

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.05.035

# 斜弯组合梁桥槽型钢梁施工稳定性研究

陈赛锋<sup>1,2</sup>

[1.上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司绍兴分公司,浙江绍兴312000;

2.上海工业化装配化市政工程技术研究中心,上海市200125]

**摘要:**建造弯斜桥,不但能使整个线路线形美观流畅,而且可以缩短桥长,节省建设用地、投资和材料,提高经济效益,因此斜弯梁结构已广泛应用到城市道路、立交枢纽和高等级公路中。以绍兴某智慧快速路工程为例,通过对主跨箱型叠合梁在施工过程中的工作性能研究,提出槽型开口钢箱在架设过程中的防扭措施。

**关键词:**桥梁工程;斜弯桥;槽型钢箱;叠合梁;抗扭

中图分类号:U445

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2023)05-0137-03

## 0 引言

随着中国国民经济持续稳定的增长和综合国力的增强,城市立体交通及高等级公路建设得到了迅速发展。为了提高道路交通网的通行能力,相应地对路线线形要求就越来越高,路线线形的曲折几乎是不可避免的,弯斜梁结构的桥梁大量出现,使其在构造物中所占的比重越来越大,建造斜弯桥,不但能使整个线路线形美观流畅,而且可以缩短桥长,节省建设用地、投资和材料,提高经济效益,因此斜弯梁结构已广泛应用到城市道路、立交枢纽和高等级公路中。

由于斜弯桥在自重、荷载作用下的工作性能特点,梁在承受竖向荷载时,由于曲率的影响,必然伴生扭转,而这种扭转作用又导致挠曲变形。本文结合绍兴某智慧快速路工程桥梁在施工过程中产生的问题,对槽型叠合梁的受力特点进行分析论述。

## 1 项目概况

新建桥梁属于绍兴某智慧快速路工程二期项目,主桥上跨准Ⅶ级航道,共分4幅:西侧辅道桥、西侧主线桥、东侧主线桥及东侧辅道桥,跨径分别为55 m、50 m、42 m和40 m,其中左右两幅为地面辅道,中间两幅为快速路主线。主线桥宽为11.75 m,辅道桥宽14 m。主线桥梁设计荷载等级为城-A级,辅道桥设计荷载等级为公路一级,并按照城-A级

收稿日期:2022-11-04

基金项目:上海市科委(20dz2251900)、上海市科委(21002420100)

作者简介:陈赛锋(1990—),男,学士,工程师,从事桥梁工程设计工作。

复核。辅道桥的平面见图1,横断面见图2。

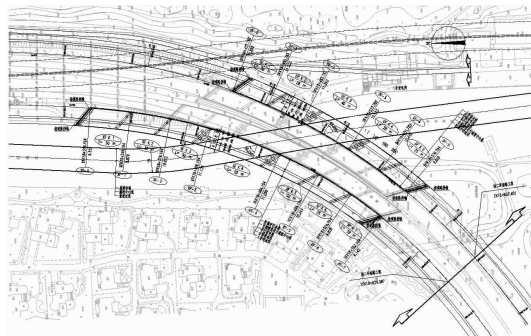


图1 辅道桥平面布置图

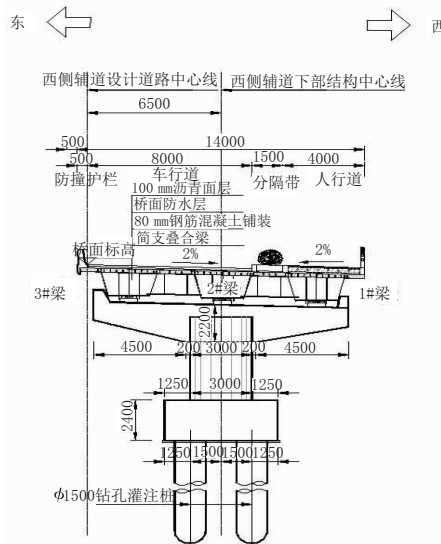


图2 辅道桥横断面布置图(单位:mm)

本次分析的主桥西侧辅道桥为钢箱混凝土叠合梁桥,桥面横坡为2%。桥梁中心线位于半径 $R=368$  m的圆曲线上,设计道路中心线法线与桥梁分孔线顺交 $35^\circ$ 。叠合梁采用多箱单室结构,共3片箱梁。

钢结构部分采用全焊接钢梁,由主梁、横梁及I字加劲肋组成。横梁全桥均布8道,其中支点横梁与分孔线平行设置,跨中横梁与桥梁中心线平行设置,

腹板在距上缘 500 mm 处设置一道纵向加劲肋,钢梁上翼缘板顶面设置剪力键与混凝土桥面板连为整体,剪力键采用圆柱头焊钉。叠合梁中心位置处梁高 2.7 m,混凝土桥面板厚 0.22 m。钢梁顶板厚 20 mm,底板跨中位置厚 22 mm,支座位置加厚至 30 mm 及 36 mm。跨中位置腹板厚 16 mm,支座附近逐渐加厚至 25 mm。

## 2 施工过程中发生的问题

西侧辅道桥钢叠合梁位于圆曲线,曲线半径为 368 m,跨径为 55 m。设计为弯梁弯做,腹板为曲线设置,设计要求在施工时,在三分点设置临时支撑,钢梁部分分节段吊装。施工方在考虑航道、工期等因素后,采用无支架单梁整体吊装施工,吊装后钢箱无临时支撑,由于该桥钢叠合梁为弯梁,存在重心偏移现象,导致开口钢箱架设后出现整体扭转现象,箱梁外缘下挠明显,见图 3。



图 3 钢箱梁整体扭转(外缘下沉)

后续钢横梁安装时,施工单位按照原施工方案采用千斤顶顶升的方式,设置着力点均在钢结构上,对相邻钢箱梁顶板的高差进行调整,调整后部分横隔板出现屈曲现象,见图 4。



图 4 局部隔板屈曲

## 3 原因分析

### 3.1 模型建立

钢混结合梁验算主要采用整体效应分析法,即基于空间有限元分析方法,采用板单元模拟钢箱梁,

采用梁单元模拟混凝土桥面板,桥面板与钢梁间采用刚性连接的方法模拟剪力钉作用,根据桥梁施工方法对桥梁进行施工仿真分析,对桥梁施工阶段进行分析。

计算采用 MIDAS CIVIL 2021 建立空间有限元模型对当前状态下钢箱梁应力分布情况进行计算,采用板单元模拟钢箱梁,采用梁单元模拟混凝土桥面板。计算模型见图 5。

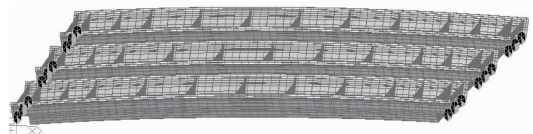


图 5 现状施工支撑示意图

### 3.2 施工过程分析

根据原施工方案建立有限元模型进行分析计算。钢梁架设工况下结构变形见图 6,开口钢箱梁架设后,钢箱梁外侧下挠明显。1#~3# 主梁顶板跨中位置内外两侧竖向变形差分别为 274 mm、291 mm 及 260 mm。



图 6 钢梁架设工况下结构变形图

钢梁架设后,对于横梁两侧顶板存在高差的问题,施工方按照原方案采用千斤顶顶升进行调节。根据计算结果,各主梁的稳定值系数均小于 4.0,易发生失稳现象。失稳状态下,典型隔板的变形见图 7。横隔板产生扭转变形,与现场情况较为接近。



图 7 失稳状态下横隔板变形图

## 4 加强措施

原施工方案未采取临时支撑,导致开口箱梁计算跨径加大,且开口抗扭能力较弱,易发生整体扭转失稳,下面针对原方案的不足,分别选取相应的加固措施进行分析。

### 4.1 横隔板顶增设翼缘板

在设计横隔板顶增设顶部翼缘板,横隔板顶板尺寸与钢横梁顶板尺寸一致,即宽 500 mm,厚 20 mm。计算时仍按原设计施工方案中整节段吊装方式进行验算,以验证横隔板顶板对箱梁稳定性的影响。

图 8 为箱梁架设工况下结构的变形示意图,箱

梁跨中位置左右侧顶板的最大竖向变形差由原方案的 291 mm 减小为 59 mm, 两侧高差降低了 79.8%。图 9 为该工况下结构稳定性验算结果, 结构的一阶弹性稳定值系数为 7.10, 失稳形态为 3# 主梁整体扭转失稳。

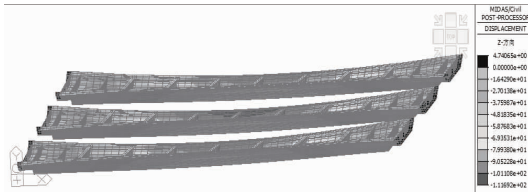


图 8 横隔板增设顶板后结构变形图

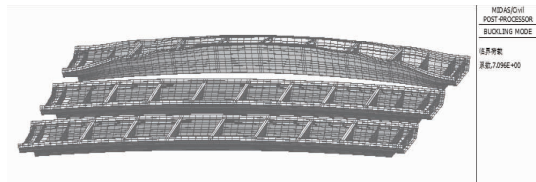


图 9 横隔板增设顶板后结构失稳形态

#### 4.2 加密横隔板间距

原设计横隔板间距为均布 8 道, 现加密至均布 16 道, 计算时仍按原设计施工方案中整节段吊装方式进行验算, 以验证横隔板道数对箱梁稳定性的影响。

图 10 为箱梁架设工况下结构的变形示意图, 箱梁跨中位置左右侧顶板的最大竖向变形差由原方案的 291 mm 减小为 48 mm, 两侧高差降低了 83.5%。图 11 为该工况下结构稳定性验算结果, 结构的一阶弹性稳定值系数为 6.96, 失稳形态为 3# 主梁跨中位置腹板与顶板局部失稳。

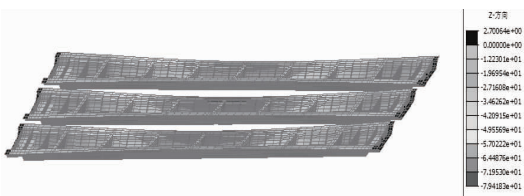


图 10 加密横隔板后结构变形图

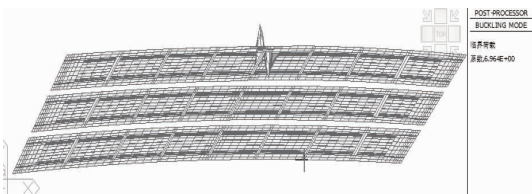


图 11 加密横隔板后结构失稳形态

#### 4.3 三片主梁及横梁连接成整体进行吊装

由于原方案单梁受力, 横向未形成整体, 现计算时按横向形成整体后钢梁整体吊装方式进行验算。

桥梁的稳定性验算结果见图 12。桥梁结构整体

的一阶弹性稳定值系数为 15.32, 屈曲模态为 1/4 跨附近腹板局部屈曲, 稳定值系数大于 4.0, 结构稳定性满足要求。

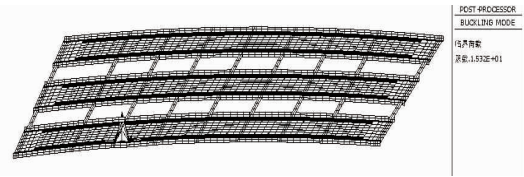


图 12 整体吊装结构失稳形态

## 5 结论

根据计算结果及现场实际情况, 目前问题发生原因为原施工方案未充分考虑到该项目大跨径斜弯开口钢箱梁扭转较小的特点, 存在一定缺陷。

本项目采用大跨径开口钢箱梁, 原施工方案采用单节段一跨过河方案, 箱梁整体抗扭刚度较低。钢梁架设后, 由于原方案中跨中未设置临时支撑, 钢梁重心偏移导致发生整体扭转变形, 曲线外侧下挠严重。同时施工吊装时钢横梁悬挑在 1# 及 2# 开口钢箱梁外侧, 悬挑的钢横梁重量更加剧了钢箱梁的外侧下挠。同时, 由于开口钢箱梁扭转刚度较低, 存在着整体稳定性较差的问题。施工中采用千斤顶调整标高及施工人员、设备等施工荷载导致桥梁屈曲, 结构发生稳定性破坏。

经验算, 采取横隔板增加顶板、加密横隔板间距、横向连接成整体后再吊装等措施均可提高开口钢箱梁扭转刚度, 钢箱梁曲线外翻现象及整体稳定性均有较大提高。

#### 参考文献:

- [1] 林元培. 桥梁设计工程师手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [2] 宋玲玲. 浅谈钢混合梁施工控制及关键技术[J]. 工艺技术, 2022(4): 64-66.
- [3] 王兴兴. 钢混合梁在连续梁桥中的应用研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2016.
- [4] 张树清, 魏庆庆. 钢混合梁加劲板形式研究[J]. 工程与建设, 2021(5): 876-878.
- [5] 黄继荣, 纪键铤, 马牛静, 等. 叠合梁局部梁段施工及运营过程受力性能研究[J]. 世界桥梁, 2021(5): 59-65.
- [6] 何建国, 荆伟伟, 张叶青, 等. 钢混合梁桥性能评价研究[J]. 施工技术(中英文), 2021(9): 37-41.
- [7] 顾晓毅. 曲线桥梁抗倾覆稳定参数分析[J]. 城市道桥与防洪, 2021(4): 78-80.
- [8] 侯增水, 杨桂玲. 桥梁稳定理论的研究[J]. 黑龙江交通科技, 2005(5): 52-54.