

微劈裂管路真空预压法加固深淤土地基应用研究

王南江¹, 冯 英², 翁佳兴³, 张礼强³

(1. 淮委治淮工程建设管理局, 蚌埠 233000; 2. 淮河水利水电开发公司(驻蚌)蚌埠 233000;
3. 江苏鸿基水利建设工程有限公司, 江苏 扬州 225000)

摘要: 短期内解决深淤土地基的沉降不稳定问题, 是河道堤防工程施工过程中经常遇到的难题。本研究介绍了微劈裂管路真空预压法在入江水道崇湾段堤基加固中的运用, 通过在其南北凹两段布设真空度、地表沉降、地基承载力等监测设施, 收集相关数据, 并对监测数据进行了分析, 结果表明该技术能有效降低上覆厚回填土层的影响, 维持真空度在 80 ~ 90 kPa, 增压工艺能够较为显著提高地基的加固效果, 技术实施 75 d 实现地基平均固结度大于 90%, 并且不同深度的地基承载力均可以达到设计要求。

关键词: 微劈裂管路; 真空预压; 堤基加固

中图分类号: TU443 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7839 (2016) 09-0001-04

Application research of micro split pipeline vacuum preloading method in reinforcing deep silt soil foundation

WANG Nanjiang¹, FENG Ying², WENG Jiaxing³, ZHANG Liqiang³

(1. Huaihe River Regulation Engineering Construction and Administration Bureau of Huaihe River Commission, Bengbu 233000, Anhui; 2. Huaihe Water Conservancy and Hydropower Development Company, Bengbu 233000, Anhui; 3. Jiangsu Hongji Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd, Yangzhou 225000, Jiangsu)

Abstract: Solving the settlement instability problem of the deep silt foundation in short term is a difficult problem during the construction of river embankment. The micro split pipeline vacuum preloading method used in the reinforcement of dike foundation of Chongwan section is introduced. The monitoring facilities are set up for collecting the data of vacuum degree, surface settlement and bearing capacity of foundation in the north and south concave. The monitoring data are analyzed. The results show that this technology can effectively reduce the influence of overlying thick backfill soil, maintain the vacuum degree in the 80 ~ 90 kPa. It can more significantly improve the reinforcement effect of foundation. The average consolidation degree of foundation is greater than 90% after technology implemented 75 days. The different depth of the foundation bearing capacity can meet the design requirements.

Key words: micro split pipeline; vacuum preloading; foundation reinforcement

0 引言

淮河入江水道运河西堤属于一级堤防, 其中扬州境内的崇湾段为历史险工段(桩号 49+580-50+335), 该段堤基地质条件复杂, 上覆厚回填土且埋藏深厚软弱土层, 堤身沉降不稳定。历史上

曾对该段采取了加高培厚、水泥土搅拌桩加固等处理方法, 但一直未能根本解决堤身沉降不稳定的问题。自 1959 年竣工后, 堤身逐年下沉, 堤防堤顶高程不能保证安全挡洪, 淮河汛期时存在安全隐患。为了保证淮河入江水道行洪安全, 保障淮河下游人民财产安全, 需要在 2014 年淮河主汛期

收稿日期: 2016-07-05

作者简介: 王南江(1974-), 男, 高级工程师, 主要从事水利工程建设管理工作。

之前完成运河西堤崇湾段堤基加固及堤防建设,规划总施工期仅有 4 个月,其中堤基加固有 3 个月,因此亟需一种能够根本解决堤身沉降不稳定且满足施工期要求的加固技术方案。

1 微劈裂管路真空预压法

真空预压法是一种基于土的固结原理而发展起来的经济可靠的软土地基处理方法。近年来,真空预压加固法在水利、疏浚、交通等工程中有所应用,也取得一定的效果^[1-6]。但是将其应用于深淤土地基加固时,会存在诸多不足之处:①对于排水性能差、含水率高的淤土,处理过程中排水板易发生淤堵现象,被加固土体的固结效果往往难以达到设计要求;②真空度传递深度有限,深层软基加固效果不甚理想,且抽真空时间长,有时难以满足设计、工期要求。

针对以上问题,采用微劈裂管路真空预压法(见图 1)解决崇湾段堤基加固的难题。与传统真空预压法相比,微劈裂管路真空预压法采用多项改进优化措施保证了深层淤土地基的整体加固效果,主要包括:①采用管路系统的优化设计,代替传统砂垫层,尽可能降低真空度在排水板中的沿程损失;②结合微劈裂技术,增加土体的排水通道,缩短土体的排水路径,提高了土层的排水性能。具体实施时,先在地基中打设竖向排水板,布设增压管,进行场地密封;再用射流泵进行抽水,加固淤土地基;待场地沉降趋于稳定时,开启增压系统,对加固土体进行劈裂,形成新的排水通道,加速土体固结。

2 应用研究

2.1 加固效果分析

崇湾段堤基加固工程分为北凹段和南凹段。在采用微劈裂真空预压法进行堤基加固的过程中,分别对南北凹段的真空度、地表沉降、地基承载力等进行监测,并在堤防填筑工程结束后进行了后续沉降观测,用于检验加固效果。

2.1.1 膜下真空度分析

(1) 北凹段膜下真空度

北凹段设置有 10 台射流泵,8 个膜下真空度测试点,抽真空前 3 ~ 4 d,射流泵上的真空度上升到 80 kPa,随着射流泵持续抽气工作,真空度缓慢增长并逐步稳定在 94 kPa 左右。膜下真空度的变化规律与泵上真空度基本一致,抽真空前 3 ~ 4 d,膜下真空度上升到 70 kPa,随后真空度缓慢增长并逐步稳定在 83 kPa 左右。同时,北凹膜下真空度与泵上真空度差距较小,仅为 11 kPa 左右,真空度在管路系统传递过程中损失较小,有效降低了上覆厚回填土层的影响,如图 2(a)所示。

(2) 南凹段膜下真空度

南凹段设置有 14 台射流泵,10 个膜下真空度测试点,抽真空前 10 ~ 11 d,射流泵上的真空度上升到 80 kPa,随着射流泵持续抽气工作,真空度缓慢增长并逐步稳定在 95 kPa 左右;膜下真空度的变化规律与泵上真空度基本一致,抽真空前 10 ~ 11 d,膜下真空度上升到 70 kPa,随后真空度缓慢增长并逐步稳定在 80 kPa 左右。同时,南凹膜下真空度与泵上真空度差距较小,仅为 16

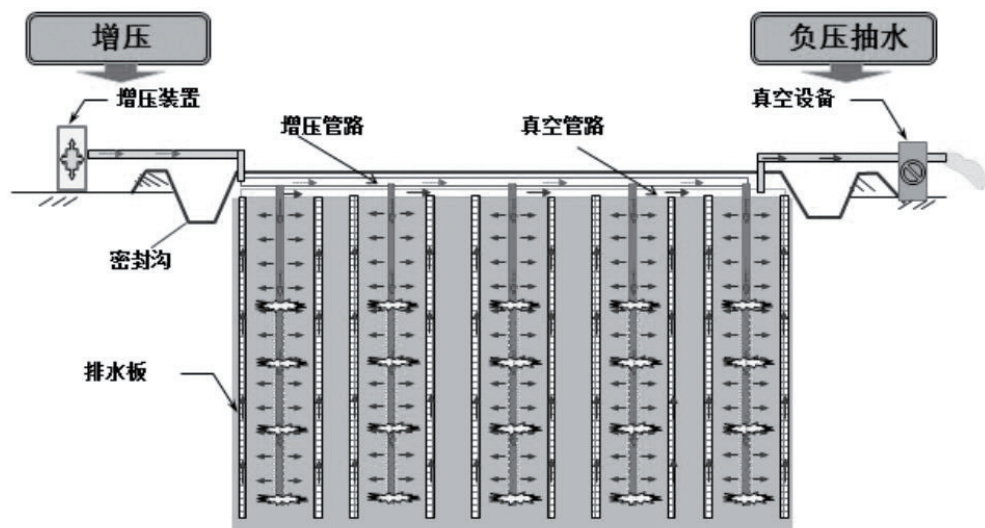


图 1 微劈裂真空预压法示意图

kPa 左右，真空度在管路系统传递过程中损失较小，有效降低了上覆厚回填土层的影响，如图 2 (b) 所示。

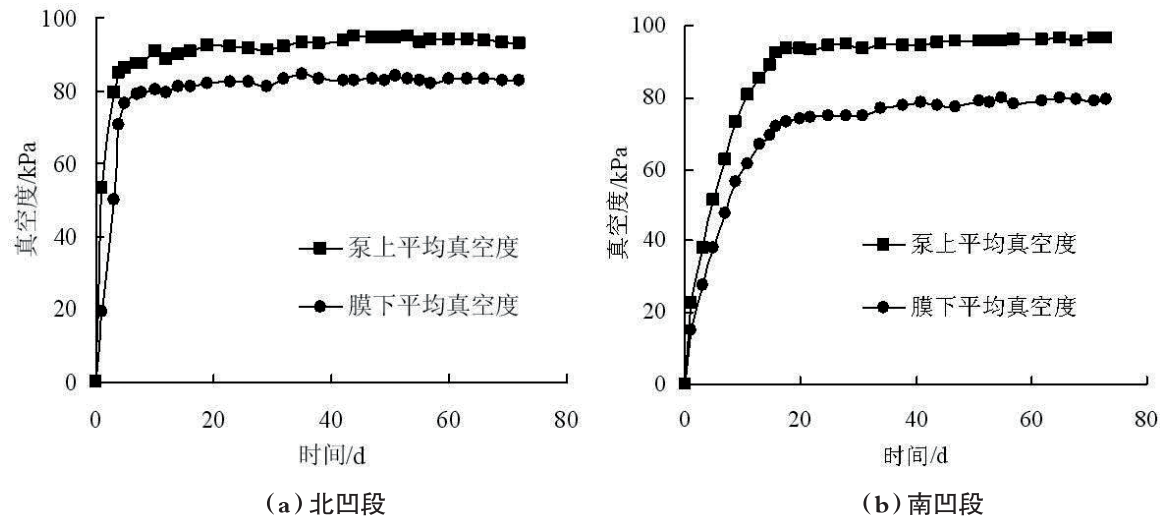


图 2 泵上平均真空度与膜下平均真空度对比曲线

2.1.2 地表沉降量分析

(1) 北凹段地表沉降量

北凹段平均地表沉降量随时间变化曲线如图 3。在增压系统未开启前的 50 d 真空固结过程中，平均地表沉降量为 27.8 cm，抽水至 50 d 平均地表沉降速率降低至 2 mm/d，达到开启增压系统的标准。开启增压系统后，平均地表沉降速率迅速提高到 16 mm/d，经过增压后地表沉降效果得到进一步提高，到第 75 d 加固结束时，地表平均沉降量达到 35.5 cm，地表平均沉降量增加 7.7 cm，地表沉降效果提高约 27.7%，增压促沉效果明显。经计算，第 75 d 加固结束时地基平均固结度为 96.8%，已超过设计要求 90%。

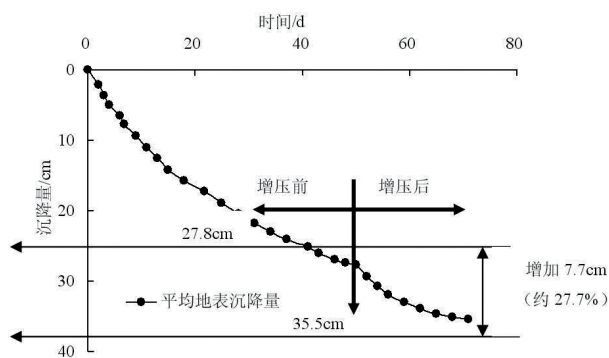


图 3 北凹段平均地表沉降量随时间变化曲线

(2) 南凹段地表沉降量

南凹段平均地表沉降量随时间变化曲线如图 4。在增压系统未开启前的 50 d 真空固结过程中，

平均地表沉降量为 32.9 cm，抽水至 50 d 平均地表沉降速率降低至 2 mm/d，达到开启增压系统的标准。开启增压系统后，平均地表沉降速率迅速

提高到 19 mm/d，经过增压后，地表沉降效果得到进一步提高，至第 75 d 加固结束时，平均地表沉降量达到 42.2 cm，平均地表沉降量增加 9.3 cm，地表沉降效果提高约 28.3%，增压促沉效果明显。经计算，第 75 d 加固结束时地基平均固结度为 94.0%，已超过设计要求 90%。

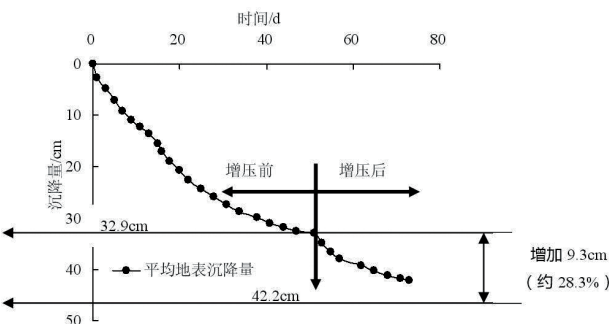


图 4 南凹段平均地表沉降量随时间变化曲线

2.1.3 地基承载力分析

(1) 北凹段地基承载力

北凹段处理前后十字板强度随深度变化曲线如图 5 所示。从图中可以看到，北凹段经加固处理后，0 ~ -8 m 的表层堤身填土层和含淤泥土层力学性质得到明显提高，十字板强度从处理前的 30 ~ 58 kPa，提高至 45 ~ 76 kPa。北凹段处理前后地基承载力随深度变化曲线如图 6 所示，从图中可以看到，处理后地基承载力明显提高，0 ~ 8 m 地基承载力可达 80 ~ 180 kPa，比处理前地基承载力平均提高了 50%，达到设计的承载力要求。

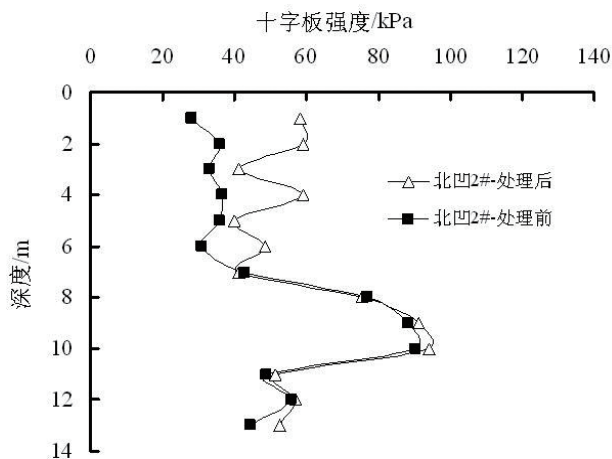


图5 北凹十字板强度随深度变化曲线

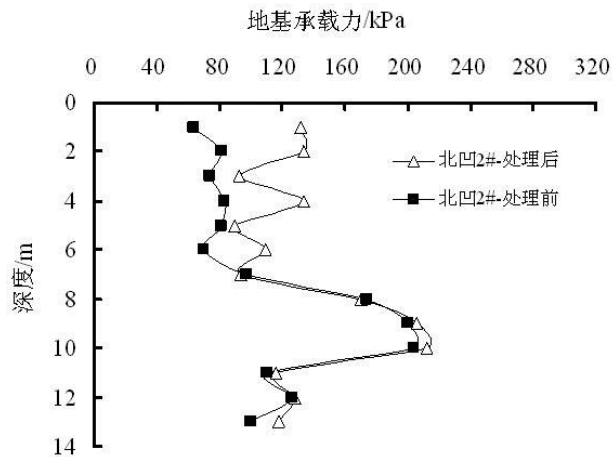


图6 北凹地基承载力随深度变化曲线

(2) 南凹地基承载力

南凹段处理前后十字板强度随深度变化曲线如图7所示。从图中可以看到,南凹段经加固处理后,0~12 m的表层堤身填土层和含淤泥土层力学性质得到明显提高,其中0~7 m表层堤身填土层,十字板强度从处理前的10~50 kPa,提高至40~70 kPa,7~12 m的淤土层,十字板强度从处理前的20~45 kPa,提高至35~65 kPa。南凹段处理前后地基承载力随深度变化曲线见图8,图中显示处理后的地基承载力明显提高,0~7 m地基承载力可达80~160 kPa,7~12 m的软土层地基承载力可达80~140 kPa,比处理前地基承载力平均提高约50%,达到设计的承载力要求。

2.2 后续沉降观测

崇湾段堤基加固工程于5月初完成,历经约75 d,随后进行了堤防填筑,堤防填筑工程于2014年5月15日至6月10日完成。堤防沉降观测始于2014年6月10日,截止至2015年4月15日,进行了约1年的后续沉降观测,该时间段内南北

凹段的工后总沉降及月沉降量随时间变化曲线见图9。从图中可以看到,截止至2015年4月15日,北凹段工后总沉降量37 mm,南凹段工后总沉降量41 mm;同时,南北段月沉降量随时间逐渐减少,堤防填筑完成的前4个月沉降较大,4~8个月沉降逐渐放缓,8个月以后曲线平缓几乎无明显沉降,每个月沉降量低于0.5 mm,沉降基本稳定。

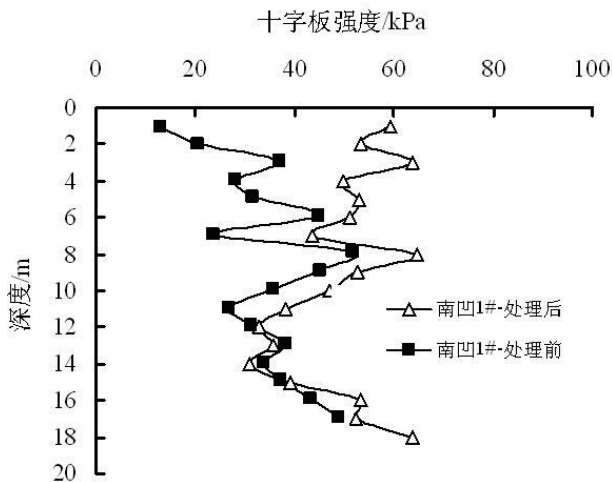


图7 南凹十字板强度随深度变化曲线

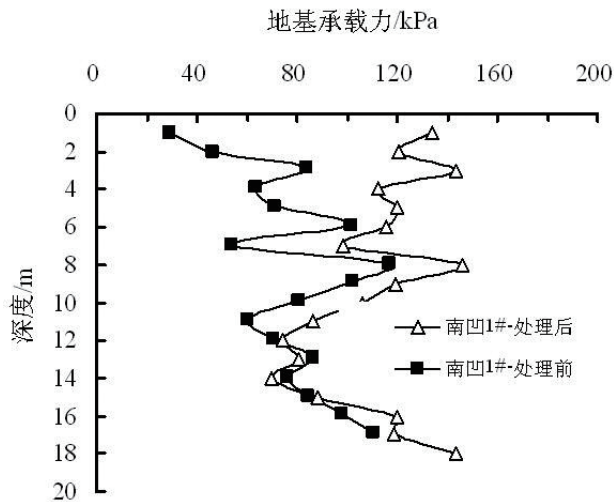


图8 南凹地基承载力随深度变化曲线

3 结论

采用微劈裂管路真空预压法对淮河入江水道运河西堤崇湾段进行堤基加固,监测结果表明:

(1) 该技术在运河西堤崇湾段堤基加固工程中成功实现了大面积应用,取得了预期的工程加固效果,各项技术指标达到了设计要求。

(2) 该技术可在75 d内实现地基平均固结度大于90%,并且不同深度的地基承载力均可以达

(下转第8页)

(上接第4页)

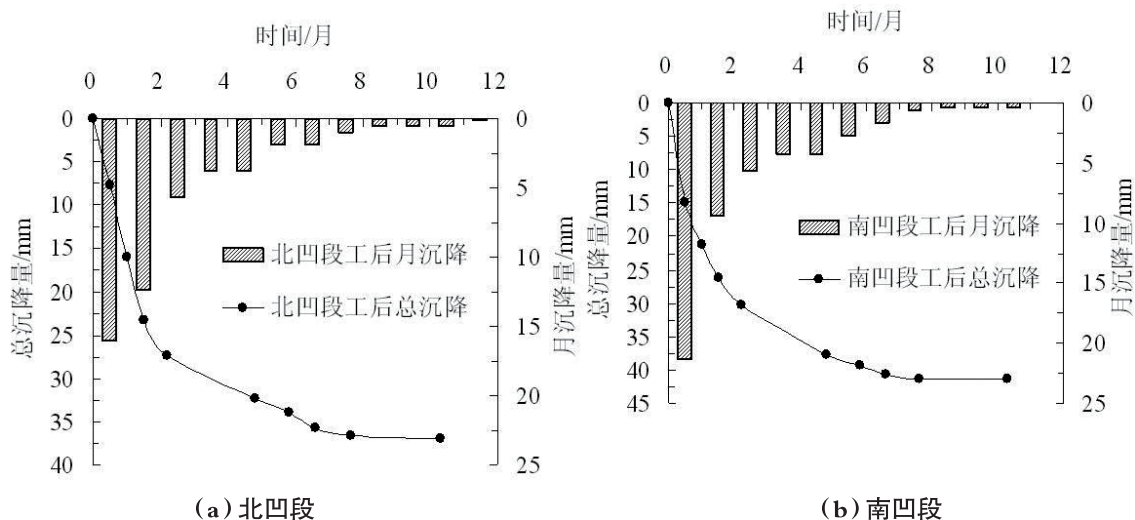


图9 南凹地基承载力随深度变化曲线

到设计要求。

(3) 采用管路系统替代传统真空预压法的砂垫层施工工艺,可以降低上覆回填土层对膜下真空度的影响,使膜下真空度维持在 80 ~ 90 kPa,为真空度顺利传递至下部深层土体、实现下部淤土层的排水加固处理创造了条件。

(4) 采用增压工艺能够较为显著提高地基的加固效果。

参考文献:

[1] 赵亚南. 真空预压技术在治理深圳河一期工程中的应用[J]. 人民长江, 1997, 28(6): 29-31.

[2] J. Q. Shang, M. Tang, and Z. Miao. vacuum preloading consolidation of reclaimed land: a case study. Can. Geotech. J., 1998, 35(7): 740-749.

[3] 冯汉英. 真空预压软基加固技术在天津港区的应用与发展[J]. 中国港湾建设, 1998(4): 26-30.

[4] 吴占刚. 真空预压加固油罐地基[J]. 水运工程, 2000(8): 112-114.

[5] 定培中, 曹星. 真空预压在水下填筑路堤应用及效果分析[J]. 人民长江, 2000, 31(8), 40-41.

[6] 曹永琅, 从建, 毛远平. 真空预压加固高速公路高填方路基[J]. 水利水电工程学报, 2002(2): 52-56.

(责任编辑: 王宏伟)