

多种地基处理技术在杂填土场区工程中的联合应用

巫冬妹, 金英姬, 曹凤学

(北京建材地质工程公司, 北京 100102)

摘要:结合北京某变电站新近堆积的杂填土场区地基处理工程设计实践,介绍了多种地基处理技术措施在解决杂填土地质条件下的联合应用。

关键词:地基处理;杂填土;强夯;加柱锤夯扩挤密碎石桩;加柱锤夯扩挤密水泥砂石桩

中图分类号:TU472.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)09-0037-04

Combined Application of Foundation Treatment Technologies in the Field Area of Miscellaneous Fill/WU Dongmei, JIN Ying-ji, CAO Feng-xue (Beijing Building Material Geological Engineering Corporation, Beijing 100102, China)

Abstract: According to the design practice of foundation treatment in the field area of miscellaneous fill in Beijing, introduction was made on combined application of various foundation treatment technologies in improving the geological conditions of miscellaneous fill ground.

Key words: foundation treatment; miscellaneous fill; heavy tamping; column hammer compact-expanded stone pile; column hammer compact-expanded cement gravel pile

随着城市建设的不断发展,杂填土类型的建设场地越来越多的出现在建设环境之中。新近堆积的杂填土因其成分复杂、物理力学性能指标差且为各向异性以及欠固结等特性,使其在工程应用中多数采用换填法进行处理,但受其分布深度及场地周边条件和其他因素制约,某些建设项目不具备换填条件,必须采取合理的地基处理措施。

本文以北京某变电站建筑及场区杂填土地基处理的设计与施工结果为例,详细介绍了针对本场区复杂杂填土条件下的设计实践。

1 工程概况及地质条件

1.1 工程概况

拟建场地位于北京市朝阳区北苑,本变电站场区长 120 m,宽 100 m,正四边形,拟建工程 ± 0.00 标高为 39.20 m,变电所主要建筑物有主控楼(2 层,高约 8.00 m,基底标高 -3.2 m)、35 kV 开关室(一层,高约 4.50 m,基底标高 -3.7 m)、220GIS 室(地下一层,地上一层,高约 12.00 m,基底标高 -5.1 m)及其他构筑物。拟建场地地形已进行前期平整,地面标高约为 40.2 m。

1.2 场地工程地质与水文地质条件

1.2.1 地层条件

勘察最大深度 38.00 m 范围内地层分为人工堆积层和一般第四纪沉积层两大类,根据土的物理力学性质进一步分层描述如下。

1.2.1.1 人工堆积层

粉质粘土~粘质粉土填土①层,褐黄~灰褐色,松散,湿,粉质粘土为主,含砖渣、灰渣、生活垃圾等,局部夹混凝土块及生活垃圾;

杂填土①₁层,杂~灰黑色,松散,湿~饱和,2002 年以前以生活垃圾为主,2002 年以后杂填土以房渣土为主,含砖渣、灰渣、少量生活垃圾。

人工堆积层总厚为 11.50~20.80 m,层底标高为 25.58~33.06 m。标高 40.00 m 以下为 1999~2002 年回填,以上为近期回填。

1.2.1.2 一般第四纪沉积层

标高 25.58~33.06 m 以下为一般第四纪沉积层,主要地层情况为:

粘质粉土②层,褐黄~灰色,中密,饱和,含云母、氧化铁;

粘质粉土②₁层,灰色,饱和,含云母、有机质;

砂质粉土②₂层,褐黄~灰色,中下密,饱和,含云母、氧化铁,该层总厚 0.00~5.00 m,层底标高 27.43~27.81 m,局部因为人类工程活动缺失;

粉质粘土③层,灰褐色,密实,湿~饱和,含云

收稿日期:2008-01-10

作者简介:巫冬妹(1975-),女(汉族),福建龙岩人,北京建材地质工程公司工程师,水文地质工程地质专业,从事岩土工程设计与施工管理工作,北京市东直门外南湖渠卷石天地大厦;金英姬(1969-),女(朝鲜族),吉林舒兰人,北京建材地质工程公司经济师,妇幼保健专业,从事岩土工程设计与施工管理工作;曹凤学(1968-),男(蒙古族),内蒙古赤峰人,北京建材地质工程公司第一项目经理部经理、工程师,水文地质工程地质专业,从事岩土工程设计与施工管理工作,daisy2816@sina.com。

母、氧化铁;

粘质粉土③₁层,灰褐色,密实,湿~饱和,含云母、氧化铁,该层总厚为 0.70~4.00 m,层底标高为 24.45~25.66 m;

粉砂~粉质粘土④层,灰色,密实,饱和,含云母、石英、氧化铁,该层总厚为 1.40~3.10 m,层底标高为 22.56~24.87 m;

粘质粉土⑤层,褐黄色,密实,饱和,含云母、氧化铁,局部夹粉质粘土薄层;

粉质粘土⑤₁层,褐黄色,饱和,硬塑,含云母、氧化铁少量姜结石,本次勘探部分钻孔未穿越该层;

砂质粉土⑥层,黄褐色,密实,饱和,含云母、氧化铁,局部夹粘质粉土薄层,本次勘探部分钻孔未穿越该层;

卵石⑦层,杂色,密实,饱和,亚圆形为主,最大粒径 < 6 cm,一般粒径 2~4 cm,细砂填充,粒径 > 2 cm 的卵石含量约为 65%。

1.2.2 场地水文地质条件

勘察 38.00 m 深度范围内实测 2 层地下水:第一层为上层滞水,水位标高 28.98~31.89 m,场地局部埋藏;第二层为一般第四纪潜水,水位标高 25.66~26.56 m。

根据《岩土工程勘察报告》提供的资料,拟建场地地下水对混凝土结构、钢筋混凝土结构中的钢筋均无腐蚀性。

1.3 各部位地质条件及地基处理要求(见表 1)

表 1 各部位地质条件及地基处理要求情况

建筑物名称	基础类型	基础底面相对标高/m	基础底面绝对标高/m	基底土层序号	基底下填土厚度/m	要求地基承载力特征值/kPa
整个场区		0.00	39.2	①、① ₁	13.0	> 100
主控楼	条形	-3.2	36	① ₁	8.8	> 150
35 kV 开关室	条形	-3.7	35.5	① ₁	8.8	> 150
220GIS	梁筏	-5.1	34.1	①、① ₁	8.0	> 150
主变压器	独立	-2.5	36.7	①、① ₁	10.0	> 150
主变构架	独立	-2.5	36.7	①、① ₁	10.0	> 150
出线构架	独立	-2.5	36.7	①、① ₁	10.0	> 150
蓄水池	独立	-5.1	34.1	① ₁	4.5	> 150
独立避雷针	独立	-2.8	36.4	① ₁	7.5	> 150
事故油池	独立	-4	35.2	① ₁	6.3	> 150
主变防火墙	条形	-2	37.2	①、① ₁	10.5	> 150

2 地基处理方案选择

综合分析以上条件,本场区及建筑物基底以下均为杂填土,并混有较多生活垃圾,由于变电站场区内各建筑间通过电缆管沟(线)连接,整个场区处理

后应消除后期固结沉降和生活垃圾影响,同时建筑物沉降总量应得到根本控制。根据《岩土工程勘察报告》提供的地基处理建议及设计院提供的技术要求,结合专家对本场区地基处理办法的论证意见,最终确定了如下多种地基处理技术联合应用方案:

(1)首先,场地挖至 -1.0 m 后,场地整体强夯处理至 100 kPa 以上,消除后期固结沉降;

(2)为降低生活垃圾后期产生影响,减小不均匀沉降,降低湿陷性,道路、管沟、围墙等部位加柱锤夯扩挤密碎石桩处理;

(3)主要建筑物及附属建筑物地基采用强夯处理后加柱锤夯扩挤密水泥砂石桩复合地基,处理后地基承载力特征值 < 150 kPa,并应保证基础沉降满足结构设计及规范要求。

2.1 场区强夯地基处理方案

2.1.1 设备选型

由于本工程杂填土厚度较大,在满足场地整体强夯处理至 100 kPa 以上的前提下,为加大强夯处理影响深度,根据以往施工经验,经综合考虑最终确定采用 4000 kN·m 点夯后 2000 kN·m 满夯的强夯方案。机组选用 W200A 型 50 t 履带吊 1~2 台,4000 kN·m 强夯夯锤选用 2.4~2.6 m 直径的铸钢锤,重 20 t 左右,采用 20T 级脱钩器;2000 kN·m 满夯夯锤选用 2.4~2.6 m 直径的铸钢锤,重 20 t 左右,采用 20T 级脱钩器。

2.1.2 强夯设计

2.1.2.1 夯点布置

6 m×6 m 正方形角点加中心点(见图 1)。

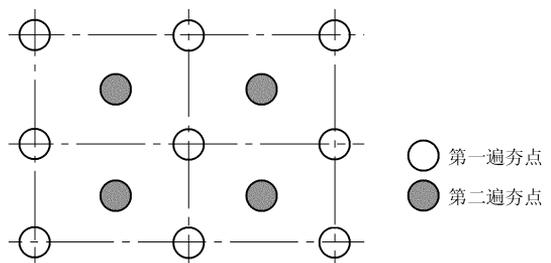


图 1 夯点布置图

2.1.2.2 夯击能

第一遍、第二遍主夯夯击能 4000 kN·m,满夯夯击能为 2000 kN·m。

2.1.2.3 夯击遍数及搭接

分 3 遍。第一、二遍为点夯,第三遍为满夯,满夯单点夯击一遍三击,夯印搭接 1/4。

2.1.2.4 停夯标准

4000 kN·m 主夯击数为 6~8 击,且最后两击平均夯沉量 ≥ 50 mm;夯坑过深引起拔锤困难或发生过大隆起,停锤。

2.1.3 施工工艺流程及施工方法

2.1.3.1 施工工艺流程

本工程施工按照先进行主夯,再进行满夯的顺序。

施工工艺流程为:场地平整→测量放线→第一遍主夯→场地夯坑整平→测量放线→第二遍主夯→场地夯坑整平→测量放线→第三遍满夯施工→场地平整→测量高程→竣工验收。

2.1.3.2 施工方法

(1)施工前,首先要对提供的坐标进行复测,同时平整场地,并测量地面标高,然后定位放线,布置夯点;

(2)先从离居民较远的西南角试夯,强夯主机和夯锤就位后,要对夯锤的落距进行测量,并采取措,使其在夯击过程中保证每击均达到设计夯击能,同时测量锤顶面标高;

(3)将夯锤起吊至预定高度后脱钩,夯击地面,测量锤顶面标高,计算单击夯沉量,如此反复,达到设计要求的夯击数后,将主机及夯锤移至下一个夯点,重复上述步骤,直至完成所有第一遍主夯点施工;

(4)第一遍夯后推平夯坑,再用推土机平整场地,测量夯后标高,布置第二遍主夯点,施工方法与第一遍施工方法相同;

(5)满夯施工时,不再进行夯点布置和夯沉量测量,仅控制锤击数、夯锤的落距、满夯的范围和夯印搭接即可。

2.2 强夯后主要建筑物四周及围墙加柱锤夯扩挤密碎石桩复合处理方案

2.2.1 工艺原理

柱锤夯扩挤密碎石桩处理方法是采用专用施工机械,首先利用重锤冲击成孔,使桩身周围土体得到第一次挤密;其次在孔中分层填入碎石(每次填入 $0.06 \sim 0.10 \text{ m}^3$),提升重锤到一定高度,令其自由落体,夯击碎石到松散的填土地基,使桩周围的土体得到第二次挤密;依次填入、夯击,直至夯填至设计标高。利用此工法可有效改善土的物理力学指标,提高地基土的承载能力和压缩模量,减少地基土的压缩变形,满足设计要求。

2.2.2 设计参数

桩径依施工机械及夯填材料确定,桩长依地质

条件确定。本工程采用桩径 0.55 m 的夯扩挤密碎石桩。处理范围为建筑物四周及外墙全部范围,护桩不少于 2 排。夯扩挤密碎石桩桩距 $S = 1.8 \text{ m}$,桩长 11.4 m,柱锤夯扩挤密碎石桩地基处理见图 2。

褥垫层材料及构造结合场区使用条件确定

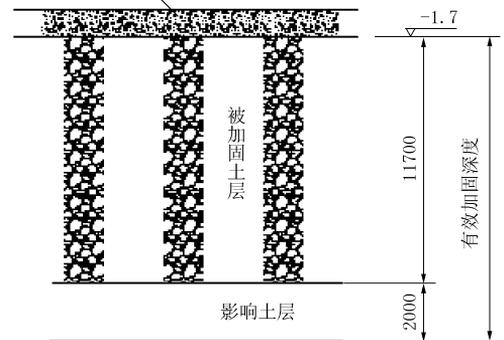


图 2 碎石桩剖面图

2.3 强夯后主要建筑物地基加柱锤夯扩挤密水泥砂石桩复合处理方案

2.3.1 参数确定

本工程采用夯扩挤密水泥砂石桩的处理范围为主要建筑物基础部位,桩长 11.4 m(采用长螺旋引孔),夯扩挤密水泥砂石桩最大桩距 $S = 1.5 \text{ m}$,桩径 $d_0 = 0.55 \text{ m}$,正方形布桩。桩顶土的地基承载力特征值强夯后 $f_{sk} = 100 \text{ kPa}$,要求处理后的复合地基承载力特征值达到 150 kPa 以上。

2.3.2 水泥砂石桩复合地基承载力验算

2.3.2.1 单桩承载力计算

选桩径 550 mm,桩长为 8.2~11.4 m(保护桩长 0.5 m),桩端持力层为④层,综合工程地质剖面图后单桩承载力特征值 R_a 按下式计算:

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

式中: R_a ——单桩承载力特征值,kN; q_{si} ——第④层土侧摩阻力特征值,计算取底部 0.5 m 为 60 kPa; q_p ——桩端端阻力特征值,取 500 kPa; A_p ——单桩截面积,为 0.2375 m^2 ; u_p ——桩周长,为 1.727 m。

计算结果: $R_a = 170 \text{ kN}$ 。

2.3.2.2 复合地基承载力特征值确定

由规范公式: $f_{spk} = mR_a/A_p + \beta(1-m)f_{sk} = 160 \text{ kPa} > 150 \text{ kPa}$,满足要求。

2.3.3 桩体强度设计

由桩顶应力 $f_{cu} \geq 3R_a/A_p = 214.7 \text{ kPa}$,可知,水泥砂石料强度 C5 即可满足要求,考虑施工影响因素,选 C10。

2.3.4 柱锤夯扩挤密水泥砂石桩地基处理(见图

3)

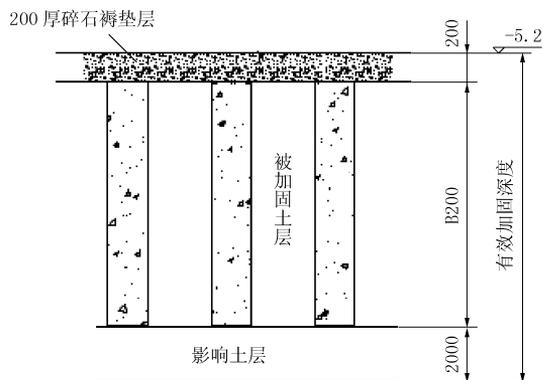


图3 220GIS水泥砂石桩剖面图

2.4 柱锤夯扩挤密水泥砂石桩及碎石桩施工方法

- (1)准备工作:施工放线、定桩位、试机等;
- (2)桩机就位,调整桩机垂直度;
- (3)重锤夯击成孔至设计孔底标高(终锤标准:达到设计深度或2击贯入量 ≥ 30 cm);
- (4)分层填料,每次填料量为 $0.06 \sim 0.10 \text{ m}^3$;
- (5)提升重锤夯击,第一次大能量夯击,第二次将重锤提升一定高度(6.0 m),测量填料贯入变形,单击贯入变形控制在20 cm以内。重锤提升高度与桩身标高的关系见表2(以桩顶标高为0.00 m)。

表2 重锤提升高度与桩身标高的关系

桩身标高/m	重锤提升高度/m
0.00	1.00
-1.00	2.00
-2.00	3.00
-3.00	5.00
-4.00 ~ -11.00	6.00

- (6)至地面时应采取低落距锤夯击,以地面隆起 ≥ 15 cm为宜。

3 地基处理效果检测

地基处理施工完毕,按规范要求进行了检验,地基承载力静载荷试验结果:场区强夯后满足场地地基承载力特征值100 kPa以上的设计要求,极限荷载条件下最大沉降量为16 mm;建筑物部位加柱锤夯扩挤密水泥砂石桩复合地基处理后满足地基承载力特征值150 kPa以上的设计要求,极限荷载条件下最大沉降量为7 mm;水泥砂石桩桩身低应变质量检测均为I类桩,满足相关验收规范要求。

4 结语

(1)该工程2006年1月开始地基处理施工,2006年7月结构工程施工完成,到目前已使用历时1年5个月的时间,其间跨越一个冬季和2个雨季,建筑物、管沟、围墙及路面没有任何沉降裂隙产生,达到了预期处理效果。

(2)本工程由于其自身的重要程度和对建筑物之间的变形差异要求严格,因此方案从设计阶段就得到了足够重视,并结合了多位专家的意见和建议,确保了工程在处理过的复杂杂填土地基上能够安全、稳定、可靠地使用。

(3)多种地基处理技术在杂填土场区工程中的联合应用解决了本工程地基处理的难题,为类似场区地基处理提供了一种可参考借鉴的思路。

参考文献:

- [1] JGJ 79-2002,建筑地基处理技术规范[S].
- [2] 林宗元.简明岩土工程勘察设计手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [3] 唐业清.简明地基基础设计施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.