

浅层基岩地质条件下直立式码头桩基设计研究

徐玮

(苏交科集团股份有限公司, 南京 江苏 570203)

摘要: 鉴于浅层基岩和大水位差地区的港口结构选择问题, 文中以武汉新港阳逻三工区一段作为案例, 结合实际施工条件, 进行了结构选择的初步探讨; 在此基础上, 结合原有的设计方案, 进行了桩基础的设计优化; 经实测, 桩基础的自重试验表明, 该桩的垂直抗压承载力达到设计指标, 取得了较好的结果。

关键词: 码头基础; 大水位差; 试桩分析; 竖向抗压承载力

中图分类号: U652 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0109—03

随着我国港口建设的迅速发展, 所处的工程地质情况也日益复杂, 因此, 在工程设计中, 应针对不同的工程特点, 合理地选取和优选适合于工程特点的码头地基, 以达到安全、合理和经济的目。本文以武汉新港阳逻港三码头一期项目为例, 对结构选型和布置优化进行了细致的探讨, 并利用桩基础的平衡检验验证了其承载量。

1 工程概况

该项目是武汉阳逻经济技术开发区长江阳逻水道的左岸, 距离武汉关 29.5 公里, 长江阳逻大桥 1.9 公里, 距离吴淞口下游 1013.5 公里。其地理位置是: 东经 114 度 32 度 59 英寸, 而北纬 30 度 39 度 28 英寸。工程高水位为 26.00 米 (50 年代); 设计的低潮面 8.95 米 (安全系数 98%); 工程高程为 27.20 米, 高程 11.0 米。

经对该项目的集装箱运输能力进行了预测和分析, 2020 年和 2030 年集装箱运输能力将达到 1620,000 TEU 和 3580,000 TEU。根据项目的地形特点, 设计了 8 个货柜码头, 总长度 563 米。该项目是一艘 5000 吨的江海船, 其规格为 122.8*18.8*8.6*4.2^[3]。

2 结构选型比较

按照作者的工作经历, [4~6] 认为, 在浅层地基上建造的港口主要有两种: 高桩型和重力型。为此, 文章对两种方法的优点和不足进行了讨论, 并对其进行了较为合理的选择。

(1) 由于该项目为浅层岩石地基, 其开挖深度较低, 承载力大, 采用高桩型和重力型码头是技术上的可行性。

(2) 该项目为一个水位差的典型区域, 设计最高水位差为 17.05 米。高桩码头在总体布局、船型设计、装卸工艺等方面均优于重力式。

(3) 该港口的面积很大, 如果使用重力型 (例如方形码头), 由于积木的数量过多, 整体会降低, 而且每一方的吊重都会增大, 对船舶的设备的需求也会很高; 所以, 重力式构造是不可取的。

(4) 结合上述因素, 提出了采用高桩支护形式的方案。由于该码头施工场地是基础地质条件, 故采取了

嵌岩桩法。

3 桩基结构优化

3.1 原结构设计方案

码头的平面规模是 563*30 米 (长 * 宽)。排架间隔 8 米, 共计 71 米, 排架地基为 $\phi 1800$ 灌注式嵌岩桩柱, 在两排中各安装 5 个直桩 (两个直桩间间隔 2.5 米), 两端各有一支斜桩支, 并在桩身与桩端安装直径为 $\phi 1200$ 的钢横支撑。为了提高码头的侧向刚性, 提高码头的侧向刚性。

3.2 方案缺点分析

本文结合实际项目的施工背景, 结合以前的设计实践, 提出了一种新的解决方法。

(1) 桩基础距离稍短, 因而基础数目稍多, 增加了项目的建设投入;

(2) 经计算和有关的分析, 无需设斜桩基。另外两个斜桩会加大施工的工作量, 提高施工的效益, 加大项目的建设投入;

3.3 桩基优化

根据该方案的不足, 提出了两种最优方法:

(1) 为了减少桩的数目和节省建设资金, 提出了一种基于蚂蚁算法的改进方法, 即在保证结构的基础上增加了桩的间隔。经过最优的计算和分析, 确定了最适宜的间隔是 3.3 米, 从而使排架的间隔增加到 10 米。

(2) 在桩基础施工中, 对斜桩的施工要求高, 施工难度大。通过对工程实例的分析, 证明了在去掉原有设计中两个倾斜桩基后, 该工程的受力仍然符合设计的要求。所以, 把所有的倾斜桩位都去掉。

3.4 后结构设计的最佳化

经作者进行了优化, 结合实际情况, 提出了一种新的桥墩基础结构方案, 即: 桥墩间距为 10 m, 共计 57 m, 桥墩基础为 $\phi 1800$ 灌注式嵌岩桩, 并在桩身与桩身间安装了 $\phi 1200$ 钢筋支撑。为了提高码头的侧向刚性, 提高码头的侧向刚性。平台的上部构造由横梁、前边梁和轨道梁组成; 纵梁、钢系缆平台、叠合面板、钢支承部件等。在甲板和下锚索甲板之前, 安装 550 kN

的锚杆，并在每个锚杆上安装 DA-A500H 低反力橡胶护舷，DA-A300H 橡胶护舷。

4 桩基自平衡检测

在完成一年的基础上，利用桩基的自重测试，对桩端阻力、桩端阻力标准值、桩周土的极限水平阻力进行了检验。该测量装置由 2×14000 kN 的载荷盒、60 MPa 的油磅、静态电阻应变仪和电子位移仪；钢筋测试仪和测频器等。

4.1 静载荷测试的检验与检验

(1) 试验按照 JT/J738-2009 《基桩静载试验自平衡法》进行，以检测桩为基础，以高速保持荷载为主。而从成桩到测试间隔的间隔期：在满足设计要求后，不能少于 15 个工作日。

(2) 载荷等级：估计载荷分为 10 个阶段，一级载荷分为两个阶段，第二阶段分为 5 个阶段。

(3) 位移观察：在每次荷载作用后的第一小时，分别在 5、15 和 30 天进行；每隔 45、60 分钟测量一次。电子位移传感器与计算机相连，通过计算机直接进行数据的收集和存储。

(4) 不变的准则：在前 30 分钟，如果不超过 0.1 毫米，则可以视为稳定。

(5) 结束装载状态：①整体位移。当整体位移超过 40 毫米时，在上一阶段的荷载作用下，其沉降超过或超过上一阶段的 5 个时，荷载就会结束。以该端部较低的载荷为最终载荷。②当整体位移超过 40 毫米时，在此阶段外加 24 h 以上的荷载没有达到高温状态，则负载结束。以该端部较低的载荷为最终载荷。③装载至测试请求装载的数值为终止状态。

(6) 加载、卸载分级

加载步骤 0→2300→3450→4600→5750→6900→8050→9200→10350→11500

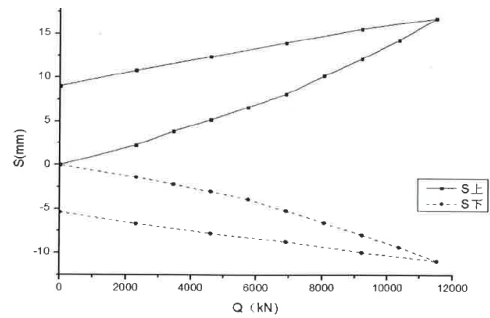
卸载步骤：11500→9200→6900→4600→2300→0

以 3 号桩为代表，将其静载试验位移结果汇总于表 1，将其 Q-S 曲线及 S-lgt 曲线绘于图 1。

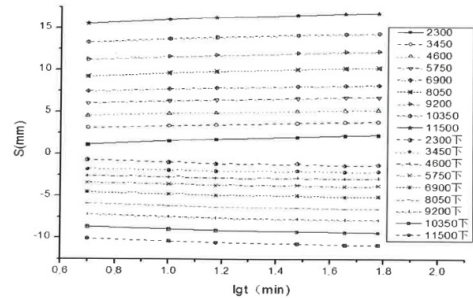
表 1 单桩竖向抗压静载试验位移结果

序号	加载值	加载历时 (min)		向上位移 (mm)		向下位移 (mm)	
		本级	累计	本级	累计	本级	累计
1	0	0	0	0	0	0	0
2	2300	60	60	2.26	2.26	-1.39	-1.39
3	3450	60	120	1.58	3.84	-0.79	-2.18
4	4600	60	180	1.38	5.22	-0.79	-2.97
5	5750	60	240	1.43	6.66	-0.89	-3.87
6	6900	60	300	1.43	8.09	-1.29	-5.16
7	8050	60	360	2.08	10.17	-1.39	-6.55
8	9200	60	420	1.98	12.15	-1.39	-7.94
9	10350	60	480	2.14	14.29	-1.39	-9.34
10	11500	60	540	2.52	16.81	-1.59	-10.93
11	9200	60	600	-1.25	15.56	0.98	-9.95
12	6900	60	660	-1.59	13.97	1.24	-8.71
13	4600	60	720	-1.57	12.40	0.94	-7.77
14	2300	60	780	-1.62	10.78	10.8	-6.69
15	0	120	1000	-1.76	9.02	1.31	-5.38

根据试验结果可知，在加载到试验最大荷载后，最大累计向上位移为 16.81mm，最大累计向下位移为 -10.93mm，桩身位移未出现陡变。



(1) Q-S 曲线



(2) S-lgt 曲线

图 1 相关曲线绘制

4.2 轴力及摩阻力计算

可先根据桩身预埋的应变计读数得到应变值。由于在同级荷载作用下，试桩内混凝土所产生的应变值等于钢筋所产生的应变值，相应桩截面微单元内的应变值即为钢筋的应变值。因此可根据《港口与海岸水工建筑物》公式 5.1~5.14 来计算。

根据 3 号桩实测轴力数据，以及文献 [9~10] 中等效桩顶荷载 - 位移曲线计算流程，可计算得出等效桩顶荷载为 18348.70kN，等效桩顶位移为 10.92mm。

4.3 检测结果分析

根据试验结果，以 3 号桩为代表，将桩基检测试验结果列于表 3。试验结果显示，试桩在加载到最大试验荷载下时，桩身未出现陡变，且竖向抗压极限承载力满足规范要求。

表 2 试桩分析结果

项目	规范要求值	实测值	是否满足规范要求
荷载箱上部桩极限承载力 (KN)	≥9655	11500	满足
荷载箱下部桩极限承载力 (KN)	≥9655	11500	满足
单桩竖向抗压极限承载力 (KN)	≥11890	23833	满足

转体施工钢箱梁独塔斜拉桥结构体系探讨

应海峰¹, 韦跃²

(1. 苏文科集团股份有限公司, 江苏 南京 210000; 2. 江苏交通设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223001)

摘要: 随着国家公路网的不断建设, 跨越既有高速公路的桥梁工程建设是不可避免的。转体桥对既有高速运营干扰少, 其应用越来越广泛; 而独塔斜拉桥具有造型美观, 跨越能力强, 跨径布置灵活的特点。因此采用转体施工的独塔斜拉桥具有很高的研究价值。拟建政和大道西延线以 33.3° 交角跨越沪宁高速, 桥梁结构为 (175+175)m 独塔中央索面钢箱梁斜拉桥, 采用转体施工方法。笔者采用有限元分析程序对该桥梁结构进行了详细分析, 从桥梁结构体系确定、辅助墩设置与否、转体施工的关键技术等方面进行了深入的探讨和研究, 为类似工程提供了借鉴和参考。

关键词: 转体施工; 独塔斜拉桥; 结构体系

中图分类号: U448.27 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 01—0111—03

随着我国高速公路网的不断建设, 跨越既有高速公路的桥梁工程建设不可避免。为了尽可能减小施工对既有高速公路运营安全的影响, 保障施工安全, 最大限度地缩短跨线作业时间, 转体施工被广泛采用。

独塔斜拉桥不仅有斜拉桥所具有的跨越能力大、结构简洁明快、塔柱高耸挺拔、造型轻巧美观、型式多样化等特点。除此以外, 独塔斜拉桥主梁长度比双塔短, 无索区较长, 一般造价略低; 而且整体刚度较大, 抗风抗震动力性能均比双塔斜拉桥要好。在桥梁设计总体布置中, 由于独塔斜拉桥仅有一座塔墩, 其桥墩选择在地质条件好的一侧; 或者根据河流主航道位置、桥下交通

道路要求以及地形地貌的特征情况来进行确定^[1]。

转体施工的独塔斜拉桥结合了上述特点, 在实际工程中已越来越多得到应用。

1 工程概况

拟建政和大道西延跨越沪宁高速, 路线线位与沪宁高速斜交角度为 33.3°。根据规划要求, 沪宁高速后期有拓宽改造为双向十车道的需求。本次上跨沪宁高速处桥梁设计为 (175+175)m 独塔中央索面钢箱梁斜拉桥, 采用转体法施工, 转体部分跨径为 (166+166)m。在大桩号侧设置辅助墩, 辅助墩与主塔间距 88.3m。

5 结论

文章以武汉新港阳逻港第三码头一期项目为例, 对结构选型、结构方案优化设计及桩基自平衡试验进行了深入的探讨, 得出以下几点:

(1) 结合实际施工情况, 结合同类码头的设计实践, 提出了高桩嵌岩桩施工方案。

(2) 通过对原有的结构设计方案的研究, 得出了桩基础距离偏短、无需设斜桩的结论。为此, 利用蚂蚁算法进行了求解, 并在满足系统的设计需求的基础上进行了验证; 从 2.5 米到 3.3 米的桩距, 去掉了倾斜桩的设计。

(3) 在完成一年的码头项目运行后, 对桩基础进行自重试验。对试桩进行了测试, 发现在荷载作用下, 桩体没有发生急剧的变化, 其垂直荷载的极限承载力符合设计的规定。因此, 在桩基础上进行了优化的设计。

参考文献:

- [1] CCCC Third Harbor consultants Co., Ltd. Topographic survey for the material wharf of the initial stage in Tongzhou Bay port area, NanTong[R].Shanghai:CCCC Third Harbor consultants Co.Ltd.2014.
- [2] JTS 167_4—2012 港口工程桩基规范 [S].
- [3] 阳逻三期水工码头桩基自平衡检测 [R]. 武汉: 武汉港湾工程质量检测有限公司, 2013.
- [4] JTJ 213—98, 海港水文规范 [S].
- [5] JTS 144-1-2010 港口工程荷载规范 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- [6] JTS 151-2011 水运工程混凝土结构设计规范 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [7] 王元战. 港口与海岸水工建筑物 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2013: 174-175.
- [8] 刘军, 张宁宁, 陈元俊. 潮位对桩基础承载性能影响的模型试验 [J]. 盐城工学院学报: 自然科学版, 2012.25 (3): 16-20.