

上跨城市主干路钢-砼组合梁线形控制技术研究

蔡友华 吴健 叶灵燕

腾达建设集团股份有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要] 通城大道快速路是杭州市 2022 年亚运会保障项目之一, 全线新建高架长度 11.04km。由我单位承建实施的通城大道快速路二期工程通惠北路段, 高架主线起终点桩号为 TCK0+335~TCK2+377.577, 桥梁工程范围包括主线高架 1 座, 平行匝道 2 对, 地面桥 1 座。文章依托项目范围内主线高架第 13 联钢-砼组合梁桥为研究对象, 针对影响钢-砼组合梁成桥线形^[1-2]影响因素进行分析, 并采取相应的技术措施予以控制, 达到组合梁施工满足设计线性要求的目的, 以期为类似工程提供经验借鉴。

[关键词] 钢-砼组合梁; 线形控制; 技术研究

DOI: 10.33142/aem.v4i1.5343

中图分类号: U448.216

文献标识码: A

Research on Linear Control Technology of Steel Concrete Bridge on Urban Trunk Road

CAI Youhua, WU Jian, YE Lingyan

Tengda Construction Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: Tongcheng avenue expressway is one of the guarantee projects for the 2022 Asian Games in Hangzhou, with a new elevated length of 11.04km. Tonghui north road section of Tongcheng avenue expressway phase II project undertaken by our company. The starting and ending chainage of the elevated main line is TCK0 + 335 ~ TCK2 + 377.577. The scope of bridge works includes 1 main line elevated, 2 pairs of parallel ramps and 1 ground bridge. Relying on the 13th steel-concrete composite beam bridge of the main line elevated within the scope of the project, this paper analyzes the influencing factors affecting the alignment [1-2] of the steel-concrete composite beam bridge, and takes corresponding technical measures to control it, so as to achieve the purpose of the composite beam construction meeting the design linearity requirements, in order to provide experience for similar projects.

Keywords: steel-concrete composite beam; linear control; technical study

引言

杭州市通城大道快速路二期通惠北路段钢-砼组合梁桥是由槽形钢箱梁和桥面钢筋混凝土通过剪力钉^[3-5]连接组合成为整体并共同工作的一种结构, 该结构是通过将钢箱梁分段制作、运输, 在临时支架上进行逐段吊装, 焊接槽形钢箱梁之间的横向联系梁, 最后在其上施工钢筋混凝土桥面板形成整体桥跨结构。采用钢-砼组合梁桥技术只需在吊装时临时中断交通, 且便于立体交叉作业, 施工简便, 大大缩短了工期, 减少了混凝土作业量, 减少了能耗和环境的污染, 而且钢-砼组合梁结构具有强度高、刚度大、延性好的性能优势, 综合经济效益好, 应用前景广泛^[6]。

1 工程概况

主线高架第 13 联为三跨一联变截面钢-砼组合梁桥, 桥跨布置为 (39+65+39) m, 其中中跨桥梁跨越城市主干路, 交通流量大, 立面布置如图 1 所示。桥梁全宽 25m, 钢主梁采用槽形断面结构, 与混凝土桥面板组合成箱形断面, 每片梁宽度为 3.15m, 为方便节段划分和运输, 横断面采用直腹板单箱单室多梁断面, 标准断面内共设置 4 榀槽形钢主梁, 每榀钢主梁底板宽 3.25m, 钢主梁间距 3.15m, 横断面布置如图 2 所示。钢主梁与混凝土桥面板之间设置剪力钉, 每榀钢梁顶面及支点横梁顶面均设置 3 列剪力钉, 如图 3 所示, 剪力钉采用 A22×200 圆柱头焊

钉, 焊钉采用陶瓷环焊接, 确保栓钉焊全熔透。

钢主梁跨中标准断面梁高 1.88m, 墩顶支点梁高 2.98m; 边跨钢主梁顶板宽度为 0.5m, 中支点两侧加宽至 0.7m, 中跨跨中加宽至 0.9m; 边跨顶板厚度为 20mm, 底板厚度为 16mm, 中跨顶板厚度为 40mm, 底板厚度为 24mm。钢主梁墩顶支点处设置支点横隔板, 支点横隔板顶面与横梁同高, 厚度为 20mm; 跨间每隔 5m 设置一道中间横隔板, 中间横隔板高度为 1.68m, 厚度为 12mm; 每隔 10m 设置一道梁间横梁加强各主梁间的横向联系, 梁间横梁顶部与钢主梁齐平, 梁高为 1.5m, 厚度为 16mm, 每两道横隔板间设置三道腹板横肋, 厚度为 18mm, 中间设置一道底板横肋, 厚度为 12mm。

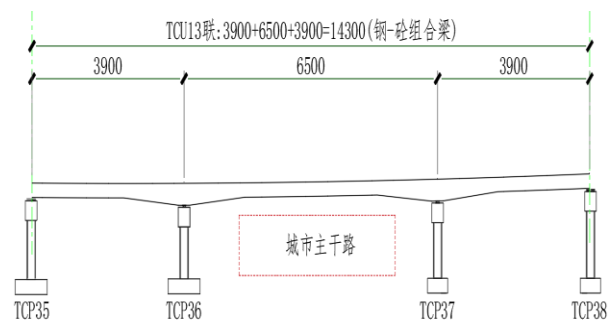


图 1 钢-砼组合梁立面布置图

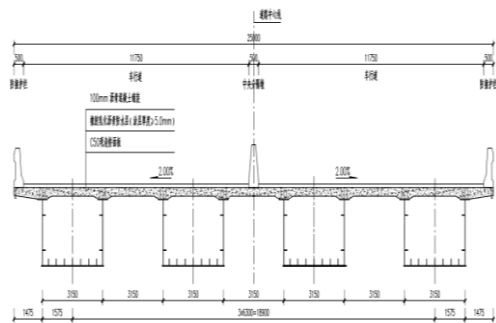


图2 钢-砼组合梁标准横断面布置图

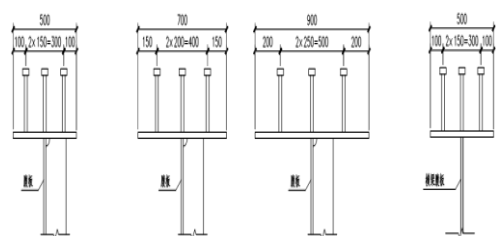


图3 剪力钉布置示意图

2 钢梁节段划分及吊机选型

主线高架第13联钢-砼组合梁横断面布置4榀槽形钢主梁,单榀槽形钢主梁沿桥梁纵向共分为5段,将整联钢梁共划分为20段,分别为A1-A4、B1-B4、C1-C4、D1-D4、E1-E4,各梁段划分如表1所示。

表1 第13联钢梁节段划分表

| 序号 | 构件名称 | 构件规格(m)(长×宽×高) | 数量(榀) | 单件重(t) |
|----|------|-----------------------|-------|--------|
| 1 | A1 | 32.5×3.25×(1.8~2.55) | 1 | 58 |
| 2 | A2 | 32.5×3.25×(1.8~2.55) | 1 | 58 |
| 3 | A3 | 32.5×3.25×(1.8~2.55) | 1 | 58 |
| 4 | A4 | 32.5×3.25×(1.8~2.55) | 1 | 58 |
| 5 | B1 | 21.7×3.25×(2.55~2.98) | 1 | 45 |
| 6 | B2 | 21.7×3.25×(2.55~2.98) | 1 | 45 |
| 7 | B3 | 21.7×3.25×(2.55~2.98) | 1 | 45 |
| 8 | B4 | 21.7×3.25×(2.55~2.98) | 1 | 45 |
| 9 | C1 | 33.8×3.25×1.88 | 1 | 60 |
| 10 | C2 | 33.8×3.25×1.88 | 1 | 60 |
| 11 | C3 | 33.8×3.25×1.88 | 1 | 60 |
| 12 | C4 | 33.8×3.25×1.88 | 1 | 60 |
| 13 | D1 | 31.0×3.25×(1.88~2.98) | 1 | 64 |
| 14 | D2 | 31.0×3.25×(1.88~2.98) | 1 | 64 |
| 15 | D3 | 31.0×3.25×(1.88~2.98) | 1 | 64 |
| 16 | D4 | 31.0×3.25×(1.88~2.98) | 1 | 64 |
| 17 | E1 | 24.0×3.25×1.88 | 1 | 43 |
| 18 | E2 | 24.0×3.25×1.88 | 1 | 43 |
| 19 | E3 | 24.0×3.25×1.88 | 1 | 43 |
| 20 | E4 | 24.0×3.25×1.88 | 1 | 43 |

由上表可知,第13联钢梁单件最大吊重为64t,结合吊机工况性能表并经受力验算后采用双台160t汽车吊抬吊形式。根据钢梁的截面尺寸、分段的长短和吊装工况,计算每一梁段的构件重心位置,在每榀分段梁上设置4个吊耳,吊耳采用与钢主梁相同的Q345qD钢材,厚度为25mm,并在吊耳两侧增加12mm的圆环。吊耳采用焊接的形式,吊点布置在钢-砼组合梁腹板与隔板交叉处,吊耳与钢-砼组合梁翼板采用坡口熔透角焊缝,焊接完成对焊缝进行无损检测,检测合格才能允许进行吊装作业。在保证钢丝绳最小吊装角度 $\alpha=60^\circ$ 夹角情况下,考虑最不利受力工况条件下进行受力验算,选用 $\phi 44\text{mm}-6\times 37$ 、公称抗拉强度1870Mpa的钢芯钢丝绳,卸扣采用25t弓形卸扣。

3 钢-砼组合梁线形控制技术分析

3.1 预拱度的设置

对于钢-砼组合梁成桥线形能否满足设计要求,其合理的预拱度设置方法与实际工程中的施工至关重要,而钢-砼组合梁的施工线形很大程度上依赖于制造时所形成的预拱度^[7]。钢梁厂内制造前需要对所有的主材进行抽样检测,钢板及型材在下料前应对所有使用材料的规格、厚度进行确认并进行矫平矫直,平面度与直线度(含型钢)允许偏差符合相关规范要求^[8]。钢梁制造需根据设计预拱度值进行备料,并在符合制造线形的胎架上进行焊接预拼装,胎架结构应有足够的强度和刚度,满足承载钢主梁及施工荷载的要求,确保不随梁段拼装重量的增加而变形。胎架预拱需考虑组合梁的设计预拱和钢梁制造预拱的要求,设计预拱按照设计图纸考虑,制造预拱根据桥型结构、节段长度等因素确定,胎架所形成的工作面应与钢主梁底板的线形相贴合,并在钢主梁横隔板及联系横梁位置进行加强。胎架立柱一般采用[20b槽钢制作,横梁位置采用[20a槽钢制作,根据主梁重量及施工荷载进行强度及稳定性验算后布置胎架结构。钢主梁厂内制作流程:施工准备→测量放样→胎架布置→钢主梁底板定位→钢主梁横隔板定位→纵腹板及加劲板定位→联系横梁定位→质检验收。

3.2 施工测量

施工测量工作贯穿于整个作业过程,是确保成桥线形符合设计要求的工序。测量工作包括:施工前桥墩支座的复测、节段划分线的放样、临时支架基础放样、临时支架安装复测、支架高程复测、钢主梁吊装线形测量、成桥线形复测等。钢梁吊装前,必须使用已建立的测量控制网,对支座的水平度、位置、高程进行复测。测量控制网必须定期进行复核,测量数据必须正确有效,并经技术负责人确认后才能使用,各类测量仪器需按照有关计量规范及规程定期进行检定和校验。

3.3 临时支架基础结构

临时支架基础底部原状土层需进行地基承载力验算,对验算不满足支承情况的原地基需进行压实或换填处理。

临时支架基础采用 C30 混凝土刚性基础, 尺寸形式为 $3.6\text{m} \times 1.5\text{m} \times 0.5\text{m}$, 基础上下各铺设一层钢筋网片, 钢筋采用 C16 的螺纹钢, 间距为 150mm。为增强钢管支架的稳定性, 在混凝土基础顶面预埋厚度为 12mm 的钢板, 与钢管支架底部进行焊接固定, 预埋钢板尺寸为 $0.8\text{m} \times 0.8\text{m}$ 。为避免混凝土浇筑过程中, 预埋钢板下存在气泡空鼓, 造成受力缺陷, 可事先在钢板中心气割 $\phi 150\text{mm}$ 圆孔排气, 以确保钢板底部混凝土结构密实。

3.4 临时支架

第 13 联槽形钢主梁沿纵桥向设置 4 条分段线, 将钢主梁划分为 5 个节段, 钢梁吊装前, 在施工现场先安装临时支架, 并对支架进行 120% 超载预压, 以消除支架变形, 同时在墩顶盖梁和支架上标明每榀槽形钢梁的纵横向中心线, 以辅助钢主梁吊装过程中的纵横向定位^[9]。支架高度根据钢主梁底面与地面的高度来确定^[10], 支架沿桥梁纵向间距 2.2m, 横向间距 6.3m, 支架形式为双排柱支撑形式, 在每条分段线位置选用 8 根 $\phi 500\text{mm} \times 10\text{mm}$ 钢支撑, 分段线两侧各 4 根, 柱间采用螺栓连接, 为增加钢管支架的稳定性, 钢管支架间采用 [14 槽钢连接, 支架顶部采用单片 HW500x300 型钢作分配梁。由于钢梁吊装至墩上焊接成桥前不能直接支撑在支座上, 一般钢梁吊装就位时底板应高于支座上钢板支撑面 10mm, 故需在墩顶盖梁上和分配梁与钢主梁底板间设置调节短柱, 调节短柱采用扣拼 [20 槽钢, 调节短柱的高度设置需考虑成桥线形的纵坡和横坡以及后期支架拆除时必要的活动空间, 扣拼槽钢上口线形同该部位钢梁底板线形一致, 钢梁就位后, 将其与钢梁底板间断焊接。

3.5 温度影响

众所周知, 温度变化对钢梁受力性能影响显著, 国内外众多学者均对钢结构在温度作用下的性能进行过相关研究, 其中涂展麒^[11]等在利用能量原理推导钢梁竖向位移以及应力计算公式的基础上, 对钢梁进行分析并得出钢梁应力几乎随温度变化呈线性增加, 且升温对钢梁的最大应力影响较大; 钢梁的最大竖向位移, 升温时随着温度变化的增加而增加, 降温时随着温度变化的增大而减小, 当外荷载增大时, 温度变化对钢梁竖向位移的影响变大。由此可见温度变化对钢梁竖向位移影响较大, 进而影响成桥线形, 故需选择一天中温度稳定的时段进行钢主梁吊装施工, 同时受下方城市主干路交通流量大的影响, 本联钢梁吊装选择在夜间交通流量小且温度稳定的时段进行作业。

3.6 桥面施工影响

为避免桥面板施工过程中引起钢梁变形过大, 在桥面施工过程中, 需要严格遵循均匀对称的原则, 特别是正、负弯矩区的范围划分不清, 将大大影响钢梁的挠度变形, 进而影响全桥的线形。按照设计文件的施工步骤进行桥面施工, 精确划分正、负弯矩区的长度及严格控制混凝土等强时间, 钢-砼组合梁两边跨端部 33m 及中跨跨中 53m 为正弯矩区, 36#和 37#墩两侧各 6m 为负弯矩区。钢主梁焊

接连成整体后, 撤掉临时支架, 采用吊模法^[12-13]在上安装模板、绑扎桥面板钢筋, 先浇筑正弯矩区混凝土, 并养护至设计强度 80% 以上后, 再浇筑负弯矩区混凝土, 混凝土浇筑顺序为纵向自中间向两边对称浇筑, 横向必须先浇筑槽形钢梁腹板内侧部分, 然后浇筑两侧悬臂部分, 在浇筑中间部分时, 以桥梁中心线为准, 采用两台泵车同时对称浇筑, 且浇筑速率要大致相同, 最后再施工桥面系和附属结构。

4 结语

钢-砼组合梁桥结构优势明显, 已逐步成为我国常见的桥梁形式, 对我国的桥梁及交通工程发展有着积极推动作用。本文通过对钢-砼组合梁从厂内制造及现场施工等各成梁阶段线形影响因素进行分析控制, 施工完成后成桥线形满足设计文件及相关规范要求, 为本项目其余组合梁桥及同类型组合梁桥快速优质施工积累了一定的经验, 对优化施工组织、控制施工风险、提高施工质量、加快施工进度等均具有指导意义。

[参考文献]

- [1] 唐守恒, 李明. 大跨波形钢腹板预应力组合箱梁桥线形控制技术[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2017(8): 246-248.
 - [2] 诸葛跃芳, 潘泳. 钢-混凝土组合连续箱梁桥几何线形控制研究[J]. 浙江交通职业技术学院学报, 2020, 21(4): 5-8.
 - [3] 汪瑞. 槽形钢混凝土组合梁腹板横向加劲肋附近剪力钉拉拔力分析[J]. 建设科技, 2017(19): 149-152.
 - [4] 侯健, 罗扣. 结合梁剪力钉布置形式研究[J]. 世界桥梁, 2014, 42(2): 47-51.
 - [5] 王睿. 钢-混凝土组合梁的剪力连接增强方法探索(硕士学位论文)[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2017.
 - [6] 武智飞, 张文强. 工字钢-混凝土组合梁施工质量控制技术[J]. 公路, 2020(6): 65-69.
 - [7] 曹洪亮, 陈亮. 钢-混组合连续箱梁施工预拱度设置影响因素研究[J]. 世界桥梁, 2020, 48(3): 53-57.
 - [8] 闫荣伟. 钢混凝土组合梁桥施工关键技术[J]. 科技创新与应用, 2018(10): 150-151.
 - [9] 汪翀, 刘涛. 赞比亚赞比西河特大桥钢梁拼装施工技术[J]. 世界桥梁, 2021, 49(2): 31-35.
 - [10] 俞国际, 夏伟杰. 宁波澄浪桥钢梁桥面拼装施工技术[J]. 施工技术, 2017(46): 900-902.
 - [11] 涂展麒, 蔡建国, 冯健. 温度变化对钢梁受力性能的影响[J]. 山西建筑, 2011, 37(17): 46-49.
 - [12] 范晓辉, 熊尚谱. 京东立交桥钢箱-混凝土结合梁桥面板施工工艺[J]. 铁道标准设计, 1999(10): 16-18.
 - [13] 李飞, 马建桥. 钢-混组合梁预应力镂空桥面板吊模法施工[J]. 城市道桥与防洪, 2015(11): 118-121.
- 作者简介: 蔡友华(1987-), 男, 土木工程, 工程师, 从事市政工程施工技术管理工作。