

无砂直连真空预压在深厚软基处理的应用

徐海俭,田 振

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司珠海分公司,广东 珠海 519000]

摘 要: 广东珠海西部地区软土分布广泛,软基处理不当,会导致市政道路及建筑小区工后沉降严重,影响其正常使用,因此,合理经济的软基处理方案显得尤为重要。以珠海市斗门区地块A为例,根据现状地形、地貌、地质条件,对建设场地内深厚软土进行方案研究,提出采用经济高效的无砂直连式真空预压处理深厚软土地基的工艺,介绍无砂直连式真空预压工艺及实施效果,现场软土预压处理后,场地内的工后沉降、固结度关键技术指标均可满足设计要求,供同类项目参考。

关键词: 无砂直连;真空预压;深厚软基

中图分类号: TU471.8

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)09-0184-03

0 引 言

珠海西部地区软土分布广泛,其强度、稳定性、承载力往往不能满足工程要求,如无软基处理或处理不当,会引起地面持续的、大面积的沉降和地面开裂现象,将直接导致路面坑洼不平、管道脱节等问题^[1]。为避免上述问题的发生,可在建设前,预先对建设场地进行软基处理。对于工期紧张的项目,通常采用砂作为排水垫层的真空预压或真空联合堆载预压^[2]处理软基。但珠海砂、土资源紧缺,采用砂垫层排水每平方米造价会增加300~400元,显著增加软基处理费用,且会造成膜下真空度损失影响处理效果,因此,本文提出塑料排水板与真空支管直接相连、无需排水垫层的真空预压方案,该方案可有效解决传统有砂法真空预压造价高、膜下真空度损失的问题。

1 工程概况

珠海斗门地块A软基处理面积约4.5万m²,该地块计划建成居住小区,位于崖门水道入海口西侧的冲洪积平原上。拟建地块土层自上而下依次为:人工填土层(Q^{ml}),第四系海相沉积层(Q^{4mc}),第四系残积层(Q^{el}),燕山期(γ)花岗岩,其中人工填土层为新堆填而成,均厚2.4m,填筑前未抽水、未清除塘底浮泥、未压实、结构呈松散状态,填土为浅灰、灰黄

色,主要由花岗岩风化土夹少量风化碎岩块回填,湿-饱和,均匀性差、稳定性差、高压缩性;第四系海相沉积层主要为淤泥,具有高含水率、孔隙比大、高压缩性、低强度、高灵敏度、低透水性和高流变性等特性,淤泥层厚为8~15.0m,均厚11.4m,含水率为43.7%~97.8%,平均78%。

2 工程设计方案

2.1 真空加载系统

真空预压通过真空泵抽真空减小膜下气压,使得加固区密封膜上气压高于膜下气压,在大气压作用下孔隙被压缩,水气通过排水板排出,土体固结,强度提高。

为解决传统小型射流式真空泵处理软基深度浅且耗能大等问题,地块A采用55kW的节能真空泵连接6个水汽分离罐替代射流式真空泵,如图1至图3所示。施工时确保地块A膜下真空度不小于80kPa。同时,膜上采用0.5m水压膜,预压排出的地下水直接排到膜上作为预压荷载。

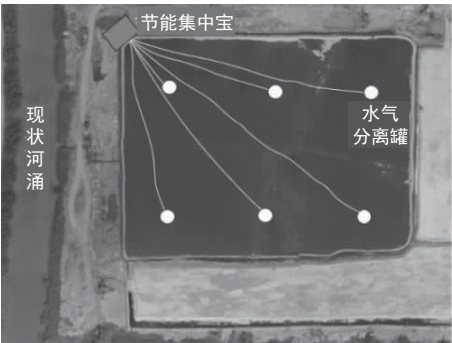


图1 地块A真空节能装置及水汽分离罐平面布置

收稿日期: 2024-02-06

作者简介: 徐海俭(1989—),女,硕士,工程师,从事道路设计工作。



图 2 55 kw 节能真空泵(一备一用)



图 3 水汽分离罐

2.2 排水体系

竖向排水，根据软土厚度及埋深，设计采用 SPB100·B 型塑料排水板^[3]作为预压过程中软土层孔隙水排出的竖向排水通道,排水板正方向布置,间距 1.0 m(见图 4)。

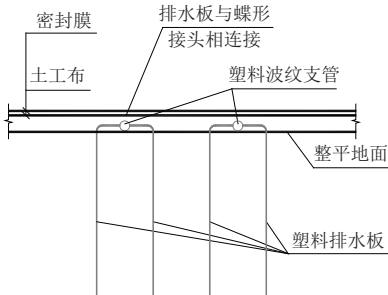


图 4 竖向排水系统大样图

水平排水,采用直排式真空预压,塑料排水板通过碟型接头(如图 5 所示)与真空支管直接相连,真空支管与真空主管采用十字接头相连。水平排水系统如图 6 所示。

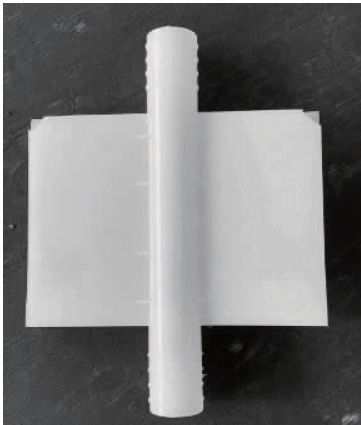


图 5 碟型接头

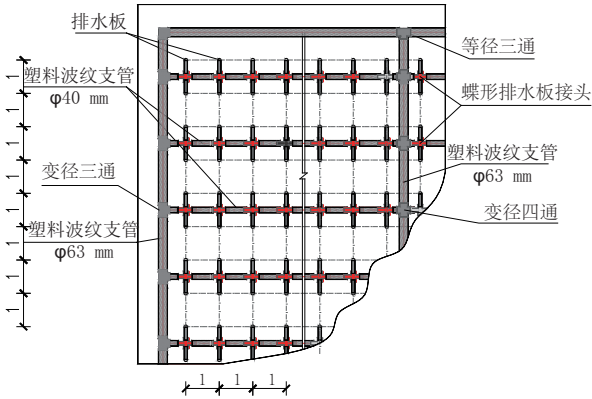


图 6 水平排水系统大样图

为避免不均匀沉降导致预压期排水管破裂影响处理效果,地块 A 真空主管采用 $\Phi 63\text{ mm}$ 塑料波纹管,壁厚 $\geq 2.5\text{ mm}$,环刚度 $\geq 4\text{ kN/m}^2$;真空支管采用 $\Phi 40\text{ mm}$ 塑料波纹管,壁厚 $\geq 2.0\text{ mm}$,环刚度 $\geq 4\text{ kN/m}^2$;主管在处理分区内形成闭合回路,真空管系连接应密封,管路中应设置止回阀和闸阀。

水气通过水平排水系统后接入 PVC,出膜后接入水气分离罐,最后接到节能真空泵。采用的无砂直连技术^[4]减少了砂垫层造成的真空度损失,可使真空负压比较顺利地传递到排水板的深部(见图 7)。

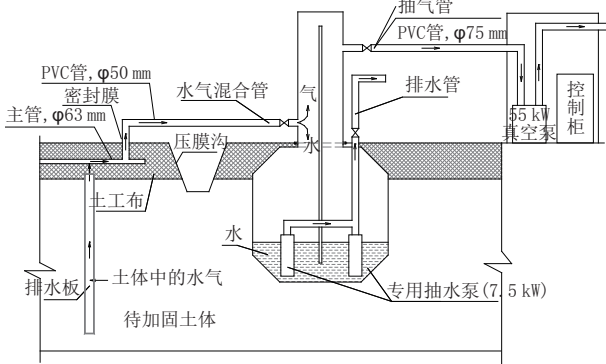


图 7 真空设备抽气原理示意图

综上，土体孔隙水流路径为土体→塑料排水板→蝶形板→真空支管→真空主管→PVC 管→水气分离罐→真空膜上，多余的水通过排水明沟排入附近河涌。

2.3 密封体系

为确保真空系统密封，真空管网上方布设两布两膜,如图 8 所示。另外,地块 A 表层填土透水性强,且深层存在有淤泥质砂土层,为确保真空体系密封,在在加固区外围设计黏土密封墙,一般位置黏土搅拌桩长度为 8 m;有淤泥质砂土夹层区域,将密封墙打穿淤泥质砂土层。

2.4 设计要求

一是地块 A 预处理后，真空预压处理后软土层

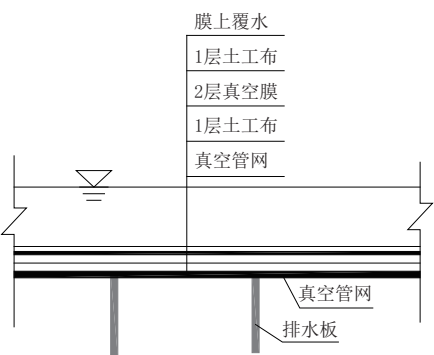


图8 密封系统设计

平均固结度不小于80%。
二是工后沉降参照城市支路设计标高，不小于50 cm。

3 加固效果分析

3.1 工内沉降

为了评判地基加固效果,对地表沉降、膜下真空度及孔隙水压力进行监测。其中地块A共布设24个地表沉降观测点,地表累计沉降量为954.24~1 189.57 mm,平均地表累计沉降量1 047.79 mm,该工内沉降与采用压缩模量法理论计算值1.114 m接近。最后10 d平均沉降速率为0.88~1.74 mm/d,沉降速率和累计沉降量正常;孔隙水压力累计变化量为-15.514~-80.594 kPa,变化速率和累计变化量正常。地表沉降如图9所示。

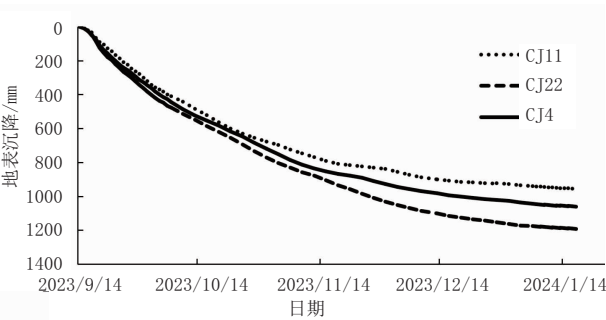


图9 地表沉降曲线图(单位:mm)

3.2 工后沉降推算

根据沉降板观测数据,首先采用双曲线公式拟合 $\frac{t-t_0}{s_t-s_0}$ 和 $(t-t_0)$ 的线性关系,推算每个监测点对应 a 、 b ,其中双曲线公式如下:

$$\frac{t-t_0}{s_t-s_0}=a+b(t-t_0)^{[4]}$$

式中: t_0 为恒载阶段某时间点,d; s_0 为对应 t_0 的沉降,mm; s_t 为对应 t 的沉降,mm; a 为拟合直线的截

距,d/mm; b 为拟合直线的斜率,d/mm。
由于数据较多,本文以CJ4、CJ11、CJ22为例,采用双曲线拟合恒载阶段的监测数据, $\frac{t-t_0}{s_t-s_0}$ 和 $(t-t_0)$ 的关系如图10所示。

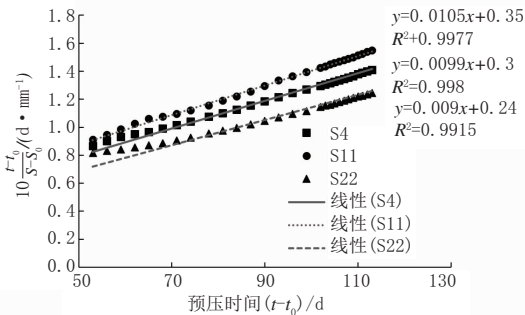


图10 双曲线拟合 $(t-t_0)/(s_t-s_0)$ 和 $(t-t_0)$ 的关系图

最后,根据最终沉降公式, $S_p=S_0+\frac{1}{b}$ ^[4],推算每个监测点的最终沉降。工后沉降等于最终沉降减施工期工内沉降;固结度等于施工期工内沉降除以推算最终沉降: $U=\frac{S_t}{S_p}$ 。

根据图10推算工后沉降和固结度均满足设计要求(见表1)。

表1 工后沉降和固结度

监测点	最终沉降 S_p /mm	工内沉降 S_t /mm	工后沉降/ mm	固结度 U
CJ4	1 265.9	1057.7	208.2	83.6%
CJ11	1 176.2	954.2	221.9	81.1%
CJ22	1 393.4	1 189.6	203.8	85.4%

4 结 语

通过对工后沉降、固结度关键指标分析,采用无砂直连式真空预压工艺对深厚软基进行预处理,可满足设计要求,该方案造价低、处理效果好、工期短等优点。本文为类似工程的设计和施工提供借鉴。

参考文献:
[1] 丘建金,张旷成,文建鹏.深圳海积软土地基加固技术与工程实践[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.
[2] GB/T 193—2013,城市道路路基设计规范[S].
[3] JT/T 521—2004,公路工程土工合成材料塑料排水板(带)[S].
[4] GB/T 51275—2017,软土地基路基监控标准[S].
[5] 龚济平,徐超,金亚伟.采用改进真空预压技术加固软土地基的试验研究[J].港工技术,2012(3):50-52.