

真空降水动力固结法设计施工需注意的问题

詹金林¹, 水伟厚¹, 何立军¹, 周同行²

(1. 现代建筑设计(集团)申元岩土工程有限公司, 上海 200011; 2. 明达实业(厦门)有限公司, 福建 厦门 361022)

[摘要] 对真空动力固结法加固饱和软土的工艺进行探讨, 提出了设计施工应注意的问题, 确保真空降水动力固结法地基处理的效果。

[关键词] 真空降水; 动力固结法; 地基处理; 优化设计

[中图分类号] TU753.8

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2008)01-0051-03

Attention for Design and Construction of Vacuum Drainage Dynamic Consolidation Method

ZHAN Jin-lin¹, SHUI Wei-hou¹, HE Li-jun¹, ZHOU Tong-xing²

(1. Shanghai Xiandai Architectural Design (Group) Co., Ltd., Shenyuan Geotechnical Co., Ltd., Shanghai 200011, China;

2. INTEX Industries (Xiamen) Co., Ltd., Xiamen, Fujian 361022, China)

Abstract: Vacuum drainage dynamic consolidation method for soft soil is discussed to bring forward some attention questions. A number of advice about design and construction are given, which can offer some reference for similar soft ground, as to insure the quality of foundation treatment effect.

Key words: vacuum drainage; dynamic consolidation method; foundation treatment; optimization design

真空降水动力固结法由于加固地基效果明显、经济易行、设备简单、节约三材等众多优点, 在软土地基的加固中得到广泛应用, 是一种比较成熟的加固工艺。但是在现实设计施工中常常还是存在很多问题, 处理不好往往会影响到加固效果和工期, 对此根据个人实践经验讨论设计施工中需注意的问题。

软土强夯加固软粘土地基应采取“先轻后重、逐级加能、少击多遍、由浅到深、逐渐加固”的夯击方式, 以不破坏土体宏观结构的原则为收锤标准, 要能够有效抑制孔隙水压力上升, 要能够有效地加速孔隙水压力消散和增加强夯效果, 避免“橡皮土”的产生。动力固结法加固饱和软土地基时, 土中会产生较大的超孔隙水压力, 此时采用真空井点降水, 可主动抽取软粘土中的孔隙水, 加速超孔隙水压力的消散, 避免强夯过程中出现“橡皮土”现象。

1 设计中应注意的问题

设计参数选取的好坏是决定地基处理效果的关键因素, 采取合理的施工工艺能够确保土体结构不产生严重破坏, 同时又能增加加固深度, 真空降水动力排水固结法加固饱和软土地基的设计参数主要体现在以下方面:

1) 真空井管间距的确定 真空降水井管间距与土

的渗透系数和地下水位高低有关, 根据现场经验, 真空降水井管间距可取 2.0 ~ 5.0m, 渗透系数小时, 间距可适当取小些。

2) 真空井管长度的确定 真空降水井管的长度与设计需要降低的地下水位有关, 若设计地下水位较低, 井管可以取的长些, 若设计地下水位较高, 井管可以取的短些, 滤头长度可取 1.0 ~ 1.5m, 上面梅花形布孔。井管可按正方形布置, 根据降水要求, 可采用长短井管相间, 也可采用长度一致的井管。根据现场经验, 真空井管长度一般为 3 ~ 6m。

3) 真空泵负压的确定 真空泵的压力通常与所降水位呈正比关系, 水位降低越大所需负压越大, 一般情况取大于降低水头压力 10 ~ 20kPa, 比如降低水位为 4.0m, 真空泵负压要求达到 50 ~ 60kPa。如果真空井管施工的密封性好, 一般真空泵压力可达 70 ~ 90kPa, 降水开始时负压较大, 随着地下水位的降低, 真空泵的负压会有所减少, 一般不会小于 40kPa。真空井管降水深度一般小于 5.0m 比较合理和易于实现, 一般经过 5 ~

[收稿日期] 2007-06-19

[作者简介] 詹金林(1977—), 男, 陕西商洛人, 上海现代建筑设计(集团)申元岩土工程有限公司工程师, 上海西藏南路 1368 号申都大厦 2 楼, 200011, 电话: (021) 63768976-213

7d 便可达到设计要求。

4) 施工区域四周一定要设外围封管, 并且在强夯施工中保持不间断抽水, 直至强夯施工完成, 以防封管停止后地下水回涨。

5) 强夯能级的确定 动力固结法加固饱和软粘土存在一个合理夯击能量的问题, 可以在试夯中通过采用同一夯锤不同落距的方式来确定最佳强夯能级, 根据夯坑的深度、四周隆起情况、孔隙水压力监测等综合来确定强夯能级。

6) 夯点间距的确定 饱和软土动力固结法的夯点间距一般可取设计加固深度或略小于加固深度, 一般取 4.0~6.0m, 具体可通过现场试夯确定。在试夯过程中调整夯点间距, 观察夯坑四周是否有隆起现象, 是否由于间距过小而表层土体过分震裂、隆起等情况, 然后根据试夯确定一个合理的夯点间距。

7) 夯击数的确定 确定最佳夯击数有 3 种方法: ①根据试夯数据绘制强夯夯击数~每击夯沉量曲线, 夯沉曲线变缓拐点处所对应击数即为最佳夯击数; ②根据夯点四周的隆起情况确定最佳夯击能, 以合理的隆起标准来确定夯击数, 通常可取 5~10cm; ③根据强夯夯锤拍击地面所发出的声音进行确定, 开始夯锤拍击地面发出的声音是“噗噗”的响声, 随着表层土体的加固, 声音变为“嘭嘭”的清脆响声, 而后拍击声又会变为“噗噗”声响并且夯沉量明显增大, 声音为“嘭嘭”的清脆响声所对应的夯击数可定为最佳夯击数。

由于软粘土强度很低, 所以击数的控制应十分严格, 对于软粘土地基, 首先是要考虑不破坏上层土体, 有效降低孔隙水压力, 并要求表层土首先形成硬壳层, 随着能级的增加, 加固深度逐渐增加。对于强度很低, 孔隙水压力很高的软粘土地基, 夯击次数控制更为严格, 以保证土体宏观结构不被破坏, 现行规范强夯工艺中的收锤标准不一定适用, 可以根据具体现场试夯提出相应的收锤标准。收锤标准的原则是既要达到充分压密, 又要不破坏土体结构, 即击数增到土体结构快破坏时, 立即停锤, 结合工程经验, 通常采用如下的收锤标准: 坑周不出现明显的隆起, 如果坑周出现明显隆起, 标志着坑周土体已经破坏, 如第 1 击时就已明显隆起, 则要降低夯击能; 不能有过大的侧向位移, 如果有过大的侧向位移, 则表明土体已经破坏; 后一击夯沉量应小于前一击的夯沉量, 如果是后一击夯沉量大于前一击的夯沉量, 说明土体侧向位移较大, 表明土体结构已经破坏。夯坑深度不能太大, 一般软土地区夯沉量为 50~80cm; 如夯周无明显隆起, 可以根据夯击数~夯沉曲线拐点确定收锤标准。

8) 锤重和落距组合的确定 根据不同锤重和落距

的组合研究, 在相同夯击能量下, 一定范围内重锤低落距作用于土体的冲击应力比轻锤高落距大, 但存在一个能使夯击应力达到最佳效果的组合。落距为地面至锤重心高度, 通常可近似取夯锤底面至地面的垂直距离。

9) 夯击遍数的确定 在强夯能级一定的条件下, 根据强夯加固深度、地基土的承载力来确定合理的夯击遍数, 夯击遍数少, 则要求每遍夯击能量增大, 导致超孔隙水压力增长高, 消散慢, 轴向变形的加大是以侧向挤出为代价; 夯击遍数过多, 即相当于对淤泥质饱和软粘土进行反复地揉搓扰动, 使下层软土结构性丧失, 造成夯击能量的浪费, 甚至形成橡皮土, 其强度非但得不到提高, 反而降低。具体可根据试夯的孔隙水压力大小、试夯处理效果的检验来确定合理的夯击遍数, 并且在施工过程中对孔隙水压力进行监测和控制。

10) 能级大小施加顺序 对于软土, 能级应随着夯击遍数的增加而增大, 能级自小而大, 尽量做到少击多遍, 加固由浅而深。

11) 两遍夯击时间间隔的确定 对饱和软粘土地基, 两遍夯击间隔时间一般取决于孔隙水压力消散情况, 通过强夯监测绘制孔隙水压力消散曲线来确定相邻两遍夯击的间隔时间, 饱和软粘土一般时间可取 7~12d。一定要等到孔隙水压力消散 85% 以上, 再进行下一遍强夯施工, 否则很容易形成橡皮土, 造成动力固结法处理失败。

2 施工和监测中应注意的问题

1) 真空泵应选择真空度效果好、耐用的真空泵, 真空泵的功率根据所带动降水区域面积确定, 一般情况下每台真空泵带动管数为 80~100 根。

2) 真空降水井管埋设的好坏对降水起着很大的作用, 在井管孔完成后插入带滤头的井点管, 然后填入中粗砂, 地面下 1.5~2.5m 填入粘性土并且捣实。必要时可用高压水枪沿井管四周冲洗, 填入粘性土静置 2d 后再用木棍捣实。派专人负责检查井管质量, 发现漏气、死管应及时处理。

3) 水位观测管在场地埋设时应均匀分布, 水位观测管应距真空井管一定距离, 防止二者底部联通。水位观测管应妥善保护, 施工完毕后方可拔除, 确保施工过程中能够真实反应地下水位。

4) 由于降雨使夯坑内积水, 应在天晴后尽快清理, 确保夯坑内不残留积水, 避免夯坑过长时间浸泡。

5) 施工过程中确保外围封管的连续密封性和持续抽水。

6) 根据夯机的施工能力进行拔管强夯施工, 预拔管面积应正好满足 1 台夯机的 1 天工作量, 避免过多拔管造成水位回升和因天气变化而无法施工。

7) 真空表和现场其他测量设备应定时清零和检修, 确保量测设备能够真实反映实况。

8) 孔隙水压力监测应在施工前在场地内埋设孔隙水压力计, 从未降水前开始进行量测初始值(≥ 3 次), 直至真空降水动力固结法施工完毕后一定时间, 通过孔隙水压力时程曲线确定两遍强夯施工的合理技术间歇时间, 确保超孔隙水压力消散 80% 以上方可进行下一遍强夯施工。现场应进行单点夯、群夯的孔隙水压力监测, 孔隙水压力计埋设成孔可采用钻孔、水力冲孔、引孔压入等方式埋入。强夯施工及平整场地时应妥善保护好监测设备。

3 结语

为了保证真空降水动力固结法加固软土地基取得满意加固效果, 应确保降低地下水位, 采用“先轻后重、逐级加能、少击多遍、由浅到深、逐渐加固”为特点的施工工艺, 以不破坏土体宏观结构为收锤标准, 能够有效抑制孔压上升, 加速孔压消散, 增强强夯效果。通过真空井管降水, 使地下水位降低到设计要求达到的低水位, 然后利用动力固结法的夯击能量使饱和软土上覆的浅层土形成硬壳层, 硬壳层再作为载体, 将动力固结法的夯击能量传递到深层饱和软土中, 夯锤冲击作用在地基中产生细微裂缝形成空间排水网络(或排水板), 将冲击应力激发的孔隙水排出, 从而有效地提高软土地基的承载力, 增强稳定性, 达到加固目的。通过真空井管有效降低地下水位, 确定最佳夯击能量, 最佳夯击数, 合理的夯击遍数以及相邻两遍夯击的间隔

时间, 可以避免冲击能量的浪费, 杜绝实际工程中常见的橡皮土的产生。在遍与遍间的能量施加问题上, 应采用能量由轻到重, 先使表层土固结, 随着夯击遍数及能级的增加, 逐层向深部固结, 这是与强夯法加固地基在本质上的区别。

参考文献:

- [1] GAMBIN M P. The menard dynamic consolidation method at nice airport [A] // Proceeding of 8th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (1) [C]. Helsinki, 1983: 231-239.
- [2] MENARD L and BROISE Y. Theoretical and practical aspects of dynamic consolidation [J]. Geotechnique, 1975, 25(1): 3-18.
- [3] 孟庆山, 汪稔. 饱和软粘土动力固结机理及实用工艺研究[J]. 长江科学院院报, 2004, 21(5): 32-40.
- [4] 李彰明, 冯遗兴. 软基处理中孔隙水压力变化规律与分析[J]. 岩土工程学报, 1997, 19(6): 97-102.
- [5] 丘建金, 张旷成. 动力排水固结法在软基加固工程中的应用[J]. 工程勘察, 1995, (6): 7-10.
- [6] 徐金明, 陈文财, 张剑峰. 强夯法加固软土地基的现场对比试验研究[J]. 工程勘察, 1996, (2): 19-22.
- [7] 王发国, 丘建金, 张大中. 动力排水固结法浅析[J]. 土工基础, 1997, 11(1): 21-24.
- [8] 郑颖人, 李志学, 冯遗兴, 等. 软粘土地基的强夯机理及其工艺研究[J]. 岩石力学与工程学报, 1998, 17(5): 571-579.
- [9] 刘祖德. 关于动力排水固结法及其在深圳宝安新城道路淤泥地基处理中应用的咨询意见[R]. 武汉: 武汉水利电力大学, 1995.
- [10] 周健, 姚浩, 贾敏才. 大面积软弱地基浅层处理技术研究[J]. 岩土力学, 2005, 26(1): 1685-1688.

(上接第 47 页)

4) 表面比较光滑、平整, 并且比较密实, 保证了水环境下的混凝土浇筑质量。

5 结语

潜水含水层中近河岸基坑工程是极具复杂性的基坑, 涉及到许多施工难题, 通过本工程的一系列研究, 找出了解决此类工程的土方开挖、水下接桩、利用水下不分散混凝土封底止水等问题的切实有效的施工方法, 其核心就是充分利用水下不分散混凝土的技术, 既对基底进行了加固, 又解决了基坑降排水的难题, 此种方法完全能用在不能进行正常降水、排水、抽水、截水的基坑工程的施工中。从整个应用效果看就是本工程不进行设计变更, 也能按此方案施工, 达到令人满意的效果。在应用研究中也得出以下经验: ① 基坑应用的水下不分散混凝土一定做好减水剂和絮凝剂的相容性试验, 确保其粘聚性和自流平特性; ② 外掺优质的粉煤灰有利于改善水下不分散混凝土的流动性、坍落度的经时损失和混凝土的抗软水的腐蚀能力; ③ 经多次试

验得出的以上配合比设计参数是值得推广借鉴的; ④ 泵压法施工水下不分散混凝土时, 混凝土要满管, 防止泵管反串, 水下浇筑的落差 ≤ 50 cm; ⑤ 对浇筑的不分散混凝土的流动面、扩展面及填充状态要有潜水员观察或用探测锤进行测定, 以确保浇筑层的质量。这些经验在我国尚无水下不分散混凝土规范和标准的情况下, 极具借鉴意义。

参考文献:

- [1] 中国建筑科学研究院. JGJ120-99 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [2] 中华人民共和国建设部. JGJ/T111-98 建筑与市政降水工程技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [3] 朱宏军, 程海丽, 姜得民. 特种混凝土和新型混凝土[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [4] 赵志缙, 赵帆. 高层建筑施工(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [5] 吕子义, 周锡蕙. 水下不分散混凝土拌合物工作性控制技术[J]. 上海交通大学学报, 2005, (5): 82-85.
- [6] 梁志林, 张长民, 雷敬伟. 水下不分散混凝土在三峡工程中的应用[J]. 混凝土, 2006, (12): 79-80.