

加纳 TEMA 码头地基处理技术与质量管理

云刚

(中交四航局第五工程有限公司, 福建 福州 350000)

摘要: 码头地基作为承受上部荷载的场地, 基础建设质量非常重要, 港口工程中地基位于近海岸, 通常为软弱地基, 需要进行场地处理才能满足地面的荷载作用。基于加纳 TEMA 码头项目, 对不同情况地基的处理技术进行研究, 分析强夯法和振冲法在地基处理过程中的施工技术要点和特点, 为类似工程提供借鉴经验。

关键词: 码头; 地基; 处理技术

中图分类号: TV223 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 06—0118—04

码头结构因为有运输车辆、吊机和货物等, 承受的面荷载较大, 荷载通过结构传递到地基, 地基必须有一定的承载力才能满足码头面荷载的要求, 沉箱码头作为一种比较常用的结构形式, 码头结构耐久性好, 后期维修保养方便, 承受地面的荷载能力也较强, 但是沉箱结构需要地基有一定的承载能力要求, 因此, 需要对软土地基进行处理之后, 才能发挥出沉箱码头的优势。

1 工程概况

加纳 TEMA 项目位于非洲西部, 码头是加纳最大的集装箱码头, 共设计有 12 个深水泊位, 根据码头的设计总平面图, 码头后方陆域回填共计约 126.55 公顷, 从码头后方陆域回填起点位置往陆域方向按 0.54% 的坡度进行放坡回填, 回填陆域标高从 +3.0m 至约 +7m, 加上

1m 的堆载后, 陆域回填标高从 +4.0m (CD) 至 +8m (CD)。码头项目建设过程中, 业主要求的时间节点严格, 并且要求若采用预压堆载工艺, 要求为交工一年内沉降不大于 50mm。

2 工艺选择

在施工过程中, 我们常常采用换土垫层法、深层密实法、排水固结法、化学加固法、加筋法、热学法等作为地基处理的办法。其中深层密实法处理中最常见的方法就是强夯法。基于业主的工期要求和沉降质量要求, 结合回填材料的选型, 码头后方陆域回填材料为中粗砂层, 中粗砂细颗粒含量要求小于 15%, 不同的回填厚度及强夯对周边建筑物的影响情况, 不同区域采取不同的地基处理施工工艺, 工艺的选择见表 1。

通过结构受力计算, 针对无法手算的异形结构可快速分析结构的受力状态, 保证了施工安全。

通过 BIM 软件建模后工程量计算, 有效避免了复杂结构工程量少算、漏算的情况, 避免企业亏损, 具有计算效率高, 计算结果准确的特点。

3 结语

本文系统地总结了 BIM 技术在海上风电施工中的具体应用, 利于 BIM 相关技术及相关软件的推广。BIM 技术应用的核心与基础为软件模型的建立, 即一次建模后, 在多个方面展开应用, 融入项目整个管理过程, 大大减少重复工作, 同时, 在项目的应用实施中, 也存在相应的不足, 一款软件无法实现所有功能, 需依托相应

功能的插件, 且会出现不同软件中模型导入兼容性的问题, 在后续施工中还应继续总结与归纳, 思路提升, 实现不同软件系统性的应用, 同时, 应将 BIM 技术与项目管理深度融合, 做到项目的全过程控制。

参考文献:

- [1] 杨瑞睿, 滕彦. 基于 BIM 的海上风电全生命周期建设管理平台研究 [J]. 水电与新能源, 2022, 36(04): 15-18.
- [2] 金飞, 叶晓冬, 马斐, 等. 海上风电工程全生命周期数字孪生解决方案 [J]. 水利规划与设计, 2021(10): 135-139.
- [3] 叶晓冬, 马斐. 海上风电工程三维可视化应用研究 [J]. 中国设备工程, 2021(15): 109-111.
- [4] BIM 工程技术人员专业技能培训用书编委会, BIM 应用与项目管理 [M], 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.

表1 地基处理方式及工程量

序号	地基处理方式	第一个节点需完成的面积/m ²
1	振冲	27722
2	强夯 3000KN.m	110257
3	强夯 4000KN.m	259663
4	碾压	402202 (含强夯、振冲后碾压)
5	普夯	369920

所有区域的地基处理均包含了1m的超高吹填,以此作为压载。具体的区域划分见图1。

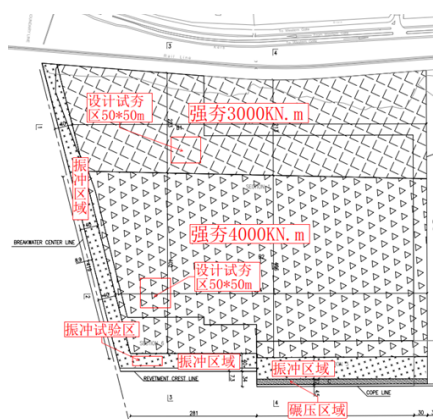


图1 地基处理区域划分平面图

本论文结合项目实际的情况,对强夯法和振冲法两种工艺在施工过程中进行研究,对其不同的施工工艺进行描述和分析。强夯法处理的是在上个世纪60年代在法国率先使用的,这种方法是将10~40吨的锤体结构从高处自由落地,对地基进行冲击和振动,提高土体的强度和压缩性能,改善土体的承载能力,并且还能提高土层的均匀程度,工艺随着时间的发展,从早期的适用于砾石地基,到现在适应各种地质,甚至于是黏土层也是可以采用的,这种工艺具有加固效果好,设备简单操作方便,施工组织简单快捷,经济效益较好的特点。而振冲法是采用一种长螺旋的振冲设备,以一定的频率进行振动,同时彭水,改变地基的结构,出现瞬时的结构破坏,然后降低抗剪强度,地基的突然颗粒,受到振动作用后进行重新排列,增加了地基土的相对密度,从而达到提高地基强度、降低沉降、防止土体液化的加固目的,振冲施工的时候都需要根据砂的颗粒组成、建筑物抗震等级、地下水位和振冲处理深度不同,进行试验和

过程控制。

3 施工技术

3.1 强夯法

整个陆域地区,项目从岸边往海边进行填筑并加厚,最终回填的区域最大的为11m。回填区域在6~7m范围内的,采用3000KN.M的点夯,然后再加上1000KN.M的普夯;回填区域在7~11m范围内的,采用4000KN.M的点夯,然后再加上1000KN.M的普夯,最终夯实的能力确定,需要通过实验进行计算,夯机能量为3000kN.m的点夯,根据设计采用梅花形布置,夯实点位的间距为4.25m,夯机能量为4000kN.m的点夯间距6M一个,单个夯实点位要进行12次夯击,分两次进行,强夯施工工艺流程图见图2。

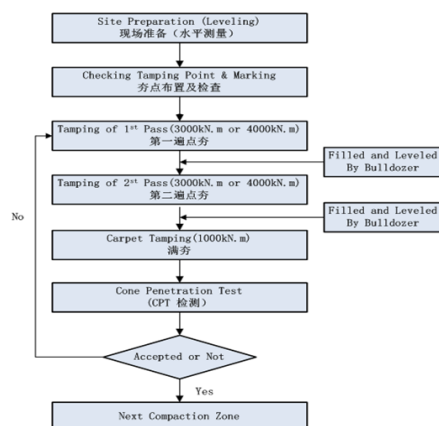


图2 强夯施工工艺流程图

3.1.1 试夯

地基强夯处理全面实施前,先选取两块(3000KN.m和4000KNm各一个)50m×50m区域作为强夯试验区,试验之后可以通过施工记录获取相关的参数,用于实际大面积的施工依据,施工过程中应该详细地记录以下数据:夯锤重量、跌落高度、单点夯击能量、夯击次数、单次夯沉量、夯点间距和夯实遍数等。

夯击时具体的提升高度计算如下:

(1) 对于夯击能为3000kN.m,使用30t夯锤需要提升的高度为10m,锤的重量为30000kg,提升高度为10m,那么锤的夯击能为:
 $E = mgh = 30000 \times 10 \times 10 = 3000000 \text{ N.m} = 3000 \text{ kN.m}$ (3000kJ)。

(2) 对于夯击能为4000kN.m,使用35t夯锤需要提升的高度为11.5m,锤的重量为35000kg,

提升高度为 11.5m, 那么锤的夯击能为:
 $E=mgh=35000 \times 10 \times 11.5=4000000\text{N}\cdot\text{m}=4000\text{kN}\cdot\text{m}$
(4000kJ)。

(3) 对于夯击能为 1000kN·m, 使用 10t 夯锤需要提升的高度为 10m, 锤的重量为 10000kg, 提升高度为 10m, 那么锤的夯击能为:
 $E=mgh=10000 \times 10 \times 10=1000000\text{N}\cdot\text{m}=1000\text{kN}\cdot\text{m}$ (1000 kJ)。

(4) 若试验后需要增加夯能, 考虑采用 20+10+10 组合形成 40t 夯锤。

3.1.2 强夯施工

项目部根据实际情况决定, 投入 1 套 30 吨的夯锤, 用于 3000KN·M 的点夯, 投入 1 套 35 吨的夯锤, 进行 4000KN·M 的点夯; 而普通的夯实区域采用 10 吨的夯锤进行施工, 夯锤锤底在接近地面的时候, 满足 25~80Kpa 的压力值, 并对称布置相应的通气孔。详细的施工步骤为:

(1) 强夯施工前, 先采用推土机对回填场地凹凸不平区域进行推平, 满足场地回填标高及强夯机行驶要求后, 方开展强夯施工。

(2) 根据永久测量基准点, 对已整平的场地进行标高测量。按照夯点布置间隔距离, 测量放出夯击点, 并做好标识。

(3) 强夯机移至指定的夯击点位置并下降及固定夯锤。

(4) 在第一次夯击前, 测量夯锤的顶部高程。

(5) 提起夯锤至设计标高, 让它自由落地, 夯锤稳定后, 测量其顶部高程, 再移除夯锤。如果夯锤砸地后, 砸出一个倾斜的深坑, 在下次锤击前需先把倾斜的深坑填平再进行锤击。

(6) 重复上述第 5 个步骤直至第一个夯点夯实完成, 夯实的次数根据试夯获得咨工认可的次数进行夯击。

(7) 将强夯机移至下一个夯点, 重复上述提到的从第 3 至第 6 个操作步骤, 直至第一遍所有夯点全部夯实完成。

(8) 当第一遍夯实完成后, 采用推土机将夯击过程中出现的坑洼区域回填, 并对推平的场地进行测量, 以获得第一遍夯实平均沉降量。

(9) 第二遍夯实过程与第一遍夯实过程及方法完全一致。

(10) 所有点夯实完成后, 采用低能量的夯击能对整个场地的表层松散回填砂层进行满夯处理。待普夯施工完成及验收合格后, 联合咨工对整个场地进行最终标高的测量及碎石面层铺设前的 CPT 试验检测工作。重复上述工序, 直到全部满足要求进入下一步工序施工。

3.2 振冲法

夯锤施工容易造成防波堤、护岸和码头后方的结构物损坏, 因此在靠近防波堤、护岸内侧边线 40m 范围及距离码头前沿 65m 范围均采用振冲进行地基处理, 断面 1 根据设计看, 振冲面积为 27722m²。本项目采用 80t 履带吊配 100kw 振冲器作为振冲设备进行地基处理。振冲碎石桩的施工原理是通过振冲工艺, 采用碎石置换一部分软土, 碎石和原地基一起形成复合地基, 并且加速地基软土的排水固结程度, 以达到提高地基承载力的目的。振冲的原理见图 3。填料的碎石粒径不大于 50mm, 填料河床卵石, 石场的碎石或者矿渣等硬质材料。



图 3 振冲施工的原理

3.2.1 振冲

施工场地整理达到设计标高后的, 做好振冲点位的标识; 合理编排振冲的施工顺序, 做好施工计划, 投入合理的设备资源, 振冲设备施工前进行验机, 保证设备的各项性能满足施工要求; 在钻孔过程中, 根据不同的地质情况进行水压的调整; 采用履带吊将振冲器插入到回填砂中, 插入前要复核点位, 根据不同的设计深度调整振冲的速度以满足质量要求; 振冲设备在施工中, 钻杆要保持垂直的状态; 先要打入到预定的设计深度, 然后才开始射水, 射水的出口位置在振冲设备的底部, 射水后使周边的土体陷落到回填的空位, 达到密实的状态。

3.2.2 密实

钻杆探头达到振底设计规定标高时, 改变钻杆喷水方向, 辅助钻杆周围引入的土回填振孔, 增加原土的相对压实度; 施工时达到设备规定的电流, 以及时间控

制点之后, 根据要求间断性的提高振冲设备, 一次只能 0.3~0.5m 的程度进行提升, 不断重复这个操作过程, 直到振冲钻杆提升到地面以上。振冲过程中根据设备的数据采集系统, 及时跟踪振动锤施工的信息, 可以了解桩基已经装填的体积量和尚需完成的喂料量。设备检测数据示意图 4。

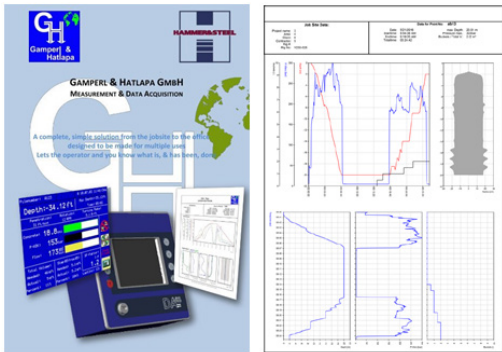


图 4 振冲设备施工数据监测

3.2.3 回填

振冲施工完成后, 振冲设备周边不可避免会出现沉降现象, 等到振冲设备的射水停止后, 利用现场的材料进行回填整平;

3.2.4 检测试验

振冲施工完成后, 根据设计要求进行 CPT 的检测, 并且进行场地表面测量, 测量的主要内容就是改良后的软土地基荷载承受能力变化, 本项目荷载试验分为单桩和复合地基 2 种, 1m 的方形钢板用于单桩荷载测试, 1.5m 的方形混凝土块用于复合地基的荷载测试; 共进行 5 组测试, 试验结果见表 2。

表 2 承载力测试试验结果

试 验 类 别	桩 长 (m)	荷 载 测 试 板 面 积	容 许 承 载 力 (千 帕)		变 形 模 量 (千 帕)	
			0.02B	0.03B	0.02B	0.03B
1 天 然 地 基		2.25	56.3	68.3	2088	1719
2 复 合 基 础	12	2.25	113	144	4738	3969
3 复 核 基 础	24	2.25	205	217	8101	5889
4 单 桩 基 础	12	1.0	147	179	6055	4691
5 单 桩 基 础	24	1.0	188	221	8091	5883

4 注意事项

(1) 计算落锤的距离, 根据计算结果调整落锤的

钢丝绳长度;

(2) 夯锤施工过程中, 跑气孔要保持畅通, 气孔堵塞的话要及时清理, 避免设备故障;

(3) 对夯沉量异常、夯锤反弹、地表隆起要加强监测, 及时分析研究解决办法, 做好过程控制;

(4) 夯锤起吊高度不小于试验确定的高度, 点夯的不同捶击指向一点。

(5) 振冲时点孔口宜安排工人用铁铲向孔内塌陷回填砂, 以提高振冲质量。振冲设备吊杆上面, 采用油漆喷设标识线, 注明标高, 控制振冲设备的施工频率, 振冲头的速度、距离等。

(6) 施工中必须保证充分的水压和水量, 控制好留振时间和电流。

5 结束语

加纳 TEMA 项目已经建成, 没有发现地基不均匀沉降, 并且地面标高变化满足业主要求的数值, 荷载测试结果显示符合设计要求, 表明选用的施工工艺切实有效可行, 场地使用情况良好, 地基处理的组合工艺在码头项目施工过程中是成功的。强夯法和振冲法在地基处理的过程中, 按照工艺流程和质量管控要点进行, 既可以保证工程建设质量, 也可以加快施工进度, 减少材料的消耗, 创造经济价值, 不同组合的地基处理施工工艺在类似项目中可以借鉴应用。

参考文献:

[1] 卜丁. 振冲碎石桩在码头软土地基处理中的应用及检测结果分析 [J]. 中国水运 (下半月), 2014, 14(01): 282-283.

[2] 张铭强, 江平, 徐小梅. 水下预制桩复合地基在重力式码头地基处理中的应用 [J]. 中国水运, 2021(04): 134-136.

[3] 鲁亚楠. 某码头堆场的二次地基处理方案分析与探讨 [J]. 中国水运, 2020(05): 77-79.

[4] 张晟. 店埠河水陆联运码头后方陆域地基处理方案 [J]. 中国水运 (下半月), 2019, 19(08): 166-167.