mixing pile, quality control, construction detection

收稿日期:2004-02-09

作者简介:刘水林(1974-),男,1999年毕业于电子科技大学建筑工程专业,助工,太钢建筑工程公司,山西太原 030008

贾斗文(1974-),男,1999年毕业于电子科技大学建筑工程专业,助工,太钢建筑工程公司,山西太原 030008