

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.08.017

# 成都新建五岔子大桥梁墩节点优化设计

郑爱华<sup>1</sup>, 赵彬<sup>2</sup>, 李科<sup>1</sup>, 王美馨<sup>1</sup>

(1.四川西南交大土木工程设计有限公司, 四川 成都 610031; 2.西南交通大学土木工程学院, 四川 成都 610031)

**摘要:** 基于全球方案征集结果的成都新建五岔子大桥造型新颖,其结构设计时一方面外形还原度要求很高,另一方面钢构件连接关系复杂、异型。采用 ANSYS 建立了两个局部有限元方案模型,对比分析了主桥第 2 联梁墩节点的应力分布,结果显示增加次腹板可以很好地解决五岔子大桥上下结构之间均匀、可靠传力的问题。

**关键词:** 梁墩节点;优化设计;钢结构;ANSYS;五岔子大桥

中图分类号: U443

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)08-0059-03

## 1 工程概况

成都新建五岔子大桥位于该市高新区南部园区,西自江滩公园起,跨越红星路南延线、府河、熊家桥路向东接入公济桥路。未来锦江将改造为旅游目的地,休闲人群通行需求大,因而对该桥的景观要求很高。2015 年 9 月,四川省建筑设计研究院以“莫比乌斯环”为设计灵感的方案在全球方案征集中中标。该方案由两座桥组成为无穷大的符号,形成一个无限循环(见图 1),以彰显五岔子大桥所在的高新片区无限上升的发展可能。四川西南交大土木工程设计有限公司据此方案完成了桥梁结构的施工图设计。

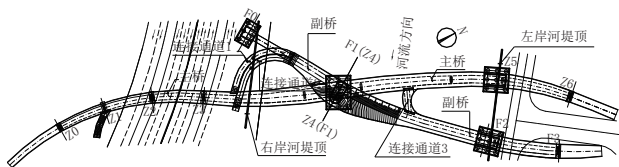


图 1 桥位平面图

五岔子大桥采用钢结构,分两幅桥进行设计,上游桥为主桥,下游桥为副桥,主、副桥间通过连接通道相接。为确保与中标方案外观严格一致,结构各设计外轮廓曲线均通过样条曲线拟合而成,梁体宽度、高度变化较大。主桥第 2 联为 4 跨 V 型墩连续刚构桥,主桥桥型布置图见图 2。

## 2 Z4X1 梁墩节点设计

本桥 V 型墩的两肢采用箱型截面,下端固结于承台顶面,上端与钢箱梁刚接,其梁墩节点构造异

收稿日期: 2021-10-21

作者简介: 郑爱华(1977—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁工程设计工作。

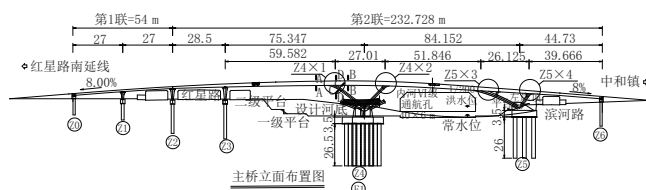


图 2 主桥桥型布置图(单位:m)

型、受力复杂。方案设计阶段 Z4X1 节点附近的断面图见图 3(断面位置见图 2)。经简单计算后发现,该节点局部区域应力偏大,应进一步优化设计以确保安全。

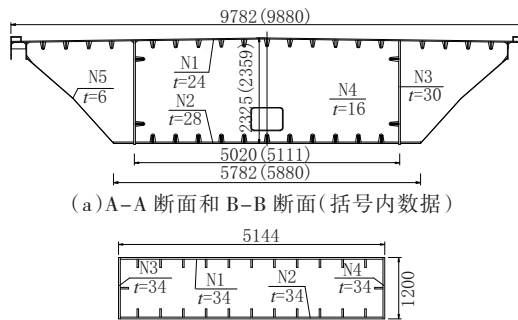


图 3 节点主要断面图(单位:mm)

国内外已建成的混凝土斜腿刚构桥较多,其墩梁节点的板较厚,上下板件之间属于面传力,一般不存在局部失稳问题,还可以通过合理布置预应力钢筋来减小混凝土拉应力<sup>[1-2]</sup>。钢结构的墩梁节点尚不多见<sup>[3-4]</sup>。吴睿麒等<sup>[5]</sup>对某钢结构连续刚构桥 V 型墩局部进行了受力分析,计算显示该桥在斜腿顶部底板倒角处的各板件存在局部应力较大的现象,并就梁墩节点给出了增加斜腿截面加劲数量的设计建议。

笔者对梁墩节点各构件截面特征和力流传递规律进行分析后发现,本桥斜墩的断面形状扁平,其腹板(含加劲肋)在整个断面中所占比例仅为 16.4%,而

上部竖向荷载通过与梁体腹板对齐的斜墩腹板进行传递,显然是最直接的传力路径,这意味着梁墩腹板会有应力集中。为此,拟定了以下两套设计优化方案。

(1)方案 A——为了降低必定集中的局部应力,设计中常用的一种做法就是增加板厚,即将图 3(a)中的 N1 板厚调整为 34 mm。

(2)方案 B——主梁和斜墩局部区域增设两道厚 24 mm 次腹板(见图 4 中 NF1 和 NF2),以便分担主腹板的荷载,同时减小主梁底板和斜墩翼缘板的区格尺寸,从而提高局部稳定性,并减小主梁顶底板剪力滞效应,主腹板 N3 板厚也可减至 28 mm。

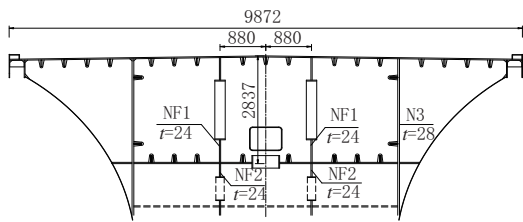


图 4 方案 B 的 D-D 断面(单位:mm)

经核算,方案 B 比方案 A 在该节点增加不到 2% 的用钢量。

### 3 有限元计算结果及分析

#### 3.1 有限元建模

本桥整体计算采用 Midas/Civil 完成。利用 AN-SYS 建立了单元总数约 3 万个的板、梁混合单元局部模型。局部模型包含的范围如下:大跨方向边界为整体模型的永久荷载弯矩零点(图 2 A-A 断面),主梁 V 墩内侧边界(图 2 B-B 断面)距离节点区域超过 1 倍梁高,斜墩下端为固结状态。分析重点在于斜墩顶部的受力状态,故选取了墩顶(图 2 C-C 断面)最小弯矩和最大弯矩两个工况,从整体模型中提取这两个工况所对应的梁截面内力,作为外荷载施加到局部模型的梁端上,同时还考虑了作用于局部模型边界范围内的恒载和活载。此外,考虑到局部模型基本对称于截面中心线,故仅建立了一半结构的有限元模型(见图 5)。

#### 3.2 墩顶最小弯矩工况的计算结果

由图 2 可知,A-A 断面一侧是大跨,B-B 断面一侧是小跨,故墩顶最小弯矩(负值)工况应该是节点应力状态的控制工况。

为满足圣维兰原理,图 6 的应力云图排除了梁端的计算结果。两个方案的腹板和顶板、底板均有高应力区,但方案 B 的高应力范围和最大值都明显小

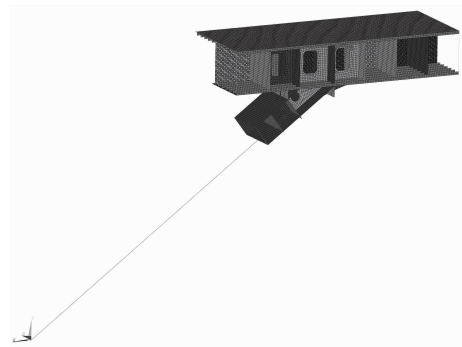
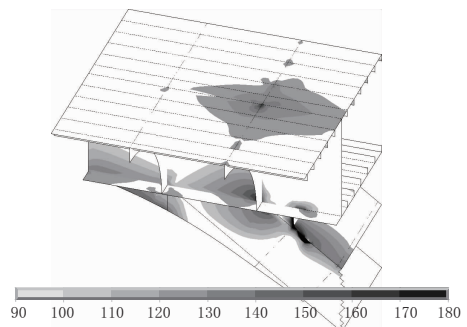
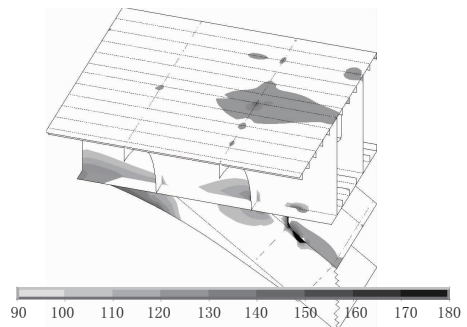


图 5 方案 B 的单元离散图

于方案 A,方案 B 的顶板、底板应力的不均匀性(剪力滞效应)也小于方案 A。



(a)方案 A



(b)方案 B

图 6 局部模型 Mises 应力云图(单位:MPa)

腹板设计是两个方案最大的区别。图 7 详细展示了两者的受力上的差别。不考虑局部模型未建立人孔加劲所造成的应力集中之后,对应力大于 130 MPa 的面积进行简单统计后发现,方案 A 大约是方案 B 的 4.2 倍。

#### 3.3 墩顶最大弯矩工况的计算结果

图 8 为两个方案在墩顶最大弯矩工况条件下的局部模型应力云图。通过简单力学分析可判知,本工况不是梁墩节点受力的控制工况,故相比墩顶最小弯矩工况,两个方案的高应力范围和极值均稍小,但方案 B 的受力状态仍优于方案 A。

#### 3.4 分析

刚构桥的下部结构如采用空心扁墩(无论是直墩还是斜墩),则梁体竖向荷载传递到墩顶横隔板

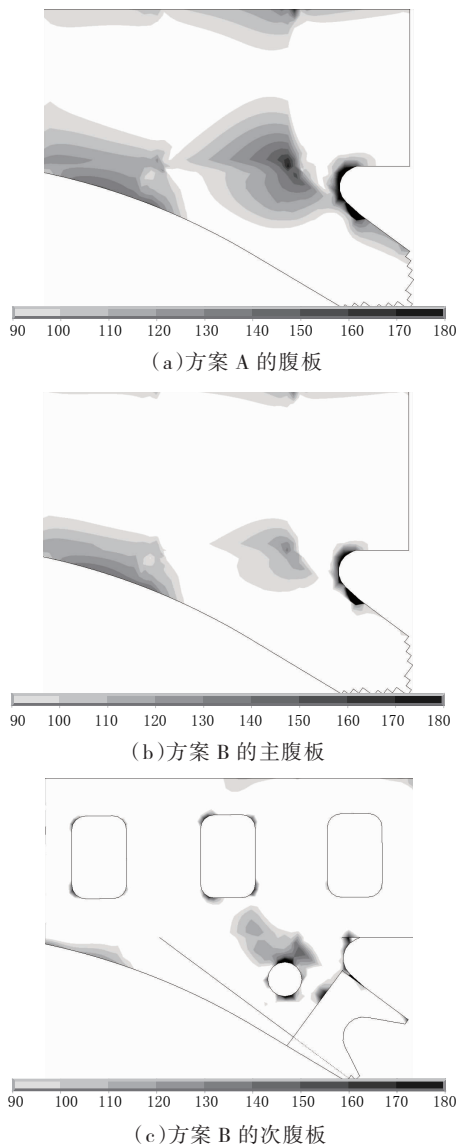


图7 局部模型腹板 Mises 应力云图(单位:MPa)

时会有两条传递途径:一是直接传递给面积较小的墩腹板;二是先传递给墩顶横隔板,再传递给墩翼缘,但由于剪力滞效应,宽翼缘的中部不能很好地承接该荷载——当采用钢结构时,上述力流传递规律尤其显著。

增设次腹板之后,部分竖向荷载提前于墩顶横隔板处就完成了向下传递:桥面荷载→横隔板→梁次腹板→墩次腹板,也能更有效地传递给墩翼缘。

### 3.5 其他墩梁节点

采用以上研究思路,笔者对本桥 Z4X2、Z5X3、Z5X4 节点也进行了有限元计算和优化设计。

## 4 结语

从基本的力学分析出发,充分利用大型有限元

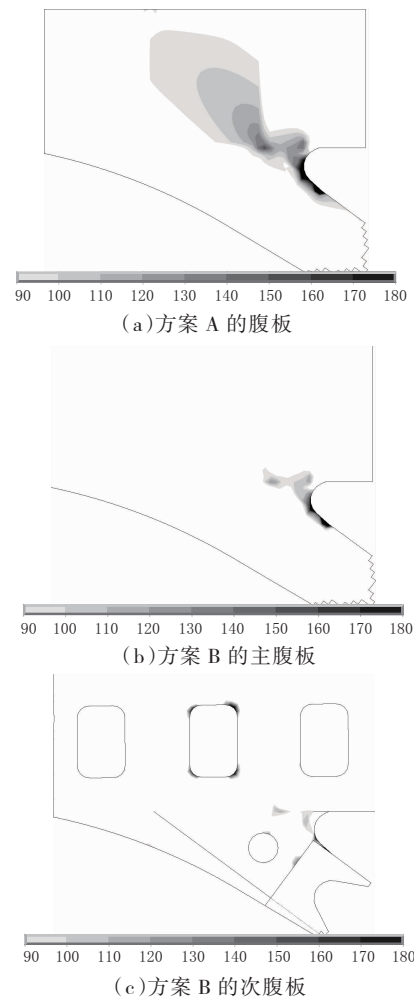


图8 局部模型腹板 Mises 应力云图(单位:MPa)

软件的计算能力进行深化、优化设计,已成为现在工程设计中一种常见和重要的技术手段。本文对成都新建五岔子大桥主桥梁墩节点的有限元对比计算显示,节点部分板件存在应力集中现象,而简单增加板厚度的优化方案效果不如增加次腹板的方案。

五岔子大桥已于 2020 年底建成并投入使用,深受市民好评,成为成都市的“网红桥”。

### 参考文献:

- [1] 赵磊,张金芝.斜腿刚构桥刚结部位局部应力分析[J].铁道标准设计,2008(1):48-50.
- [2] 勾红叶.大跨度预应力混凝土 V 形刚构拱组合桥受力行为研究[D].成都:西南交通大学,2010.
- [3] 唐杨.国内 V 形支撑结构桥梁设计与研究综述[J].特种结构,2019,36(3):101-115.
- [4] 刘家宏,谢尚英,郑爱华.铰支 V 型桥墩局部受力分析[J].四川建筑,2021,41(4):155-157.
- [5] 吴睿麒,王泽宁,宋洪雨,等.钢结构连续刚构桥 V 型墩局部受力分析[J].特种结构,2020,37(3):91-95.