



上覆深厚杂填土软土地基真空预压处理技术

李榕波, 唐建亚, 周治江

(中交四航工程研究院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 针对城郊区域广泛分布的上覆深厚杂填土软土地基场地, 引入真空预压施工方案。通过引孔、场地周边密封及膜面保护这3项技术改进, 克服了表层深厚杂填土对真空预压的干扰, 确保了真空预压的顺利实施。沉降、孔压、十字板及室内土工试验等监测检测数据表明加固效果显著, 十字板强度平均提高达67%。该施工技术在本案中取得了成功, 可为类似工程所参考。

关键词: 深厚杂填土; 软土地基; 真空预压; 施工技术改进; 监测检测

中图分类号: U 655.54

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)03-0155-04

Vacuum preloading improvement technique for soft foundation covered with deep miscellaneous fill

LI Rong-bo, TANG Jian-ya, ZHOU Zhi-jiang

(CCCC Fourth Harbor Engineering Institute Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: For the soft foundation covered with deep miscellaneous fill which is widely distributed in the suburban area, vacuum preloading construction technique is introduced. Adopting three improved construction technology including diversion hole, surrounding site sealing and diaphragm protection, the disturbance caused by deep miscellaneous fill is conquered, and vacuum preloading is implemented smoothly. The monitoring and testing data for the settlement, pore pressure, vane shear test and geotechnical laboratory test reveal that the strengthening effect is remarkable and the vane shear test strength increases by 67%. The construction technique achieves success in the engineering case, thus it may serve as reference for similar projects.

Keywords: deep miscellaneous fill; soft foundation; vacuum preloading; improved construction technology; monitoring and testing

由于人类生产生活需要, 城郊区域往往分布有建筑垃圾、生活垃圾弃置点, 在表层杂填土下分布着相当厚的淤泥、淤泥质土等软土。强夯法处理杂填土场地已有很多成功经验^[1-3], 但对淤泥层处理效果有限; 而真空预压法适用于淤泥、淤泥质土、冲填土等地质条件, 在沿海大量围海造陆工程中得到了广泛应用^[4-5]。本文针对一项上覆5~7 m杂填土的大面积软土地基的场地, 适当改进了真空预压施工技术, 结合监测资料分析, 探

讨其技术效果。

1 工程地质条件

深圳某城郊场地, 表层覆盖了大量拆迁的建筑垃圾, 主要成分为黏性土、块石、砖渣并夹有大量生活垃圾, 回填时间3~4 a, 厚5~7 m。该层土结构松散, 未完成自重固结。此外主要土层为淤泥, 灰黑色, 饱和, 呈流-软塑状, 切面有光滑, 厚5~11 m。主要土层地质条件见表1。

收稿日期: 2015-07-31

作者简介: 李榕波(1980—), 男, 工程师, 国家注册土木工程师(岩土), 从事软基处理科研、技术服务及施工技术管理工作。

表1 场地地质条件

成因类型	地层代号	分层代号	土层名称	备注
人工填土	Q^m	①	杂填土	含大量建筑垃圾, 味臭
第四纪海相沉积物	Q^{mc}	②	淤泥	普遍分布, 厚 5 ~ 11 m
		③	黏土	
第四纪残积物	Q^d	④	砂质黏性土	

由表1可见, ①杂填土层和②层淤泥层为本工程主要软弱土层, 杂填土层结构松散, 而②层淤泥层是极为软弱土层, 含水率高, 孔隙比大, 压缩性强, 其物理力学性质指标见表2。

表2 主要土层物理力学性质指标

土层	含水率 $\omega/\%$	湿密度 $\rho/(g/cm^3)$	孔隙比 e	液性指数 I_L	压缩模量 E_s/MPa
淤泥	76.5	1.540	2.086	1.640	1.680

2 施工方案

本项目原设计方案具体施工步骤为: 1) 清表; 2) 铺设 0.6 m 厚中粗砂垫层; 3) 插设塑料排水板, 桩位按正方形布置, 间距 1.0 m, 平均深度 15 m; 4) 打设双排淤泥搅拌桩, 桩径 70 cm, 间距 50 cm; 5) 布置抽真空管路、铺双层密封膜、布置水泵水箱等抽真空设备, 接通网电, 试抽真空至 85 kPa; 6) 真空度稳定在 85 kPa 后恒载约 60 d, 固结度达 83% 后卸载。

在本项目实施过程中, 场地表层含有 5 ~ 7 m 厚度的杂填土层, 对插板及淤泥搅拌桩施工造成了不利影响, 为此先后采用了以下 3 项施工创新技术。

2.1 引孔

由于场地为深厚杂填土地质条件, 普通液压插板机桩靴无法穿透深厚杂填土层, 而震动插板机功效极低, 无法满足进度要求。通过反复研讨, 从市政工程管沟开挖支护采用的简易钢板桩支护中受到启发, 创造性地提出挖掘机改造技术, 即将挖掘机头部铲斗拆下而加装液压振动锤并增加引孔棒, 通过引孔辅助措施, 为大面积排水板施

工创造了必要条件。

2.2 场地周边密封

场地四周边界为深厚杂填土地基, 其中含有大量块石、建筑垃圾及生活垃圾, 最初采用传统的搅拌桩机施工, 但搅拌桩机的桩头遇到块石等硬物时便无法搅拌, 难以施工。面对这种困境, 创造性地提出了将“淤泥搅拌桩施工”改为“长臂挖机开挖密封沟、并通过泥浆管线向密封沟内输送泥浆”的方案, 成功解决了深厚杂填土地质条件下的深部密封方案, 为真空预压创造了必备条件。

2.3 膜面保护技术

由于场地普遍引孔, 引孔后孔洞虽经人工回填, 但无法达到周边土层的密实程度。抽真空时, 膜下孔洞内上层砂土因负压逐步密实而下沉, 孔洞表面密封膜逐步呈现漏斗状, 最终被吸破, 真空预压表层密封失效。针对引孔条件下密封膜易被吸破的情况, 及时提出膜下铺设编织布的方案, 从而保护了密封膜, 为真空预压顺利实施创造了条件, 保证了施工质量。

3 实施效果

为了解以上 3 项施工创新技术在本工程中应用效果, 采取了监测及检测手段, 监测检测点布置如图 1 所示。本文以 B1 区为例, 对各项监测成果作分析。

3.1 沉降观测

B1 区表层沉降如图 2 所示。B1 区插板期平均沉降为 0.308 m; 累计最大沉降量为 0.893 m(CJ1-4), 最小沉降量为 0.545 m(CJ1-10); B1 区后期的平均沉降速率为 1.8 mm/d, 小于设计要求的 2.0 mm/d。平均总沉降量为 0.747 m。

利用双曲线法计算的 B1 区恒载期的平均固结度为 86.4%, 大于 83.0%; B1 区的工后沉降量分别为 12.0 cm, 小于 20 cm。

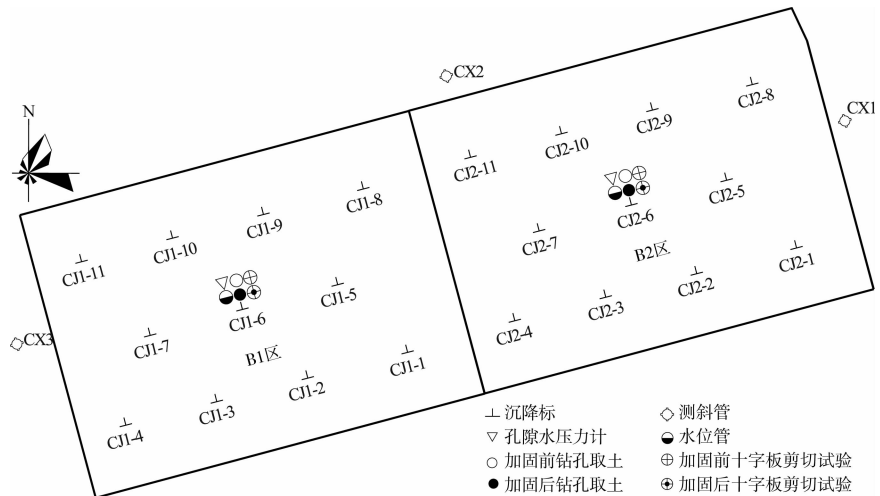


图1 深圳某城郊场地软基处理工程监测平面位置

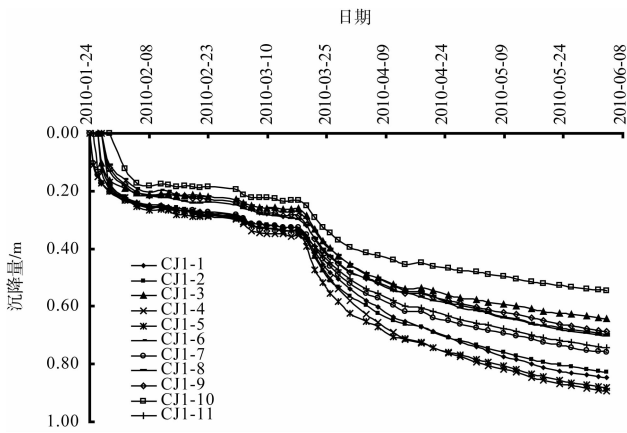


图2 B1区沉降曲线

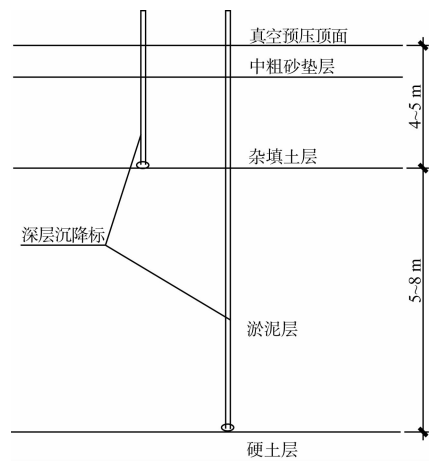


图3 深层沉降标埋设

3.2 深层沉降标观测

在B1区域中心处设两个深层沉降观测点, 分别在淤泥层顶面(约5 m深度)和淤泥层底面(约12 m)埋设深层沉降标, 主要是观测淤泥层的压缩沉降情况, 观测期为抽真空全程进行监测。深层沉降标断面布置见图3, 其沉降观测成果见图4及表3。从表3可以看出淤泥层顶面深层沉降标的累积沉降量与抽真空期间地表的平均沉降量基本一致, B1区抽真空前期杂填土层产生了约0.10 m的压缩沉降量。淤泥层底面的黏土层沉降量相对较少。

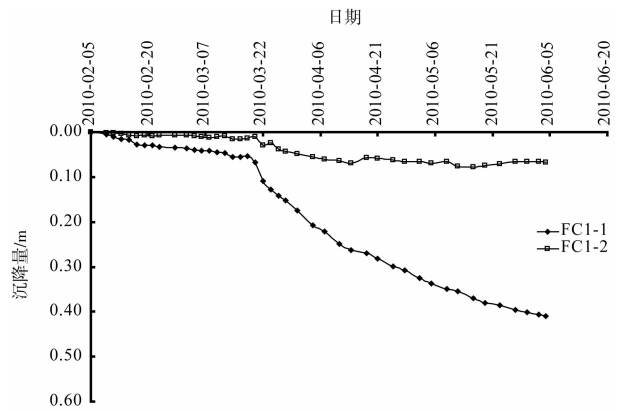


图4 B1区深层沉降量随时间变化曲线

表3 B1区深层沉降观测成果

区号	临近的地表 沉降标抽真 空期沉降/m	深层沉降标累积沉降量/m		备注
		淤泥层顶面	淤泥层底面	
B1	0.505(CJ1-6)	0.410	0.067	B1区深层沉降标埋设深度分别为5 m和12 m

3.3 孔压观测

B1区孔压曲线如图5所示, 从监测数据可看出B1区杂填土层KY B1-1抽真空初期下降较快, 最大曾达-69.6 kPa, 后期杂填土层孔压差大致为-56.2 ~ -62.6 kPa, 淤泥层孔隙水压力差卸载

前达 -40.0 ~ -41.2 kPa。

3.4 原位十字板检测

加固前后现场十字板试验对比结果如图 6 所示。由图 6 知，B1 区加固后软土层抗剪强度由加固前的 0.4 ~ 21.6 kPa 提高到 11.8 ~ 22.0 kPa，平均值由 9.4 kPa 提高至 15.7 kPa，比加固前提高了 67.0%，强度明显提高。

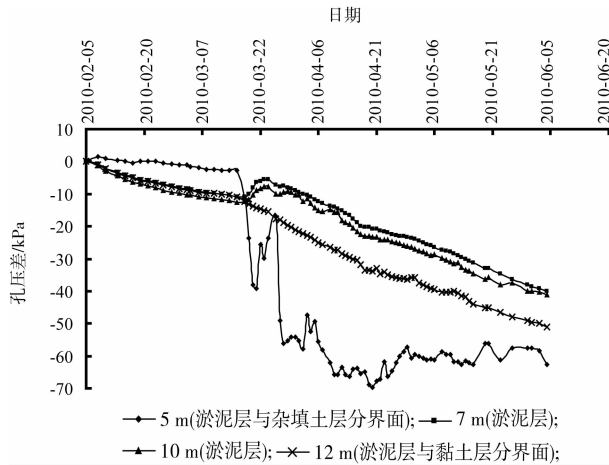


图 5 B1 区孔隙水压力随时间变化曲线

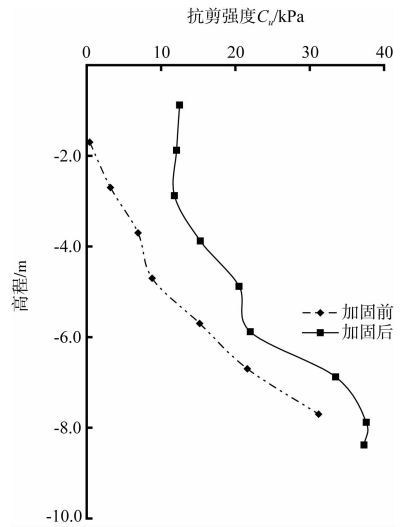


图 6 B1 区抽真空前、卸载后十字板强度-高程

3.5 室内土工试验

加固前后各区的土性指标对比如表 4 所示。由表 4 知，经过加固后土体含水率 ω 、湿密度 ρ 、孔隙比 e 、液性指数 I_L 及压缩模量 E_s 等指标均有明显改善。

表 4 B1 区加固前后土工试验指标

含水率 ω /%			湿密度 ρ /(g/cm ³)			孔隙比 e			液性指数 I_L			压缩模量 E_s /MPa		
加固前	加固后	对比降低/%	加固前	加固后	对比提高/%	加固前	加固后	对比降低/%	加固前	加固后	对比降低/%	加固前	加固后	对比降低/%
76.5	63.3	13.2	1.54	1.61	4.5	2.086	1.735	16.8	1.64	1.14	30.5	1.68	2.35	39.9

4 结语

1) 对于城郊区域存在的上覆深厚杂填土的软土地基，采用真空预压法可达到良好的加固效果。

2) 在传统的真空预压方案基础上，采用引孔、开挖密封沟及膜下铺设编织布这 3 项施工技术，可克服深厚杂填土对真空预压施工的干扰，使真空预压顺利实施。

3) 根据监测资料，对于上覆 5 ~ 7 m 杂填土的软弱地基，采用真空预压可消除约 0.75 m 沉降量，其中真空预压期间淤泥层压缩沉降量达 0.40 m，占同期地表沉降量的 80%；卸载前淤泥层中孔压消散达 40 kPa；十字板强度增加 67%；土体物理力学性质指标也有明显改善。

参考文献:

- [1] 刘焕存, 高凤莲, 许珩. 大面积深厚杂填土地基处理技术[J]. 岩土工程技术, 2006, 20(6): 307-310.
- [2] 田福凯. 深厚杂填土地基的处理措施[J]. 水科学与工程, 2012(5): 72-74.
- [3] 周军红, 曹亮, 马宏剑. 北京市区杂填土地基处理技术综述[J]. 岩土工程技术, 2007, 21(2): 94-100.
- [4] 董志良, 张功新, 李燕, 等. 大面积围海造陆创新技术及工程实践[J]. 水运工程, 2010(10): 54-67.
- [5] 胡利文, 王永平. 南沙港区真空预压处理水力吹填堆场地基施工技术[J]. 公路交通科技, 2005, 22(4): 44-48.

(本文编辑 郭雪珍)