

粉喷桩在粉煤灰地基中的应用

赵连华¹, 孟凡明¹, 李敬东², 赵娜², 王和文³, 王红军³

(1. 中南勘察设计院松原北方分公司, 松原 138000; 2. 锦州建筑设计研究院, 锦州 121001;

3. 松原建筑设计院, 松原 138000)

摘要: 通过本工程实践, 从工程试验研究到制定正确施工组织设计方案, 较成功地采用粉喷桩对粉煤灰地层进行了加固处理。

关键词: 地基处理; 粉喷桩; 粉煤灰地基

1 工程概述

阜新发电厂第四贮灰场位于阜新市区北部, 距该电厂 16 km, 在该市他本扎兰乡巴斯村境内。贮灰场初坝于 1988 年建成投入运行, 随着电力工业的不断发展, 作为燃煤电厂主要“废料”的粉煤灰也相应大幅度增加。该电厂多年来一直通过地下管线用水力把粉煤灰输送到各个贮灰场。第四贮灰场初坝建后坝顶标高为 260.50 m, 经过十几年的运行, 目前坝前贮灰面标高为 259.00 m, 已经远远超过贮灰面标高线, 接近坝顶标高。因此急需建排洪管线、竖井等水工建筑物, 这些建筑物基础需要坐在现有标高的粉煤灰土层上, 由于该地区粉煤灰固结差或未固结, 地基承载力特征值很低, 而且层厚较深, 因此, 决定选择采用粉喷桩进行地基加固处理。

从辽宁省电力勘测设计院给出的工程地质勘察报告得知, 该电厂拟建排洪管线、竖井等水工建筑沿线处于因常年受地表水冲刷切割而形成的山地丘陵与冲沟起伏相间的地貌, 粉煤灰分布于沿线 1[#] 冲沟、2[#] 冲沟及暗塘地区。工程地质条件属于复杂场地。

(1) 1[#] 冲沟地质概况 ($Z_3—Z_4$ 段, $Z_5—Z_6$ 段为地基处理范围, 长度总计 201 m)

地质勘探查明, 该冲沟所沉积的粉煤灰为粉煤灰粉砂, 灰黑色, 颗粒较均匀, 稍湿-饱和, 结构松散, 固结较差, 标贯 $N_{63.5} = 8$ 击/30 cm, 厚度 0.5~15 m。该层粉煤灰天然含水量 29.8, 压缩系数 0.516, 承载力特征值 $f_{ak} = 80$ kPa, 是本工程加固

主要层位。其下为黄褐色强风化花岗岩, 呈现碎石状, 中密-密实, 承载力特征值 $f_{ak} = 300$ kPa。

(2) 2[#] 冲沟地质概况 ($Z_1—Z_2$ 段) 为地基处理范围, 长度总计 142 m。

根据地质勘察查明, 该冲沟所沉积的粉煤灰为粉煤灰粉土, 灰黑色, 勘察期间, 灰面上覆盖较厚的冰层, 上部 0~10 m 呈现悬浮流塑状态, 动力重型触探 $N_{63.5} = 1$ 击/50 cm, 下部 10 m 以下渐密, 动力重型触探 $N_{63.5} = 2$ 击/10 cm, 层厚 0.5~14.5 m, 该层粉煤灰天然含水量 50.7, 压缩系数 0.682, 承载力特征值 $f_{ak} = 40$ kPa, 是本工程加固主要层位。

其下为黄褐色强风化花岗岩, 呈碎石状中密-密实, 承载力特征值 $f_{ak} = 300$ kPa。

2 工程试验

根据地质钻孔所揭露两条冲沟情况来看, 拟建排洪线建筑场地的工程地质条件极差, 两条冲沟均为锅底形, 粉煤灰土层厚度变化很大, 中部 15 m, 而到冲沟边缘却尖灭, 尤其 2[#] 冲沟岩性极差的粉煤灰呈悬浮流塑状态。从地基处理观点来看, 由于岩性复杂不同位置的粉煤灰强度方面变化明显不同。从排洪管线基础底面标高来看, 有的部分坐落于深厚的粉煤灰层上, 有的部分坐落于冲沟的边缘上, 有的部分坐落于裸露地面的风化岩层上。

鉴于该地区粉煤灰土层埋藏特点及地质报告给出的各项原位测试结果和它的物理力学指标, 粉喷桩究竟能否在粉煤灰地基中得到应用? 施工

组织设计又如何保证其优良的加固效果?为了探讨其可行性,掌握加固粉煤灰最佳水泥掺入量及强度增长规律,给出龄期与强度的关系,我们首先进行现场取样,在室内进行多次不同水泥掺入比、不同龄期的水泥-粉煤灰试块试验。本工程共做126个水泥土试块,试块尺寸为 $70.7\text{ cm}\times 70.7\text{ cm}\times 70.7\text{ cm}$ 的立方体,其中78个试块为工程前期采用不同水泥掺入比配制的,其中 R_7 10组 $\times 6=60$ 块, R_{14} 3组 $\times 6=18$ 块。工程施工从桩身提取

同掺入比水泥土(水泥-粉煤灰)做 $R_7, R_{14}, R_{18}, R_{90}$ 共计8组 $\times 6=48$ 试块。前期对试块进行标准养护。施工期间随机提取水泥土做成试块后,全部就地埋入施工现场粉煤灰土层中进行自然养护。参加本工程试块试验的单位有东北勘测设计研究院、辽宁电力勘测设计院和锦州市建筑设计研究院土工实验室。水泥土试块工程前期数据及工程施工期间随机取样获取的数据见附表。

附表 水泥土试块强度

单位:MPa

水泥掺入比	水泥土试块工程前期数据			水泥土试块工程期间随机取样数据		
	15%	20%	25%	20%	25%	
龄期	R_7	0.90~1.20	1.10~1.39	1.40~1.51	1.00~1.29	1.19~1.28
	R_{14}	0.97~1.30	1.17~1.46	1.42~1.62	1.15	1.20~1.38
	R_{18}				1.54~1.59	1.60~1.14
	R_{90}				3.00~3.20	3.20~3.50

3 粉喷桩设计参数调整

原设计1[#]冲沟考虑粉煤灰固结情况较好,在基础底部设柱状三排桩,呈梅花型布置,纵向间距1.2 m,桩径0.5 m,采用425[#]矿渣硅酸盐水泥,单桩竖向承载力特征值为160 kN,复合地基承载力特征值为180 kPa。

原设计2[#]冲沟考虑粉煤灰松散饱和,固结情况差,在基底部设柱状四排桩,呈梅花型布置,纵向间距1.0 m,桩径0.5 m,采用425[#]矿渣硅酸盐水泥,单桩竖向承载力特征值为145 kN,复合地基承载和特征值为180 kPa。

依据不同水泥掺入比,不同龄期试块强度指标来看,必须在已有的经验基础上有所改进才能满足设计要求。首先必须提高 R_k 桩身强度,改进后1[#]冲沟和2[#]冲沟水泥掺入量取加固粉煤灰土土重的20%~25%,要求90 d龄期水泥粉煤灰粉喷桩桩身强度 $f_{90}=2.0\sim 2.5$ MPa,其他龄期强度分别为 $f_7=1.0\sim 1.28$ MPa, $f_{14}=1.15\sim 1.38$ MPa,单桩竖向承载力特征值在满足粉喷桩地基抗力 $[R_k]\geq 145\sim 160$ kN的条件下,取 $R_k=f_{90}\times 0.35\times A_p=145\sim 160$ kN,其中可变参数为桩长。因为保证桩的长度和桩身强度是加固质量的关键,为此,规定桩端必须全部穿过粉煤灰土层,支承于强风化基岩层。为了使桩尖全部进入基岩以满足设计要求,施工时除参照地质剖面图外,主要以电流

表升值变化作为控制桩尖进入基岩层依据。由于冲沟内粉煤灰厚度变化极大,造成粉喷桩有效桩长不一,具体施工时,对于基岩埋深浅端,再进一步适量增加水泥掺入量,以提高水泥土的桩身强度,减少压缩变形,同时再适当调整置换率(增加桩数),从而达到单桩竖向承载力特征值及复合地基承载力特征值的要求。本工程粉喷桩受力机理具有摩擦端成型的特性。

在地基变形控制方面(这里所述的变形是主要控制的因素),辽宁电力勘测设计院工程地质报告未提供土样固结曲线,根据辽宁省建筑地基基础技术规范(PB21—907—96)及国家建筑地基处理技术规范(JGJ79—91)有关规定计算,该基础中点沉降量约300 mm。笔者十几年来在上海、广州、深圳、武汉、黑龙江、吉林、辽宁等地设计、施工涉及公路、铁路、堤坝、浅园仓及工业与民用建筑6~15层楼,凡是采用水泥搅拌桩工程,实测沉降仅为10~30 mm。吉林省松原市地段区域为松辽平原,属于第二松花江河漫滩地带,地震裂度为8度区域,设计基本地震加速度值为0.2 g,设计特征周期为0.35 s,从大量的地质钻探剖面显示,本区地层上覆第四纪低强度、高压缩、摇震反映强烈的软塑-流塑黏性土及具有液化趋势的饱和粉细砂层,水位距地表两米左右,通过多年来几十万延米水泥搅拌桩地基处理的施工,已完成工业与民用各类建筑类型、不同结构形式的建筑物竣工沉降观测大量资料分析,实测沉降也都在30 mm之

内。因此我们承担本工程粉喷桩施工组织设计时,明确向建设单位作出该建筑物建成后实测沉降量不超过 50 mm 的承诺。

4 单桩静荷试验

在 1#, 2# 冲沟分别选定 6 组做单桩静载荷实验检测,其中 J1#, J6# 桩进行 90 d 龄期单桩竖向静载荷试验 P-S 曲线详见图 1、图 2。

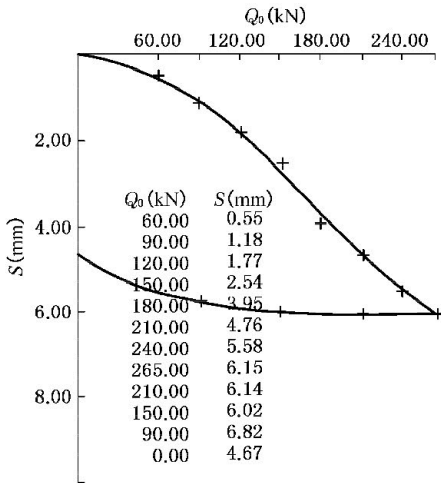


图 1 J1# 桩 P-S 曲线

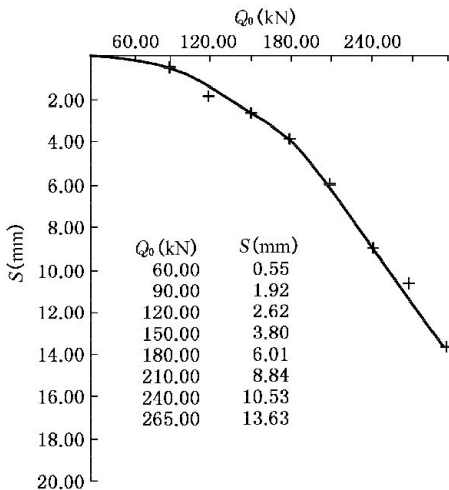


图 2 J6# 桩 P-S 曲线

2001 年 4 月由中国冶金建设集团沈阳勘察研究总院负责完成 J1#、J6# 试桩静载荷试验工作。桩径 500 mm, 截面积 0.196 m², 水泥石龄期 90 d。

通过两根静荷载试验桩,与实测单桩承载力特征值相应的桩顶累计沉降量分别小于 3 mm。该建筑物竣工验收时实测沉降量 22 个观测点的

结果均小于 18 mm,使用迄今已达 6 年沉降无变化。

5 结 语

(1) 粉喷桩在粉煤灰地基中的应用具有较高的安全度和经济效益。采用柱状加固后的粉煤灰固化速度快,强度增长迅速,地基沉降量小,其实测最大沉降量与单桩竖向承载力特征值对应的实测桩顶沉降量之比约为 3~5 倍。

(2) 粉喷桩用于粉煤灰地基加固要有正确的设计,施工图必须详细表明制桩工艺和桩身水泥土质量检测等具体方法及有关措施。精心制桩,严格监控,是保证质量的重要环节。制桩过程中对桩身水泥土质量进行随机检测是质量保证的要素。单桩静荷载试验也是不可缺少的关键。

(3) 现场所取粉煤灰样品,按一定掺入比、龄期所做成的试块,在室内进行无侧限抗压强度测试所获得的数据,与施工现场随机取样按同一掺入比同龄期试块所得到的数据相比,发现后者小于前者 20%,为此,建议在今后工程中增补施工现场桩体无侧限抗压强度试验项目,在室内进行无侧限抗压强度试验所取桩体的试块不准取桩芯样品。

参 考 文 献

[1] 龚晓南. 地基处理新技术[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1977.

[2] 赵连华. 水泥搅拌桩质量监控[C]. 浙江省第四届岩土力学与工程学术讨论会论文集,1999.