

浅析塑料排水板-真空-堆载联合预压法及其工程实践

李文坚

中国铁路设计集团有限公司 天津 300308

摘要: 本文就目前广泛应用的塑料排水板-真空-堆载联合预压法这一软基加固技术进行讨论, 针对其作用机理、施工技术、效果及质量检验、工程实践等方面进行详细系统地分析及论述。对该软基加固技术的进一步推广和完善具有一定价值。

关键词: 塑料排水板; 真空; 堆载; 联合预压; 软基加固

Analysis of Vacuum Loading Joint Preloading and Plastic Drainage Board and Its Engineering Practice

LI Wenjian

China Railway Design Corporation, Tianjin 300308

Abstract: This paper discusses the soft foundation reinforcement technology of vacuum loading joint preloading and plastic drainage board, which is widely used at present, and makes a detailed and systematic analysis and discussion on its action mechanism, construction technology, effect and quality inspection, engineering practice and so on. It has certain value on the further promotion and improvement for this soft foundation reinforcement technology.

Keywords: Plastic drainage board; Vacuum; surcharge; Combined preloading; Soft foundation reinforcement

1 引言

软土因其天然含水率较高、孔隙比大、结构松软, 承载力低, 具高压缩性和触变性的特点, 直接在这类地基上进行基础设施建设极易产生较大的沉降变形, 影响上部基础设施的正常使用功能甚至是安全稳定, 因此必须采取相应的措施进行加固处理。常用的软基处理措施有深层水泥土搅拌桩、高压旋喷桩、静压注浆、排水固结等。但是上述处理措施或多或少均存在一些缺陷, 例如施工质量难以保证、投资较高、处理效果不理想等。

近年来流行采用的塑料排水板-真空-堆载联合预压法因其具有造价低、施工简便、加固效果明显等优点, 在沿海地区, 特别是珠三角和长三角地区的深厚软土地基处理工程中得到广泛应用, 取得了较好的社会经济收益^[1-5]。本文详细介绍了此软基加固方法的基本原理, 并通过具体工程实例验证就其设计过程、施工工序、加固效果及质量检验等方面进行系统分析及论述, 验证该方法的实用性、有效性。

2 基本原理

塑料排水板-真空-堆载联合预压法是利用在软土

地基中打设的塑料排水板作为竖向排水通道, 以软土地表面预铺设的砂垫层以及砂垫层中预埋设的滤水管道作为横向排水通道。在砂垫层表面敷设不透气的薄膜, 将薄膜下土体中的气体通过射流泵抽出, 使得土体与砂垫层及排水板之间形成压力差, 发生渗流, 进而不断降低软土中的孔隙水压力, 促使软土层的固结沉降。同时真空压力与不透水薄膜上部堆载共同给予软土超载, 有效解决传统真空预压法压力不足的难题, 加速膜下软土固结沉降。同时, 上部预压土方同时为路基填筑的土方使用, 节省工序, 节约投资。

3 概况

3.1 工程概况

拟建场地位于珠海市滨海近岸浅海地带, 珠海西站站房对侧, 属海陆交互相海积平原地貌, 场地经填土平整, 地势平坦。整个场区已完成吹填工程, 本次场区软土地基处理按实际吹填后高程进行设计。地基处理总面积约27万平。

3.2 工程地质及水文地质条件

场区的岩土层按其成因分类主要有填土、淤泥质土、

中砂、粗砂(砾砂)、粉质黏土,下伏花岗岩。其中素填土主要成分为黏性土和强风化碎块,欠压实,局部分布,平均层厚1.37m;冲填土主要由细砂冲填而成,局部混黏性土及碎石,该层在场地广泛分布,层厚1.30~7.00m,平均3.42m;淤泥质土呈流塑状,局部含贝壳及粉细砂,该层在场地内广泛分布,平均层厚24.13m,结构松软,承载力低,具高压缩性和触变性。

场区地下水主要为赋存于冲填土、粉砂、中砂层、粗砂层中的孔隙潜水,场地内地层除冲填土、粉砂层、中砂层、粗砂层为强透水层外,其余地层均为弱~微透水层。地下水主要受相邻含水层和海水的侧向补给及大气降水的垂直渗透补给,以水平径流排泄为主。

3.3 设计方案

设计方案包括排水体设计、抽真空设计、密封系统设计、预压土填筑、卸载方案设计五个方面。

(1) 竖向排水体采用塑料排水板,采用正三角形布置形式,间距1.0m,打设深度22~27m。排水板应埋入砂垫层不小于50cm。水平向排水体采用含泥量不大于5%的中砂或粗砂,厚度70cm。

(2) 抽真空系统由抽真空设备、真空干、主管、滤管组成。抽真空设备采用射流泵,其单机功率不宜低于7.5KW,在进气孔封闭状态下,其真空压力不应小于96kPa,抽真空设备应均匀布置在加固区四周,必要时可适当布置在中部,每台设备的控制面积不大于1000平方米,开泵率应控制在80%以上。

(3) 密封系统包括区域四周根据不透水层埋深设计密封沟或双排咬合黏土搅拌桩密封墙。同时在地面管路布设完成后,铺设1层土工布,覆盖3层聚乙烯闭气薄膜。薄膜埋入密封沟内,应将膜紧贴于沟壁和沟底。沟内用黏土回填夯实。薄膜边缘形成高出薄膜不小于20cm的堵水围堰,薄膜上覆10~20cm水。膜上覆水应在真空试抽、膜内真空度达到80kPa,确保密封系统不存在问题时方可进行。

(4) 堆载预压土体填筑应在当真空压力达到设计要求并稳定15d后,再进行堆载,并继续抽真空。堆载前应在膜上铺设1层短纤针刺土工布保护层、保护层上铺设20cm厚砂垫层。堆载过程中,为确保地基的稳定性,需对竖向变形、边缘水平位移及孔隙水压力进行监测,根据观察资料综合分析、判断地基稳定性。

(5) 由沉降观测数据推算工后沉降,结合实测沉降速率确定抽真空停泵时间,要求固结度达到90%,连续10天沉降速率不大于2mm/d时,即可卸载,卸载应采用

分层卸载的方法,避免局部高差大产生地面隆起。

本次真空联合堆载预压在荷载到达满载的状态下,预压不少于200d。

4 施工工序及要求

主要施工顺序为:(1)场地准备:清表、开挖、场地平整;(2)打设搅拌桩密封墙与开挖密封沟;(3)铺设30cm砂层;(4)打设塑料排水板;(5)铺设真空管系;(6)铺设20cm砂层;(7)铺设保护土工布1层、密封膜2层,密封膜压入密封沟;(8)抽真空;(9)堆载;(10)监测控制;(11)质量检验;(12)卸载及场地整平。

堆载施工填筑第一层土时,厚度不宜大于0.5m,碾压宜采用轻型机械,不得损坏密封膜,第一层土碾压完成后,观察膜下真空度变化,检查是否漏气,确定不漏气后方可进行上层填土。

5 施工期间监测

塑料排水板-真空-堆载联合预压法加固软土地基主要监测内容包括膜下真空度、膜面沉降、孔隙水压力、深层水平位移和深部分层沉降。

真空测头布置在加固区角点处和中心处、真空膜下,开始抽气时每隔2h测读一次,当真空压力达到设计稳定后,每隔4~6h测读一次;沉降板在抽真空前按60~80m间距布设在密封膜上,观测频率为,前期至堆土满载内2次/天,堆土满载后1次/天;孔隙水压力计主要测量地基土的孔隙水压力,沿淤泥深度每3.0m埋设一个感测器,根据实测孔压分析土体固结度增长情况,观测频率为,前三个月内每天观测一次,此后每3天观测一次;采用透水直立管进行软基处理期间的地下水观测,布置于处理区的边界,观测频率为,第一个月内每天观测一次,此后每3天观测一次;采用测斜仪测量水平位移和深层软基的侧向位移,分析真空预压期间侧向位移变化规律,布置于处理区的边界,测斜管底部应埋在不变形土层2.0m以上,观测频率为,施工开始至满载期间2次/d,此后1次/d;分层沉降监测传感器主要用于监测地基中部或底部的地层沉降,沿淤泥深度每3.0m埋设一个感测器,观测频率为,第一个月1次/d,此后1次/3d。

6 加固效果评价与质量检测

加固效果评价及质量检测主要包括以下四个方面:

(1) 工后沉降推算:工后沉降的推算按照设计要求布设沉降板,利用实测沉降数据推算真空预压处理的最终沉降量,利用真空预压处理的最终沉降量推算使用荷

载作用下的最终沉降量,进而推算出工后沉降和软土地基的平均固结度。卸载时,推算的工后沉降和平均固结度必须满足设计要求。

(2) 应力固结度:根据孔隙水压力变化情况,推算软土应力固结度,作为真空卸载依据。

(3) 平板载荷试验:停止抽真空后,在地表面,采用 $1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ 载荷板进行平板载荷试验。

(4) 加固前、后钻孔取样检验和原位测试:检验处理前、后淤泥的性质,包括土的含水量、孔隙比、天然密度、液限、三轴强度和压缩指标等物理力学指标,评价软基处理效果。

7 实际效果

为了充分利用上部堆载土体,预压土方同时为路基填筑的土方使用,避免后期过多的土石方回填或开挖,设计过程对堆载高度进行了充分研究,包括临近珠海西站调研、理论计算及有限元模拟^[6]。根据前期珠海西站工程的试验区监测资料,地面沉降为 $1.6 \sim 2.0\text{m}$,结合本次工程地质条件与实验区的差异以及理论及数值分析结果,设计采用 2.0m 的堆载高度。由于现场实测变形数据缺失,仅保留有少量记录,记录中场坪大部分区域最终实际沉降量与设计堆载高度的差异在 $\pm 20\text{cm}$ 以内,个别区域因软土层较厚,实际沉降量与设计堆载高度差异在 50cm 左右。由此可见,前期的沉降量预估算值具有一定的可靠性,塑料排水板-真空-堆载联合预压法在本工程中的应用较为成功。联合堆载预压结束后,根据实际固结沉降后的场坪高程与设计场坪高程差进行了少量补

填碾压密实。

8 结论

塑料排水板-真空-堆载联合预压法,膜下真空度高于传统真空预压法,对薄膜下软土的排水固结起到提速效果,可有效减少场地的工后沉降。同时预压土方同时为路基填筑的土方使用,一举两得,节省工序,节约工期,在投资控制上具有明显优势。

通过该软基处理方法在实际工程中的应用效果良好,具有极大的工程应用前景。

参考文献:

[1]何忠意,郑伟文,朱佩宁,等.某近海软土地基真空联合堆载预压法工程实例分析[J].工程勘察,2019,47(2):1-8+78.

[2]郝娅兰.真空联合堆载预压在某码头地基处理中的应用及处理效果分析[J].珠江水运,2018(24):86-87.

[3]秦皎,毕俊伟,高广运.真空联合堆载预压法在某新近吹填场地的应用研究[J].路基工程,2018(6):47-51.

[4]邸岩.真空联合堆载预压法在某电厂工程中的应用[J].土工基础,2019,33(5):558-562+578.

[5]黎小顺.真空-堆载联合预压在公路软基处理中的应用[J].工程建设与设计,2019(15):59-61.

[6]李文坚.塑料排水板-真空-堆载联合预压法在深厚软土地基处理中的应用[J].工程建设与设计,2022(5):26-28.