

碎石桩处理软土路基的效果及影响因素分析

宋玉君, 朱凯舟

(黑龙江北方有色建设有限责任公司, 黑龙江 哈尔滨 150046)

摘要:以沈阳至彰武高速公路第八合同段的碎石桩处理软土路基为基础,通过室内土工试验、静力触探试验、瞬态瑞利波试验等检测手段,分析碎石桩加固软土路基效果及影响因素。

关键词:软土路基;碎石桩;路基加固

中图分类号:U416.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2006)12-0037-03

1 工程概况

沈阳至彰武高速公路地处东北平原,地形平坦、地下水埋藏浅,总体上属于可液化土、软土发育地段。第八合同段共有 5 段软土路基需要加固处理,此 5 段地质条件极其相似,现以新民服务区 K50 + 830 ~ 880 段来说明碎石桩处理软土路基段效果及影响因素。

1.1 工程地质条件

新民服务区 K50 + 830 ~ 880 段土层自上而下分别为:0.0 ~ 4.0 m 内普遍分布一层砂质粉土,夹薄层粉质粘土;4.0 ~ 8.0 m 为淤泥粉质粘土;8.0 ~ 9.0 m 为淤泥质粘土;9.0 m 以深为粘土。由于该地层地基承载力低,且容易液化,故采用碎石桩处理。

1.2 设计要求

根据辽宁省交通勘测设计院设计要求,对软土路基进行碎石桩处理,使地基承载力 > 185 kPa,碎石桩设计直径 1.0 m,桩长 10.0 m;采用间距为 2.0 m 梅花形布桩形式。桩体材料要求:含泥量 $\geq 10\%$ 的碎石;粒径 ≥ 80 mm。成桩过程中,碎石填料量 $\leq 1.5 \text{ m}^3/\text{m}$ 。在桩体施工完成并检测后,采用振动碾压,使桩顶部密实,再填筑 50 cm 厚碎石垫层,进行振动碾压。

2 施工工艺的确定

目前碎石桩的施工方法很多,按其成桩工法和作用可分 3 类,其成桩工艺及适用土层见表 1。

表 1 碎石桩成桩工艺及适用土层

分类	施工方法	成 桩 工 艺	适用土层
挤密法	振冲挤密法	采用振冲器水冲成孔,再振动密实填料成桩,并挤密桩间土	砂性土
	沉管法	采用沉管成孔,振动或锤击密实填料,并挤密桩间土	杂填土
	干振法	采用振冲器成孔,再用振冲器振动密实填料成桩,并挤密桩间土	素填土
置换法	振冲置换法	采用振冲器水冲成孔,再振动密实填料成桩	饱和粘性土
	钻孔锤击法	采用沉管或钻孔取土方法成孔,锤击填料成桩	
排土法	振动气冲法	采用压缩气体成孔,振动填料成桩	饱和软性土
	沉管法	采用沉管成孔,振动或锤击填料成桩	
	强夯置换法	采用重锤夯击成孔,夯实填料成桩	

根据本工地的工程地质条件以及设计要求,我们采取了振冲挤密法工艺。

3 施工工艺

3.1 施工工艺流程

振冲碎石桩施工工艺流程见图 1。

3.2 施工中关键环节及技术要求

(1) 应有大量的水源,以保证施工设备用水满

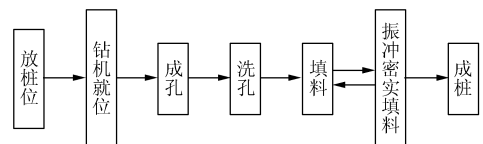


图 1 振冲碎石桩施工工艺流程

足要求。

(2) 应布设合理的排浆系统以满足施工中泥浆的排放。

收稿日期:2006-08-02

作者简介:宋玉君(1974-),男(汉族),吉林伊通人,黑龙江北方有色建设有限责任公司助理工程师,岩土工程专业,从事岩土工程施工工作,黑龙江省哈尔滨市动力区三大动力路 538 号,libing5479@yahoo.com.cn。

(3)洗孔时要上下串动振冲器,使孔壁泥渣彻底上返至孔口。

(4)以标定量的推车量计填料数量,保证填料量 $\leq 1.5 \text{ m}^3/\text{m}$ 。

(5)严格控制碎石粒径及含泥量,使其满足技术要求。

3.3 完工工作量

该工程于2005年10月17日开工,11月25日结束,共完成1200根碎石桩。

4 加固处理效果分析

4.1 加固前后路基土体的检测

碎石桩施工结束后,应间隔一定时间方可进行质量检验。常用的检验方法有标准贯入试验、静力

触探试验、动力触探试验。其中标准贯入试验、静力触探试验常与室内土工试验相结合对加固质量做出综合评价。

瞬态瑞利波法是一种新兴的岩土原位测试技术,常在道路路基加固中被用于检验场地的整体加固情况。

表2为加固前后的室内土工试验数据对比结果。

从表2可以看出,加固前后粉土与粘土的土性均发生一定程度变化,除软粘土外,加固后土体的含水量降低,饱和度降低,孔隙比减小,压缩系数减小,强度和密度均有提高,这是处理以后碎石桩桩体排水、土体挤密综合作用的结果。有部分加固后的软粘土物理力学性质指标相差不大。

表2 处理前后土的物理力学性质指标对比表

土层名称	含水量 /%	密度 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	饱和度 /%	孔隙比	粘聚力 /kPa	内摩擦角 /($^{\circ}$)	压缩系数 / MPa^{-1}	压缩模量 /MPa	
粉土	处理前	26.5	1.95	94.1	0.76	10.5	23.3	0.15	12.00
	处理后(7d)	23.4	1.91	84.8	0.75	10.0	22.3	0.22	7.55
	处理后(15d)	24.2	1.93	94.4	0.78	12.4	21.6	0.20	9.27
粉土	处理前	28.1	1.93	96.2	0.79	11.3	21.3	0.14	13.60
	处理后(7d)	23.8	1.98	94.4	0.69	11.5	21.6	0.19	8.90
	处理后(15d)	23.9	1.95	90.6	0.72	11.5	21.1	0.21	8.31
粉土	处理前	28.4	1.95	96.3	0.78	11.5	21.9	0.17	10.66
	处理后(7d)	26.3	1.92	91.2	0.78	11.5	21.7	0.19	9.20
	处理后(15d)	26.9	1.93	93.8	0.77	11.5	21.0	0.17	10.41
淤泥质粘土	处理前	43.3	1.78	97.9	1.21	9.7	11.5	0.66	3.27
	处理后(7d)	42.9	1.81	98.2	1.18	10.0	11.3	0.70	3.21
	处理后(15d)	41.1	1.80	97.2	1.16	10.1	11.8	0.66	3.22
粘土	处理前	18.5	1.91	71.5	0.86	41.5	12.9	0.41	4.39
	处理后(7d)	22.3	2.00	88.8	0.69	48.0	13.3	0.35	4.67
	处理后(15d)	23.5	1.97	88.5	0.73	59.0	13.1	0.38	4.54

图2是对桩间土进行CPT试验,并与原状土的CPT试验结果进行对比的曲线图;图3是对桩间土进行SPT试验,并与原状土的SPT试验结果对比曲线图。从图2、图3中可以看出,采用碎石桩对软土地基进行处理以后,桩间土的性能得到显著改善,尤其在1.0~8.0m效果尤为显著,8.0m以深粘土层不太明显。

图4是处理前后的瑞利波速曲线图,可以看出,碎石桩加固后,软土的瞬态瑞利波剪切波波速改变较大,说明加固后桩间土的抗剪切性能得到了显著提高。

为了检验碎石桩对液化土层的处理效果,在各段对桩间土进行了SPT检测,检验液化是否消除。结果见表3、表4。

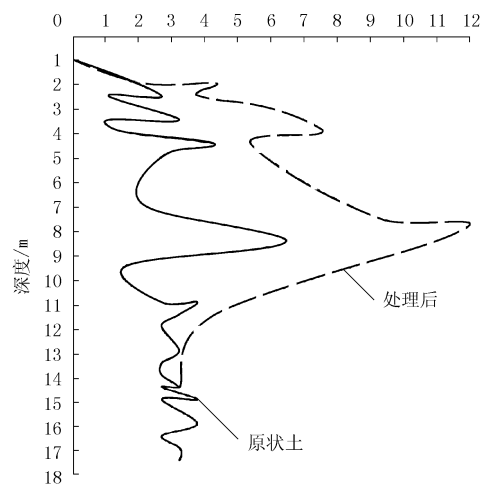


图2 K50+830~880段静力触探对比曲线图

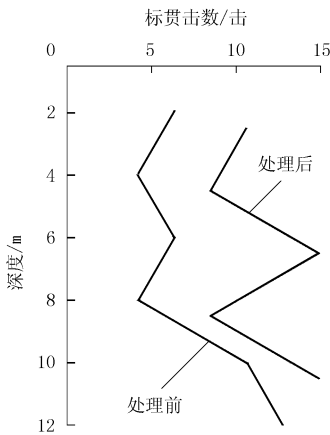


图3 处理前后标贯击数对比图

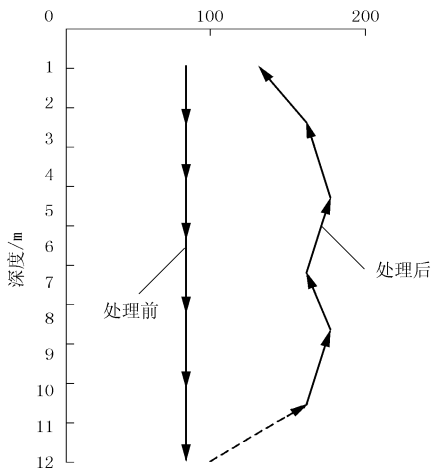


图4 处理前后瑞利波速曲线图

表3 K50+830~880段原状土 SPT 试验结果

深度/m	平均值	液化判别	标准差	变异系数
1.65~1.95	4.3	液化	2.1	0.48
3.65~3.95	3.9	液化	2.5	0.49
5.65~5.95	4.1	液化	2.9	0.59
7.65~7.95	3.8	粘土	0.7	0.19
9.65~9.95	13.4	粘土	3.2	0.24
11.65~11.95	18.5	粘土	3.1	0.17

表4 K50+830~880段碎石桩处理后 SPT 试验结果

深度/m	处理后(7d)			处理后(15d)		
	平均值	标准差	变异系数	平均值	标准差	变异系数
2.15~2.45	10.0	3.3	0.33	20.0	1.4	0.07
4.15~4.45	6.8	1.3	0.18	8.5	0.7	0.08
6.15~6.45	12.0	3.6	0.30	12.0	1.4	0.12
8.15~8.45	7.0	1.0	0.14	5.5	0.7	0.13
10.15~10.45	15.8	3.7	0.23	13.0	1.4	0.11

4.2 检测结论

从表3和表4可以看出,采用碎石桩处理后,桩间土的标准贯入击数有了大幅度提高,说明桩间土强度增长的同时,抗液化能力也有了较大提高。

综上分析,软土地基经碎石桩处理后满足了设计要求。

5 影响因素分析

5.1 地层土质中粘粒含量对挤密效果的影响

加固土体中细颗粒(<0.074mm)含量的大小影响砂土的挤密效果。其含量大,挤密效果差。在本次碎石桩处理软土路基工程中,粘粒(<0.005mm)含量在8%~28%范围,因此影响挤密效果。

当粉性土中粘粒含量 $\rho_l > 20\%$,土性基本变为粘性土,挤密效果不明显,在本工程中一些实测数据也说明了这一点。

5.2 施工人为因素对挤密效果的影响

(1)桩长不够,使桩间土软土粘粒间水压力无法释放,未达到挤密和密实效果。

(2)碎石填量不够,使桩径减小,同时存在对桩间土的挤密作用降低。

(3)洗孔不干净,使碎石桩含泥量大,应有孔隙堵塞,而桩间土孔隙水压力释放受阻,影响其桩体密实度。

(4)回填碾压不充分,造成桩间土振动密实量不够。

以上人为因素必将减小碎石桩对软土路基的加固效果。

6 结语

(1)采用振动碎石桩进行软土路基加固,是高速公路软土路基处理中常用的处理方法,这种方法可有效地消除路基的液化,提高软土路基的承载力。

(2)碎石桩处理粘粒含量较大(20%以上)的软土层效果不佳,对该土体的加固主要表现为碎石对软土的置换作用,而挤密作用不明显。建议改其它桩型进行加固。

(3)施工中要严格工艺流程,认真实施并检验各工程技术过程和环节,保证施工质量,避免人为因素造成的工程质量降低后果的出现。