

# 钢抱箍支撑系统在长江高桩码头现浇混凝土梁板结构施工中的应用

杨中委, 刘英, 徐焱钊

(中国水利水电第七工程局有限公司, 四川成都 610213)

**摘要:**钢抱箍支撑体系因其具有加工简单、施工方便等特点,近年来被广泛应用于不宜采用支架法或地基承载力差的环境下的桥梁盖梁支撑体系。鉴于宏波码头上部现浇混凝土梁板结构处于长江高水位施工,其周边环境复杂、工期十分紧张,导致原混凝土基础和满堂支架法不具备施工条件。通过方案比选后最终选用了钢抱箍和型钢支撑体系,满足了现浇混凝土梁板结构耗时短、施工方便的要求<sup>[1]</sup>。所取得的经验可为今后在高水位或基础承载力差等受限空间时的工程建设参考。

**关键词:**宏波码头;钢抱箍支撑系统;高桩码头;现浇混凝土梁板

中图分类号: TU73; TU74; TU75; TU72

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2023)05-0053-04

## Application of Steel Hoop Support System in the Construction of the Cast-in-place Concrete Beam Slab Structure of the Yangtze River Pile Wharf

YANG Zhongwei, LIU Ying, XU Qiuzhao

(Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610213)

**Abstract:** Steel hoop support system has the characteristics of simple processing, convenient construction. It has been widely used in recent years in bridge cap beam support systems in environments where the bracket method is not suitable or the foundation bearing capacity is poor. In view of the fact that the cast-in-place concrete beam-slab structure of the upper part of Hongbo Wharf is under construction at high water level of the Yangtze river, its surrounding environment is complex and the construction period is very tight, resulting that the original concrete foundation and the full support method are no longer suitable for the construction. After comparing the solutions, the steel hoop and support system are finally selected, which can meet the requirements of short time consumption and convenient construction of the cast-in-place concrete beam-slab structure<sup>[1]</sup>. The experience gained can provide a reference for future engineering construction in restricted spaces such as the high water level or poor bearing capacity of foundation.

**Key words:** Hongbo Wharf; Steel hoop support system; High piled wharf; Cast-in-place beam slab

### 1 概述

南京江北新区长江岸线湿地保护与环境提升一期工程紧邻长江,主要包括三个部分:长江岸线安全修复工程、环境生态保护工程和环境生态提升工程。其中宏波码头平台位于 K0+600~K0+850 路堤靠长江一侧。

宏波码头新增的平台分为 3 块:1 号、3 号平台设置种植池,相对于常规区域局部下沉 0.6 m;2 号平台设置种植池及水池,相对于常规区域局部下沉 1 m。形成整体后的宏波码头平台顺水流向的长度约为 120 m,垂直水流的长度为 92 m。

1 号、3 号平台上部采用混凝土梁板结构。

对于常规区域,其纵、分配梁断面尺寸均采用 50 cm×50 cm(宽×高),纵梁标准跨径为 8 m,分配梁标准跨径为 6 m,面板厚 25 cm。下沉 0.6 m 的种植池区域纵、分配梁标准断面尺寸采用 50 cm×60 cm(宽×高),位于平台内部的边纵、分配梁并兼作侧墙,断面尺寸采用 50 cm×120 cm(宽×高),纵梁标准跨径为 8 m,分配梁标准跨径为 6 m,面板厚度为 30 cm。

2 号平台的上部结构采用混凝土梁板结构,常规区域纵、分配梁的断面尺寸均采用 50 cm×50 cm(宽×高)。对于下沉 1 m 的种植池/水池区域,其纵、分配梁标准断面尺寸采用 60 cm×80 cm(宽×高),位于平台内部的边纵、分配梁兼作

侧墙,断面尺寸采用 $60\text{ cm}\times 180\text{ cm}$ (宽 $\times$ 高),纵梁标准跨径为 $8\text{ m}$ ,分配梁标准跨径为 $6\text{ m}$ ,面板厚 $30\text{ cm}$ 。

## 2 支撑体系方案的选择

宏波码头平台位于长江下游南京段非常重要的水路通道上,属于二级水源保护地,对于环保的要求较高。根据进度要求,该平台规划在该年9~10月完成整体浇筑。施工期间正处于长江汛期向枯水期过渡阶段,需持续在高水位施工条件下进行,陡涨陡落现象常见,水位变化复杂。

因此,该项目支撑体系选择的重点在于,对高水位条件下其上部现浇混凝土梁板结构部分支撑体系的选择,且其还涉及到解决施工中遇到的环保及技术难题。根据码头位置出露的地质情况,其多为退汛后堆积的淤泥质软土基础,承载力差。而采用传统的浅层换填基础具有换填难度大、投入大且难以保证上部结构稳定的问题。项目部根据实际情况,最终决定选用无支撑条件下由钢抱箍+工字钢承重纵梁+工字钢分配梁+满堂脚手架组成的支撑体系<sup>[2]</sup>,以期形成一整套能适应复杂施工环境要求的钢抱箍施工体系和工艺的关键施工技术,在确保工程进度的前提下保证人员安全,降低工程成本。

## 3 钢抱箍支撑系统的施工

### 3.1 工艺流程

施工准备→确定钢抱箍位置→安装定位装置→安装抱箍→安装纵向承重纵梁→安装横向分配梁→满堂支架安装→模板安装→支架预压→模板调整→钢筋绑扎→预埋件安装→安装侧模→梁板混凝土浇筑→养护→支撑体系的拆除。

### 3.2 钢抱箍支撑体系的设计与施工

#### 3.2.1 钢抱箍支撑体系材料的选取

(1)钢抱箍:为适应各种不同圆度的墩身,抱箍的箍身宜采用不设加劲板的钢板作箍身,仅在连接板处设置必要的加劲板,采用两排高强度螺栓用以保证螺栓并在拧紧轴力的同时降低箍身高度。选用两块半圆弧形钢板,板厚 $12\text{ mm}$ ,法兰及筋板厚度为 $25\text{ mm}$ ,抱箍高 $50\text{ cm}$ ,由16根10.9级M30高强度螺栓一正一反交替连接,在墩柱与抱箍之间设一层 $5\text{ mm}$ 厚的橡胶垫。施加预拉力时在保证强度的同时因箍身为柔性极易与墩柱密贴<sup>[3]</sup>。

(2)纵梁及分配梁:根据设计方案之受力验算结果,最终决定采用工字钢作为承重纵梁及分配梁。由于该墩柱施工较设计位置存在一定的误差,因此,在承重纵梁加工时需根据现场实测数据严格控制其加工长度。当承重纵梁工字钢需要采用焊接方式连接时,必须在其端面打坡口;对于加设焊接的连接拼板采用埋弧电焊接并要求焊缝质量为一级,工字钢梁的长度需超过立柱中心 $30\sim 50\text{ cm}$ ,承重纵梁的搭接头需错开并采用电焊和螺栓对拉进行加固。在工字钢两端约 $1/4$ 位置处打孔,使用高强度对拉螺杆在墩柱两端对拉,其目的是固定工字钢以防止工字钢侧向倾覆。对于断面尺寸为 $50\text{ cm}\times 120\text{ cm}$ 及 $60\text{ cm}\times 180\text{ cm}$ 的纵梁选取63b号工字钢,桩两侧的分配梁选取40b号工字钢,分配梁垂直插入并将其焊接于纵梁上,接触面采用满焊。对于其他截面的纵梁选取50b号工字钢,分配梁选取22b号工字钢,分配梁与下部纵梁的连接采取点焊的方式予以固定。

(3)支架及模板:采用 $\Phi 48\text{ mm}\times 3\text{ mm}$ 扣件式钢管脚手架,设置顶托用于调整结构高程并将其下部同分配梁焊接。扣件式脚手架作为模板支撑架,采用 $50\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ 的方木及 $15\text{ mm}$ 厚的清水模板。

#### 3.2.2 钢抱箍的安装

考虑到长江的高水位,需尽量减少支撑体系的高度,并在保证操作人员具有足够施工作业空间的前提下其钢抱箍底标高位于桩柱顶面以下 $2.2\text{ m}$ (桩顶标高为 $\pm 0\text{ m}$ )。施工前,使用全站仪对所有的墩柱进行重新测量,测定出每个墩柱的中心位置,采用水准仪控制墩柱外侧钢抱箍的平整度以保证纵梁高程<sup>[4]</sup>。为保证柱箍的安全、以防万一因各种不可预测的因素导致抱箍失效,必须在每片抱箍下方对称植入4根、直径为 $10\text{ mm}$ 的膨胀螺栓对抱箍进行限位。限位装置由作业人员乘坐小船在长江低水位时施工并需保证其位置准确。

在既有码头地面进行钢抱箍安装前的各种准备工作。在钢抱箍的2个半圆钢箍每侧上下各用1个螺栓连接,在两抱箍连接部位夹一厚度为 $5\text{ cm}$ 的木块用以固定钢抱箍的孔径大于墩柱直径以便于吊装设备吊装时钢抱箍顺利套入立柱。在抱箍内壁粘贴 $5\text{ mm}$ 厚的橡胶带以起到保护桩

体和紧固的作用。橡胶带粘贴时应紧贴钢抱箍上并不得有褶皱、鼓起,橡胶带贴好后放置 12 h 以上以便于其粘贴紧密。拧紧高强螺栓时,必须按照一正一反的方式交替连接,不得拧紧到位,而需分初拧、复拧、终拧 3 次逐级拧紧。拧紧螺栓时需两边对称拧紧,待使用扭矩扳手拧不动后回半丝。安装完成后,应采用扭矩扳手对高强螺栓的连接力矩及钢抱箍的安装质量进行检查,待其检查合格后方可进行下道工序。

### 3.2.3 纵梁的安装

待钢抱箍安装完毕、对其安装质量进行验收合格后方可进行承重纵梁的安装。使用吊装设备将纵梁搁置在牛腿上,安装前放出纵横向桩中线,安装时定位出抱箍的安装方向,纵梁与抱箍牛腿及每个墩柱两侧纵梁之间采用对拉螺杆进行锁定以防其移位,单根工字钢的长度为 9 m。

承重纵梁的安装应紧贴墩柱并安置在钢抱箍顶板上。梁两端应超过钢抱箍 30~50 cm 以避免高强螺栓承受荷载的剪切应力,同时需保证承重纵梁的位置、高程与设计要求相符。同跨承重纵梁应相互平行,控制其高差在误差范围内。在工字钢两端约 1/4 位置处打孔,使用高强对拉螺杆在墩柱两端实施对拉,其目的是固定工字钢以防止工字钢侧向倾覆。

### 3.2.4 分配梁的安装

纵梁安装完毕即可安装分配梁。使用吊装设备将分配梁依照施工图中的支架间距要求将其准确安装在承重主梁上。分配梁采用焊接的方式进行加固,焊接于纵梁时其接触面采用电焊点焊固定,在横向每跨中轴线及墩柱两侧均使用直径为 22 mm 的钢筋沿纵向通长满焊固定分配梁。单根分配梁工字钢的长度为 9 m 与 6 m。

### 3.2.5 脚手架的安装

对于梁板结构底与分配梁顶面之间采用钢管支架调整其高差,规格为:Φ48 mm×3 m 钢管,纵向立杆间距为 90 cm,横向立杆间距为 90 cm,步距为 1.2 m。端部或跨中位置的立杆、水平间距与扣杆件长度模数不相符时,采用短杆件进行调整;对于顶层水平杆的间距则需根据实际情况进行调整,且其不能超过 1 m。将 60 cm×180 cm(宽×高)及 50 cm×120 cm(宽×高)梁底的满堂支架的立杆纵向间距加密至 0.45 m。

### 3.2.6 混凝土浇筑

在铺设完成的架体上安装底模,待检查其高程和轴线符合设计要求后进行钢筋的绑扎及侧模的安装,检查合格后方可浇筑混凝土。由于板厚及梁截面较大,单个钢抱箍需承受较大的竖向力,经过验算,其竖向力通过高强螺栓转化为摩擦力,因此,对钢抱箍的安装质量提出了更高的要求。钢筋安装前,模拟梁板结构浇筑工况对底模进行预压,即检测支撑体系受力的可靠度,亦可准确估算底模的预留拱度值。对于支架应进行超载预压,其超载系数为 1.2,加载物采用砂或钢筋。为了使加载的荷载强度与梁的荷载强度在横向上的分布一致,在横向上采用均匀加载的方法。加载后,对底模的沉降进行细致的观测与记录。

混凝土浇筑前,在每个钢抱箍底面下 10 cm 处设置钢抱箍沉降观测装置,用以随时观测钢抱箍支撑系统的稳定状态,对钢抱箍螺栓扭矩进行最后一次复检并填写检查记录表。混凝土浇筑过程中,应分层、分段、对称浇筑并控制混凝土的浇筑速度,每台泵车的浇筑方量不得超过 45 m<sup>3</sup>/h,应安排专人对钢抱箍双向支撑系统进行巡视,特别是靠近老码头侧的局部悬臂端抱箍及承重梁的变形情况,发现异常需及时汇报并进行处理。

### 3.2.7 支撑体系的拆除

当梁板结构混凝土强度达到 100% 后,方可拆除模板及支撑。先拆掉梁侧模,再拆除板、梁底模。首先松动支架顶部可调拖撑并使其下降 10~20 cm,使模板自然脱落,依次拆除支架,由人工传递至堆放地点。因码头下可操作空间小、基础条件差,经综合考虑后利用小型挖掘机配合钢丝绳对分配梁及纵梁进行拆除。首先将焊接加固部位采用小型切割设备切割开,再沿型钢纵向依次将其卸落。使用小型挖掘机配合钢丝绳依次将钢抱箍吊至地面,最后对场地进行清理,恢复原抛石加固岸坡<sup>[5]</sup>。

### 3.2.8 质量控制要点

钢抱箍支撑系统的施工作业除应严格按照高空作业安全技术规范中的有关规定执行外,还应在支撑系统施工过程中做到以下几点:

(1)在地面将钢抱箍的两个半圆钢套合在一起时,所采用的临时连接螺栓应连接牢固。钢抱



箍上的4个吊装点必须采用4根相同长度的钢绳同时起吊,并需保证钢抱箍吊装过程中的平稳。

(2)型钢的起吊应严格遵照起重吊装作业操作规程,在承重梁两端应分别布置安装操作人员,在承重梁下落安置过程中控制承重梁准确就位,待其就位后及时进行固定,防止承重梁侧翻或倾倒。承重纵梁安装完成后,利用承重梁形成的四方形框架挂设安全网。

(3)在拧紧钢抱箍连接螺栓及拆除钢抱箍作业时,施工人员必须在满足安全要求的操作平台上进行施工,其拧紧和松卸必须按照相关要求进行操作。拧紧过程中必须使用扭矩扳手并在混凝土浇筑前由技术人员再次随机对其紧固程度进行抽查并需保证抽查率不小于50%,以确保钢抱箍的扭矩达到设计要求。

(4)钢抱箍在专业厂家进行加工。安装前必须对焊接质量进行检查,焊缝外观不得有裂纹、弧坑、焊瘤咬边等缺陷,对不同部位的焊缝质量进行超声波探伤检查其内部裂纹、气泡、夹渣等缺陷。拆除并进行周转使用前,应对钢抱箍进行全面的检查,发现缺陷时应及时修复。

#### 4 结 语

笔者以南京市长江岸线环境提升工程宏波码头平台为依托,详细阐述了在长江高水位条件下码头上部现浇混凝土梁板结构采用钢抱箍平台支撑体系具有的优异性。通过将钢抱箍支撑体系从传统桥梁盖梁施工引入到高桩码头框

架式梁板结构现浇混凝土支撑体系中,结合有限元分析模型对钢抱箍支撑系统的工作原理、受力情况进行了详细的理论分析。实践证明:钢抱箍这种风险较高的支撑体系在解决高水位、软土地基、承载力差基础等受限施工条件下的结构施工时具有较大的优势,其具有不限基础、投入小、安拆方便、安全性高、汛期高水位均可施工等特点,从而为未来水利工程码头平台与市政工程桥梁施工探索了新的方向,为类似工程施工提供了有效的借鉴及参考,具有较大的推广应用前景。

#### 参考文献:

- [1] 陈理真,于黎.大水位差码头大直径重载钢抱箍关键技术研究[J].中国水运(下半月),2013,13(8),291-293.
- [2] 孙振华.钢抱箍支撑系统在高桩码头施工中的应用[J].中国水运.2020,42(8),110-112.
- [3] 刘攀.基于有限元软件的盖梁钢抱箍支架结构施工计算分析[J].城市道桥与防洪,2020,37(7),189-191.
- [4] 林良恩.钢抱箍法在海外某高桩码头承台施工中的应用[J].珠江水运,2020,28(13),54-55.
- [5] 张水林.钢抱箍支撑体系在浅海岸桥梁工程中的应用[J].低碳世界,2019,9(1),223-224.

#### 作者简介:

杨中委(1989-),男,四川安岳人,项目工程管理部主任,工程师,学士,从事水利水电及市政工程施工技术与管理工  
作;  
刘英(1974-),女,四川仁寿人,工程系列专业技术带头人,正高级工程师,从事工程项目施工技术与管理工  
作;  
徐淑钊(1997-),男,四川泸定人,助理工程师,从事水利水电及市政工程施工技术与管理工  
作。(责任编辑:李燕辉)

(上接第31页)

省人员与设备成本。全站仪基线法操作流程简便、数据处理简单,能够极大程度地节约测量人员学习和培训的时间成本,可以轻松地实现立面图的绘制。在对立面测量坐标转换的基本原理进行阐述后,介绍了所优化的全站仪立面测量的实测步骤,总结了其技术要点,最后借助古建筑物立面测量实例分析了该方法在复杂建筑物立面测量中的应用效果。总体来说,利用全站仪基线法进行立面测量具有成本低、操作简单、综合效率高等优势,其在目前城市发展和传统建筑物保护方面发挥着重要作用。

#### 参考文献:

- [1] 华远峰,孙博,郑磊,等.基于全站仪自由设站的建筑立面测

绘方法研究及应用[J].城市勘测,2020,35(4):139-142.

- [2] 黎其添.几种建筑物立面测量方法对比分析[J].北京测绘,2019,33(7):850-852.
- [3] 何屹雄,花向红,许承权,等.全站仪建筑物立面图测量方法研究及工程实践[J].测绘地理信息,2017,42(1):10-13.
- [4] 作振东,王瑞云,张文鹏.建筑物立面一体化测量方法研究[J].宿州学院学报,2017,32(9):122-124.
- [5] 张为成,马俊海,王强,等.全站仪结合数码相机在古建筑测绘中的应用[J].黑龙江工程学院学报(自然科学版),2010,24(4):18-20.
- [6] 李砾砾,倪尧,张汛.古建筑立面图测绘方法探索[J].现代测绘,2014,37(6):15-17.

#### 作者简介:

任定春(1976-),男,四川绵阳人,项目副经理,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工  
作。(责任编辑:李燕辉)