

· 结构 · 地基 ·

水泥搅拌桩浆喷法在道路软基处理中的应用

——厦门市海沧出口加工区六号路软基处理实例

董志勇 (福建省建筑机械化施工公司 厦门 361012)

〔摘要〕 厦门市海沧出口加工区六号路工程所在地原始地貌单元为滨海滩涂地,地基为淤泥及粘性土。本文对各种地基处理措施进行了分析比较,采用了水泥搅拌桩处理方式。解决了软弱基处理的系列问题,并提出几点建议。

〔关键词〕 软弱地基 桩基础 浆喷搅拌法

The Application of Groud

——spouted mixing method on treatment of weak foundation in No. 6 road engineering of HaiCang export-processing-area.

Dong Zhiyong (Fujian construction meachinisation corporation Xiamen 361012)

Abstract: Haichang export-processing -area lies in the unit of original general, is mud flat border on the sea, where the foundation is mainly composed of puddly soil and stickness soil. The article analyzes and compares sorts of treatment measure of foundation. With the Groud -spouted-mixing method applies, a series of problems with treatment of foundation are solved. the article points out some methods.

Key words: feeble ground pile foundations Grout-spouted -mixing method.

1. 工程概况

厦门市海沧出口加工区六号路为海沧出口加工区区内主干道,全长 2540m,设计等级为 I 级,设计行车速度为 50km/小时。荷载标准为汽-20 级,挂车-100 级。路面采用沥青砼结构,单幅路型式:车行道宽 15.0m,两侧各设 4.5m 宽人行道。工程所在地原始地貌单元属滨海滩涂地,道路沿线多被改造成棋盘状鱼塘、虾池。根据野外钻探揭露,场地内埋藏地层自上而下依次描述如下:

第一层:人工填土:属素填土,褐灰、灰黄色,主要由粘性土组成,密实度极为不均,结构松散,层厚为 1.0~2.1 米。

第二层:第四系海相沉积淤泥:深灰色,属中等~高灵敏度饱和粘土,具有低强度、高压缩及易触变性。一般呈饱和、流塑状态,局部底部含少量粉细砂呈流塑软塑状态。层厚为 5.1~12.4 米。

第三层:第四系海陆交互相沉积粘土:灰黄夹灰白色,不均匀地含 5~20% 细砂,呈湿~稍湿、可塑~硬塑状态,揭露厚度为 1.5~7.0 米。

第四层:第四系残积砂质粘土:褐黄灰白色,系由花岗岩原地风化而成,原岩结构可辨,不均匀地残留 5~15% 的石英粗颗粒,呈湿~稍湿、可塑~硬塑状态,揭露厚度为 0.5~7.0 米。

其中第三层粘土及第四层砂质粘土层均具有中等强度及中等压缩性,层位稳定埋藏较深,是较好的路基下卧层。

地下水按埋藏条件属上层滞水和潜水,其中上层滞水主要赋存于填筑土及第四系粘性土层中,受大气降水及地表水补给,其水量、水位随季节变化明显,潜水主要赋存于含砂细粒土中,受大气降水和上层地下水补给,水量丰富。

2. 软基处理方案的选择

首先,认真总结了加工区前期其他工程软基处理的经验教训,其他一些软基处理工程采用了塑料排水板及铺砂垫层的排水固结方案。一是工后沉降大,经处理的软基三年多累计工后沉降一般达到 30cm,导致路基变形,路面起伏大;二是排水固结时间长,通车已近三年,虽然大多数路段渐趋稳定,但少数软土较厚段沉降仍在继续。总的来看,排水固结法处理软基的效果不太理想。在总结前期经验的基础上,经反复比较,选用水泥搅拌桩处理软基方案。

水泥搅拌桩适用于各种成因的软基处理,目前国内常用于加固淤泥、淤泥质粉土及含水量较高的粘土。采用水泥等固化剂与软土充分搅和后形成复合体,其抗压强度比天然软土能够提高数十倍。因此它与周围天然土层组成的复合地基,可大大提高承载力,减少沉降量。根据地质勘察资料看,本工程软基主要为

含水量较大的流塑状态淤泥类软基,对于含水量较大的淤泥类软基采用浆喷桩处理,其加固较粉喷桩效果好。原因是水泥浆比水泥粉凝结快,形成强度时间短。相对粉喷桩,浆喷桩施工简单,质量容易控制,特别是在固化剂计量方法上,水泥浆比水泥粉更容易。浆喷桩软基处理形式在海沧出口加工区其它工程中已积累了一定的施工经验,施工亦有一套较完善的质保体系,因此采用浆喷桩处理软基较为合适。

3. 试验段选取及试验成果

浆喷桩加固技术是工程界广泛应用的软基加固新技术,其理论、施工工艺尚处于完善阶段,设计方法亦不够成熟。

故工程中需先进行试验研究,以校核完善设计指导施工。经比较,试验段选 100 米段位区间,在该段内取土进行室内试验、现场复合地基静载试验等研究。

3.1 室内试验

(1) 原状土物理力学性质试验

表 1 地基土工程特性指标一览表

地 层 指 标	含水量 $\omega(\%)$	重度 γ (KN/m^3)	承载力 标准值 (kPa)	压缩 模量 E_{s1-2} (MPa)	抗剪强度		渗透 系数 $K(\text{cm}/\text{s})$
					内摩擦角 $\Phi(^{\circ})$	凝聚力 $C(\text{KPa})$	
人工填土	21.5	18.5	70	—	8	10	6.0×10^{-4}
淤泥	58.3	16.0	50	1.5	2	6	5.0×10^{-6}
粘土	28.4	18.5	200	6.5	18	22	6.0×10^{-5}
砂质粘土	30.4	18.0	200	6.5	18	20	7.0×10^{-5}

从试验结果可看出,第 1 层及第 2 层土质较差,地基承载力难以满足设计要求,需加固处理。3 层及 4 层承载力较高,可作为持力层。

(2) 水泥土的试验

水泥土强度试验采用现场取土,室内制样养护。进行不同掺灰量、不同龄期无侧限抗压强度试验。水泥采用 PO32.5,强度龄期为 28d,其无侧限抗压强度与掺灰量的关系,强度与龄期的关系见下表:

表 2 无侧限抗压强度与掺灰量关系

掺灰量 (kg/m^3)	无侧限抗压强度 (MPa)	掺灰量(kg/m^3)	无侧限抗压强度 (MPa)
100	1.41	200	3.27
150	2.43	300	3.61

表 3 强度与龄期的关系

龄期(d)	无侧限抗压强度(MPa)	龄期(d)	无侧限抗压强度(MPa)
7	1.26	21	1.31
14	1.28	28	1.33

从表 2 中可看出:加固土无侧限抗压强度随掺灰量的增大而增大。强度增长率在 10%~20% 间较大。从表 3 中可看出:强度在 7d 内增加较快,随后龄期内呈稳定增长态势。

3.2 现场桩静载试验

在试验区打设不同深度不同间距试验桩现场足尺试验,打桩机械采用冶金部建筑总院和交通部水运规划设计院合作研制的 SJB-1 型的浆喷机械施工,管道压力为 2.4 MPa,钻机转速 92r/min,钻进速度 1.47m/min,提升速度为 0.8m/min。水泥掺入量 50kg/m,复搅 5.0m。试验按照《建筑地基基础设计规

范》(GBTT-89)和《公路软土地基路堤设计与施工技术规范》(JTJ017-96)中有关垂直静载试验的规定进行。试验采用慢速维持荷载法,分 8 级加载,4 级卸载。试验结果见下表

表 5 静载试验汇总

试验类别	桩号	桩长(m)	桩距(m)	极限承载力 KPa
复合地基	6	8.5	1.50 × 1.50	235
	13	10.0	2.00 × 2.00	165
	18	10.0	1.75 × 1.75	185
	23	11.0	2.00 × 2.00	155
	33	12.0	2.00 × 2.00	150
	38	12.0	1.75 × 1.75	175

从表(5)可看出:

(1) 经水泥浆喷桩处理后,地基承载力得到提高,提高幅度在 200% 左右,说明搅拌桩软基处理是可行的。

(2) 在一定长度内,承载力随桩长增加而加大,但当桩长增加到一定深度时,承载力增加幅度很少,甚至没能增加,单从桩长角度来寻求增加承载力是不科学的。桩长增加主要起减少沉降量的作用。

(3) 当桩长相同,桩间距减少时,承载有明显加大的迹象,所以在设计时应科学合理地选择桩的布置形式及桩间距。

4. 水泥浆喷桩的设计要求

(1) 桩径:要求为 500mm。

(2) 桩长:要求打穿淤泥层至持力层 0.5m。

(3) 桩距:1.5 × 1.2。

(4) 水泥掺入量:水泥掺入比 15%, 每延米水泥用量为 50kg。

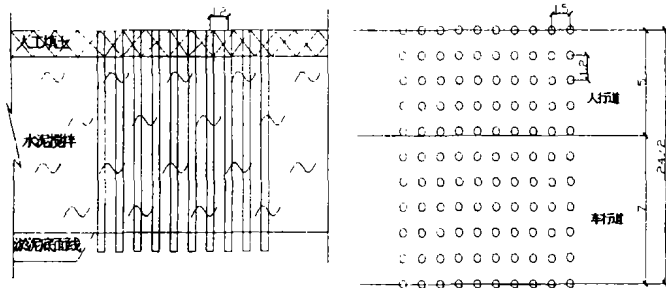


图 1 浆喷桩横断面布置图

图 2 浆喷桩平面布置图

(5) 桩身强度:90d 龄期无侧限抗压强度为 1000KPa。

(6) 复合地基承载力为 150 KPa。

5. 水泥浆喷桩施工

5.1 工艺流程

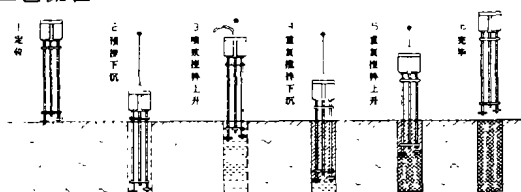


图 3 浆喷搅拌法施工流程图

(1) 定位

塔架式起重机悬吊搅拌机到达施工桩位后对中,并抄平塔架平台,使搅拌桩钻杆铅垂于地面。(倾斜小于 10°, 桩位偏差小于 5cm)

(2) 预搅将搅拌头下沉

待搅拌机的冷却水循环正常后,才能启动搅拌机,搅拌头运转正常后放松起重钢绳。搅拌杆沿导向架徐徐下沉,下沉速度应由电机电流表监测,工作电流不得超过 60A。

(3) 制备水泥浆

按设计要求的配比制备水泥浆,将制好的水泥浆存放在集料斗中。

(4) 提升喷浆搅拌

当搅拌头抵达设计深度时,将搅拌头反转,同时喷浆提升搅拌。严格控制搅拌速度,边喷浆边搅拌提升,将所喷浆液充分与土搅和均匀,当钻头升至略高于加固土层顶面停喷。

(5) 重复下沉,上升搅拌,进行二次复搅以达到充分拌和。

(6) 洗管

自集料头用清水,用灰浆泵送水清洗管路和搅拌头。

(7) 移位

重复上步骤,制作下一根桩

5.2 影响浆喷桩质量的因素

5.2.1 影响加固质量的关键因素

承受垂直荷载的桩体一般应使土对桩的支承力与桩身强度所确定的承载力相近,并使后者略大于前者为最经济。因此要求桩身必须达到一定强度的硬力层。保证桩体的长度和桩身强度达到设计要求是保证加固质量的关键。

5.2.2 影响桩身强度的主要因素

(1) 水泥掺入比。水泥浆喷桩的强度随水泥掺入比的增大而增大;

(2) 龄期。桩身强度随着龄期增长而增大,三个月龄期强度作为标准强度,28d 强度约为标准强度的 60%—75%;

(3) 土样含水量。当掺入比相同,桩身强度随着土样含水量的降低而增大。

(4) 搅拌的均匀性。水泥和软土之间强制搅拌越均匀,桩身强度也越高。

5.3 浆喷桩的质量控制

浆喷桩处理软基属隐蔽工程,且通常是昼夜连续施工。为了在施工过程中加强对施工工艺、水泥用量、桩长、施工速度的控制,专门配了 4 名监理工程师昼夜 24h 跟班旁站监督。由监理工程师逐桩签证,做到每桩都有完整记录。主要监督内容有:

(1) 检查桩距、桩位是否符合设计要求;

(2) 逐桩控制喷浆量。根据每桩桩长,水泥用量按 50kg/m 计量入罐,成桩后看水泥浆是否用完,未喷完再复喷,每桩一罐,逐桩控制;

(3) 桩长控制。按设计桩长及桩确定的长度,并根据钻进时桩机负载电流数据变点(突变处表明已穿透软土层),现场丈量,测定桩长是否满足设计要求;

(4) 施工单位须对成桩质量负完全责任。对成桩按

1% 随机进行质量检测,对不合格桩按 100 倍扣罚工程款并责令按 100 倍数进行返工。这一措施促使施工单位自觉把关,不敢偷工减料,以确保质量。

6. 水泥搅拌桩的质量检验

6.1 轻型动力触探检验

试验桩数按不少于施工桩数 2% 随机抽取,试验时间在桩身龄期 24 小时内。标贯最低 N 大于等于 15 击。经检验本工程各桩最低击数平均值大于等于 17 击,符合要求。

6.2 抽芯试验

本次取芯试验采用 XY-2 型钻机,直径 131mm,人造金刚石钻头,单动双管取芯,芯样直径 108mm。抽芯结果表明,芯样完整,桩体搅拌均匀,颜色一致,胶结好,桩身连续桩长符合设计要求。

6.3 复合地基平板载荷试验

设计复合地基承载力为 150 KPa,抽检各桩复合地基承载力基本值最低为 161 KPa,符合设计要求。

7. 结束语

(1) 对每根制成的搅拌桩,质量检查重点是水泥用量、水泥浆拌制的罐数、压浆过程中有无断浆现象和喷浆提升时间以及复搅次数。

(2) 水泥掺合量对桩体强度的影响较大,合理的掺灰量为 10%—20%。

(3) 水泥土的性能与原状土相差较大,各项指标与原状土比较有一定的提高,计算时应桩土分别考虑计算为宜。

(4) 桩身长对增加地基承载力效果不如桩间距影响明显,因此应合理设计桩的布置形式与桩间距等参数。

参考文献

- 1 陈仲颐, 基础工程学, 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
- 2 中华人民共和国行业标准, 建筑地基处理技术规范 (GBJ79-91), 北京: 中国计划出版社, 1992.
- 3 中华人民共和国行业标准, 公路软土地基路堤设计与施工技术规范 (JTJ017-96), 北京: 人民交通出版社, 1997.

收稿日期: 2003. 5. 12