

# 钢混组合梁桥施工关键技术研究

杨金洁<sup>1</sup> 厉萱<sup>1</sup> 欧旗<sup>2</sup>

1. 中电建路桥集团有限公司, 北京, 100000;

2. 中国水利水电第七工程局有限公司, 成都, 610213;

**摘要:** 钢-混组合梁桥施工工艺复杂、施工周期长, 由于施工过程中的精度控制、荷载以及温度变化等各种因素, 易导致桥梁实际施工效果与理论状态之间出现较大偏差, 因此, 通过对临时支墩的受力计算和对钢混组合桥施工监控的计算, 提出采用窄幅钢箱梁和装配式预制 PC 桥面板的形式, 该结构形式运输安装便捷, 显著提高施工进度, 大幅减少用钢量, 钢混组合梁桥兼具钢桥和混凝土梁桥的优点, 结构性能更加优异, 经济和社会效益显著, 具备一定的工程应用价值, 可为类似工程提供参考。

**关键词:** 临时支墩; 有限元模拟; 应力验算; 施工监控

DOI:10.69979/3029-2727.24.03.011

## 1 工程概况

本研究以西南某高速公路枢纽互通上跨高速的钢混组合梁施工为基础<sup>[1]</sup>。通过受力分析及结构计算, 提出采用窄幅钢箱梁+装配式预制 PC 桥面板, 预制 PC 桥面板经后浇湿接缝连接, 通过剪力连接件与窄幅钢箱梁连接构成纵梁横板体系, 在钢混组合梁实际施工时需加强施工监控<sup>[2]</sup>。

## 2 主要研究内容

### 2.1 临时支墩设计与施工技术研究

临时支墩必须具有足够的强度、刚度及稳定性, 本方案临时支墩的设计验算主要考虑有震荡荷载参与和没有震荡荷载参与的两种工况<sup>[3]</sup>。

### 2.2 钢-混组合梁桥施工监控技术研究

钢-混组合梁桥的局部稳定、应力及钢梁变形等问题是桥梁结构设计的关键, 而关键点是局部稳定性、应力和空间应力<sup>[4]</sup>。

## 3 临时支墩受力验算复核

### 3.1 计算参数

(1) 材料特性

钢材容重:  $\gamma = 78.5 \text{ kN/m}^3$ , 弹性模量:  $E = 206 \text{ GPa}$ 。

(2) 容许值

表 3.1-1 受弯构件挠度容许值

项次	构件类别	挠度容许值	
		永久+可变荷载	可变荷载产生
1	主梁或桁架	l/400	l/500
2	其它	l/250	l/300

表 3.1-2 钢材强度设计值

钢材强度设计值、钢号	抗拉 (fsd)	抗剪 (fvd)	端面承压 (fcd)
Q235	215	125	320

(3) 荷载参数

①结构自重: 取临时支撑自重;

②附加荷载: 附加荷载中的竖向荷载由钢箱梁自重产生, 按节点荷载两点施加, 工况一中考虑施加吊装完成时的最大竖向荷载, 工况二中考虑施加初始吊装时的初始竖向荷载。

### 3.2 未考虑震荡荷载的计算结果

用 MIDAS Civil 软件建立钢箱梁临时支撑的模型, 进行荷载组合, 计算组合荷载下结构强度与变形的最大值, 与允许值进行比较, 完成结构的安全性验算<sup>[5]</sup>。

钢箱梁临时支撑 MIDAS Civil 模型如图所示。

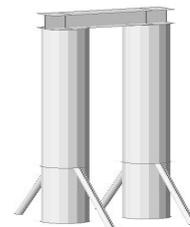


图 3.2-1 钢箱梁临时支撑有限元模型

(1) 强度验算

①最大组合应力验算

组合应力: 组合应力最小值 (压应力)  $52.3/6 \text{ Mpa} < f = 215 \text{ Mpa}$ , 最大值 (拉应力)  $49.0 \text{ Mpa} < f = 215 \text{ Mpa}$ , 满足规范要求。

②剪应力验算

剪应力: 最大剪应力为  $94.2 \text{ Mpa} < 125 \text{ Mpa}$ , 满足规范要求。

(2) 刚度验算 (挠度验算)

挠度: 钢箱梁临时支撑最大挠度为  $1.40 \text{ mm} < 1800/250 = 7.2 \text{ mm}$ , 小于规范限值, 故满足规范要求。

(3) 稳定性验算

首先在迈达斯结构类型中将自重转化为质量, 然后在迈达斯屈曲分析中设置模态、数量, 最后运行分析, 在屈曲模态中确定第一阶屈曲模态的临界荷载系数。



(2)在1.0恒重+1/2活载条件下,设计合理的预拱度,并将其作为成桥线形和预拱度,并在此基础上,将该桥型的受力情况近似为线性弹性。

(3)在没有受力的条件下,按照工程实践,用折线取代曲线,确定各梁段的上下缘钢板下料长度。

(4)基于无应力状态的线形,通过对钢结构及混凝土自重及二期恒载等作用产生的位移,获得对应条件下的结构受力状况,并据此对每一阶段进行线形调控。

#### 4.4 钢箱梁的卸载分析

待桥面板达到设计强度及钢箱梁整体受力且经线形监控测量满足要求后,即可拆除临时支墩<sup>[11]</sup>。

##### 4.4.1 卸载原则

钢箱梁卸载顺序:整个钢箱梁卸载统一按对称卸载的顺序进行,卸载应该以结构的分析为基础,以结构的安全为目标,以变形协调为核心,以实时监测为方法,在整个施工中都要严格遵守以上几个方面的规定。

##### 4.4.2 卸载步骤

(1)将各临时支点更换为50t以上的千斤顶,距原有标高支点不大于200毫米,并对其支承部位进行加强,避免出现稳定性问题。该支护结构的荷载卸除分三个步骤,即一次卸10毫米、二次20毫米、三次卸20毫米;如此循环,直到托架支承从钢箱梁上拆下。位移量根据设计给出的施工预拱度计算而来。

(2)当千斤顶布置完成,以水准仪或全站仪作参考,测得基准量,再将标高支点降低。首次全部标高下降10毫米,然后统一同步收缩千斤顶10mm(用刻度标记实现控制),在平稳5min之后,用仪表测定改变后的数值,再参照基准值,若没有改变,则本次卸载完成。反复进行上述操作,直到支架脱离为止。千斤顶设置位置如下图所示:

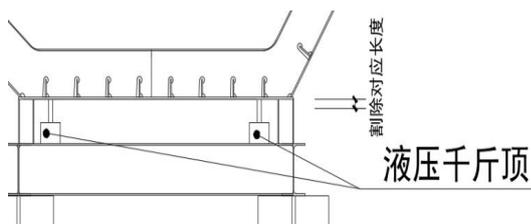


图 4.4-1 千斤顶设置位置示意图

#### 4.5 施工误差处理

对桥梁进行施工监控,其首要目标就是尽可能地使其与设计相吻合。为保证结构的运行状况与设计状况一

致,需充分考虑与设计工况偏差有关的各种因素,才能对整个施工过程进行有效的控制<sup>[12]</sup>。

#### 结论

通过对临时支墩的受力计算和对钢混组合桥施工监控的计算,发现在本项目的钢混组合梁桥施工中,用钢量省40%;减少焊接与涂装,工厂焊接量减少40%,涂装面积减少35%;节段划分灵活,以栓接为主,现场基本避免焊接,安装效率高,吊装重量轻,安装方式可选择性多,散拼、大节段、整跨乃至整联都可以安装;适应山区运输,最小宽度仅1.2m,无需分块即可实现长节段运输,提高工效。

该技术对比常见的施工方法提出新的思路,丰富了桥梁施工技术,为今后类似工程和相关工程提供有力的参考资料和技术指导。

#### 参考文献

- [1]钢-混组合梁“干拼”工艺构造措施研究及设计[J].程德林;刘昌鹏;林昱;宋晖.公路,2019(05)
- [2]山区高速公路钢板组合梁施工技术探究[J].黄超.中国公路,2022(22)
- [3]山区桥梁采用钢板组合梁的设计思路与实例验证[J].黄超.福建交通科技,2022(12)
- [4]钢-混组合梁桥低温施工关键技术[J].胡岩峰.交通世界,2023(12)
- [5]“FRP组合梁桥设计与快速施工关键技术研究”项目通过验收[J].西部交通科技,2017(07)
- [6]大跨径钢混组合梁桥施工关键技术研究[J].李航.交通世界,2021(22)
- [7]高速公路桥梁工程中的钢混组合梁施工技术.文辉.交通世界,2021
- [8]钢-混组合梁桥结构设计指标与造价分析[J].刘晓奎;李欣;陈辉.城市道桥与防洪,2022(11)
- [9]考虑结构性能退化的钢-混组合梁桥疲劳寿命研究[J].张立奎;孙晓彤;金大帅;王佐才;李德安.合肥工业大学学报(自然科学版),2022(12)
- [10]钢-混组合梁桥有效温度取值的地域差异性[J].马志元;刘江;刘永健;吕毅;张国靖.浙江大学学报(工学版),2022(05)
- [11]钢-混组合梁桥不同模型精度分析研究[J].肖鹏程.黑龙江交通科技,2023(01)
- [12]基于高性能等厚钢的窄钢箱组合梁桥技术研究[J].汪志甜;杨大海.工程与建设,2021(06)