

塑料排水板在深淤泥质软基处理中的应用

王建华 ,周伟峰

(浙江钱塘江水利建筑工程公司 ,浙江 杭州 310020)

摘要 结合杭州通和南岸花城软基处理工程实际 ,介绍塑料排水板在深淤泥质软基处理中的应用。针对深淤泥质软基的特点 ,提出了以土工布和碎石垫层作为持力层的塑料排水板施工方法 ,并根据设计方案与施工实践 ,对塑料排水板的施工工艺、原型观测及实施效果等进行初步探讨。观测结果表明处理后地基获得了良好的加固效果 ,可为今后的工程实践提供参考。

关键词 塑料排水板 地基处理 淤泥质软基 排水固结

中图分类号 :TU447 ;TV223.2 文献标识码 :B 文章编号 :1006-7647(2007)S2-0132-03

1 方法的提出

杭州通和南岸花城位于杭州萧山区闻堰镇与义桥镇之间 ,杭州东方文化园东北侧 ,是杭州钱塘江南岸最近开发的较大的住宅楼盘。南岸花城内东北角有一自然泥塘 ,之后形成湖泊 ,因建设需要 ,湖泊的部分面积(约 2.5 万 m²)需填高利用。2004 年由钱塘江水下取土吹填并结合其他工程开挖弃土进行填高。因填土时用自卸汽车运土 ,将泥塘逐步填高向湖心推进 ,使湖岸边表层淤泥受填土挤压涌向湖心 ,形成了深淤泥质软基。经现场实地踏勘 ,滩地上无法站人 ,5 m 多长的竹竿在泥塘内插不到底 ,土体多为细颗粒淤泥质黏土 ,含砂量极少 ,含水量超过 60% ,渗透性小 ,压缩性高 ,强度低 ,长期处于塑性流动状态 ,是典型的超软淤泥质黏土 ,给施工带来了极大困难。

塑料排水板的发明给软土地基的处理带来了一次革命 ,用塑料排水板结合堆载处理的地基质优价廉 ,该方法很快替代了施工设备重、效率低、价格高的砂桩和砂井法处理方法 ,在沿海软土地基处理中应用极为广泛 ,但在厚达 15 m 以上的深淤泥质软基中打设排水板处理 ,目前在国内沿海地区已成功的项目不多。经专家多次论证 ,本工程决定采用碎石承台土方堆载预压塑料排水板排水固结方法 ,并选择具有代表性的 D 组团 3 号排屋附近东西向 21.5 m、南北向 41 m、面积为 881.5 m² 的区域进行排水板打设试验。试验工程于 2005 年 3 月 14 日开

工 ,4 月 3 日结束。经现场实测 ,在地表面尚未堆土加荷预压前 ,试验段的 1 号沉降管在 3 月 22 日至 4 月 3 日沉降 52.5 cm ,2 号沉降管在 3 月 24 日至 4 月 3 日沉降 81.9 cm ,碎石垫层的最大厚度达到 1.5 m ,在已打设的排水板带中可明显观察到土孔隙中的水沿排水板的塑料沟槽升溢至碎石垫层中 ,表明该方案可行 ,要求于 4 月 25 日全面铺开。

2 设计与施工

本工程地基均为淤泥质土基 ,承载力极小 ,人员和设备根本无法直接通行 ,因此在打设排水板前先铺设 200 g/m² 土工布 ,起隔离、传力和加筋作用 ,上部铺填 80 cm 厚碎石垫层 ,使表层土体经短时间排水后满足插板机行走和振动所需的承载强度。排水板纵横向间距均为 1 m ,呈梅花形布置 ,排水板插入深度为 18 m ,可根据地质实际情况适当调整(插入原状土粉砂土层 2~3 m)。

本工程主要项目施工顺序如下 :施工准备→场地清理→200 g/m² 土工布铺设→80 cm 厚碎石垫层填筑→塑料排水板打设→100 g/m² 土工布铺设→二级填土堆载。

土工布采用 200 g/m² 长丝无纺土工布 ,径向断裂强度大于或等于 40 kN/m ,纬向断裂强度大于或等于 30 kN/m ,有效孔径 O₉₅ 在 0.1~0.3 mm 之间 ,渗透系数大于或等于 1×10⁻³ cm/s。土工布搭接宽度视表面浮泥层厚度而定 ,当表面浮泥层厚度小于 50 cm 时 ,搭接宽度不小于 1 m ,超过 50 cm 时不小于

1.2 m, 超过 1 m 时不小于 1.5 m, 超过 3 m 时不小于 2 m, 搭接时采用腈纶线, 用普通缝纫机缝制, 缝合处须折叠 3 层, 约 5 cm 宽, 用 3 道线缝制, 并用 10 ~ 14 号铁丝每隔 30 cm 扎紧, 防止缝线处拉裂。

碎石垫层厚度应不小于 80 cm, 以适应插板机行走和振动施工时载荷需要, 从试验情况看, 流态淤泥层厚度超过 1.5 m 时沉降明显, 需加厚碎石垫层, 避免机组底盘四角沉降不均匀。为确保土工布受力均匀, 防止碎石堆积引起应力集中, 挤压淤泥, 使土工布单边下沉, 应分 3 次分层填筑, 每层厚为 20 ~ 30 cm。

插板机采用门架式轨道插板机, 插板时应使用套管, 套管的驱动方式可采用振动方式, 插板机应安装排水板打设自动检测记录仪, 保证插板施工质量。单台插板机组自身质量 15 t, 立架高度 24 m(本次排水板插入深度为 18 m), 机组底盘长度 10.5 m, 宽度 8.05 m, 套管振动功率 22 kW, 卷扬功率 22 kW, 行走功率 2.2 kW, 用电功率 50 kW。插板机轨道每根长 6 m(44.5 kg/m), 用螺栓连接。轨道下垫木枕木(25 cm × 25 cm × 100 cm)间距为 1 ~ 1.5 m, 在实际施工中可根据地基承载力情况适当加密加长, 或在枕木下铺垫脚手片, 以提高承载能力。

根据《塑料排水板施工规程》^[1], 排水板打设深度小于 25 m, 应采用 B 型塑料排水板, 其主要性能指标为: 纵向通水量大于 25 cm³/s(侧压力 350 kPa), 滤膜渗透系数大于或等于 5 × 10⁻⁴ cm/s(试件在水中浸泡 24 h), 滤膜等效孔径小于 75 μm(以 Q98 计), 复合体抗拉强度大于或等于 1.3 kN/10 cm(干态延伸率 10% 时), 滤膜抗拉强度干态大于或等于 25 N/cm(延伸率 10% 时), 湿态大于或等于 20 N/cm(延伸率 15%, 在水中浸泡 24 h 时), 塑料排水板厚度 4.5 cm, 宽度 10 cm, 板芯材料为聚乙烯聚丙烯, 涤纶长纤滤膜^[2]。

单根排水板打设主要工序如下: ①在已铺好的碎石垫层上精确放样, 埋设定位桩和高程标志, 误差控制在设计要求范围内; ②插板机进入施工现场并安装完成, 将套管定位; ③将排水板穿放进套管内, 直至排水板伸出套管下插口 20 cm 左右; ④将下插口露出部分排水板头环起, 回插进套管下插口内 10 cm 左右, 插上桩须, 从上面拉紧排水板, 使桩须完全密封贴紧套管的下插口; ⑤将插板机移动到位, 使套管竖直对准插点, 缓缓下插至给定深度定位记号; ⑥提升插管, 使桩须带着排水板一起脱开插管的插口, 将排水板固定留在软土地基内; ⑦下插口在离开地面 20 ~ 30 cm 左右处用锐刀将排水板割断, 然后将留下的排水板头弯曲插入洞内, 防止外露的排水板头灌入泥砂而影响排水效果; ⑧重复上述工序进行

下一根排水板的打设, 插板机行走的方向按土工布铺设同一方向行走。

根据工程实际情况, 采用两级填土堆载法加载, 第 1 级堆载在排水板施工完成后进行, 填土厚 100 cm, 分 40 cm 和 60 cm 两层填筑, 第 2 级堆载在第 1 级堆载完成 1 个月后进行, 一次性填筑, 填土厚 120 cm。

施工中要合理安排施工程序, 建立严格的质量保证体系, 特别要注意以下几点^[3]: ①加强质量控制。单根排水板完成后, 应立即检查提升插管时排水板是否回带, 打插深度是否满足设计要求, 回带长度超过 50 cm 时应重新补打。同一单元内回带根数超过总根数的 5% 时, 超出部分应重新补打。②加强排水。由于碎石垫层透水性强, 在施工时要采用“不成形先成沟”的办法, 使透过土工布的渗流及时外排, 外排到一定程度再“形成网”, 为后续工序创造良好的工作条件。③加强安全管理。要保证插板机行走安全, 对局部不够稳定的深软土层, 必须加厚碎石垫层厚度, 防止土工布撕裂和机械侧翻, 确保施工机具和人员安全。

3 原型观测与效果评价

3.1 原型观测

本工程经处理后的地基主要作为施工场地使用, 没有较大的集中荷载, 但应考虑基础的滑移, 因此进行位移观测、沉降观测、十字板强度试验、排水量观测、超静孔隙水压力观测等检查排水和地基固结效果。

a. 位移观测。根据业主提供的 GPS 控制点, 在湖岸及湖心设置 26 个控制桩。

b. 沉降观测。沉降板加工成 1 m × 1 m 的木板, 中间竖 1 根 Φ25 mm 镀锌管作为观测管, 每 1 000 m² 左右设置 1 个沉降观测点, 每天观测 1 次。

c. 十字板强度试验。在土工布铺设时, 埋设内径 40 cm 高 80 cm 的混凝土管, 混凝土管周围铺设碎石垫层, 每 3 000 m² 埋设 1 只混凝土管, 1 个月后进行十字板强度试验。

d. 排水量观测。将集水井内积水用水泵直接外排, 对于低洼地势, 当排水板上端的出水不能排走时, 可开挖明沟集水, 然后用水泵外排。外排时应安装流量表, 动态记录排水量。

e. 超静孔隙水压力观测。共埋设 3 个孔压测试孔, 埋设 14 只孔隙水压力计, 利用频率读数仪进行测量。

3.2 效果评价

工程完工 1 个月后, 进行地质钻探检验。检验

结果表明,离地面 5 m 的十字板强度由加固前的 6 kPa 提高到 18.9 kPa,约是原来的 3.15 倍,地基承载力提高明显。

所有位移控制桩均发现有不同程度的滑移,其中 5 月 30 日实测湖心 1 号桩由东向西南方向位移 2.4 m,2 号桩由东向西南方向位移 1.9 m,3 号桩由东向西南方向位移 3.3 m,但软基表面没有出现明显的贯通裂缝,也没有发现岸边坍塌现象,表明基础基本稳定。

3 月 22 日至 6 月 2 日施工期间共设立沉降板 30 个,截止到 2005 年 6 月 2 日,最大累计沉降达到 1.602 m,最大日沉降量达到 39 mm,各土层压缩变形都较大。从各个沉降磁环的沉降曲线可以得出,在第 1 级堆载(100 cm)下,深部的沉降磁环变形很小(略有上浮),第 1 级堆载的影响范围为碎石垫层下 7~8 m 淤泥层,第 2 级堆载较大,各沉降磁环沉降较大,最大沉降速率达到 2.6 cm/d。

根据施工需要,现场共布设排水井 70 个,纵横间距均为 20 m,井下口直接压在土工布上,井上口与土方压载同步加高,工地上配备 2~4 号水泵 20 台,固定专人日夜不间断排水。经实测,4 月 9 日至 5 月 29 日西区排水 16 440 m³,日均排水量 332 m³,东区 5 月 2 日至 5 月 29 日累计排水 6 511 m³,日均排水量 233 m³,至 6 月 5 日 2 个月内累计排水 2.71 万 m³,每平方米

排水量达 0.88 m³(不含地表雨水),排水效果明显。

分析超静孔隙水压力与时间变化曲线可知,堆载后超静孔隙水压力变大,荷载转换为超静孔压,间歇期孔压慢慢消散,土的有效应力增加。

通过对检测资料的分析得出,加固范围内各土层固结度均达到设计要求,加固后土层物理力学指标显著提高,地基承载力达到预期要求,取得了较好效果。

4 结 语

用土工布和碎石垫层作为持力层进行表层处理是解决淤泥质超软地基施工时承载力不足的好办法,与国外表层处理方法相比,该方法具有造价低、效果好、施工方便、就地取材等优点,可推广应用到类似地基处理工程中去。本工程由于施工难度大,使用了 200 g/m² 土工布铺设和 80 cm 厚碎石垫层填筑,安全系数偏高,推荐使用 150 g/m² 土工布,并适当减小碎石垫层厚度,以降低工程成本。

参考文献:

- [1] JTJ/T256—96 塑料排水板施工规程[S].
- [2] 李彰明.软土地基加固的理论、设计与施工[M].北京:中国电力出版社,2005:318-334.
- [3] 《地基处理手册》编委会.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988:108.
- (收稿日期 2006-12-20 编辑 骆超)
- (上接第 18 页)
- [8] PADMANABHAN M,HECKER G E. Scale effects in pump sump models[J]. Journal of Hydraulic Engineering,ASCE,1984,110(11):1540-1556.
- [9] ODGAARD A J. Free surface air core vortex[J]. Journal of Hydraulic Engineering,ASCE,1986,112(7):610-620.
- [10] 高学平,张效先,王志国,等.西龙池抽水蓄能电站竖井式进排水口水力学试验研究[J].水力发电学报,2002,17(1):52-60.
- [11] 倪汉根,杨玉庆.消除进水口前漩涡漏斗的一个方法[J].水利学报,1986(12):52-56.
- [12] KNAUSS J. Swirling flow problems at intakes[M]. IAHR Hydraulic Structures Design Manual,1987.
- [13] HECKER G E. 漩涡模拟的比尺效应[C]//国际水工模拟缩尺影响专题讨论会译文选.武汉:长江水利水电科学研究院,1985:219-237.
- [14] DENNY D F. An experimental study of air-entraining vortices in pump sumps[J]. Journal of the Institution of Mechanical Engineers,1956,170(2):106-116.
- [15] DENNY D F,YOUNG G A. The prevention of vortices and swirls at intakes[C]//Proceedings of the Seventh International Association of Hydraulic Research Congress, Lisbon, Portugal,1957.
- [16] HECKER G E. Model-prototype comparison of free surface vortices[J]. Journal of the Hydraulics Division,ASCE,1981,107(10):1243-1259.
- [17] 王水田.水工建筑物漏斗吸气旋涡问题研究与进展[R].南京:南京水利科学研究所,1964.
- [18] KRAUS N C,LOHRMANN A,CABRERA R. New acoustic meter for measuring 3D laboratory flows[J]. Journal of Hydraulic Engineering,ASCE,1994,120(3):406-412.
- [19] 声学多普勒流速计(ADV)的工作原理[M].北京大学特赛流动测量研究中心,译.北京:北京大学出版社,2000.
- [20] RAJENDRAN V P,PATEL V C. Measurement of vortices in model pump-intake bay by PIV[J]. Journal of Hydraulic Engineering,ASCE,2000,126(5):322-334.
- [21] 唐洪武,徐夕荣,张志军.粒子图像测速技术及其在垂直进水口漩涡流场中的应用[J].水动力学研究与进展,1999,14(1):128-134.
- [22] CONSTANTINESEU S G,PATEL V C. Numerical model for simulation of pump-intake flow and vortices[J]. Journal of Hydraulic Engineering,ASCE,1998,124(2):123-134.
- [23] 赵永志,顾兆林,郝永章,等.自由水涡结构及运动特征的数值研究[J].西安交通大学学报,2003,37(1):85-88.
- (收稿日期 2006-11-15 编辑 骆超)