

马来西亚民都鲁码头重点施工质量控制分析

许安位

(桐乡市交通工程有限公司, 浙江 嘉兴 314501)

摘要: 近些年来, 伴随着我国“一带一路”的实施, 我国在“一带一路”沿线国家的荆楚建设不断投入, 尤其是港口码头的建设, 规模呈周年上升的趋势。马来西亚民都鲁高桩码头就是我国“一带一路”背景下进行建设的码头之一。码头采用灌注桩施工, 受当地地形地貌、中欧标准差异的影响, 码头在施工过程中遇到了各种困难。文中介绍并分析了了PHC桩沉桩、灌注桩新工艺、横梁大头梁部位等关键工序的施工质量控制问题。为相似工程项目建设提供借鉴和参考。

关键词: PHC桩沉桩; 高桩码头; 灌注桩

中图分类号: U655.1 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 12—0042—03

1 工程概况

1.1 工程简介

本工程位于马来西亚沙捞越州民都鲁市沙玛拉祖港。民都鲁码头及附属工程为散货码头, 共四个泊位。1#—4#泊位总长度 907.2m, 连接栈桥长 66.9m。码头平台均采用高桩梁板结构, 桩基采用 $\Phi 800\text{mm}$ 、 $\Phi 1000\text{mm}$ PHC 桩, 桩长 29m—57m 不等, 每樁排架布置 6—8 根桩。上部结构采用现浇横梁、预制纵向梁、预制面板和现浇面层的型式, 码头前沿水深为 -13.5m。码头主要工程量为 PHC 桩 858 根、灌注桩 59 根、预制构件混凝土 8500 方、现浇混凝土 40000 方、各类梁、板安装 5398 件, 工程位置示意图见图 1。



图 1 工程地理位置图

1.2 气象及水文地质情况分析

马来西亚接近赤道, 在北纬 1° — 7° 之间, 受赤道低气压带控制。全年都是夏天, 年平均气温在 23°C — 32°C 之间。一般每年的十月至翌年二月是季风期, 海浪较大, 波高可达 4.5 米, 波峰周期约 14 秒。这气候状况对预制桩沉桩及预制构件安装工作将产生较大影响。

本项目对 4 个泊位进行了 40 个孔位的地质钻孔, 经勘察报告得知, 地质土层在 -16 ~ -20m 位置有一层 N 值超过 50 的硬土层, 按设计要求, 遇到有硬土层 (N 值大于或等于 50) 超过 2m 的土层需要进行预钻孔施工,

然后再进行打桩施工。

1.3 工程技术重、难点分析

1.3.1 工程技术质量标准

根据技术规格书要求, 本工程所采用的技术规范、试验要求均采用英国规范标准结合马来西亚标准, 这要求项目部施工人员能够很好的理解和掌握本工程所采用的规范标准。

1.3.2 工程技术要求

本工程施工桩长需由施工单位自行确定, 工程所在区域地质起伏变化大, 岩面顶板标高在小范围内变化较大, 桩长计算和确定比较困难。

项目部在确定桩长时, 根据地质资料, 画出岩面顶板标高和对应码头桩位排架的断面图, 按照直线分布法确定桩长, 对于岩面较为平缓的位置, 桩长考虑 1.5—2m 超过, 对于岩面起伏变化大的位置, 桩长考虑 2—2.5m 超过。桩长根据岩面标明确后, 桩周摩擦力根据公式 $Q_u = f_s \times A_s + Q_b \times A_b$ 进行验算, 其中 f_s 和 Q_b 利用 N 值经验公式进行计算, $f_s = 3N \leq 100\text{KPa}$, 侧摩阻力安全系数取 2.0, $Q_b = 200N \leq 10000\text{KPa}$, 桩端承载力安全系数取 3.0。通过验算, 项目部确定的桩长承载力能满足设计要求。

本工程嵌岩灌注桩 136 根, 桩直径为 800mm 和 1000mm, 斜桩斜率为 5:1, 嵌岩深度 10m。国内很少有直径 800mm 和 1000mm 的嵌岩桩施工例子, 采用常规的冲孔或回旋钻机施工工艺很难保证 5:1 的斜率, 嵌岩桩施工难度较大。

2 重点施工质量控制

经过项目部综合分析, 对工程以下部分采取重点质

量控制。

2.1 PHC 沉桩施工质量控制

工程原设计桩基有四种桩型，桩径分别为 $\phi 800\text{mm}$ 、 $\phi 900\text{mm}$ 、 $\phi 1000\text{mm}$ 、 $\phi 1200\text{mm}$ ，码头每个排架内均包含四种桩型，其中斜桩斜率为4:1。按照原设计，采用打桩船进行沉桩时需要频繁更换桩锤替打、替打帽子，将会导致打桩效率低下、施工工期无法保证，同时大大增加施工措施费用和打桩施工费用；斜桩斜率过大、自由长都过长（最长的为16m），出现断桩的概率增加。

2.1.1 设计优化

中标后，项目部对原设计图纸提出优化，并获得咨询公司的同意，从技术角度出发，以期能最大程度降低施工难度，做到便于施工、加快进度而达到降低成本的目的。针对桩基部分，从原设计4种桩型（直径800mm，900mm，1000mm，1200mm）调整到2种桩型（800mm和1000mm），斜桩的斜率从原设计4:1调整为5:1，桩的总数量由875根调整到939根，增加64根直径800mm的PHC桩。通过降低桩的斜率减少桩被锤击时产生的挠度，确实有效地控制环向桩身质量；桩径统一至两种桩型，避免频繁更换替打和替打帽子。

2.1.2 打桩施工分析

桩基施工，开始阶段沉桩相对效率较低，日平均沉桩2.6根，日平均预冲孔3.1根，达不到原计划日沉桩4根的总进度计划要求，码头整体进度计划受到打桩进度的制约，项目施工成本会增加，通过实际施工情况分析，存在以下几个方面的问题。

（1）工程所在地地质条件复杂，桩基需穿透2~4m厚的硬土层（标贯100~200击），硬土层位于土层-16~-20m之间，硬土层位置较高导致稳桩后桩尖标高提高，桩在泥面上的自由长度过长，为了确保桩不被打断，必须降低液压锤锤芯跳高高度到30cm，降低液压锤打击频率到每分钟20击，导致打桩锤击时间增加，单根桩锤击时间约1~2小时。

（2）设计桩长偏长，当遇到桩顶超高时，影响后续沉桩施工，必须由打桩船配合吊除超高桩后方可继续沉桩。

（3）桩船主机离合器、电机等常出现故障，桩锤液压系统容易出现高温（部分桩锤击数过多，天气炎热

等原因）导致打桩效率大大降低，实际情况为打完桩后开始移船、吊桩、稳桩等施工花费约1.5小时。液压锤锤垫更换频繁，为了保护液压锤垫，锤垫一般每2根桩更换一次，基本每天需更换一次，更换时间约1.5~2小时。

（4）码头坡面为挖泥形成，抓斗挖泥产生高低不平导致打桩定位存在一定的困难，定位需要反反复复，平均每根桩需要10~15分钟进行定位和重新定位。

2.1.3 桩基施工优化措施

（1）对打桩船加班给予适当奖励，提高船员积极性。

（2）制桩时，改进桩尖结构形式，对桩靴进行加强，由原设计的闭口改为开口型，提高穿透性，见图2所示。

（3）提前订购打桩船液压锤所需的各种配件，确保液压锤处于正常工作状态，出现故障也有配件可换。

（4）与当地船舶、设备修理商建立合作伙伴关系，确保在打桩船、液压锤需要维修或加工配件的条件下能及时反应。

（5）桩基设计优化的效果，从工程质量、工期和经济效益等方面与原方案进行对比，取得明显效果有以下几方面。①工程质量方面：原设计斜桩斜率为4:1，斜率过大、自由长都过长（最长的为16m），出现打断桩的概率增加；优化后斜桩斜率为5:1，斜率减小，降低出现环向裂缝的概率，减少打桩出现断桩的概率；②工期方面：打桩需要频繁更换桩锤替打、替打帽子，将会导致打桩效率低下、施工工期无法保证的局面，平均每天沉桩数仅为1~2根，优化后更换桩锤替打、替打帽子频率明显降低，打桩施工效率相比原设计多种桩型将提高一倍，平均每天沉桩数可达3~4根，打桩工期缩短120~150天；③经济效益方面：桩型多，打桩效率低，大大增加施工措施费用和打桩施工费用，优化后桩基优化后，桩基采购、打桩施工等成本节约显著。

2.2 灌注桩施工工艺对比分析

本工程4#泊位105~123排架为嵌岩灌注桩，共136根，桩径为800mm~1000mm，最大嵌岩深度10米、最长桩长44米，根据设计钢护筒为永久性结构，采用S355钢材、壁厚10mm、入岩1米，桩尖增加壁厚为12mm的内侧加强圈（共22mm）。

原施工计划中，准备采用搭设钢平台、冲击钻孔的施工工艺。后与合作单位磋商，采取了他们比较熟悉的旋挖钻施工工艺，同时根据现场情况采用多功能驳移动

平台施工完成。对旋挖钻施工工艺，国内用的比较少，我们也得到了宝贵的学习机会。

本工程钻机的功效分析：①冲孔桩，每根桩的工序时间为：钻孔4天，清孔及下放钢筋笼1天，砼灌注1天，机动时间1天，施工周期为7天。每台钻机平均7天完成一根桩，本工程冲孔桩需要投入5台钻机作业，每月平均完成16根；②旋挖机，20型旋挖机一天可以嵌岩12m，本工程挖孔大致为1.5天/孔，每个月可完成20根桩。

根据地质钻孔资料的分析，本工程桩基所在的土层基本上均为粘土或粘土含砂，粘土的标高击数在14~30之间，土层在-16~-20m局部有标贯击数达到50的应夹层，该夹层也以粉细砂为主，本工程地质条件相对较好，有利于钻孔桩的成孔。嵌岩桩岩层为砂岩，岩石强度在10MPa左右，岩面顶板标高在-21m~-34m之间。合作单位PPK采用20型旋挖机进行嵌岩施工，一天左右可以成孔，嵌岩深度7m。

CK2000型钻机具有重量轻，冲击能力强的特点，广泛应用于各类嵌岩桩施工。直桩施工将采用三翼钻头外径为 $\Phi 1000$ 和 $\Phi 800\text{mm}$ ；钻头翼片夹角为 120° 左右；为减少或避免钻头对管桩内壁的损伤，钻头翼板和导向环外缘不得有硬质合金块，必要时，可焊上钢板用以保径。

总结起来，旋挖钻机工艺具有以下优点。

(1) 环保卫生。干法施工时，不会对周边环境造成污染。即便采用静态泥浆成孔时，相对于冲击钻机和回旋钻机的污染仍然要小得多。

(2) 成孔速度快。在一般地层，旋挖钻机的成孔速度是普通钻机的4~6倍。在桩长适宜的条件下，也是旋挖钻机优势最明显的地方。

(3) 适应能力强。旋挖钻机可配备不同钻头，常见的旋挖钻头有螺旋钻头、旋挖斗，另外还有针对不同质地情况的筒式取芯钻头、扩底钻头、冲击钻头、冲抓锥钻头、可用于砂层、土层、岩层等不同地层的钻孔。

(4) 高度自动化，操作工人劳动强度小，工作环境相对舒适。

2.3 上部结构施工质量控制

(1) 针对码头下横梁原设计进行了设计优化，减少一个横梁大头断面，降低了横梁施工复杂度，整体码

头施工进度有一定程度的加快。

(2) 本工程钢筋数量和种类繁多，钢筋连接型式为绑扎搭接，受拉区钢筋搭接接头为49倍直径，受压区钢筋搭接接头为40倍直径。如果采用普通的9m和12m通用尺寸钢筋，在进行配料后，会出现大量边角料，由于钢筋搭接长都过长，边角料根本不能进行搭接，会导致材料损耗较大。故本工程钢筋采用定尺寸钢筋，即根据设计图纸，统计汇总出各种规格的钢筋配料长度，由单根或者多根长度相加，计算出各种钢筋规格合适的定尺长度，按定尺长度进行采购，采购成本虽然增加，但杜绝短料钢筋的存在，合理规避钢筋边角料造成的浪费，具有明显的经济效益，同时减少钢筋切割环节，加快钢筋配料速度。

(3) 该码头与国内同类型水工码头相比，码头前沿设置了超过2m的廊道。所以大头梁部分底部标高低了，加大了施工难度。尽管已经从设计优化的角度减少一个横梁大头断面，降低了横梁施工复杂度，但仍然需要趁低潮水施工，分层浇筑完成。为了该码头的长期稳定安全运行，项目部特别重视工程质量，在接近完工尾声，抽专门人员克服潮水困难到底部进行修补处理，确保海水不能腐蚀到内部钢筋影响整个码头质量。

3 结语

通过对民都鲁码头施工中的技术管理和质量控制，工程得以顺利完工。施工中遇到了PHC桩沉桩困难、不熟悉的灌注旋挖钻工艺、横梁大头梁部位施工繁琐等问题，合理的施工方案是工程成功的基础，施工方案的优劣直接关系到工程的质量、进度和成本控制。通过质量控制及优化措施，重点部位的质量得到控制，成本也得到了优化。可为后续类似工程提供借鉴。

参考文献：

[1] 车永红. 某高桩码头治理质量通病的经验与教训[J]. 中国水运, 2015(7).

[2] 赵国栋. 浅析水运工程施工混凝土质量通病的防治措施[J]. 中国水运(理论版), 2007.