

Research on Application Technology of Steel Hoop Support System in Construction of Frame Structure Wharf

Tao ZHAO
Changjiang Chongqing Waterway Engineering Bureau

Abstract

Steel hoop support system has been widely used as a support system in bridge beam construction in recent years. Because of its light structure, simple processing and relatively low cost. Applicable to soft soil foundation areas, the foundation bearing capacity is poor or the construction environment such as the bracket method is not suitable. The construction is highly operable, and the support steel pipe can be saved in a large amount, thereby reducing the cost of construction. However, with the application of the high pile vertical frame pier structure in the upper reaches of the Yangtze River, its force form has developed into a two-way force support. As the core of the support system, the force of the steel hoop is more complicated. Force mechanism and mechanical properties of steel hoops under complex loads So far, there is no recognized and authoritative analysis. Based on the engineering examples, this paper focuses on the analysis of the steel hoop force and the construction process, and hopes to play a reference role in the construction of similar projects.

Key Words

Steel Hoop Support System, Frame Wharf, Application Research

DOI:10.18686/jzsggl.v1i4.345

钢抱箍支撑系统在框架结构码头施工中的应用技术研究

赵涛

长江重庆航道工程局, 重庆, 400012

摘要

钢抱箍支撑体系近年在桥梁横梁施工中作为支撑系统被广泛应用, 由于该工艺具有结构轻便, 加工制作简单, 成本相对低廉等特性。适用于软土地基地区, 地基承载力差或不宜采用支架法等施工环境。施工可操作性强, 可大量节省支撑钢管, 从而起到降低施工的成本的效果。但随着在长江上游高桩直立式框架码头结构上的应用, 其受力形式发展为双向受力支撑, 作为该支撑体系的核心, 钢抱箍的受力更加复杂化。钢抱箍在复杂荷载作用下受力机理及力学特性到目前为止, 尚无公认的较权威的剖析。本文以工程实例为依托, 重点对钢抱箍受力分析及施工工艺进行阐述, 希望在类似项目施工中起到借鉴作用。

关键词

钢抱箍支撑系统; 框架码头; 应用研究

1. 概况

1.1 长江上游水位条件

三峡工程及西部地区其它内河梯级渠化工程建成蓄水后, 由于库区水位的大幅度抬升, 加之河岸及河床地形起伏变化较大, 使库区新建码头与涉河水工建筑物都将面临深水问题。重庆地区位于长江上游三峡库区范

围, 在三峡蓄水之前, 每年的11月初至次年5月底为长江上游自然水位的枯水期, 这段时间是长江上游新建码头及涉水水工建筑物施工的有利时段, 以往类似工程的设计和施工的进度计划均会充分利用枯水期的黄金时段。然而三峡工程蓄水后, 由于库区水位的大幅度抬升, 加之河岸及河床地形起伏变化较大, 使库区新建码头都将面临高水位施工问题。按照三峡水库的正常调度运行, 在正常蓄水条件下, 每年10月中下旬开始蓄水,

次年4月中下旬开始降水,面临的将是高水位期长达6个月以上,每年7~9月进入了长江自然水位的汛期,

长江上游水位陡涨陡落可能出现超过30m以上的大水位差,更是不利于涉河工程的施工。

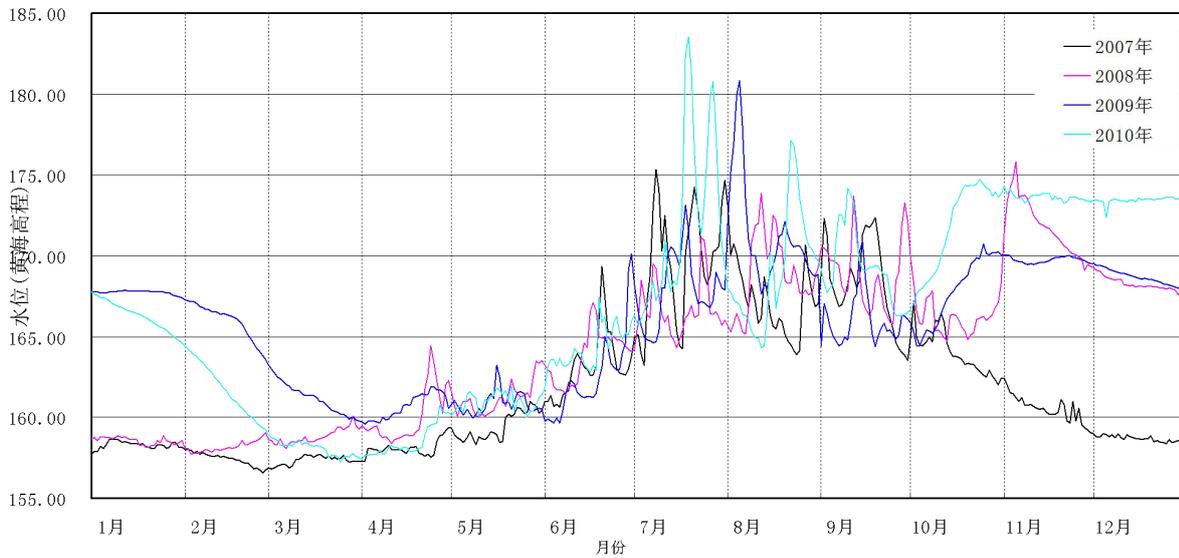


图1 三峡蓄水前后2007-2010年重庆水文站记录的水位过程线

依据以上水位情况可以看出,三峡蓄水后,低水位的时间缩短,只有每年2月底至6月中旬,该段时间的水位在165m高程以下。

针对长江上游三峡蓄水后低水位施工期十分短暂,且成库后水位落差高达30米等一系列不利因素,以往一贯可利用的枯水位施工优势不再出现,因此开展内河复杂水位条件下各类深水码头与涉河水工建筑物施工技术及其质量控制技术是相当紧迫的和必要的,以确保今后三峡库区涉河建筑物建设的可行性和可靠性。

1.2 研究的背景

重庆作为长江上游重要的水路货运枢纽中心,目前在建和后期陆续在建的架空框架结构码头陆续全面建设。由于三峡蓄水的原因,码头施工水位条件发生的改变,以往传统的施工工艺将不再适用于库区高水位的施工条件,研究提出相适应的新型施工工艺非常必要。因此,本项目重点对高水位库区条件下进行框架结构部分施工工艺进行研究实施,解决施工中的技术难题。

本文以重庆长江上游某高桩直立式码头建设为依托,重点对钢抱箍受力分析计算及施工工艺进行施工要点进行阐述。探讨无支撑条件下钢抱箍承重体系的设计施工关键技术及其施工工艺。形成一整套

能适应复杂施工环境要求的钢抱箍设计施工体系和工艺。依托该体系可确保施工设备及人员安全、降低工程成本,创造较好的社会效益和经济效益。

1.3 工程概况

本工程码头平台采用直立框架结构,共计4个泊位。泊位平台长515米,宽30米,码头平台顶高程187.7m。平台纵向排架共64跨分A-D轴线,横向65排架分1-65号轴线。4个泊位立柱设置在A-D排架上共260根,立柱顶标高184.70m,立柱直径1.4m。在高程176m位置设计为一层现浇混凝土结构的纵横联系撑,联系撑断面尺寸分比为 $h*b=2.0*1.6m$ 和 $h*b=1.6*1.6m$,混凝土强度等级为C30。码头断面图见图2。

根据该码头周边的地质情况、水文情况和气候情况,结合高桩直立式框架结构水工码头平台的施工特点:其水上施工纵横梁无法进行承重支架搭设的地基基础条件。为寻求“安全、优质、高效”的完成水工码头平台下部结构施工的解决方案。拟对码头174.4以上现浇混凝土纵横联系撑采取钢抱箍支撑系统进行施工。对高桩直立式框架结构钢抱箍支撑系统关键施工技术进行研究,以提高工程进度和效率,确保施工设备及人员安全、降低工程成本,为本工程施工的顺利进行奠定基础。同时,

通过对进行高桩直立式框架结构钢抱箍支撑系统关键 鉴和指导作用。
施工技术的专题研究,能够对今后类似施工有一定的借

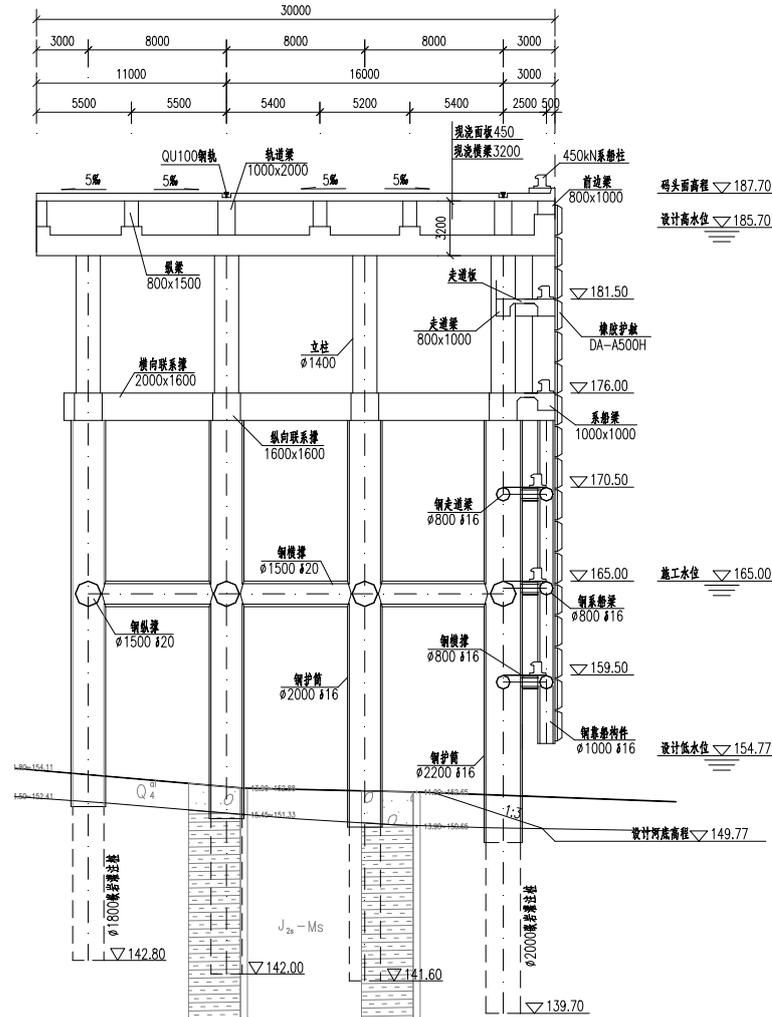


图2 码头结构断面图

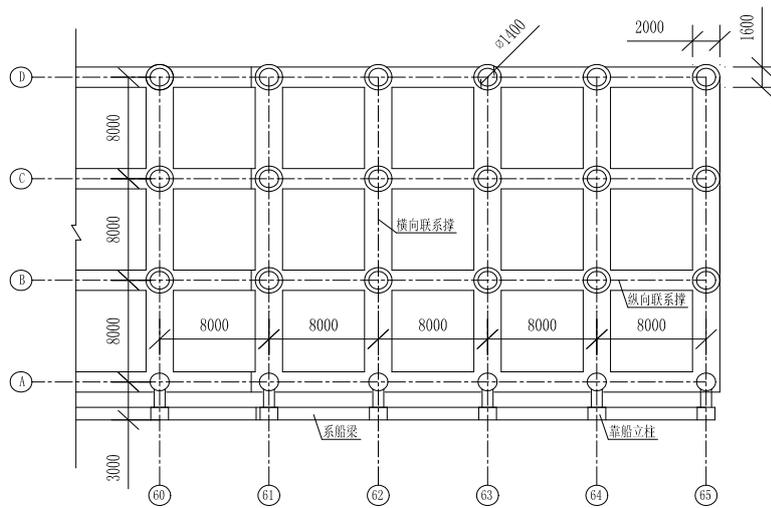


图3 结构纵横联系撑平面布置

根据该码头周边的地质情况、水文情况和气候情况,结合高桩直立式框架结构水工码头平台的施工特点:其水上施工纵横梁无法进行承重支架搭设的地基基础条件。为寻求“安全、优质、高效”的完成水工码头平台下部结构施工的解决方案。拟对码头 174.4 以上现浇混凝土纵横联系撑采取钢抱箍支撑系统进行施工。对高桩直立式框架结构钢抱箍支撑系统关键施工技术进行研究,以提高工程进度和效率,确保施工设备及人员安全、降低工程成本,为本工程施工的顺利进行奠定基础。同时,通过对进行高桩直立式框架结构钢抱箍支撑系统关键施工技术的专题研究,能够对今后类似施工有一定的借鉴和指导作用。

2. 钢抱箍支撑系统力学特性分析

钢抱箍这种特殊结构的计算,目前尚无较系统的分析方法,为此,需要根据数值分析和现场试验,依据力学的基本原理对其进行详细的受力分析,由于偏度有限,本文仅对钢抱箍支撑系统的工作原理进行剖析。

2.1 钢抱箍支撑系统构造

高桩直立式框架码头结构主要以桩基为基础,以立柱和纵横联系撑的框架结构作为下部结构。由于长江上游水位的变化复杂,陡涨陡落现象常见,全年水位差达 30 余米。在如此大水位差的山区河流,采用传统的满堂脚手架支架法以及预埋铁件焊接牛腿支撑法,均存在

很多不利因素,工程材料损失大,造成经济受损严重。为了降低成本,确保工程质量和工程安全,则对码头下部现浇钢筋混凝土结构施工方法提出了更高的要求。而采用已施工桩柱安装钢抱箍与工字钢进行悬空支撑施工,大大节省周转材料,从而达到加快施工进度、减少水位的限制、降低成本的目的。



图 5 钢抱箍双向支撑系统现场安装图

钢抱箍悬空支撑体系主要由左右钢抱箍和纵横工字钢梁组成,左右钢抱箍结构相同,分别对称安装在混凝土圆形墩柱上,钢抱箍内半径略小于墩柱的半径,左右钢抱箍通过高强螺栓拧紧固定在圆柱上,然后钢抱箍顶板上安装双向工字钢承重梁,在承重梁上安装模板进行纵横撑混凝土联系撑浇筑施工。每跨梁的承重主梁工字钢均采用对拉杆对拉,避免工字钢发生侧翻,以保证操作安全;在承重主梁上安装调节装置,用于调节底模标高并便于底模拆除。

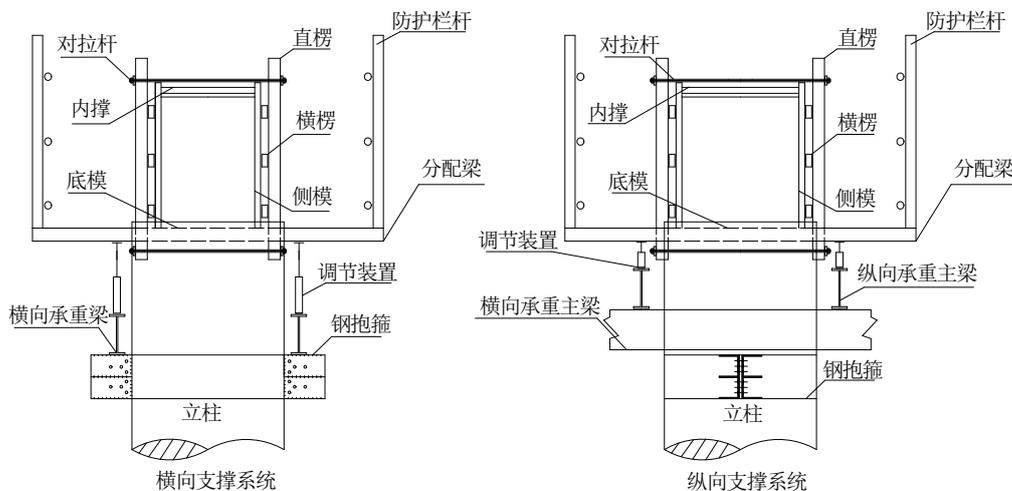
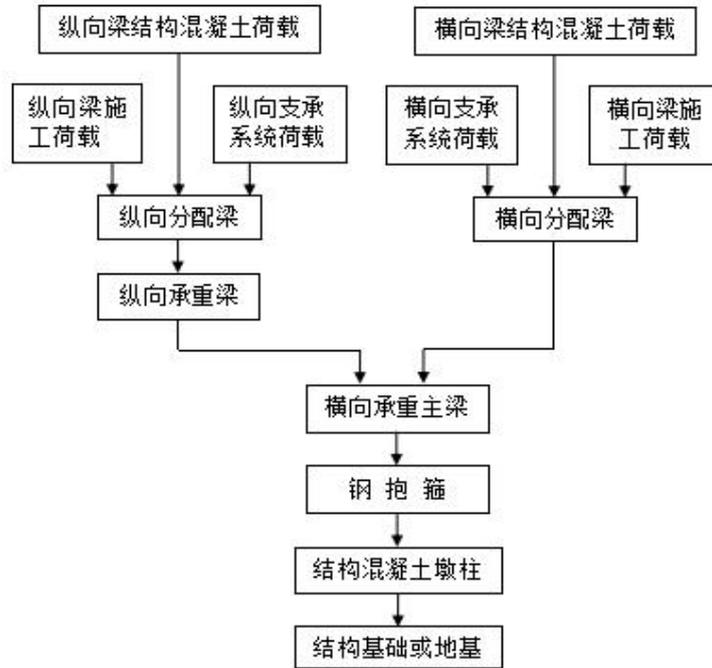


图 4 钢抱箍施工工艺结构图

2.2 钢抱箍支撑系统荷载传递路线



2.3 钢抱箍工作机理的数值分析

钢抱箍的力学机理很复杂，为探讨其力学机理，针对实际工程中采用的钢抱箍结构进行数值分析。

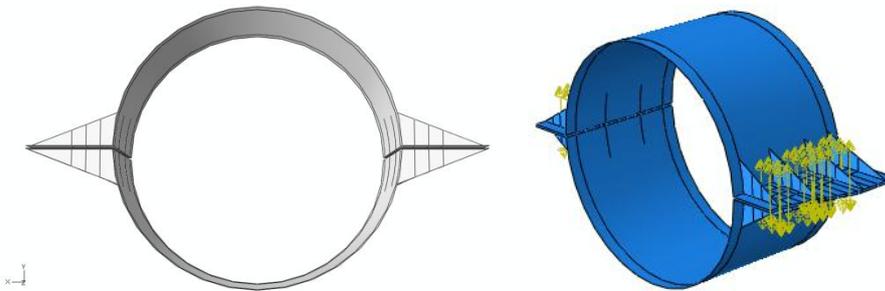


图6 抱箍数值分析模型结构详图

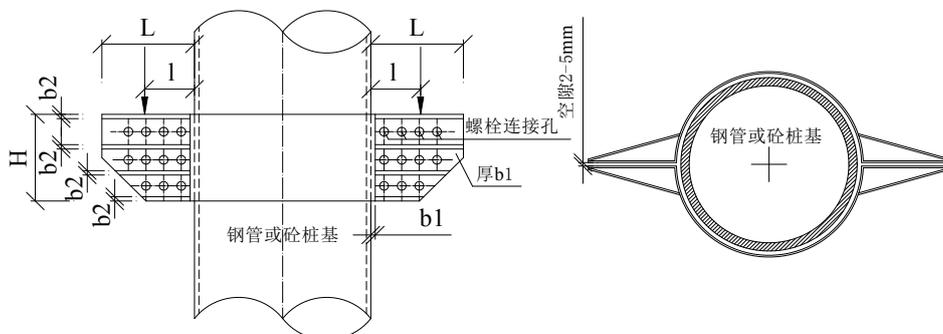


图7 抱箍理论分析模型结构详图

对于钢抱箍这种特殊结构的计算, 需要明确钢抱箍受力的力学机理是什么, 螺栓的紧固力如何转换为钢抱箍摩擦正应力, 以及钢抱箍摩擦接触的主要部位, 进而以此为基础探讨钢抱箍的主要力学指标及其计算方法。

对于钢抱箍设计主要的参数如下:

- L: 钢抱箍耳板悬臂长度;
- l: 竖向荷载距离抱箍内壁的距离;
- b1: 钢抱箍和竖向耳板的厚度;
- b2: 加劲板的厚度;

根据数值分析和现场观测来确定钢抱箍的受力机理与破坏模式。

2.3.1 钢抱箍受力机理分析

根据以上分析, 对钢抱箍在竖向荷载的位移变形进行分析。根据各种荷载下钢抱箍的位移变形趋势, 可以发现钢抱箍的变形模式可以概括为:

- 1、与耳板平行两侧边板上部 1/2 位置主要承受摩擦力, 下部 1/2 基本不承受摩擦力;
- 2、耳板加劲肋范围, 抱箍下 1/2 承受摩擦力, 上部不承受摩擦力;

综上所述, 钢抱箍受力机理是: 抱箍在较大荷载下下部出现张开。钢抱箍两侧固定板上部 1/2 范围从两个耳板加劲肋间的面积内承受摩擦力; 耳板加劲肋下部 1/2 范围内产生摩擦力; 竖向荷载可以转化为摩擦力。

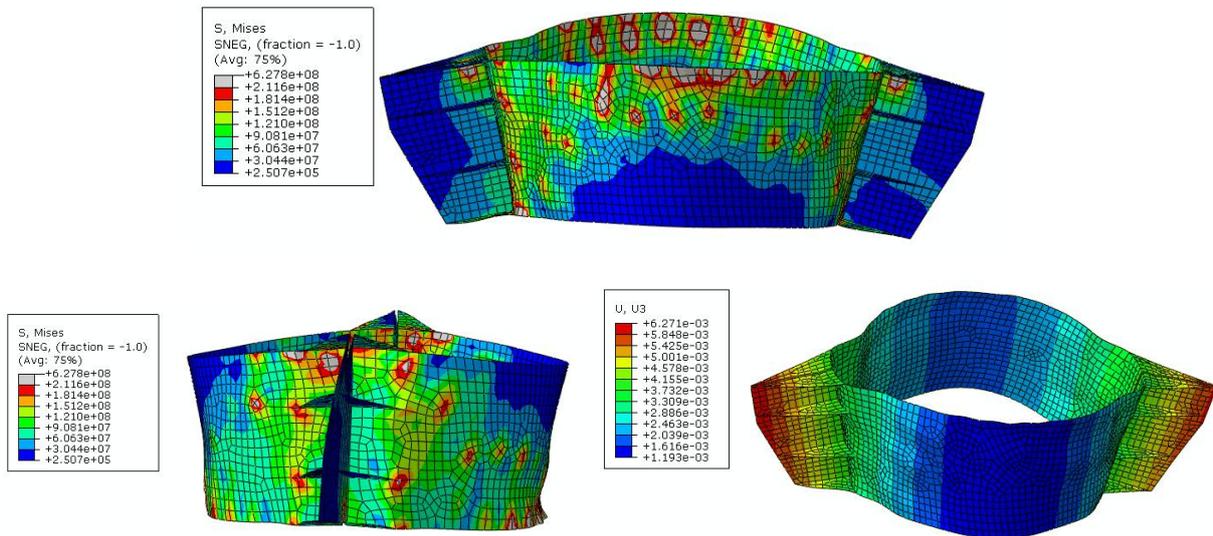


图 8 抱箍变形模式分析

2.3.2 钢抱箍受力机理的现场与数值对比分析

钢抱箍试验原则应模拟出现场施工条件下, 真实反映钢抱箍受力的全部过程, 确保试验采集数据的真实可靠。试验方法是采用扭力扳手将钢抱箍安装在不同摩擦条件下的墩柱上, 利用液压千斤顶对钢抱箍分级施加荷载, 通过千分表测出钢抱箍的位移量, 测定出钢抱箍的承载力、高强螺栓扭矩及位移量, 通过采集的数据, 分析承载力、螺栓扭矩及摩擦系数之间的对应关系, 完成钢抱箍理论计算的验证。

对某工程施工现场钢护筒外包直径 2.2m δ 16 进行了钢抱箍受力试验来验证数学模型的可靠性。试验钢抱

箍采用 Q235, 两幅钢抱箍在两侧耳板处各用 24 颗高强螺栓紧固, 单颗螺栓利用扭力扳手换算的 100kN, 在抱箍耳板顶部两侧同时均匀加载 300kN, 现场测试顶层混凝土应力、钢套筒位移和钢抱箍的竖向位移。

试验步骤: 先将第 1 个钢抱箍安装在已施工墩柱距地面约 50cm 处, 再将第 2 个钢抱箍安装在该墩柱距地面 100cm 处, 两个钢抱箍之间间距 50cm 为液压千斤顶预留出安装位置。

在两个钢抱箍的牛腿之间安装液压千斤顶, 千斤顶应安装于钢抱箍牛腿安置承重梁的位置处。在钢抱箍两个牛腿上分别安装千分表各 1 个, 第 1 个钢抱箍千分表安装在牛腿下沿, 第 2 个钢抱箍千分表安装在牛腿上沿。在垂直于牛腿的钢抱箍紧贴墩柱的箍身分别安装千

分表各 1 个, 第 1 个钢抱箍千分表安装在箍身下沿, 第 2 个钢抱箍千分表安装在箍身上沿。

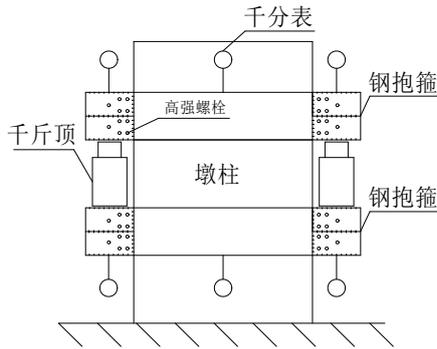


图 9 钢抱箍现场测试与有限元模型

用扭力扳手将高强螺栓扭矩拧紧到计算扭矩的 80%，通过液压千斤顶分级施加计算荷载的 100%、110%、120%、150%，记录千分表位移读数。数据采集

完成后, 再用扭力扳手将高强螺栓拧紧到 90% 及 100%，分别分级施加荷载, 测出并记录数据。

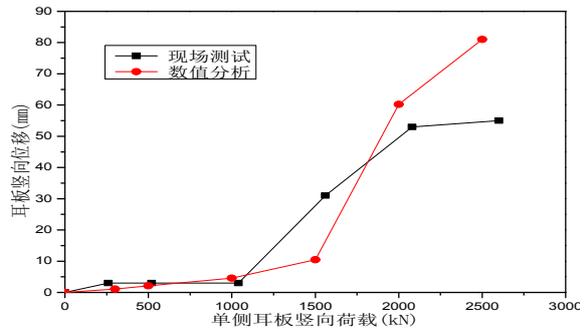
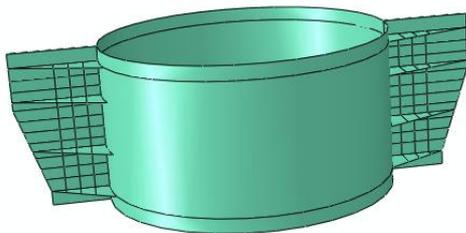


图 10 现场与数值分析耳板竖向位移变化曲线

将现场测试得到的钢抱箍竖向位移和数值分析的竖向位移汇成曲线, 从图中可得出数模分析和现场测试

基本相同, 进一步比较抱箍、钢筋混凝土桩基应力与现场测试的应力发现数据基本相同, 由此可见模型是可靠的。

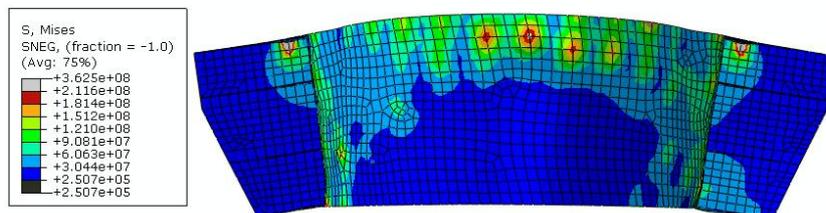


图 11 抱箍在单边耳板 150kN 下的应力分布图

2.3.3 钢抱箍结构的主要力学分析

根据以上分析, 对于本项目钢抱箍结构需要求解抱箍螺栓轴向荷载 T 、竖向荷载 K_p , 依据计算得到的

钢抱箍竖向上分布规律, 计算钢抱箍竖向截面上摩擦力计算公式。要计算出钢抱箍的受力情况, 必须要明确以下受力关系:

1) 竖向荷载与摩擦力平衡关系

作用于钢抱箍左、右顶面的竖向荷载 K_p 与抱箍内侧面和桩柱表面之间的摩擦阻力平衡。根据数值分析得到的结论,抱箍内侧面之间正压力和摩阻力分布规律是 $1/2$ 截面承受摩擦力。

只需要求解出 N 与螺栓紧固力和竖向荷载 K_p 的

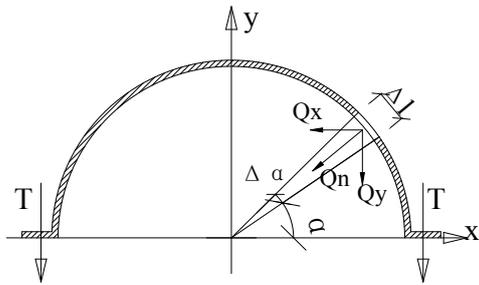


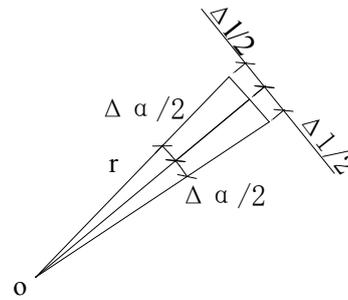
图 12 抱箍单边耳板受力简图

对钢抱箍采用螺栓拉力 T 后,其内侧对圆桩(柱)面施加了正压力 N ,后者对抱箍内侧面施加了反向的正压力 N ,根据数值分析表明,抱箍内侧面单位面积上的

关系,就可以确定抱箍体系的安全性能。

2) 螺栓紧固力与抱箍正应力关系

取抱箍的 $1/2$ 进行荷载分析如图 12,根据平衡方程,可以求解抱箍螺栓荷载、外部荷载与抱箍竖向应力的关系。



正压力强度在分布面积内均匀分布。

正压力接触面积根据钢抱箍尺寸数据计算,接触面积如下图所示。

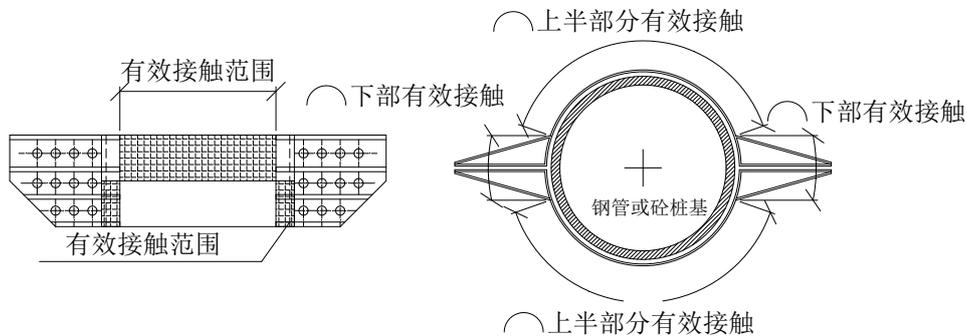


图 13 抱箍单边耳板受力简图

3) 竖向外载 K_p 与其产生的紧固力的关系

数值分析表明,外荷 K_p 对摩擦有影响效应,影响范围在耳板区域,基于此开展外荷与摩擦力的影响研究。弯矩作用下的受力分析及附加水平环向拉力 T' 的计算。

取钢抱箍的右半边为脱离体,在右边牛腿根部外弯矩作用下,脱离体左边必有内力组成的内弯矩与之平衡。在抱箍牛腿上的外弯矩 M 作用下,牛腿根部处抱

箍外侧的应力分布为上半截的拉应力和下半截的压应力;它们的上下合力与间距组成的弯矩应等于外力弯矩 M 。

弯矩 M 引起的附加水平环向拉力的存在,加大和减小了抱箍上半截和下半截竖向截面上与两个竖直荷载 P 对应的均匀水平环向拉力数值。

4) 紧固螺栓荷载 T 和竖向外载 K_p 作用下钢抱箍正应力

根据以上分析,利用叠加原理可以知道抱箍的内压力。

高强螺栓预先张拉荷载 T 产生压力, 以及外荷载 K_p 产生的压力之和即为钢抱箍的总压力。总压力乘以摩擦系数即为可承受的竖向荷载。

2.3.4 钢抱箍摩擦系数与边界条件

根据《钢结构设计规范》中规定钢板与钢板间采用高强螺栓连接, 摩擦系数取值:

1) 如摩擦接触表面采用钢丝刷清除浮锈或未经处

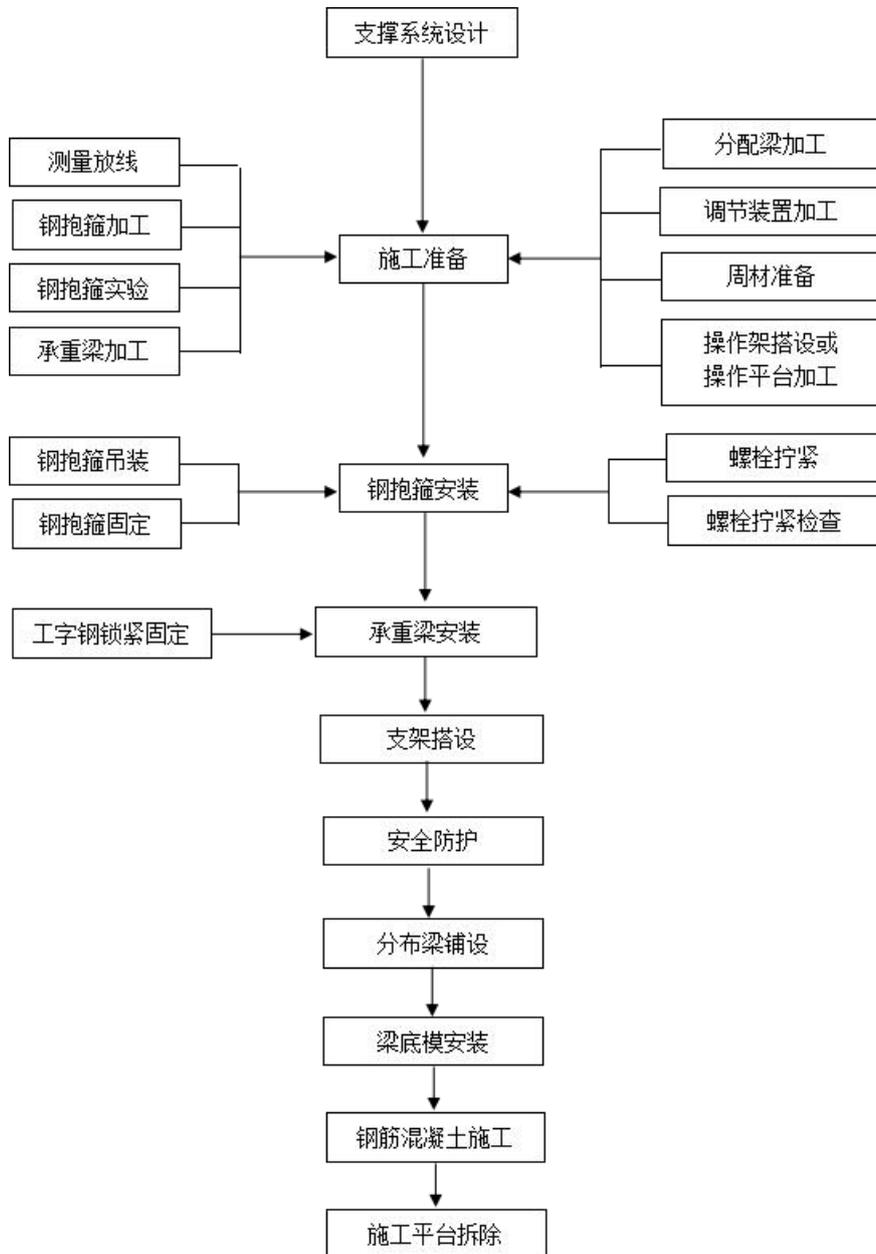
理的干净轧制表面,当材质为 Q235 钢时,取 $\mu=0.3$ 、当材质为 Q345 钢时, 取 $\mu=0.35$ 。

2) 如摩擦接触表面采用喷砂后生赤锈材质为 Q235 钢时取 $\mu=0.45$ 、当材质为 Q345 钢时取 $\mu=0.55$ 。

在理论上喷砂生赤锈后能达到 0.45 或 0.55, 但实际操作过程中很难达到 0.45 或 0.55,综合分析抱箍与桩基间摩擦系数取 0.2, 高强螺栓间摩擦系数取 0.3。

3. 钢抱箍支撑系统的施工

3.1 钢抱箍支撑系统施工流程



3.2 钢抱箍悬空支撑系统施工工艺

简易脚手架搭设(或不具备简易操作架搭设时安装小型操作平台)→确定钢抱箍位置→安装钢抱箍→安装横向承重主梁→安装纵向承重主梁→安装分配梁→弹梁轴线并复核→安放底模固定→梁底起拱→施工防护搭设→绑扎梁筋→安装侧模→复核几何尺寸、标高、位置→验收→浇筑混凝土。



图 12 钢抱箍支撑系统在高桩码头施工中的应用

3.3 钢抱箍支撑系统施工

3.3.1 钢抱箍加工

1.钢抱箍的选材:钢抱箍安装在墩柱上时必须与墩柱密贴,墩柱截面不可能绝对圆,各墩柱的不圆度是不同的,即使同一墩柱的不同截面其不圆度也千差万别。因此,为适应各种不圆度的墩身,抱箍的箍身宜采用不设环向加劲的柔性箍身,即用不设加劲板的钢板作箍身,钢板的厚度不宜过厚,厚度一般不得大于16mm,钢板选用Q235钢。这样,在施加预拉力时,在保证强度的同时由于箍身是柔性的,容易与墩柱密贴。

2.钢抱箍连接板及螺栓孔:抱箍上的连接螺栓,其预拉力必须能够保证抱箍与墩柱间的摩擦力能可靠地传递荷载。因此,要有足够数量的螺栓来保证预拉力。如果单从连接板和箍身的受力来考虑,连接板上的螺栓在竖向上最好布置成一排。但这样一来,箍身高度势必较大。抱箍的高度加大,将加大抱箍的投入,且过高的抱箍也会给施工带来不便。因此,只要采用厚度足够的连接板并为其设置必要的加劲板,一般均将连接板上的螺栓在竖向上布置成多排。螺栓的多排布置既要保证螺

栓拧紧轴力,同时应考虑施工的可操作性。

3.钢抱箍加工:钢抱箍加工严格按照设计要求进行制作,由两个相对设置的半圆钢套,两个半圆钢套相对的端部外侧面相对设置连接板,连接板上开有螺栓孔,螺栓孔内穿入螺栓连接两个半圆钢套相对的连接板,连接板上设有水平设置的加强板,加强板另一侧与半圆钢套连接,加强板为三层,分别位于连接板顶部、中部和底部;位于连接板顶部的加强板提供了支撑平台,作为承重翼板,在其上架设支撑系统时,受力均匀可靠,承载能力强,安全可靠。两个半圆钢套相接面与其固定抱箍的墩柱稍小,一般抱箍的周长小于固定抱箍的桩或柱40mm,以保证钢箍与墩柱之间用高强螺栓连接好后紧密。在半圆钢套上对称安装两个吊装环,满足钢抱箍吊装需要。钢抱箍加工焊接质量必须达到二级焊缝质量检验标准。

3.3.2 承重梁加工

承重梁是支撑系统中的重要承重结构构件,钢材的选择必须满足结构的安全可靠和使用要求,其必须具有屈服强度、抗拉强度、伸长率、和硫、磷含量的合格证。根据设计受力计算,采用热轧工字钢作为承重主梁。

工字钢梁的长度不得短于墩柱轴线中心距,也不宜太长,一般超过立柱中心30-50cm。在工字钢两端约1/4位置处打孔,用高强对拉螺杆对拉,目的固定工字钢防止工钢侧向倾覆。

在承重工字钢上安装高度为30cm高的调节装置,用于调节梁底模高程、梁底模起拱及便于拆模,调节装置间距根据设计受力计算布置。抱箍设计为两个支撑点,承重梁为双向布置,这导致支撑系统顶面不在一个高程平面上,所以在横向承重梁上安装的调节装置,高于纵向承重梁上的调节装置一个纵向承重梁的高度。调节装置由一节短钢架管和托盘、螺杆、螺帽构成,短钢架管焊接在承重梁上,托盘焊接在螺杆顶面,螺杆放置于短钢架管内,螺帽卡主钢架管,用扳手转动螺帽使螺杆上下移动,从而调节顶面的高度。

横向承重主梁在安置纵向承重主梁处,纵向承重梁的荷载传递到横向承重主梁上形成一个固定集中荷载,该处横向承重梁需进行局部压应力计算后,设置支承加劲肋。为便于承重梁的吊装,在承重梁中点焊接吊环,吊环采用2cm厚的钢板加工。

3.3.3 钢抱箍安装

在地面进行钢抱箍安装前的准备工作。钢抱箍的 2 个半圆钢箍每侧之间上下各用 1 个螺栓连接, 在两抱箍连接部位夹一厚 10cm 的木块, 以固定钢抱箍的孔径大于墩柱直径, 便于吊装设备吊装时钢抱箍顺利套入立柱。抱箍内壁采用万能胶粘好 5mm 厚橡胶带, 放置 12 小时以上, 便于紧紧粘贴。在安装钢抱箍前在施工的结构段搭设简易脚手架, 在钢抱箍安装位置高程的底部 10cm 处在简易脚手架上搭设水平横杆, 在立柱两侧水平横杆上对称安放一个 10cm×10cm 木枋, 作为临时放置钢抱箍的平台。一切准备就位后, 通知吊装设备起吊钢抱箍, 准确套入计划固定抱箍的立柱, 由人工引导慢慢放置在钢抱箍临时平台上, 人工稍稍拧松抱箍连接螺栓, 取下夹在连接板部位的木块, 调整好位置后, 开始逐孔对称安装高强螺栓、拧紧, 直到达到设计的扭矩为止, 技术人员采取力矩扳手进行抽查, 以确保抱箍安装质量。



3.3.4 承重梁安装

当钢抱箍安装完毕, 对安装质量进行验收以后, 进行承重梁的安装。用吊装设备将横向承重梁对称安放在钢抱箍的端承板上, 采用高强对拉螺杆固定, 不至于侧翻, 当横向承重梁安装完成后, 再安装纵向承重梁, 也同样对称安装在立柱两侧安置于横向承重梁上, 采用对拉杆固定。



3.3.5 铺设分配梁及模板

承重梁骨架安装完毕后, 即可安装槽钢作为分配梁骨架 (小型工钢或方木), 分配梁安放在调节装置上, 在分配梁上支设梁系底部模板。分配梁两端伸出梁系外 1-1.5m, 两旁设防护护栏, 上铺木跳板, 旁边设护栏。分配梁槽钢间距按设计计算铺设。在铺设的分配梁上面安装底模, 经检查高程和轴线符合设计要求后, 进行钢筋的绑扎及纵横联系撑侧模安装, 经检查合格后, 浇筑混凝土。

3.3.6 拆模

当梁系混凝土强度达到 50% 后, 拆除纵横联系撑侧模。混凝土强度达到 75% 方可拆除承重底模。拆底模时, 调整调节装置的高程, 使分配梁槽钢和底模顺势下降, 与梁系底面脱离。再人工拆除底模, 拆除操作平台的护栏, 然后用吊装设备依次吊下底模板、分配梁、承重梁, 再松开钢抱箍紧固高强螺栓, 将钢抱箍吊至地面, 同时拆卸简易脚手架 (或小型操作平台)。

4. 安装质量及安全控制

4.1 支撑系统安装质量控制

4.1.1 施工准备阶段

1、施工前用全站仪测定出每个墩柱的中心位置, 在墩柱外侧用水准仪准确定出钢抱箍安装标高。

2、钢抱箍采用专业厂家现场加工, 严格按设计图进行加工制作, 焊接质量达到二级焊缝要求。两个半圆钢套相接面与设计墩柱有 2 厘米的间隙, 即钢抱箍周长比墩柱周长小 4 厘米; 目的使钢抱箍紧密抱紧墩柱; 同时两个半圆钢套连接面间隙过大, 连接板焊缝会在高强螺栓的拉力作用下产生较大应力, 发生开裂。半圆钢套卷制的弧度平滑, 弧度大小与墩柱外表面弧度一至。

3、承重梁加工长度应严格控制, 当承重梁工字钢需连接时, 工字钢端面必须打坡口, 加设焊接连接拼板, 采用埋弧电焊接, 焊接质量达到焊缝质量一级。承重梁调节装置的安装, 必须按设计验算的间距焊接安装, 焊接必须保证调节装置的垂直均匀, 调节装置安装处, 应考虑承重梁的局部压应力和局部稳定性, 根据计算需要加装焊加筋板。

4、焊接质量: 焊缝外观不得有裂纹、弧坑、焊瘤、咬边等缺陷, 根据不同部位的焊缝质量等级要求应进行

超声波探伤检查内部裂纹、气泡、夹渣等缺陷。

4.1.2 施工安装阶段

1、钢抱箍内壁采用万能胶粘好 5mm 厚橡胶带，粘贴时橡胶带应紧贴于钢抱箍上，不得有褶皱、鼓起；橡胶带贴好后放置 12 小时以上，便于紧紧粘贴。钢抱箍高强螺栓的连接扭矩必须满足设计和钢抱箍试验所测得扭矩，不得欠拧及超拧。高强螺栓拧紧时，必须从里到外的对称进行，同时扭矩不得一次拧紧到位，应分 3 次逐级拧紧。在安装完成后，应对高强螺栓连接、焊缝及钢抱箍箍身进行钢抱箍安装质量检查，检查合格进行下道工序。

2、横向承重梁安装应紧贴墩柱，安置在钢抱箍顶板上。承重梁两头均匀超过钢抱箍连接出即墩柱中心 30-50cm，避免高强螺栓承受荷载的剪切应力。同时应保证调节装置的位置与设计相符，同跨承重梁上的调节装置连线应相互平行。纵向承重梁安置在横向承重梁上，用 U 型卡紧密锁扣于横向承重梁上。承重梁用高强连接螺杆固定，在同一跨两根承重梁中间设钢管内撑，避免连接螺杆过紧造成承重梁发生横向弯曲。承重梁安装到位后，不同跨承重梁用槽钢或钢管锁扣，加强承重梁系的整体安全性。

3、分配梁平顺整齐的安放在调节装置托盘上，调整调节装置使分配梁达到设计标高，利用已测设的墩柱中心点分出底模安装边线，然后进行安装梁底模。铺设完成后，按规范要求要求进行起拱作业。

4.2 支撑系统安装安全控制

支撑系统施工作业应严格遵守高空作业安全技术规范的有关规定，模板工程应遵守模板安装拆除作业安全技术规范的有关规定以外，还应在支撑系统施工过程中做到以下几点：

1、在地面将钢抱箍两个半圆钢套合在一起时，钢抱箍上有 4 个吊装点，必须采用 4 根相同长度钢丝绳同时起吊，保证钢抱箍吊装过程的平稳。

2、拧紧钢抱箍连接螺栓施工过程中，施工人员必须在临时操作平台进行拧紧施工，拧紧过程必须使用扭矩扳手，不得使用超长加力杆。

3、承重梁吊装时，承重梁两端应分别有安装操作人员，在承重梁下落安置过程中，控制承重梁准确就位。

就位后及时进行固定，防止承重梁侧翻或倾倒。

4、承重梁安装完成后，利用承重梁形成的四方形框架，挂设安全网。

5、分配梁两端伸出梁系外 1-1.5m，两旁设防护栏杆，上铺木跳板，旁边设护栏。栏杆采用 $\phi 50$ 的钢管搭设，在分配梁上每隔 2.4 米设一道 1.2m 高的钢管立柱，竖向间隔 0.5m 设一道钢管立柱，钢管之间采用扣件连接。立柱与分配梁的连接采用在分配梁上设 0.2m 高的支座。钢管与支座之间采用销连接。

6、安设钢抱箍沉降观测装置，随时观测钢抱箍支撑系统的稳定状态。

7、在混凝土浇筑前，需对钢抱箍螺栓扭矩进行最后一次复检，并填写检查记录表。

8、混凝土浇筑过程中，安排专人对钢抱箍双向支撑系统进行巡视，发现异常及时汇报处理。

9、钢抱箍拆除进行周转使用前，应对钢抱箍进行全面的检查，发现缺陷及时修复。

10、在上部混凝土浇筑前，技术人员必须对钢抱箍进行全面的检查，技术人员再随机对其紧固程度进行检查，抽查率不小于 20%，以确保钢抱箍紧固度达到设计要求。

11、在混凝土浇筑过程中，应安排专门的技术工人观察、检查支撑系统情况，发现异常及时查找原因，及时处理隐患。

5. 结束语

本文以长江上游某高桩框架直立式码头项目建设为依托，详细的阐述了在大水位差条件下钢抱箍支撑系统的优越性，通过对钢抱箍支撑系统的工作原理、受力分析进行详细理论分析，并结合现场试验对有限元模型进行验证。将钢抱箍这种风险较高的施工工艺更加系统全面进行了理论与实践相结合的论述，希望对该工艺施工起到借鉴作用。但由于篇幅有限，对钢抱箍支撑系统的计算还不够深入，由于钢抱箍受力的复杂性，在本项目中通过理论计算和试验验证得以成功应用并不代表适用所有工程项目，在分析与计算中难免存在个别的疏漏，相应的数据分析仅起到参考作用，希望同仁们在应用该工艺时，需要根据不同施工条件、环境结合自身项目的特殊性进行细化，对本文所阐述的内容提出批评指

正。

参考文献

- [1]龚博, 戴志培. 精轧螺纹钢反吊工艺在海上码头工程中的应用[J]. 港工技术与管理, 2016(3):30-32.
- [2]许怀青. 钢抱箍法支撑在 PHC 桩码头现浇桩帽中的应用[J]. 交通工程建设, 2007(4):56-58.
- [3]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.
- [4]黄勇, 徐伯海. 单桩多箍式定位结构在浮码头设计中的应用与研究 [J]. 中国水运: 下半月, 2014(7):305-306.
- [5]张东宝, 陈旭勃, 李朝旭, et al. 新增钢梁与原钢筋混凝土柱的抱箍连接节点:
- [6]杨春志. 高桩码头桩基选型及施工技术研究[J]. 中国水运(下半月), 2016, 16(1):245-246.