

高桩码头灌注型嵌岩桩旋挖钻施工技术研究

黄贤斌

(91112 部队, 浙江 宁波 315000)

摘要: 结合浙江某码头工程, 通过有限元分析设计钻孔平台, 采用旋挖钻施工灌注型嵌岩桩, 总结项目施工过程中相关经验, 推进高桩码头工程灌注型嵌岩桩旋挖钻施工技术的发展。

关键词: 高桩码头; 灌注型嵌岩桩; 旋挖钻; 钻孔平台

中图分类号: U656

文献标识码: A

文章编号: 1006-7973 (2023) 01-0069-03

高桩码头灌注型嵌岩桩, 属于隐蔽结构, 就其施工而言, 由于具有施工辅助设备较多、工艺相对复杂等特点, 易受地形地貌、水流、风浪等自然条件的影响, 同时还必须在短时间内进行水下混凝土的灌注, 施工难度较大。

依托浙江某码头工程, 采用旋挖钻施工灌注型嵌岩桩, 大幅提高施工工效, 以护筒做护壁不使用泥浆, 有效保护海洋环境, 并根据相关规范^[1]形成了一套灌注型嵌岩桩旋挖钻施工方法。

一、工程概况

码头结构采用高桩梁板式, 桩基采用 $\phi 2200$ 灌注型嵌岩桩基础。采用 $\phi 2400$ 钢护筒, 材质 Q345B, 施工后作为永久结构保留, 壁厚采用 20mm, 桩端进入中风化凝灰岩面 4.5m。

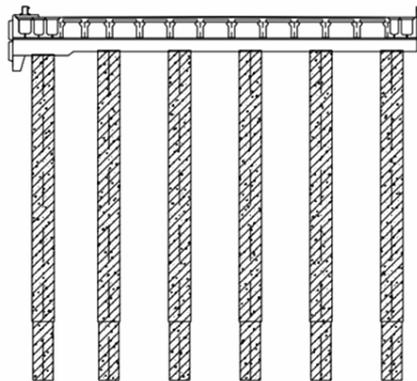


图 1 码头断面结构图

二、工程地质

本工程场地主要位于潮间带及滨海带, 北侧岸线堤坝较稳定, 无不良地质影响。场地土层为海相沉积, 根据本场地中风化凝灰岩单轴抗压强度试验结果, 岩石饱和单轴抗压强度标准值为 27.57MPa。

三、施工难点分析

灌注型嵌岩桩桩基覆盖层较浅, 入岩深度较深 (入中风化岩面不小于 4.5m), 桩基施工技术难度较大; 工程局部水流复杂, 船舶定位及施工风险大, 且海上施工受风、浪、

雾等自然条件的影响较大, 有效工作时间短、工期压力较大, 是灌注型嵌岩桩施工的难点^[2]。

四、设备选型

综合考虑工期及成本选定 SR405R 旋挖钻机进行施工。SR405R 旋挖钻机可依靠履带式底盘自身移动, 无须吊装设备配合。机动性能大, 独立作业性高, 无需制备泥浆, 动力头扭矩大, 钻速稳定, 使成孔质量得到保证。

表 1 SR405R 钻机设备参数

部位	技术参数名称	单位	参数值
钻机	最大钻孔直径	mm	$\Phi 2800$
	最大钻孔深度	m	112
	整机高度	mm	29,360
主机	工作重量	t	143
	运输宽度	mm	3,600
	运输高度	mm	3,840
发动机	型号		ISUZU6WG1X
	额定功率 / 转速	kW	377/1800
动力头	最大扭矩	kN.m	405
	转速	rpm	4-25
加压 (油缸)	最大加压力	kN	360
	最大提升力	kN	380
主卷扬	行程	mm	6,000
	提升力	kN	420
副卷扬	最大速度	m/min	68
	提升力	kN	90
	最大速度	m/min	70



图 2 SR405R 旋挖钻示意图

收稿日期: 2022-08-22

作者简介: 黄贤斌, 91112 部队。

五、钻孔平台设计

钻孔平台根据所处气象条件、水文条件、地质条件与钻孔设备配置进行平台设计。钻孔平台结构体系自上而下的顺序为 8mm 花纹钢面板, I12.6@300mm 纵向分配梁, I25a@750mm 横向分配梁、321 型贝雷梁、HM588×300 主横梁、2HM588×300 牛腿、Φ2400×20mm 钢护筒。

1. 工况分析

钻孔平台计算考虑以下工况:

工况一: 结构自重+施工及人群荷载+车辆荷载+冲击荷载+波浪力;

工况二: 结构自重+风荷载。

2. 结构计算

(1) 计算模型及边界条件

使用 MIDAS 分析软件对钻孔平台结构建立整体模型, 各构件均采用梁单元并加以计算。钻孔平台计算模型如图 3 所示。

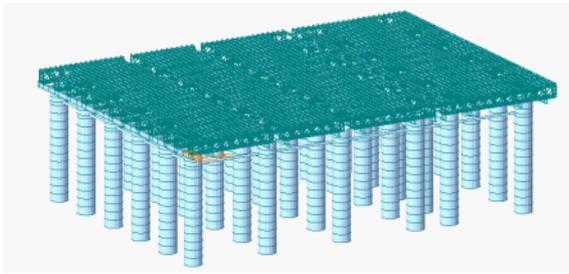


图 3 钢护筒钻孔平台计算模型

(2) 强度及刚度计算结果

不同工况下各构件的强度计算结果如表 2 所示。

表 2 构件强度计算结果

名称	计算内容	工况一	工况二
钢护筒	最大组合应力 (MPa)	20.0	9.25
	最大轴应力 (MPa)	8.14	2.4
	最大桩反力 (kN)	1096.3	307.1
主横梁	最大组合应力 (MPa)	188.0	28.0
	最大剪应力 (MPa)	60.0	8.8
贝雷梁	最大组合应力 (MPa)	228.0	41.9
	最大剪应力 (MPa)	23.0	3.0
平联	最大组合应力 (MPa)	22.9	11.0
	最大剪应力 (MPa)	1.5	1.0

不同工况下各构件的刚度计算结果如表 3 所示。

表 3 刚度计算结果

位移	工况一	工况二	备注
钢护筒水平方向 (mm)	3.0	1.7	标准值
主横梁竖向 (mm)	8.0	1.0	标准值
贝雷梁竖向 (mm)	12	2.7	标准值
平联竖向 (mm)	1.0	0.8	标准值

(3) 计算结果分析

根据相关规范^[3]构件允许应力值如表 4 所示。

表 4 构件允许应力值

名称	应力类型	允许应力值
钢护筒	组合应力 (MPa)	215
	轴应力 (MPa)	125
主横梁	组合应力 (MPa)	215
	剪应力 (MPa)	125
贝雷梁	组合应力 (MPa)	273
	剪应力 (MPa)	208
平联	组合应力 (MPa)	215
	剪应力 (MPa)	125

构件计算结果经对比分析满足要求。

(4) 支撑牛腿验算

为验算牛腿局部受力情况, 建立 MIDAS 有限元模型进行验算, 牛腿计算模型如图所示。

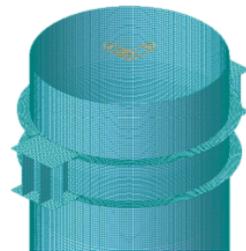


图 4 钢护筒牛腿计算模型

通过有限元模拟计算, 钢护筒局部最大应力为 163.5MPa < 215MPa, 牛腿局部最大应力为 186MPa < 215MPa, 满足要求。

六、施工工艺流程及主要施工方法

1. 施工工艺流程

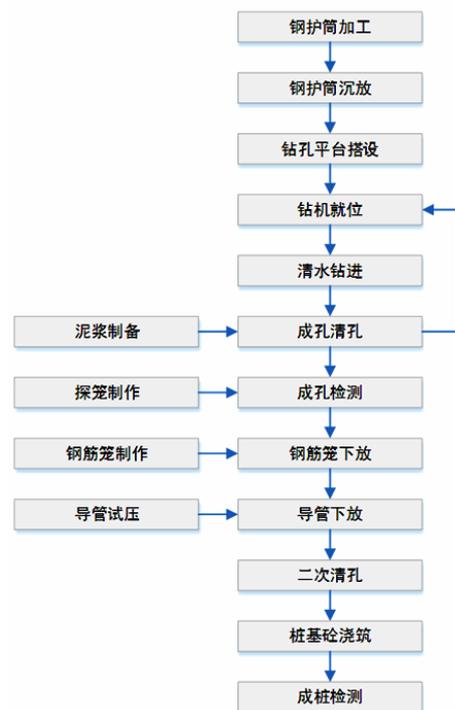


图 5 灌注型嵌岩桩施工工艺流程图

2. 钢护筒沉放

钢护筒在专业厂家进行自动化加工制造和防腐涂装，制造完毕后，再利用港口上的起吊及运输设备采用四吊点方式吊运上船，然后经由运桩驳方式进行运送。钢护筒沉放采用打桩船（配 D138 柴油打桩锤），打桩船在抛锚艇的协助下进行抛锚定位后，对钢护筒整桩施打。

3. 钻孔施工

钻机就位时，在钢护筒上拉上十字线，调整钻杆垂直度后，同时确保钻头位于中心点。由于本工程护筒埋入岩面，因此不会出现塌孔现象，只需在施工时加入清水，保持内外压相对稳定，不让护筒受压变形即可。

在成孔施工中随时了解岩层对旋挖钻机的影响状况，严格根据该岩层情况下的钻孔参数进行实施。在钻进过程中要经常检查钻斗尺寸，以防过大磨损。如果发现地质情况与原钻探资料不相符及时调整钻进参数。合理控制钻斗的转速和升降速度，当钻进到设计高程，经检验同意后终止钻进。最后用钻斗进行掏渣清孔，沉渣厚度不得大于 5cm。

4. 钢筋笼施工

钢筋笼采用滚焊机在后场的钢材加工场生产，箍筋与主筋交叉点采用 CO₂ 保护焊 100% 焊接，声测管在钢筋笼加工时同时安装^[4]。由龙门吊装上平板车，平板车运输至材料周转平台，周转平台上履带吊吊至运输船，运输船运输到平台指定位置。为保证钢笼能顺利下放到位，在钢筋笼骨架外设置了保护层垫块，加设保护层支撑钢筋。钢筋笼在孔口利用起吊设备吊起转换成竖直状态，然后缓慢下放。钢筋笼节间通过套筒机械连接，分节安装下放钢筋笼后，用 4 根吊筋将桩基结构钢筋笼接长至护筒口，并固定在护筒口钢筋笼下放平台上，固定后应确保钢筋骨架与孔中心线基本吻合，不会发生倾斜和移动。

5. 水下混凝土施工

灌注型嵌岩桩采用 C40 水下混凝土，混凝土采用导管法浇筑，正常浇筑过程中混凝土浇注能力超过 50m³/h。桩基

混凝土浇筑前检测孔底沉渣厚度，若沉渣厚度大于 5cm，则需要二次清孔，二次清孔采用气举反循环工艺。

桩底混凝土封底采用拔塞法，首批混凝土用量与桩长有关，根据 $V \geq \pi D^2 (H + h + 0.5t) / 4 + \pi d^2 (0.5L - H - h) / 4$ 计算。灌注型嵌岩桩最长桩长为 46m，计算得首封混凝土量为 8m³。封底成功后，随即转入正常灌注阶段，混凝土塌落度在 200±20mm。当混凝土灌注临近结束时，核对混凝土的灌入数量，并采用测绳测量，以确定所测混凝土的高度是否准确，当确定混凝土的顶面标高到位后，停止灌注，及时拆除灌注导管。灌注完成时，混凝土面应高于设计桩顶标高 1.0m，以保证桩头混凝土质量。

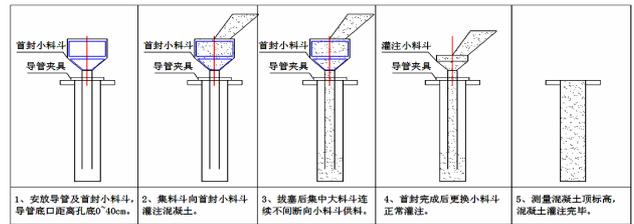


图 6 水下混凝土灌注施工示意图

七、结束语

高桩码头灌注型嵌岩桩采用旋挖钻施工与传统工艺相比，经济效益明显，大大节约了工期，提高了桩基施工质量。同时也为今后类似工程建设提供相关经验及参考。

参考文献

[1] 中交第三航务工程勘察设计有限公司. 港口工程桩基规范 JTS167-4-2012[S]. 北京：人民交通出版社，2012.

[2] 雒焕斌，赵江倩. 浅覆盖层水域高桩码头灌注型嵌岩桩施工技术研究[J]. 江西水利科技，2019，45（6）：415-419.

[3] 中冶京诚工程技术有限公司. 钢结构设计标准 GB50017-2017[S]. 北京：中国建筑工业出版社，2017.

[4] 薛磊，何珺怡，骆锦成等. 水上旋挖机成孔钢管嵌岩斜桩施工技术[J]. 中国港湾建设，2022，42（7）：54-57，75.

(上接第 63 页)

表 8 平均进、出水水质

项目	钙硬度 /(mg/L)	碱度 /(mg/L)	浊度 /NTU	COD _{Mn} /(mg/L)	氯化物 /(mg/L)
进水	250	100	60	25	150
出水	240	85	0.5	3	140
指标	≤ 450	≤ 100	≤ 1	≤ 5	≤ 250

该项目运行能耗指标：电耗 0.31 元/m³水，PAC0.18 元/m³水，PAM 0.04 元/m³水，总运行费用（包含人工费等其他费用）为 0.922 元/m³水。

五、结语

本工艺首先通过小试实验，得出臭氧+混凝沉淀为主的处理工艺对于该河水水源处理效果更优，不仅减少了投药量，还降低了运行费用。工程建成投入运行后，出水水质能够满

足设计要求，验证了该工艺的可行性。加强了对河水的循环重复利用，同时也优化了当地水资源结构，有利于改善该地区的投资环境。

参考文献

[1] 金亚颀. 《工业循环冷却水处理设计规范》(GB 50050—2007) 分析与探讨[J]. 给水排水，2011，47（10）：

[2] 邱真真，杨林，李德良等. 臭氧技术在轨道交通车站中央空调循环冷却水处理中的应用[J]. 净水技术，2011，30（1）：53-57.

[3] 常华，赵宇，于益群等. 滦河水混凝特性的试验研究[J]. 绿色科技，2015，（4）：228-230+232.

[4] GB/T 32107-2015, 臭氧处理循环冷却水技术规范[S].

[5] 郭一平. 循环冷却水处理技术工程应用研究[J]. 化学工程，2014，42（12）：74-78.