

高压旋喷桩在向家咀变电站软土地基中的应用

孟宪才¹, 吴 军¹, 马丽华², 向运斌¹

(1. 湖北省中大基础工程公司, 湖北黄石 435001; 2. 湖北地矿建设集团, 湖北 武汉 430030)

摘要: 220 kV 向家咀变电站场地地层第⑤层为软塑~流塑状的粉质粘土, 主要分布于综合配电楼及 220 kV 构架区区域, 考虑到地下水活动的影响, 容易造成土洞或者发生土洞塌陷。针对这个问题, 对软土层采用高压注浆等方式进行加固处理, 并对处理效果进行了检测。结果表明, 施工质量合格, 工程隐患消除。

关键词: 高压旋喷注浆; 软土地基; 加固处理; 检测

中图分类号: TU472.3⁺6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)09-0048-03

Application of High-pressure Rotary-jetting Pile in Soft Ground of Xiangjiazui Substation/MENG Xian-cai¹, WU Jun¹, MA Li-hua², XIANG Yun-bin¹ (1. Hubei Zhongda Foundation Engineering Company, Huangshi Hubei 435001, China; 2. Hubei Geology & Mineral Resources Construction Group, Wuhan Hubei 430030, China)

Abstract: For the construction in soft-flowing plastic silty clay of Xiangjiazui substation, groundwater activity was taken into account. High-pressure grouting was used to reinforce the soft ground, and treatment result showed that the quality was qualified and hidden defect was eliminated.

Key words: high-pressure rotary-jetting grouting; soft ground; reinforcing treatment; detecting

1 加固机理

高压旋喷注浆法是 20 世纪 70 年代发展起来的一种先进的土体深层加固方法^[1]。它是利用钻机把带有特殊喷嘴的注浆管钻进至土层的预定位置后, 用高压脉冲泵, 将水泥浆液通过钻杆下端的喷射装置, 向四周以高速水平喷入土体, 借助液体的冲击力切削土层, 使喷流射程内土体遭受破坏, 与此同时, 钻杆一边以一定的速度旋转, 一边低速徐徐提升, 使土体与水泥浆充分搅拌混合、胶结硬化后即在地基中形成直径比较均匀、具有一定强度(0.5~8.0 MPa)的圆柱体(称为旋喷桩), 从而使地基得到加固。

二重管法用同轴双通道二重注浆管复合喷射高压水泥浆和压缩空气 2 种介质, 以浆液作为喷射流, 但在其外围裹着一圈空气流成为复合喷射流。成桩直径 1.0 m 左右。

2 工程概况

220 kV 向家咀变电站站址位于湖北省黄石市西南磁湖公路旁, 本期建设规模为主变 1×240 MVA, 终期 2×240 MVA。场地整平标高约为 24.70 m。综合配电楼及 220 kV 构架的基础均为钢筋混凝土基础, 基础埋深约 2.5~3.5 m。

与本工程相关的地层条件如下: 素填土(松散)、粘土(可塑)、粉质粘土(硬塑)、粉质粘土(可塑)、粉质粘土(软塑~流塑)、灰岩。

根据地质灾害勘察报告^[2], 场地地层第⑤层为软塑~流塑状的粉质粘土, 主要分布于综合配电楼及 220 kV 构架区区域(见图 1)。对于有软土分布的地段, 在勘探过程中尚未发现有土洞分布。但在工程兴建后, 考虑到可能存在的场地地下水活动加剧等情况, 从而形成土洞和发生土洞塌陷的可能性。作为一个大型变电站站址, 需要进行防地质灾害设计, 对场地存在的软土层采用高压注浆等方式进行加固处理。

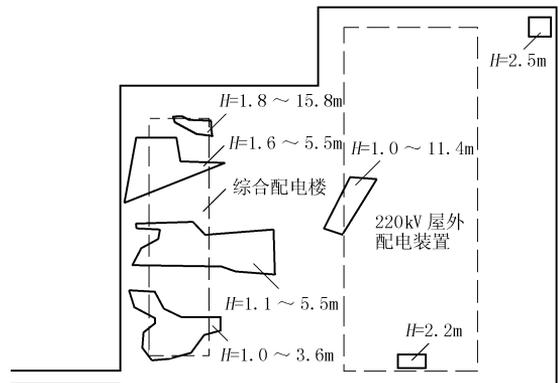


图 1 站址场地软土地层分布示意图

收稿日期: 2008-03-31

作者简介: 孟宪才(1974-), 男(汉族), 湖北鄂州人, 湖北省中大基础工程公司经理、工程师, 钻探工程专业, 从事地基与基础施工工作, 湖北省黄石市经济开发区湖滨路 2003-门面 11 号, zhongdagongsi@126.com。

湖北省中大基础工程公司承担了向家咀变电站软土地基加固工程项目,对第⑤层粉质粘土(软塑~流塑)采用高压旋喷桩进行加固施工^[3],加固范围确定的总桩数约为 659 根。设计旋喷桩成桩直径 1000 mm,桩中心间距 1800 mm,加固后的复合地基 $f_{sp,k} \geq 135$ kPa。

3 施工设计

3.1 室内配方与现场喷射试验

为了解喷射注浆固结体的性质和浆液的合理配方,在现场取了各层土样,在室内按不同的含水量和配合比进行试验,优选出合理的浆液配方。

3.2 旋喷桩复合地基承载力标准值的确定

旋喷桩复合地基承载力标准值应通过现场复合地基载荷试验确定,也可按公式(1)计算或结合当地情况及其土质相似工程的经验确定^[4]。

$$f_{sp,k} = [R_{dk} + \beta f_{s,k}(A_e - A_p)]/A_e \quad (1)$$

式中: $f_{sp,k}$ ——复合地基承载力标准值,kPa; A_e ——1根桩承担的处理面积, m^2 ; A_p ——桩的平均截面积, m^2 ; $f_{s,k}$ ——桩间天然地基土承载力标准值,kPa; β ——桩间天然地基土承载力折减系数,可根据试验确定,在无试验资料时,可取 0.2~0.6,当不考虑桩间软土的作用时,可取零; R_{dk} ——单桩竖向承载力标准值,可通过现场载荷试验确定。

单桩竖向承载力标准值也可按公式(2)、(3)计算,取其中较小值:

$$R_{dk} = \eta f_{cu,k} A_p \quad (2)$$

$$R_{dk} = \pi d \sum_{i=1}^n h_i q_{si} + A_p Q_p \quad (3)$$

式中: $f_{cu,k}$ ——桩身试块在标准养护条件下的无侧限抗压强度平均值,kPa; η ——强度折减系数,可取 0.35~0.50; d ——桩的平均直径,m; n ——桩长范围内所划分的土层数; h_i ——桩周第 i 层土的厚度,m; q_{si} ——桩周第 i 层土的摩擦力标准值,可采用钻孔灌注桩侧壁摩擦力标准值,kPa; Q_p ——桩端天然地基土的承载力标准值,可按有关规范规定确定^[2]。

3.3 喷浆量计算^[5]

喷浆量计算有 2 种方法,即体积法和喷量法,取其大者作为设计喷射浆量。

3.3.1 体积法

$$Q = (\pi/4) D_e K_1 h_1 (1 + \beta) + (\pi/4) D_0^2 K_2 h_2 \quad (4)$$

式中: Q ——需要用的浆量, m^3 ; D_e ——旋喷体直径,m; D_0 ——注浆管直径,m; K_1 ——填充率,0.75~

0.9; h_1 ——旋喷长度,m; K_2 ——未旋喷范围土的填充率,0.5~0.75; h_2 ——未旋喷长度,m; β ——损失系数,0.1~0.2。

3.3.2 喷量法

以单位时间喷射的浆量及喷射持续时间,计算出浆量,计算公式为:

$$Q = (H/v)q(1 + \beta) \quad (5)$$

式中: v ——提升速度,m/min; H ——喷射长度,m; q ——单位时间喷浆量, m^3 /min。

根据计算所需的喷浆量和设计的水灰比,即可确定水泥的使用数量。

3.4 浆液材料

高压喷射注浆的主要材料为水泥,对于无特殊要求的工程,宜采用 325 或 425 普通硅酸盐水泥。根据需要可加入适量的速凝、悬浮或防冻等外加剂及掺合料。所用外加剂和掺合料的数量,应通过试验确定。水泥浆液的水灰比应按工程要求确定,可取 1~1.5,常用 1。

4 现场施工

高压旋喷桩施工的参数如下:注浆材料采用强度等级为 32.5 硅酸盐水泥,掺入氯化钙等早强剂,水泥浆液的水灰比 1:1.1;采用 2 个喷嘴,喷嘴孔径 3 mm,旋转速度为 10 r/min,提升速度为 120 mm/min。

施工机具参数如下:高压泵压力为 20 MPa,浆液流量为 80 L/min;空压机压力为 20 MPa,流量为 2 m^3 /min。

4.1 高压旋喷桩施工步骤

4.2.1 钻机就位

钻机在设计孔位上要保持垂直,施工时旋喷管的允许倾斜度 $\geq 1.5\%$ 。

4.2.2 钻孔

单管旋喷常使用 76 型旋转振动钻机,钻进深度可达 30 m 以上,适用于标准贯入度小于 40 的砂土和粘性土层。当遇到比较坚硬的地层时宜用地质钻机钻孔。一般二重管和三重管旋喷法施工中都采用地质钻机钻孔。钻孔的位置与设计位置的偏差 ≥ 50 mm。

4.2.3 插管

插管是将喷管插入地层预定的深度。使用 76 型振动钻机钻孔时,插管与钻孔两道工序合二为一,即钻孔完成时插管作业同时完成。如使用地质钻机钻孔完毕,必须拔出岩心管,再换上旋喷管插入到预

定深度。在插管过程中,为防止泥砂堵塞喷嘴,可边射水、边插管,水压力一般不超过 1 MPa。若压力过高,则易将孔壁射塌。

4.2.4 喷射作业

当喷管插入预定深度后,由下而上进行喷射作业。应随时检查注浆流量、风量、压力、旋转提升速度等参数是否符合设计要求,并做好记录,绘制作业过程曲线。当浆液初凝时间超过 20 h,应及时停止使用该水泥浆液。

4.2.5 冲洗

施工结束后,应把注浆管等机具设备冲洗干净,管内、机内不得残存水泥浆。通常把浆液换成水,在地面上喷射,以便把泥浆泵、注浆管和软管内的浆液全部排除。

4.2.6 移动钻机

将钻机等设备机具移到新孔位上。

5 施工注意事项^[6]

(1) 钻机与高压注浆泵的距离不宜过远。钻孔的位置与设计位置的偏差 ≥ 50 mm。实际孔位、孔深和每个钻孔内的地下障碍物、洞穴、涌水、漏水及与工程地质报告不符等情况均应详细记录。

(2) 当注浆管贯入土中,喷嘴达到设计标高时,即可喷射注浆。在喷射注浆参数达到规定值后,随即分别按旋喷、定喷或摆喷的工艺要求,提升注浆管,由下而上喷射注浆。注浆管分段提升的搭接长度 ≤ 100 mm。

(3) 如需要扩大加固范围或提高强度时,可采取复喷措施,即先喷一遍清水再喷一遍或两遍水泥浆。

(4) 在高压喷射注浆过程中出现压力骤然下降、上升或大量冒浆等异常情况时,应查明产生的原因并及时采取措施。

(5) 高压喷射注浆完毕,应迅速拔出注浆管。为防止浆液凝固收缩影响桩顶高程,必要时可在原孔位采用冒浆回灌或第二次注浆等措施。

(6) 施工中应如实记录高压喷射注浆的各项参数和出现的异常现象。

6 旋喷桩质量检验

高压喷射注浆一般采用开挖检查、钻孔取心、标准贯入、载荷试验或压水试验等方法进行检验^[7]。在 220 kV 向家咀变电站工程中,对施工的旋喷桩采用钻心法及标准贯入法进行了强度检测。检测时间约为 10 天,检验点的数量为:钻孔取心 10 块,标准贯入 10 点。

本次钻心采用北京探矿机械厂生产的 KY-100 型钻机;标准贯入试验锤重 63.5 kg,锤击自由落距为 76 cm。无侧限抗压强度试验采用 KZY-300S 型数显式抗折压试验机。

钻孔取心法检测结果表明,试块的无侧限抗压强度值都在 0.9 MPa 以上,最大值 1.4 MPa。

标准贯入检测结果表明,试验点的锤击数都在 4 击以上,最大锤击数为 8 击。

钻心法及标贯检测结果表明:软弱地基经过加固处理后,地基容许承载力得到大幅度提高,加固处理后复合地基容许承载力 ≥ 135 kPa,满足设计要求。

7 结语

整个旋喷桩施工计划工期为 22 天,实际工期 26 天,工期延误是由于变电站场地各项施工交替进行,交付的旋喷桩施工场地时间延迟,场地用水供应不充足等因素造成的。本次高压旋喷桩加固软土地基,加固深度达 16.8 m,这在黄石市也不多见。本工程提高了我们的施工技术及管理水平,也积累了丰富的施工经验。

参考文献:

- [1] 龚晓南. 地基处理技术发展及展望[M]. 北京:中国水利水电出版社,知识产权出版社,2004.
- [2] 湖北省电力勘测设计院. 220KV 向家咀变电站工程施工图设计岩溶地质灾害勘察报告[R]. 2006.
- [3] JGJ 79-2002, 建筑地基处理技术规范[S].
- [4] GB 50007-2002, 建筑地基基础设计规范[S].
- [5] 邝健政, 葛家良. 岩土注浆理论与工程实例[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [6] JGJ 94-94, 建筑桩基技术规范[S].
- [7] GB 50202-2002, 建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].