

特殊条件下的真空预压密封技术*

蔡南树^{1, 2}, 柯朝晖², 董志良³, 张功新^{3, 4}, 莫海鸿⁴, 张峰³

(1. 河海大学交通学院, 江苏 南京 210098; 2. 广州港集团南沙工程办公室, 广东 广州 510700;
3. 广州四航工程技术研究院, 广东 广州 510230; 4. 华南理工大学建筑学院, 广东 广州 510640)

摘要: 结合广州港南沙港区二期工程软基处理工程实例, 针对在局部有抛石地段的软土采取真空预压方法加固时传统的挖密封沟和施打淤泥搅拌墙技术存在相当大困难的情况, 提出了在有抛石地段采取高压旋喷桩密封技术。实测结果表明, 采取该技术密封效果良好, 真空度能达到设计要求。与堆载方案相比, 采取本技术经济效益良好, 具有较好的推广价值。

关键词: 真空预压; 淤泥搅拌墙; 高压旋喷桩; 堆载预压; 抛石基础

中图分类号: TU472.3³

文献标识码: B

文章编号: 1002-4972(2005)09-0118-04

Sealing Technique of Vacuum Preloading Under Special Condition

CAI Nan-shu^{1,2}, KE Chao-hui², DONG Zhi-liang³, ZHANG Gong-xin^{3,4}, MO Hai-hong⁴, ZHANG Feng³

(1. Dept. of Civil Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Guangzhou Port Group Co., Ltd. Nansha Project Office, Guangzhou 510700, China; 3. Guangzhou Shang Institute of Engineering Technology, Guangzhou 510230, China;
4. Dept. of Civil Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Combined with soft soil consolidation engineering of Guangzhou Nansha Port Area Phase Project, the sealing technique by using high pressure jet-grouted pile instead of trenching and mixing slurry wall in soft soil with rubble-mound foundation consolidated by vacuum preloading is presented, because the traditional sealing trench excavation or mixing slurry wall is very difficult under that condition. The test results show that the sealing effect is satisfactory and the vacuity can meet the design requirements. Comparing with the method of preloading by material, this technique results in better economic benefit, and thus has a great value of popularization.

Key words: vacuum preloading; mixing slurry wall; high pressure jet-grouted pile; preloading by material; rubble-mound foundation

真空预压加固软土具有工期短、造价低、施工简便等优点而得到广泛应用。真空预压效果好坏很大程度上取决于周边密封效果如何, 即膜下真空度的高低及其稳定程度。工程中比较常用密封方法有四种: 在加固区周边挖密封沟, 将膜踩入密封沟后再向内灌淤泥或粘土的方法, 这种

方法多适用于加固区周边系粘土层且其下较深处无夹砂层, 高速公路上使用此种方法较多; 采用淤泥搅拌桩形成淤泥墙, 再将密封膜踩入淤泥搅拌墙内, 这种方法适用范围较广, 可适用于软弱土层及地下较深处仍有夹砂层的情形, 围海造陆软基处理工程多半采用该法; 水泥搅拌桩,

收稿日期: 2005-08-01

* 基金项目: 广东省交通厅资助项目 (2002-05); 广州四航工程技术研究院资助项目 (岩 S2004004)

作者简介: 蔡南树 (1964-), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口与航道及软基处理工程方面的研究工作。

适用于有防护要求的地段; 插塑料排水板。广州港南沙港区二期工程软基处理工程基本上采用真空预压法处理, 由于功能区划图的改变, 部分抛石围堤 (抛石基础深约 5~8 m) 处于功能区内, 也必须采取加固措施。由于原抛石是连续的且块石之间可能存在缝隙, 采取真空预压法加固时不易密封。若采取淤泥密封墙进行密封, 淤泥搅拌桩机无法在块石部分进行施工; 若采取挖密封沟的方式, 由于抛石较深且周围全系淤泥, 极易塌方造成安全事故。另外加固区边界上已建有若干建筑物, 若抽真空密封效果不好, 极易产生建筑物地基土的孔隙水向加固区内渗流, 从而引发建筑物沉降和向加固区位移。为此设计人员曾经考虑放弃真空预压法而改用堆载预压法, 设计堆载材料为中细砂, 堆载高度 4 m。但是广州港南沙港区建设非常紧张, 整个沿线水域均有水工作业队施工, 没有码头可以上砂, 而且堆载速度慢, 工期长, 无法满足建设方使用要求, 因此堆载方案不可行。采用水泥土复合地基成本太高, 建设各方难于接受。因此, 研究在这种特殊条件下真空预压是否可行, 如何实现周边密封就显得非常必要。本文结合广州港南沙港区二期软基处理工程, 研究真空预压法在这种特殊条件下的适用性, 重点解决在抛石地段的密封技术及探讨其效果。

1 工程概况

广州港南沙港区二期工程软基处理工程 (1~2 区) 位于广州市番禺沙岛上, 整个工程原划分为 12 个小区, 由于加固区内有一 10 m 宽的石堤路, 考虑到石堤路下部容易漏气, 为保证与石堤路相邻的拟加固区周边密封墙的密封效果, 设计将石堤两侧的拟加固区范围均从石堤边向拟加固区内缩进 10 m。根据港区总体规划, 该石堤范围属于海关集中查验区, 也需进行加固, 因此设计将石堤及两边外扩的 10 m, 以位于石堤路中部的建筑物群为界, 增设两个新的拟加固区 (N13 和 N14 区), 如图 1 所示。

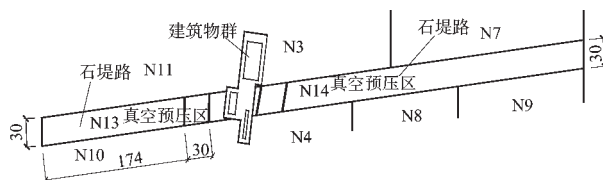


图 1 拟处理加固区平面图 单位: m

N13 区两端的断面地质剖面图如图 2 所示。

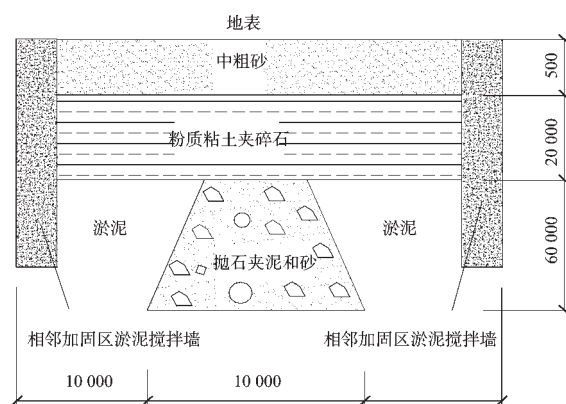


图 2 地质剖面示意图

2 密封技术及其效果

考虑到 N13、N14 区的实际情况, 抛石之间的淤泥是流塑状的, 很难被固结, 流动性较大, 如不对抛石基础加以有效密封, 在抽真空过程中, 抛石间淤泥极易被抽空, 如此一方面容易漏气, 影响膜下真空度; 另一方面周边区域的地下水极易涌向加固区内, 从而引起周边区域地面沉降和开裂, 严重者可能破坏周边建筑物。正如前述, 常用的密封方法均无法在抛石地段使用。为此, 考虑到本工程特点及抽真空对周边建筑物可能产生的负面影响, 同时尽量降低成本, 提出了采取高压旋喷桩和淤泥搅拌墙联合密封的措施, 即在有抛石地段的密封采取高压旋喷桩, 无抛石地段的密封则采用双排淤泥搅拌墙。目前有关真空预压中采用高压旋喷桩密封措施的报导较少见 [1~4]。

高压旋喷桩的目的主要是在抛石间的淤泥内注入适量的水泥浆以增加抛石间淤泥的密实性和粘滞性, 以阻止抽真空时抛石间淤泥被抽空而漏

气以及周边地下水向加固区内渗流。

为确保抽真空时建筑物群内的孔隙水不向拟加固区内渗流, 在靠近建筑物端高压旋喷桩采用双排, 另一侧由于周边无建筑物, 考虑节约成本则采用单排。淤泥搅拌墙与高压旋喷桩在平面上两边各搭接 2 m, 如图 3 所示。考虑到高压旋喷桩发挥作用需要一定的时间, 因此施工时应先施工高压旋喷桩, 然后施工淤泥搅拌墙。

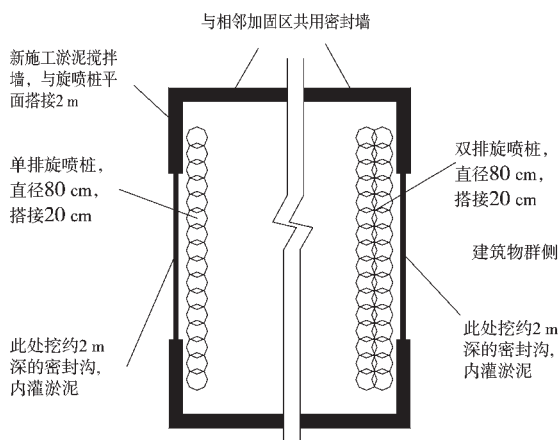


图 3 密封方案平面示意图

淤泥搅拌墙的打设深度按探摸夹砂层的深度确定, 为 8 m 左右。高压旋喷桩的打设深度根据抛石深度定为 10 m, 高压旋喷桩设计直径为 80 cm, 桩与桩之间搭接 20 cm。

高压旋喷桩的施工参数: 采取双重管法, 泥浆泵压力为 20 MPa, 气压为 0.7 MPa, 水灰比为 1.2, 水泥用量 150 kg/m, 提升速度 12~15 cm/min, 转速 10 r/min, 喷浆量 25~30 L/m。

考虑到石堤下可能存在孔洞, 钻孔时先灌入粘土浆或淤泥浆, 待管口冒浆为止, 随后才进行喷水泥浆, 可有效减少水泥流失量, 降低成本。

为便于真空膜踩入, 高压旋喷桩后部挖出 2 m 深的密封沟并和两侧的淤泥搅拌墙相接, 内灌淤泥浆。

抽真空期间, 加固区内设置了若干个真空表, 以测试膜下真空度情况。图 4 即为 N13 区抽真空期间膜下平均真空度随时间增长的曲线。

从图 4 可以看出, 真空度在开始抽真空第 3 d

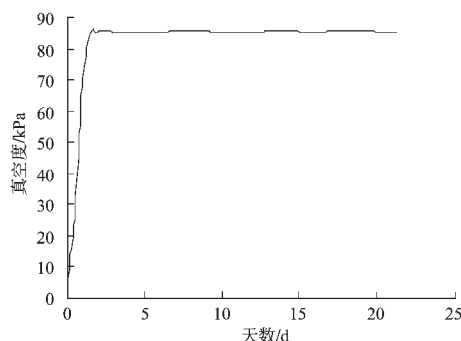


图 4 真空度随时间变化曲线

即达到恒载要求 (85 kPa 以上), 说明采取本密封方案密封效果较好。从周边建筑物的地面情况来看, 未发现任何明显的裂缝与沉降。由此可见, 本密封方案有效的阻止了建筑物群内的地下孔隙水向加固区内渗流, 既保护了建筑物, 也使真空预压得以实施。

需要说明的是, 相对于软土而言, 旋喷桩的刚度较大, 在变形方面有不匹配或不适应的可能性。若旋喷桩的刚性过大, 则可能导致抽真空过程中旋喷桩被拉裂而引起漏气, 影响真空预压效果。但若旋喷桩过于柔性, 将达不到增加抛石间淤泥粘滞性的目的。因此, 在设计旋喷桩的施工参数时应予以充分考虑, 水泥浆的用量应合理, 适当的时候可视具体情况添加适量外加剂。旋喷桩完成后, 不应立即抽真空, 应停留一段时间后方可抽真空, 否则水泥浆来不及反应, 达不到效果。另一方面旋喷桩的深度不宜进入硬的粘土层, 否则可能限制其适应变形的能力。

3 经济效益分析

本技术方案与原设计堆载方案经济效益对比情况见表 1。从表 1 可看出, 采取真空预压技术方案, 成本节约超过 100 万元, 每平方米造价节约近 60 元。工期节约近 2 个月。因此采用本方案经济效益较好。说明采取本方案是可行的。

4 结论

(1) 当加固土层中有障碍物, 采用泥浆搅拌

表 1 本技术方案与堆载预压对比表

(1) 造价对比				
	项目	工程量	单价	合价 (元)
真空预压	淤泥搅拌墙	3 072 m	28元/m	86 016
	高压旋喷桩	1 200 m	320元/m	384 000
	真空预压	16 495 m ²	78元/m ²	1286 610
	合计			1756 626
(2) 工期对比				
	项目	工程量	单价	合价 (元)
堆载预压	中细砂堆载	65 980 m ³	33.8 元/m ³	2230 124
	中细砂卸载	65 980 m ³	8.05 元/m ³	531 139
	合计			2761 263
(2) 工期对比				
项目	前期时间/d	恒载时间/d	卸载时间/d	总工期/d
真空预压	10	85	3	98
堆载预压	60	85	10	155
说明	1.成本核算中, 堆载预压中未考虑上砂困难而需增加的成本 (租用码头约需 4 元/m ³); 2. 工期计算中, 考虑两者恒载时间一致; 堆载前期时间根据现场实际情况, 每天堆砂约 1 000m ³ , 卸载按每天 6 000m ³ 估算。			

墙无法密封的情况下, 本文提出的采取高压旋喷桩和淤泥搅拌墙联合密封的措施, 技术可行, 效果良好, 能达到设计要求。

(2) 采用本文提出的密封方法后, 真空预压得以实施, 与堆载预压相比, 可节约成本 100 万元, 每平方米造价节约近 60 元, 节约工期近 2 个月, 经济效益较好。

参考文献:

- [1] 姜炎编著. 真空预压法加固技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002. 99- 101.
- [2] 李军, 胡继业, 邓元广. 大面积吹填陆域真空预压密封墙处理技术的应用[J]. 水运工程, 2004, (2): 44- 48.
- [3] 罗志光, 王盛源. 一种新型真空预压深层密封技术[J]. 公路. 2004, (8): 213- 216.
- [4] 王启铜. 真空预压法处理软土路基时砂层的密封措施[J]. 公路. 2004, (8): 231- 234.

长江口深水航道二期工程 “抗软化 ” 成果世界领先

长江口深水航道治理二期工程成功攻克了 “抗软化 ” 世界级难题。2005 年 6 月 23 日—24 日, 在交通部科教司组织的 “长江口深水航道治理工程中波浪对地基土的软化作用及工程措施的研究 ” 项目竣工验收会上, 专家一致认为该研究成果总体处于国际领先地位。

目前已在长江口软地基上建成的南北导堤, 经受了一次次台风侵袭的考验, 犹如海上长城, 巍然屹立。据介绍, 波浪对软土地基稳定性的影响很大, 目前国际上还处于研究阶段。长江口深水航道治理二期工程建设堤坝比一期工程更加远离陆域, 水更深, 浪更大, 地基更松软。为确保二期工程的成功, 交通部于 2003 年 11 月向长江口航道建设有限公司下达了专项科研攻关任务。

两年来, 广大科研、设计、施工人员进行了艰苦的 “抗软化 ” 科技攻关, 先后进行了地基土的静、动三轴承度验、典型施工段现场试验监测、 “抗软化 ” 工程措施研究和相关施工工艺及专用船机设备等研究, 并提出了 10 余项 “抗软化 ” 课题工程技术措施, 成功解决了这一重大技术难题。应用了新技术的二期工程成功经受了 2004 年台风期的严峻考验。

由国内港航、岩土工程界著名专家组成的项目鉴定委员会认为, 研究项目组明确提出了工程地基失稳、结构骤沉的主要原因及抗地基软化的工程措施, 在工程实践中取得了成功, 研究成果直接应用于二期工程中南北导堤和丁坝的设计施工, 确保了二期工程安全、优质、提前完工。该研究项目的直接经济效益近 4 亿元。

摘编自 《中国交通报》