

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.11.029

广东清远市洲心大桥斜拉索梁锚固区 受力分析及设计优化

曹志光

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

摘 要: 广东省清远市洲心大桥的主桥为(100+218+100) m 单索面塔梁固结支承体系混合梁斜拉桥,主梁标准宽度 43 m,每个桥塔设置 12 对索锚固。桥塔斜拉索竖向间距为 2 m,梁上斜拉索锚固纵向标准间距为 8 m,主桥钢箱采用扁平钢箱梁,梁高 4 m。该梁上锚固采用钢锚箱结构形式,是斜拉桥的重要传力构件,其结构和受力复杂,承受的集中荷载大,局部应力集中效应明显,采用空间有限元计算结果全面地反映钢箱梁的受力特点及应力分布情况,并同时根据计算反馈结果对结构进行优化设计,可为类似工程提供相关借鉴。

关键词: 斜拉桥;斜拉索;钢锚箱;钢箱梁

中图分类号: U441+.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)11-0126-03

0 引 言

锚箱作为斜拉桥的重要传力构件,其结构形式和受力比较复杂,因其承受着拉索传来的较大的集中荷载,其局部应力集中效应明显,在斜拉桥设计、施工及现场应力、应变监控需重点关注,因此在该类型桥梁设计时,应该对拉索锚固区进行相应的局部应力研究^[1-2],得出受力特性规律,并做出相应的构造优化设计。本文以广东省清远市跨北江的双塔宽幅单索面支承体系混合梁斜拉桥洲心大桥为背景,对其构造特点和受力特性进行研究分析,验证锚箱结构安全性并进行结构设计优化。

1 工程概况

洲心大桥位于广东清远市内清晖路上,南北走向,因其跨越北江,故民间又称之北江四桥,是一座公路兼市政的特大桥,自建成后,赢得了当地政府的一致好评,因其独特美观的外观造型,被市民公认为“网红桥”。该桥将来连接长隆公园、省职教基地、燕湖新城等当地重点区域,是清远市的重要交通枢纽和景观中轴线^[3]。该桥全长 1 512 m,其中主桥长 418 m,主桥为 100 m+218 m+100 m 宽幅塔梁固结单索面支承体系斜拉桥,主桥主跨通航净宽 200 m,通

航净高 10 m,该桥主梁为混合梁结构,主桥桥墩附近小段范围主梁采用预应力混凝土箱,其余大部分主梁为钢箱梁,桥梁立面布置如图 1 所示。该桥斜拉索采用单索面布置于桥面中心,钢箱梁梁上锚点水平间距 8 m,塔上锚点竖向间距 2 m。

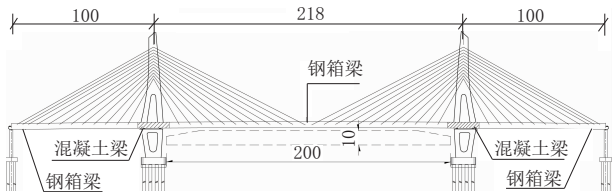


图 1 洲心大桥桥梁立面布置图(单位:m)

因洲心大桥锚固索力较大,梁锚固区采用钢锚箱结构形式,这能够使其拉索锚固点往下移,相对桥面锚拉板的锚固方式,能增大斜拉索水平倾角进而能适当略减小斜拉索的拉力,同时将斜拉索锚固于钢箱内,使其主受力焊缝的形心与钢箱梁截面形心接近,从而能减少主梁结构的受力偏心。

2 钢锚箱构造

洲心大桥钢锚箱因斜拉桥主梁斜拉索梁上锚固点受到较大集中拉力,其局部应力很大,因此需要单独进行受力计算分析研究,经过整体模型计算结果反馈,最大标准组合索力约 4 199 kN,锚箱作为斜拉桥的重要关键设计点,其通过锚垫板、承压板、抗剪板等多个板件的共同工作,将较大的集中索力传至主梁主腹板上,洲心大桥主桥斜拉索梁上锚固点采用梁内钢

收稿日期: 2024-02-28

作者简介: 曹志光(1984—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

锚箱的结构形式,该锚箱抗剪板 N1 的与腹板焊接连接而承压板 N2 不与钢箱梁腹板焊接,如图 3、图 4 所示,而传统钢锚箱结构其承压板 N2 与腹板连接,如图 2 所示,当承压板 N2 也腹板焊接时,主受力焊缝出现 T 型相交,造成焊缝残余应力的问题,该桥锚箱结构通过优化避免了该问题的产生。

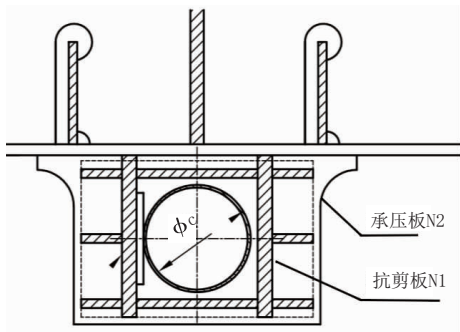


图 2 传统钢锚箱剖面图

洲心大桥钢锚箱抗剪板 N1、承压板 N2 厚度均采用 40 mm,锚板 N8 采用合金钢厚 80 mm,加劲肋如 N3、N4、N7 厚度采用 30 mm,其他加劲肋厚度采用 20 mm,该钢锚箱长 2 600 mm,宽 3 570 mm,锚箱所在钢箱梁对应的焊接腹板厚度为 30 mm,锚箱构造如图 3、图 4 所示。

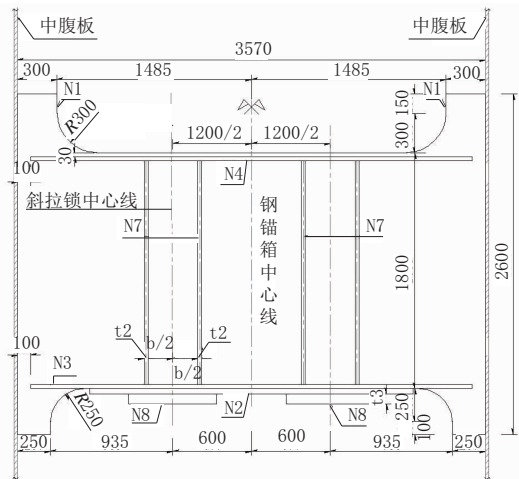


图 3 钢锚箱平面图(单位:mm)

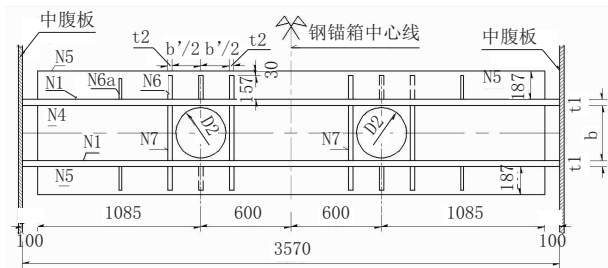


图 4 钢锚箱剖面图(单位:mm)

3 钢锚箱有限元模型

本次研究借助有限元软件 ANSYS 对洲心大桥钢锚箱建立有限元模型进行仿真分析,钢锚箱结构

材料采用 Q345qC 钢,屈服极限 $f_y=345$ MPa,弹性模量 E 取 2.1×10^5 MPa,密度取 $7\ 850$ kg/m³,泊松比 λ 取 0.3,各向同性,容许应力按 210 MPa 控制。按照圣维南原理,钢锚箱局部模型分析时腹板长度可取节段长度 8 m。钢锚箱模拟计算单元类型采用 ANSYS 中的 solid45,腹板与顶板、底板及横隔板的焊缝采用位移约束,计算采用最大受力索力对应的锚箱构造类型作为分析对象,其最大索力标准值 4 199 kN 作用于锚垫板 N8 上;整个有限元离散模型共 263 552 单元,359 956 个节点,如图 5 所示。

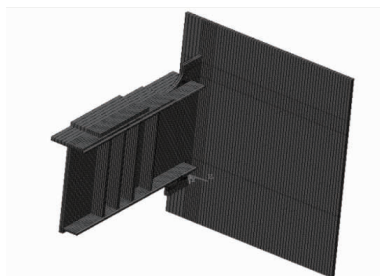


图 5 1/4 对称钢锚箱有限元模型

4 受力分析结果

根据建立模型后的计算结果,得到钢锚箱的应力变形等计算结果,其中锚箱最大等效应力为 124.3 MPa,集中发生在锚垫板附近。主受力焊缝处的最大应力为 108 MPa,位于焊缝中心。按容许应力能满足设计要求,最大位移约为 1.7 mm,变形控制较好,具体计算结果如图 6 至图 8 所示。

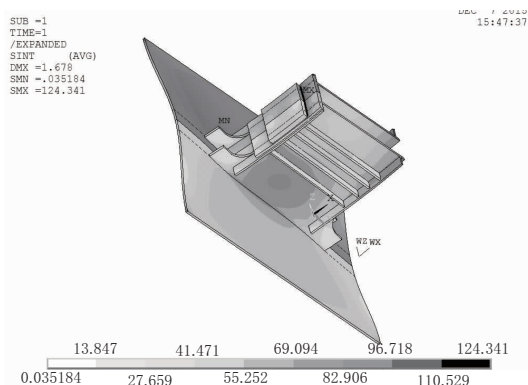


图 6 钢锚箱主应力图(1/2 对称模型)(单位:MPa)

5 板件的关键构造参数分析

该锚箱抗剪板为该结构类型锚箱的主要板件,为了便于研究分析及构造优化,将该板的构造参数分为几个变量作为研究对象,构造参数主要包括抗剪板长度 L 、抗剪板倒角 $R1$ 和 $R2$,如图 9 所示,根据这些参数变化分析锚箱应力变化,将最终优化应力结果作为构造优化设计依据。

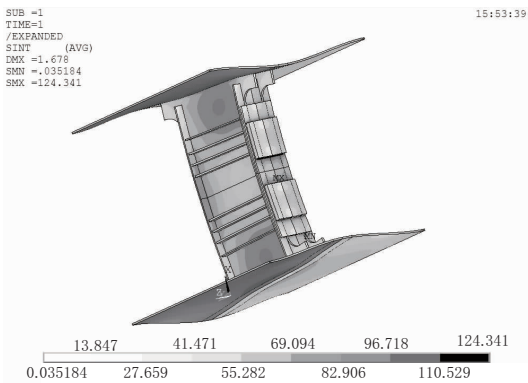


图7 钢锚箱应力图(单位:MPa)

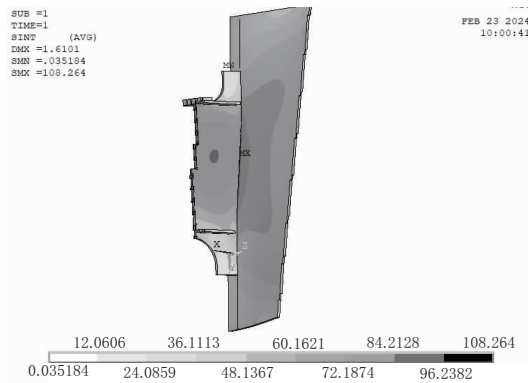


图8 钢锚主受力焊缝附近处应力(单位:MPa)

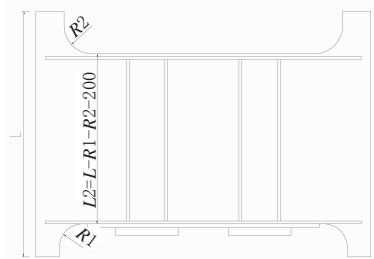
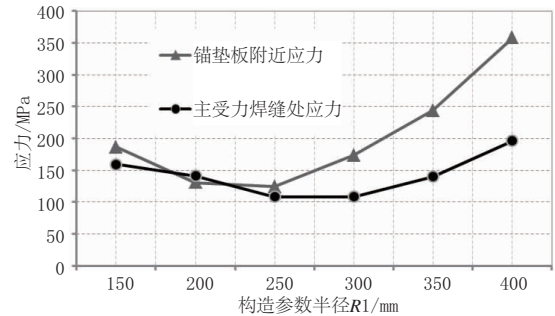
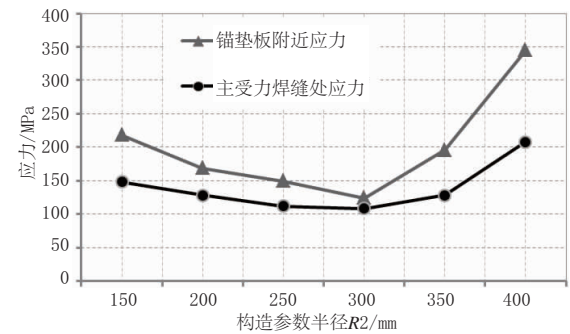


图9 钢锚箱构造参数

根据钢结构基本原理理论^[4],长度参数 L 增大,易知锚箱主受力焊缝的应力可减小,但锚箱材料用钢量增加较大,且还会受腹板净高及张拉空间的影响,故设计时 L 可作初步拟定锚箱长度。

针对构造参数半径 $R1/R2$,改变其大小研究其锚箱应力变化情况,并找到合适的构造参数半径 $R1/R2$,使得钢锚箱的应力较小。经过多模型有限元分析,当改变半径 $R1$,得到钢锚箱对应的应力变化情况如图10所示,改变半径 $R2$,得到钢锚箱的应力变化情况如图11所示。从计算结果知,当半径 $R1/R2$ 采用设计图纸的参数时,钢箱梁应力相对最优,当锚箱构造半径 $R1/R2$ 相对原设计构造逐渐增大或变小时,抗剪板与腹板的主受力焊缝都会随之

增大,同时锚垫板附近的局部应力也会增大,故工程设计时,需借助有限元软件进行多次分析才能找到合适的构造使锚箱结构应力最小,从而得到较为优化的钢锚箱构造。

图10 半径 $R1$ 变化对应锚箱应力变化曲线图图11 半径 $R2$ 变化对应锚箱应力变化曲线图

6 结语

(1)洲心大桥钢锚箱主受力焊缝为抗剪板与腹板连接,与传统钢锚箱T形交叉焊缝相比,该焊缝能够避免焊缝相交造成的残余应力。

(2)洲心大桥钢锚箱为复杂的重要结构,可先根据钢结构相关理论定性拟定钢锚箱初步构造,并借助大型有限元软件对拟定的构造进行分析,不断改变优化构造细节同时进行大量计算对比,使得其锚箱应力局部应力优化,进而得到较为优化的构造设计,可为类似工程提供参考。

参考文献:

- [1] 刘庆宽,王新敏,强士中.南京长江二桥南汉桥索梁锚固足尺模型试验研究[J].土木工程学报,2001,4(2):50-54.
- [2] 周绪红,吕忠达,狄瑾,等.钢箱梁斜拉桥索梁锚固区极限承载力分析[J].长安大学学报,2007,27(3):47-51.
- [3] 郭钰瑜.广东清远市洲心大桥关键技术研究[J].城市道桥与防洪,2021,27(7):75-110.
- [4] 何若全,李启才.钢结构基本原理(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2020.