

真空预压联合不同工艺加固吹填土现场试验研究

吴松华, 刘宇飞

(中交水利水电建设有限公司, 浙江 宁波 315200)

摘要:为研究真空预压联合不同工艺加固吹填土的实际效果,依托具体吹填工程,开展了无砂垫层真空预压分别联合水袋堆载、电渗及增压式真空预压3种工艺的加固吹填土现场试验,并对比分析加固效果。结果表明:无砂垫层真空预压联合3种工艺的加固效果都要好于单纯真空预压工艺;真空预压联合水袋堆载工艺加固后的地基承载力相对最高、土体含水率相对最低;增压式真空预压工艺加固后的土体表层沉降总量、平均比贯入阻力和平均抗剪强度都相对最大,且施工单价成本相对最低;真空预压联合电渗工艺的加固效果与其他2种工艺相比,优势不突出。

关键词:吹填土;真空预压;水袋堆载;增压式真空预压;电渗;现场试验

中图分类号: TU472.33

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)04-0220-03

0 引言

无砂垫层真空预压法^[1-6]是近年发展迅速的一种吹填土软基处理技术,具有一定的加固效果,但加固效果较好的土层一般在1~2 m深度范围的硬壳层,硬壳层以下土体的强度增长不多。为提高加固质量,扩大加固范围,可采用真空预压联合水袋堆载、电渗及增压式真空预压等方法对传统真空预压处理技术进行改进。

吴松华等^[7]通过建立数值模型和现场试验,研究了无砂垫层真空预压联合水袋堆载处理超软地基的效果,表明该方法比无砂垫层真空预压法加固效果好,能有效提高地基承载力;对无砂垫层真空预压分别联合电渗、电渗注浆、导电排水板这3种电渗形式的加固效果进行现场试验后发现,这3种电渗形式的加固效果都要好于无砂垫层真空预压法,且其中的真空预压联合电渗注浆效果最佳^[8-9];增压式真空预压法加固吹填土的现场试验结果表明,与无砂垫层真空预压法相比,采用该方法既可提高土体加固效果又可缩短工期^[10]。

现阶段真空预压联合不同工艺加固吹填土的研究主要集中在对某种联合工艺的独立研究,不同联合工艺之间的对比研究鲜有报道。本次依托具体工程,对无砂垫层真空预压分别联合水袋堆载、电渗注

浆和增压式真空预压3种加固工艺进行现场试验,对比不同工艺加固吹填土的加固效果,研究何种工艺加固效果最好。

1 现场试验方案

本试验依托工程范围内全部为新近吹填土,吹填土厚度3~4 m,工程要求加固处理后的土体表层以下1.5 m范围内的地基承载力特征值不得低于50 kPa。

试验区位于工程吹填区内。为避免尺寸效应影响结果,在不同区域选取面积相同的区块(30 m×30 m)开展试验,其场区分布图见图1。

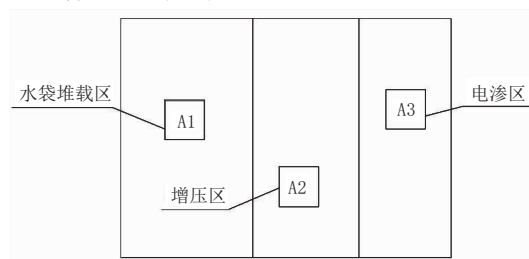


图1 场区分布图

图1中:A1区开展真空预压联合水袋堆载试验;A2区进行增压式真空预压试验;A3区进行真空预压联合电渗试验。各试验区均布置1台真空泵和埋设1组孔压计(每组3个,分布在1 m、3 m、5 m深度位置处),各试验区中心位置设有表层沉降观测杆,前期缓慢开泵,真空度缓慢增加至80 kPa,抽真空时间140 d,排水板间距0.8 m。

A1区抽真空期间的步骤与传统无砂垫层真空预压法^[1-2]类似,主要区别在于加载水袋前要处理场地,避免密封膜在水袋堆载时,被可能存在的石块等凸起

收稿日期: 2022-07-01

作者简介: 吴松华(1983—),男,硕士,教授级高级工程师,从事水利与港航、市政及软基处理工程施工技术管理、科技研发和河口海岸动力方面的研究工作。

物刺破。具体做法:首先展铺2层200 g/m²土工布,然后铺密封膜并清除膜上面的杂物,最后在膜面再展铺1层200 g/m²土工布。开始抽真空之后的工序包括:(1)水袋进场组装;(2)充水预压;(3)卸载。具体做法可参考文献[7]。

A2区增压管与排水管交错布置,间距与传统无砂垫层真空预压法排水板间距相同(0.8 m),增压管连接至增压主管,然后接入增压泵。主要工序包括:(1)场地准备;(2)增压管制作;(3)增压管连接至增压主管;(4)增压管打设;(5)增压主管接入增压泵;(6)增压。具体做法可参考文献[10]。

A3区在常规无砂垫层真空预压的基础上,紧挨塑料排水板打设金属电极(正方形布置),在后期对电极通电,进一步排除自由水和弱结合水。主要工序包括:(1)场地准备;(2)金属电极制作;(3)金属电极导线连接;(4)通电试验;(5)打设金属电极。具体做法可参考文献[8-9]。

2 试验结果与讨论

2.1 真空度

图2为不同试验区真空度随时间的变化关系。由图2可见:前30 d各试验区的真空度均缓慢增长,后逐渐达到80 kPa及以上;A1、A2区维持在80 kPa以上直至卸载,A3区在后期受现场工况和维护影响,真空度有所波动和下降。

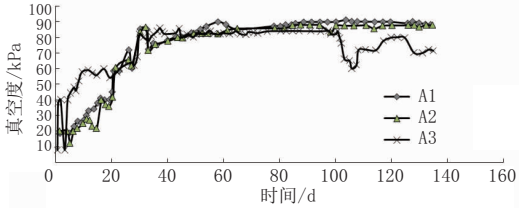


图2 各区真空度变化曲线

2.2 孔隙水压力

图3为不同试验区孔压随时间的变化关系。由图3可见:在整个抽真空期间,3个试验区的孔隙水压力整体都呈现下滑趋势,且随孔压计埋设深度的增加下滑幅度变小。

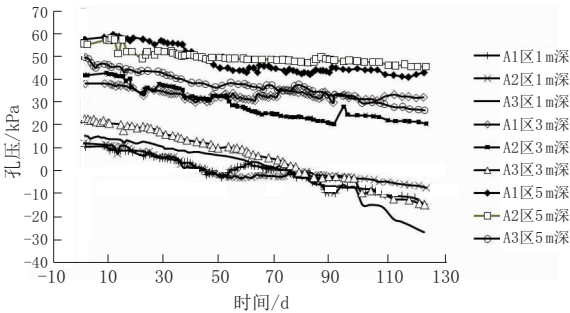


图3 各区孔压变化曲线

2.3 表层沉降

由图2可看出,在抽真空50 d左右时,3个试验区的真空度大致相同。因此,从抽真空50 d开始分别施加水袋堆载、增压和电渗注浆。从3个试验区的表层总沉降曲线(见图4)可以看出,在水袋堆载、增压、电渗手段介入后,各区表层的总沉降量逐渐增加,其中A2区最大,A3区最小。

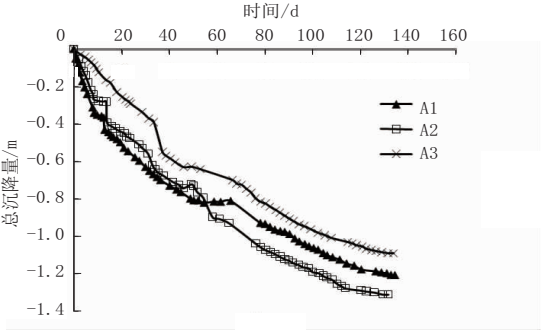


图4 各区表层总沉降曲线

2.4 静力触探试验结果分析

各试验区土体静力触探试验曲线见图5。由图5可见:在不同试验区3.0 m深度范围内,土体强度随深度增加而降低;深度1.5 m之内的土体承载力大幅增长,1.5 m之外的土体强度增长相对较小。

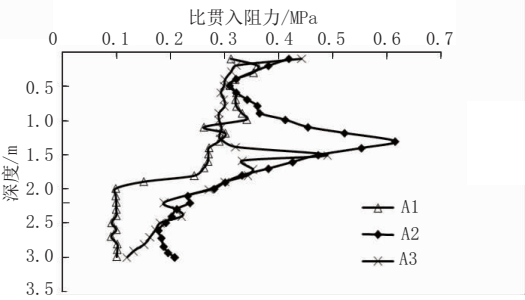


图5 各区土体静力触探试验曲线

根据图5,可计算出在土体1.5 m深度范围内,A1、A2、A3区的平均比贯入阻力分别为0.31 MPa、0.41 MPa、0.32 MPa;在土体3.0 m深度范围内,A1、A2、A3区的平均比贯入阻力分别为0.22 MPa、0.34 MPa、0.27 MPa。

由此可知,A2区加固效果相对最好,A1区加固效果相对最差,A3区加固效果居中。

2.5 十字板剪切试验结果分析

图6为3个试验区的十字板抗剪强度随土体深度的变化曲线。由图6可见,不同试验区的抗剪强度随土体深度变化呈现出类似趋势:上部土体的抗剪强度较大,越向下土体抗剪强度越小。

根据图6,可计算出^[11]在1.5 m深度范围内,A1、A2、A3区的地基承载力特征值分别为107.75 kPa、105.70 kPa、83.2 kPa;在3.0 m深度范围内则分别为

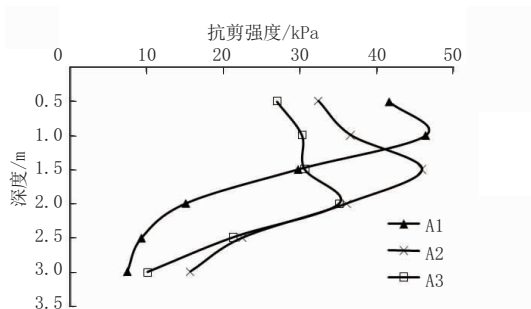
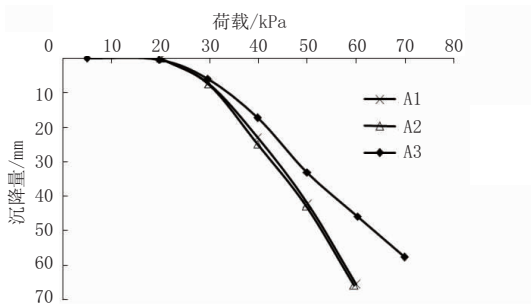


图6 各区十字版抗剪强度随土体深度的变化曲线

71.75 kPa、88.90 kPa、77.5 kPa。由此可知:在1.5 m深度范围内,A1区加固效果最好,A3区相对最差;在3.0 m范围内,A2区加固效果最好,A1区加固效果最差。

2.6 平板载荷试验结果分析

3个试验区的载荷板 $p-s$ (荷载-沉降)曲线见图7。由图7可见,A1区和A2区加固效果大致相同,并且都优于A3区。计算^[12]得到A1、A2、A3区的地基土承载力特征值分别为65 kPa、56 kPa、61 kPa,较无砂垫层真空预压工艺的地基承载力有较大程度的提高,提高幅度分别约30%、10%和20%,均超过工程的设计要求。

图7 3个试验区的载荷板 $p-s$ 曲线

2.7 土工试验结果分析

在3个试验区选点取土进行室内土工试验,得到土体含水率随深度变化关系(见图8)。由图8可见,在3个试验区2 m深度范围内,由下至上的含水率都有大幅下降,其中,A1区在整个2 m深度范围内的含水率基本都低于A2区和A3区,降幅最大。

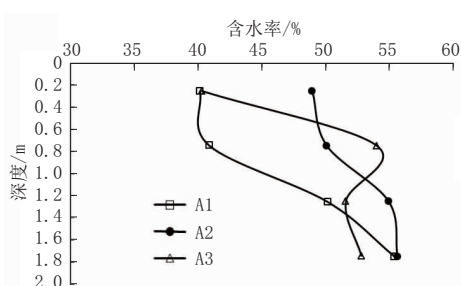


图8 各区土体含水率随深度变化关系

3 经济效益分析

为了分析真空预压联合不同工艺加固吹填土的经济性,对3个试验区的施工成本进行统计和比较。本次试验中,在抽真空时间相同的条件下,A2区施工成本单价相对最低,分别约为A1区和A3区的71.6%、81.9%。

4 结语

(1)结合现场试验对加固效果进行比较分析,在实践上进一步验证了无砂垫层真空预压分别联合水袋堆载、电渗注浆及增压式真空预压法加固吹填土的可行性和有效性。

(2)真空预压联合水袋堆载试验区的地基承载力、土体含水率都优于增压式真空预压和真空预压联合电渗,适用于缺乏砂石料,工期紧,需要快速提高土体强度的软基处理工程。

(3)增压式真空预压试验区的表层总沉降量、平均比贯入阻力、平均抗剪强度、施工成本等均优于真空预压联合水袋堆载和真空预压联合电渗,适用于提高土体下部强度的软基处理工程。

(4)真空预压联合电渗试验区的加固效果与真空预压联合水袋堆载、增压式真空预压试验区相比并不具备优势,适用于小面积、特殊情况下的软基处理工程。

参考文献:

- [1] 吴松华,李爱军.无砂垫层真空预压法在吹填土超软地基浅层处理中的应用[J].施工技术,2017,46(增刊2):258-261.
- [2] 曹健勇,朱振翔,吴松华.浅谈真空预压施工工艺[J].华东公路,2017(5):126-128.
- [3] 谭洪平,孙晓峰,吴松华.吹填及软基处理工程水门布置优化[J].城市道桥与防洪,2014(11):161-162,28.
- [4] 陈志刚,姜聪宇,吴松华.浅析真空预压软基处理工艺中的材料管理[J].广东建材,2015,31(2):73-75.
- [5] 曹健勇,李行旺,吴松华.真空预压法软基处理真空维护常见问题处理措施[J].工程与建设,2017,31(4):520-522.
- [6] 董永平,吴松华.吹填土软基处理工程施工质量控制及管理要点[J].港口科技,2017(11):11-14,47.
- [7] 吴松华,詹领.浅层无砂垫层真空联合水袋堆载预压软基处理研究[J].水利水电技术(中英文),2021,52(1):225-235.
- [8] 吴松华,徐勇平.电渗联合注浆加固吹填土现场试验研究[J].水利与建筑工程学报,2019,17(6):77-81.
- [9] 吴松华.不同形式电渗加固吹填淤泥现场试验研究[J].长江科学院院报,2020,37(5):108-112.
- [10] 吴松华.增压式真空预压法加固新近吹填土现场试验研究[J].水运工程,2018(9):181-185.
- [11] JGJ 83—2011,软土地区岩土工程勘察规范[S].
- [12] GB 50007—2011,建筑地基基础设计规范[S].