

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.231372

南昌洪州大桥主缆锚固横梁设计研究

陈 龙

[上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200125]

摘要: 南昌洪州大桥采用50 m+120 m+252 m+120 m+50 m自锚式悬索桥,标准桥宽41.5 m。加劲梁在中跨(252 m)和次边跨(100 m)采用钢-混凝土组合梁;边跨(50 m)和次边跨(20 m)采用预应力混凝土梁进行配重和主缆锚固。单根主缆由37根索股组成,每根索股采用127根 $\phi 5.5$ mm镀锌高强平行钢丝。洪州大桥主缆采用分散式锚固结构方案,主缆各索股在理论散索点处逐步散开,分散锚固在横梁上,锚固横梁截面尺寸为6.0 m \times 3.5 m。结合主缆锚固区的设计,采用实体有限元对锚固横梁前后锚面应力集中、锚固横梁双向受剪、人孔应力集中、横梁预应力D区效应等局部不利受力状态进行分析计算,以验证结构尺寸的合理性和受力的安全性,并对设计提出相应指导意见,为今后同类型桥梁结构的设计提供参考。

关键词: 洪州大桥;自锚式悬索桥;锚固横梁;局部受力

中图分类号: U448.25

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)02-0091-04

Study on Design of Cable Anchoring Beam of Hongzhou Bridge in Nanchang

CHEN Long

[Shanghai Urban Construction Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200125, China]

Abstract: Hongzhou Bridge in Nanchang is (50+120+252+120+50) m self-anchored suspension bridge. The standard bridge is 41.5 m wide. The stiffened beam is the steel - concrete composite beam at the middle span (252 m) and the secondary side span (100 m). The side span (50 m) and the secondary side span (20 m) are carried out by prestressed concrete beams for counterweight and the main cable is anchored. The single cable consists of 37 cable strands, and each strand is made of 127 $\phi 5.5$ mm galvanized parallel high strength steel wires. The decentralized anchoring structure is used for the main cable of Hongzhou Bridge. Each strand of the main cable is gradually dispersed at the theoretical scatter point, and dispersed and anchored on the beam. The cross-sectional size of the anchoring beam is 6.0 m \times 3.5 m. Combined with the design of the anchoring area of the main cable, the solid finite element is used to analyze and calculate the local unfavorable stress states such as stress concentration on the front and rear anchorage surfaces of the anchoring beam, two shear directions of the anchoring beam, manhole stress concentration and D zone effect of beam prestressing, which verifies the rationality of the structure size and the safety of stress. The corresponding guidance is put forward for the design, which provides the reference for the design of the similar bridge structures in the future.

Keywords: Hongzhou Bridge; self-anchored suspension bridge; anchoring beam; local stress

1 工程概况

洪州大桥工程位于南昌市南部,连接红谷滩新区九龙湖片区和南昌县小蓝工业园区,全长3.938 km,其中跨江段长度约1.5 km^[1]。洪州大桥跨江主桥(以下简称洪州大桥)采用50 m+120 m+252 m+120 m+50 m自锚式悬索桥,其总体布置图见图1。

洪州大桥主缆矢跨比取为1:4.67,主缆末端锚

固于混凝土锚跨梁上,吊索间距8.0 m。主缆采用PPWS平行钢丝索股,单根主缆由37根索股组成,每根索股采用127根 $\phi 5.5$ mm镀锌高强平行钢丝,钢丝标准抗拉强度为1 860 MPa^[1]。

加劲梁在中跨(252 m)和次边跨(100 m)采用钢-混凝土组合梁,边跨(50 m)和次边跨(20 m)采用预应力混凝土梁进行配重和主缆锚固,在距离锚固墩分孔线20 m处设置钢-混凝土接头^[2]。中跨标准桥宽41.2 m,边跨桥宽37.7 m。桥梁标准断面如图2、图3所示。

收稿日期: 2023-11-20

作者简介: 陈龙(1992—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

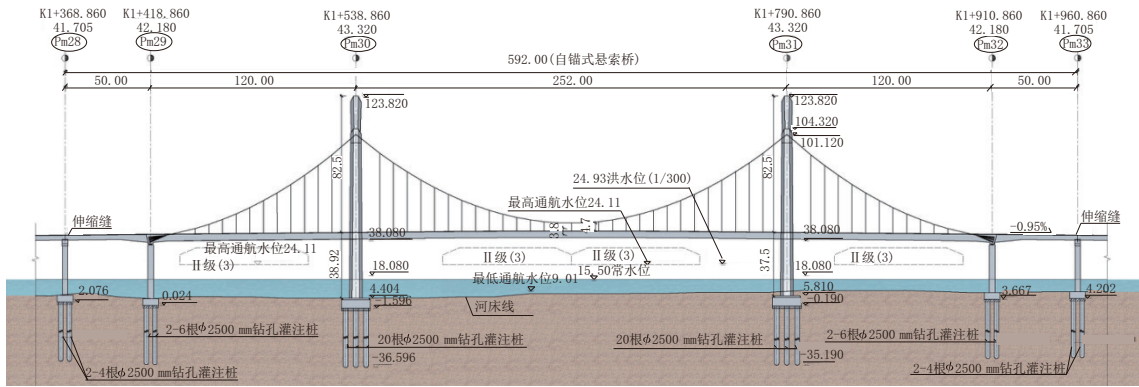


图1 洪州大桥总体布置图(单位:m)

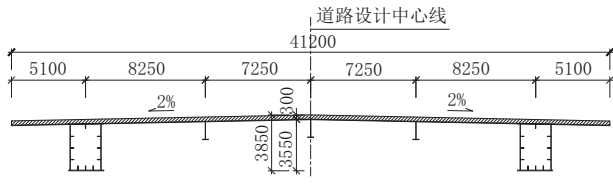


图2 钢-混凝土组合梁标准断面图(单位:mm)

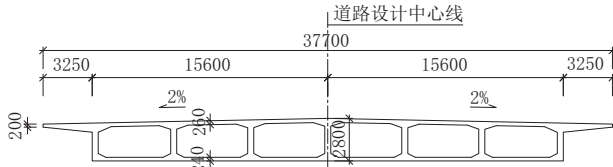


图3 边跨标准断面图(单位:mm)

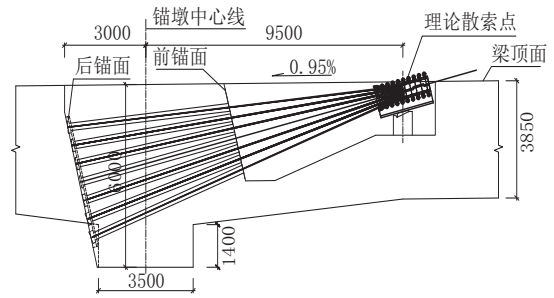


图4 主缆锚固构造图(单位:mm)

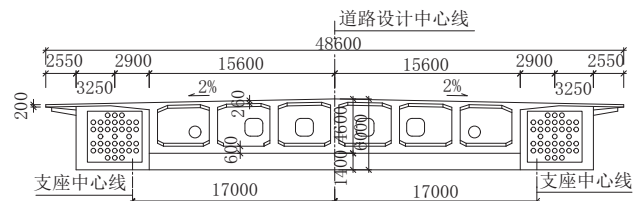


图5 主缆锚固处断面图(单位:mm)

2 锚固横梁设计

2.1 设计原则

自锚式悬索桥常用的主缆锚固方式大致可分为直接锚固式、分散锚固式和环形锚固式3种^[3]。

主缆锚固结构设计需满足以下原则:(1)满足索股锚固局部受力及施工操作要求;(2)满足主缆产生的巨大剪力和弯矩,并把主缆力均匀扩散至主梁全截面上;(3)满足压重需求;(4)满足经济美观需求^[4]。

2.2 结构设计

锚跨混凝土梁采用单箱6室箱梁截面,近主跨侧梁高从3.85 m变化至4.6 m,近引桥侧梁高从2.8 m变化至4.6 m。锚跨混凝土梁采用C50混凝土,材料抗压强度标准值为32.4 MPa,抗拉强度标准值为2.65 MPa,抗剪强度标准值为3.9 MPa。

根据主缆锚固原则,洪州大桥主缆采用分散式锚固结构方案。主缆各索股在理论散索点处逐步散开,分散锚固在横梁上,横梁局部从4.6 m加高至6.0 m,锚固横梁截面尺寸为6.0 m×3.5 m,以此承受巨大的锚固力并将其均匀传递至主梁截面。主缆锚固构造图、主缆锚固处断面图见图4、图5。

横梁按A类预应力构件设计,横向预应力布置

需避让索股、人孔和纵向预应力。预应力规格为22- ϕ_s 15.2和15- ϕ_s 15.2,其布置如图6所示。

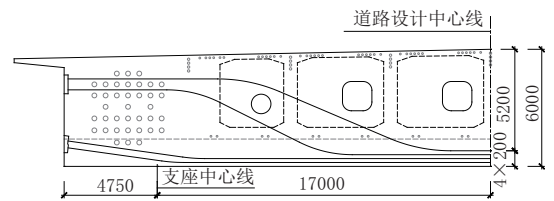


图6 横梁预应力布置图(单位:mm)

3 实体有限元模型

锚固横梁受力较为复杂,承受着多个方向荷载;同时主缆散索区、锚固区和横梁人孔等部位存在着不同程度的截面削弱。因此,建立实体有限元模型,对锚固横梁前后锚面应力集中、锚固横梁双向受剪、锚固横梁人孔应力集中、横梁预应力D区效应等局部不利受力状态进行分析计算。

3.1 模型概况

计算采用MIDAS FEA NX有限元程序,为了消除边界效应的影响,建立全部锚跨预应力混凝土结构,跨径组合为49.7 m+20 m。实体模型整体视图、索

股锚固面细部构造图见图7、图8。

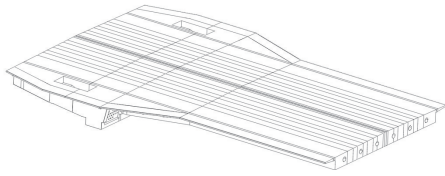


图7 实体模型整体视图

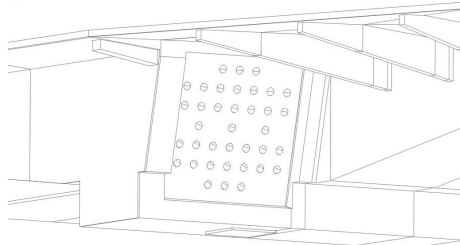


图8 索股锚固面细部构造

索股锚固处按图纸建立钢垫板,主缆端面节点与钢垫板耦合处理。全桥纵向、横向预应力按实际建立,在结合段边界截面形心建立一个节点,并与截面所有节点耦合。

根据实际支座布置情况,约束支座垫板处节点的自由度。固定支座约束三向平动自由度,横向滑动支座约束顺桥向和竖向自由度,纵向滑动支座约束横桥向和竖向自由度,双向滑动支座约束竖向自由度。

3.2 计算荷载

恒载按实际荷载布置施加,全桥纵向、横向预应力按实际建立,模型端部在形心节点施加整体模型中的截面内力荷载。

为了分析锚固横梁最不利受力状态,活载取主缆拉力最大的荷载工况。主缆力及结合段截面内力汇总见表1。

表1 主缆力及结合段截面内力汇总

荷载 工况	主缆力/ kN	索股力/ kN	截面荷载/(kN·m)		
			F_z	F_y	M_x
恒载	48 876	1 321	-94 860	0	123 126
车道荷载	3 007	81	-227	-3 015	-36 912
非机动车	875	24	-51	-714	-8 848

注: X为横桥向, Y为竖向, Z为纵桥向。

4 锚固横梁受力分析

4.1 前后锚面应力集中

索股锚固区预埋钢管,导致截面削弱,前后锚面存在应力集中现象。后锚面建立钢垫板,索股锚固在钢垫板上,通过钢垫板将索力传递至锚固横梁。后锚面、前锚面主拉应力云图见图9、图10。

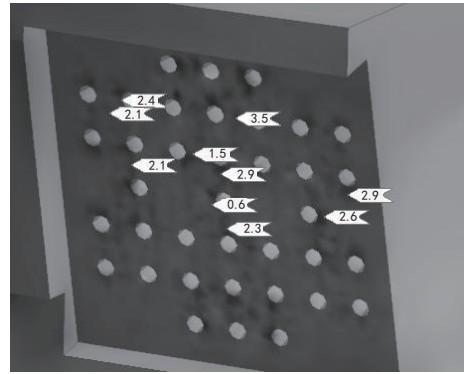


图9 后锚面主拉应力云图(单位:MPa)

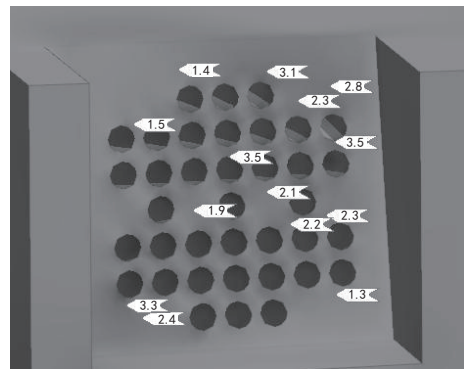


图10 前锚面主拉应力云图(单位:MPa)

由图9、图10可知,前后锚面均存在着明显的应力集中现象。后锚面虽然直接锚固索股,但由于钢垫板的存在,较好扩散了索股集中力,因此其局部最大主拉应力约为2.9 MPa;前锚面局部最大主拉应力约为3.5 MPa。前后锚面最大主拉应力均大于C50混凝土抗拉强度标准值。根据计算结果,前后锚面表面配筋均应适当加强,以防止表面局部开裂。

4.2 横梁双向受剪

锚固横向承受竖向力和主缆力,存在2个方向叠加受剪的问题,且主缆锚固在该横梁上,对全桥的受力安全至关重要。

支座内剪切面为最不利受力截面,该截面剪应力云图见图11。



图11 横梁剪应力云图(单位:MPa)

由图11可知,支座内剪切面存在着显著的双向受剪效应。靠近后锚面处剪应力最大;在高度方向

越往上、水平向越远离后锚面处,剪应力越小,局部最大剪应力约为 2.7 MPa,略小于 C50 混凝土抗剪强度标准值。由于剪切破坏属于脆性破坏,支座附近应加强抗剪钢筋布置,以保证结构安全。

4.3 横梁人孔应力集中

锚固横梁受力较大且配置了较多预应力,人孔周围会存在显著的孔洞削弱效应。但横梁厚度为 3.5 m,为保证人能顺利通过,人孔又不宜过小。综合考虑,锚固横梁人孔尺寸为 1.5 m × 1.5 m。人孔区竖向正应力云图见图 12。

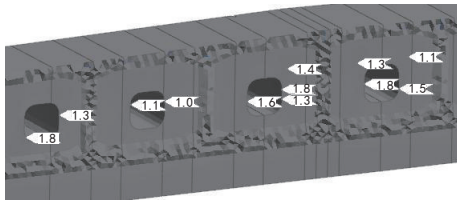


图 12 人孔区竖向正应力云图(单位:MPa)

由图 12 可知,由于横梁预压应力在人孔处缺乏约束,在倒角处产生了竖向拉应力,该区域拉应力最大约为 1.8 MPa,略小于 C50 混凝土抗拉强度标准值。考虑应力集中等情况,人孔四周的局部配筋宜适当加强,以保证结构安全。

4.4 横梁预应力 D 区效应

锚固横梁布置 4 排横向预应力。为避让主缆,分上下 2 组进行锚固,因此在中间区域存在着显著的受拉区,最大拉应力约为 8.9 MPa,大于 C50 混凝土抗拉强度标准值。预应力锚固区竖向正应力云图见图 13。

此处呈现典型后张预应力锚固区剥裂效应,根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》

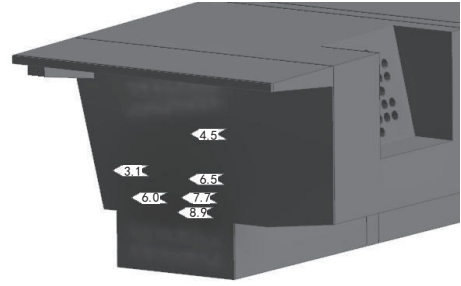


图 13 预应力锚固区竖向正应力云图(单位:MPa)

(JTG 3362—2018)相关条文,结合实体分析的计算结果,在锚下布置双层抗剥裂钢筋,以保证预应力锚固区受力安全。

5 结 语

洪州大桥主缆采用分散式锚固结构方案,主缆各索股在理论散索点处逐步散开,分散锚固在横梁上。本文结合主缆锚固区的设计,采用实体有限元对锚固横梁前后锚面应力集中、锚固横梁双向受剪、人孔应力集中、横梁预应力 D 区效应等局部不利受力状态进行分析计算,对设计提出相应指导意见,保证结构受力的安全性。

参考文献:

- [1] 上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司.南昌洪州大桥工程初步设计说明及施工图[Z].上海:上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司,2022.
- [2] 闵杰,邹炎君.南昌洪州大桥主桥自锚式悬索桥加劲梁比选与设计[J].中国市政工程,2022(6):26-33.
- [3] 邵旭东,邓军,李立峰,等.自锚式悬索桥主缆锚固结构研究[J].土木工程学报,2006,39(7):81-87.
- [4] 陈多,戴建国,臧瑜.大跨径自锚式悬索桥主缆新型锚固结构[J].上海公路,2016(4):33-36.

(上接第 90 页)

- [5] 周倩茹.城市钢混组合梁横向分布系数研究分析[J].城市道桥与防洪,2020,140(1):140-154.
- [6] 万淑敏,张守龙,刘彬,等.50 m 简支钢-混组合梁的设计及受力分析[J].工程建设,2021,53(2):34-38.
- [7] 成立涛,郗磊,魏学军,等.钢-混凝土组合梁施工阶段钢梁稳定

性实用计算方法及参数分析[J].公路交通科技,2023,40(7):121-128.

- [8] JTG/T D64—01—2015,公路钢混组合桥梁设计与施工规范[S].
- [9] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [10] GB 50017—2017,钢结构设计标准[S].