

软基加固技术在市政道路施工中的应用研究

赵正永

(苏中市政工程有限公司, 安徽 滁州 239000)

摘要: 为解决市政道路施工中经常遇到的软基加固问题, 本文结合某市政道路工程实际情况, 对其施工中软基加固技术应用进行深入分析。软基加固可采用水泥浆搅拌桩与双向粉喷桩, 应明确施工方法及注意事项。

关键词: 市政道路; 软基加固; 水泥浆搅拌桩; 双向粉喷桩

中图分类号: U416.1 **文献标识码:** A

市政道路作为重要的城市基础设施, 对保证城市居民日常出行安全与效率有重要作用和意义。但在市政道路建设施工中, 时常遇到软基问题, 对此需根据工程实际情况, 确定适宜的软基加固技术, 并在施工中加以严格控制, 保证软基加固效果。

1 工程概况

市政道路A(以下简称为“A路”)按城市次干道标准设计, 总长度约1160m, 设计宽度为32m。其桥头段存在软基, 设计采用水泥搅拌桩方法处理, 总工程量约为6600m。市政道路B(以下简称为“B路”)按一级公路标准设计, 总长度约5769m, 设计宽度为42m。其桥头段同样存在软基, 设计处理方法为双向粉喷桩。

2 软基处理设计

2.1 技术参数

(1) 为减小或避免路桥衔接段产生不均匀沉降, A路软基段处理方式采用水泥浆搅拌桩, 并在其上部铺设60cm厚砂砾石及双层土工格栅, 有效处理宽度需达到道路红线边缘处。

(2) B路软基段范围比A路略大, 设计处理方式采用双向粉喷桩, 并在其上部铺设80cm厚碎石垫层及双层钢塑格栅, 有效处理宽度需达到道路红线边缘处, 在挡墙基础施工中需要向红线外部扩宽至少2m。

(3) A路软基处理设计参数如表1所示, B路软基处理设计参数如表2所示。

表1 A路软基处理设计参数

软基处理方式	桩长	桩间距	90d无侧限抗压强度	单桩承载力	复合地基承载力
水泥浆搅拌桩	15m	1.1m	1.20MPa	86kN	93kPa
水泥浆搅拌桩	12m	1.2m	1.20MPa	86kN	93kPa

表2 B路软基处理设计参数

桩长/m	桩间距/m	成桩时间/d	无侧限抗压强度/MPa	单桩承载力/kPa	复合地基承载力/kPa
10	1.1	28	0.8	107	122
	1.2	90	1.2		106
11	1.1	28	0.8	115	129
	1.2	90	1.2	120	112
12	1.1	28	0.8	123	137
	1.2	90	1.2		119
13	1.1	28	0.8	131	144
	1.2	90	1.2		125
14	1.1	28	0.8	139	152
	1.2	90	1.2		131
15	1.1	28	0.8	147	160
	1.2	90	1.2		138
16	1.1	28	0.8	154	166
	1.2	90	1.2		143
17	1.1	28	0.8	162	174
	1.2	90	1.2		150
18	1.1	28	0.8	170	182
	1.2	90	1.2		156

2.2 检测与验收要求

(1) 施工中安排专人做好机械设备检查, 并随时做好施工检验及相关记录。通过现场检查及时发现质量不合格的桩体, 并采取针对性措施加以处理。

(2) 桩体施工完成后7d之内, 可通过浅层开挖桩头确定搅拌是否均匀, 并对桩柱的直径进行测量, 确定桩体总数。

(3) 桩体施工完成后3d之内, 对桩柱均匀程度进行观察, 检查数量需达到总桩数1%, 同时不能少于3根^[1]。

(4) 荷载试验应确保桩身能承受的强度, 在桩身强度达到试验荷载要求后, 在28d之后开始施工操作。

3 施工工艺

3.1 水泥浆搅拌桩

水泥浆搅拌桩是指通过在土体中以一定压力喷入水泥浆形成的桩体, 其施工需按照以下流程进行: 桩孔位置确定→水泥浆拌制→在喷浆和搅拌的同时下沉到设计要求的标高→在提升的同时

进行喷浆与搅拌→重复下沉和提升→成桩。

实际施工中应注意满足以下几点要求：

(1) 水泥浆液拌制需按照设计要求确定适宜的水泥强度等级及外加剂，同时对其进行抽样检测，并对压力表与计量装置实施标定。以设计要求确定的配比范围为依据，通过试验确定具体的施工配合比，施工开始前做好试桩，以确定配合比能否达到设计要求^[3]。

(2) 水泥浆液生产制备完成后，不可发生离析，也不能存放太长时间，存放时间超出2h的禁止在施工中使用。将浆液倒至集料斗之前应先采用筛网进行过滤，以免块状物将管道堵塞。

(3) 对钻头的下钻速度，通常按不超过0.8m/min控制，第一次下钻到设计要求的标高后，应停留一段时间并保持喷浆，以保证桩底的质量。在提升钻杆和喷浆搅拌的过程中，需要使钻头按与转进相反的方向进行旋转，并保持喷浆，提升速度需按0.5~0.8m/min严格控制，地面压浆泵的压力应达到5MPa以上，同时施工时要对实际喷浆量予以严格控制。当钻头与地面之间的距离为1m时，需减慢速度，以免产生偏差。

(4) 根据设计要求通过系统分析，如果地面深度处于合理范围之内，则要重复实施搅拌，具体的搅拌速度要结合实际情况进行控制。

(5) 实际施工时，为了使施工达到稳步有序，应做好喷浆压力检查和记录，并对包含钻进速度与花费时间等在内的各项参数都做到心中有数。现场施工时，若产生问题使施工中断，需将搅拌头下沉到停浆面下部0.5m的位置，待达到理想状态之后恢复正常施工。

(6) 施工时还要做好不定期清理工作，在桩基移位前将内部结构打开，通过加水实施全部清理，直到将整根管清理干净，清除管路中所有的残留浆液，最后还要对搅拌头进行清洗，达到干净后即可开始移位。

3.2 双向粉喷桩

双向粉喷桩施工需严格按照以下流程进行：样品放置→搅拌喷粉→下钻到设计要求的标高一成桩。在桩体搅拌时，因采用双向搅拌方法，所以能阻断周围其他各项因素的影响，进而加快实际搅拌速度，保证搅拌均匀性，使搅拌更加充分与高效。双向粉喷桩的工艺参数应达到以下要求：钻进速度保持在0.8~1.0m/min范围内，钻杆提升速度保持在0.8~1.2m/min范围内，内、外钻杆的转速分别不能低于40r/min、70r/min，钻进状态下的喷粉压力应保持在0.2~0.7MPa范围内。

水泥搅拌有多种形式可供选择，目前较为常用形式主要有两种，即粉喷桩与浆喷桩，

施工应采用经试验确定的方法进行。根据施工内容分析成果可知，施工中因所用固化剂存在一定差别，加之施工机械设备与施工控制也不同，两者有很大不同，具体表现在下列几个方面：

(1) 粉喷法施工通过粉状喷射使软土吸收大量水分，进而起到提高地基土强度与密度的作用，常用于含水量相对较高的黏土。

(2) 采用粉喷法施工时，喷射部位一般有很高凝固速度，可以使路堤实现快速填筑，然而该方法也存在很多弊端。

(3) 采用粉喷法施工时，因喷射的颗粒粒径有所不同，但粉状颗粒易于吸收，所以能在土中直接搅拌，从而加快实际反应速度。

(4) 经试验可知，通过在水泥中添加适量石膏能进一步提高桩体黏合强度。然而，在实际操作过程中有很大困难，需在之后的施工中进行有效改善。

(5) 因浆液搅拌时不仅有很快的搅拌速度，而且比较均匀，所以在压力调整过程中，常用的操作流程为在软土中注入浆液，实践表明采用该方法能加快反应速度，相较于传统方法更为快速。

(6) 相较于浆喷桩技术，加固剂实际投放数量并非越多越好，要有严格的标准，因此，粉喷桩造价往往低于浆喷桩。

(7) 通过对两种方法的综合对比可知，粉喷桩施工较为便捷，工序流程较少。

普通粉喷桩主要具有以下优势：使用粉喷桩方法施工时，所用固化剂是干燥粉状，有利于加快反应速度，表现出下列几方面特点：可保证土地资源实际利用率；搅拌时不会给周围环境造成太大的污染；按照规范设计流程，能灵活使用不同加固形式；初期反应速度较快，完工后地面不会产生明显的下沉。

对双向粉喷桩技术除了有以上普通粉喷桩所有优势，还克服了很多缺点，如借助标准设备改进施工工序，其有更加广泛的使用范围；搅拌效率比传统方法效率高，能提高至少1倍的工效。

4 经济性分析

4.1 原材料用量

按照工程的设计要求，对水泥浆搅拌桩，其水泥用量设计值为65kg/m，A路搅拌桩总长度为11250m，则水泥总用量为731.25t。对双向粉喷桩，其水泥用量设计值为60kg/m，B路搅拌桩总长度为18348m，则水泥总用量为1100.88t。两种搅拌桩单位长度水泥用量之差为5kg/m。

4.2 材料费价差

根据最近几次散装水泥单价调研结果（表3所示）可得，水泥材料的平均价差为44.67元/t。

表3 散装水泥单价调研结果

时间	散装水泥单价/(元/t)		价差/(元/t)
	325	425	
1月	345	370	25
2月	341	377	36
3月	345	370	25
4月	312	352	40
5月	322	362	40
6月	342	397	55
7月	352	407	55
8月	365	420	55
9月	367	422	55
10月	357	412	55
11月	345	390	45
12月	350	390	40

4.3 人工费价差

根据两种搅拌桩在施工方法上存在的差别,对水泥浆搅拌桩,其施工工艺大多为四搅两喷,为保证施工连续进行,每天设置3个台班,每个台班的施工人员数量为5人,按照相对较快的情况确定工程进度为每1d完成300m,据此可得工期为37.5d,若换算为台班数,则为112.5台班,总共人工数为562.5工日。

该工程施工期间人工价格为:I类工每工日75元,II类工每工日80元,III类工每工日94元,水泥浆搅拌桩施工人工费为4.5万元。以上是推算结果,实际人工费比报价高很多,采用搅拌桩施工时,人工费增加1倍左右,即为9万元左右。

4.4 机械费价差

对双向粉喷桩,施工工艺为两搅一喷,能减少50%左右的台班,相较于水泥浆搅拌桩,当桩数完全一致时,由于水泥浆搅拌桩施工中搅拌池会消耗大量电能,这部分电能可以和双向粉喷桩施工时增加的电能抵消,所以两种方法在用电量上并没有太大差别。另外,虽然水泥浆搅拌桩施工的用水量较大,但在实际情况下增加的水量并不会给成本造成根本性影响,所以可不计入到对比。两者最大的区别在于机械费用,如果按照设备的折旧费与摊销计算,若设备的使用寿命为10年,且不考虑残值,则单台设备平均每年可以生产 7.2×10^4 m的桩,采用双向粉喷搅拌设备时,每生产1m就会增加0.39元的机械法费用。基于此,如果在A路施工中使用双向粉喷搅拌设备,则会增加4387.5元的机械费用。

4.5 总费用对比

从以上双向粉喷桩和水泥浆搅拌桩两者综合费用的对比可知,主要差别体现在人工费上,双向粉喷桩工效较高,人工费较省,在实际工程中体现得将更加明显。

5 沉降观测

A路在工程设计阶段未考虑工后沉降,但B路在工程设计阶段充分考虑了一定的等载预压期,A路路面施工完成后需做好连续观测,并与B路进行对比。A路在路面完工后进行沉降观测,B路在

预压结束后观测,借助水准仪对沉降板初始状态标高进行准确测定,同时填写相应的数据表格。两条道路的沉降观测结果如表4、表5所示。

表4 A路工后沉降观测结果

月份	当月工后沉降值/mm		累计工后沉降值/mm	
	0号台	3号台	0号台	3号台
1	28	33	28	33
2	22	30	50	63
3	18	26	68	89
4	18	20	86	109
5	14	16	100	125
6	13	18	113	143
7	12	14	125	157
8	12	14	137	171
9	10	11	147	182
10	8	10	155	192
11	6	8	161	200
12	6	10	167	210

表5 B路工后沉降观测结果

月份	当月工后沉降值/mm		累计工后沉降值/mm	
	0号台	1号台	0号台	1号台
1	36	45	36	45
2	26	38	62	83
3	20	29	82	112
4	14	20	96	132
5	10	15	106	147
6	12	10	118	157
7	8	6	126	163
8	6	4	132	167
9	4	4	136	171
10	3	3	139	174
11	2	2	141	176
12	3	2	144	178

根据以上累计工后沉降统计结果可知,A路为167mm与210mm,B路为144mm与178mm,对比可知A路累计工后沉降值略大。此外,A路工后沉降未能趋于稳定,而B路工后沉降基本趋于稳定。造成两者在工后沉降有明显差异的原因如下:A路承载性状比B路略差,主要和A路加劲垫层厚度较小有关;B路采用的是双向粉喷桩,能大量吸收土体中的水分,从而改善土体自身本构关系,提高承载力;B路复合地基压缩模量高于A路。

6 结束语

综上所述,软基已经成为当前市政道路建设最常见的不良地质段,目前该工程软基加固处理已经完成,且经检验确认软基加固处理效果好,所用施工工艺及方法合理可行,以供类似工程参考借鉴。

参考文献

- [1] 陈伟,范文航.软基加固技术在市政道路施工中的应用分析[J].四川水泥,2019(11):71,76.
- [2] 杨少丰.软基加固施工技术在市政道路施工中的应用[J].中华建设,2020(3):154-155.
- [3] 周立臣.软基加固技术在市政道路施工中的应用[J].住宅与房地产,2020(24):194.