

某大跨度斜拉桥项目主跨合龙关键技术应用分析

龙湘春

湖南路桥建设集团有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i4.6686

[摘要] 为有效提升斜拉桥主跨合龙施工技术水平, 保证斜拉桥整体建设质量, 该文章依托某斜拉桥工程实践, 针对大跨径斜拉桥主跨合龙关键技术的应用展开综合探究, 阐述了合龙施工基本原理, 分析了合龙施工影响因素, 根据该桥梁实际情况, 确定了温度合龙施工方案; 并通过现场环境及施工过程监测, 对合龙方案实施优化, 最终保证桥梁工程顺利建成, 相关研究成果可为后续同类工程施工提供参考。

[关键词] 公路大桥项目; 混合梁桥; 斜拉桥; 温度合龙

Application analysis of key technology of main span closure of a large-span cable-stayed bridge project

Long Xiangchun

Hunan Road and Bridge Construction Group Co., LTD

[Abstract] In order to effectively improve the construction technology level of the main span closure of cable-stayed bridge and ensure the overall construction quality of cable-stayed bridge, based on the practice of a cable-stayed bridge project, we explore the application of large span closure, analyze the influencing factors of closure construction, analyze the actual conditions, and the research results can provide reference for the subsequent construction of similar projects.

[Key words] highway bridge project; mixed beam bridge; cable-stayed bridge; temperature closure;

引言

钢-混组合斜拉桥主要由钢材及混凝土材料组成, 兼具钢结构桥梁和混凝土结构桥梁的双重特性, 能显著降低结构自重, 增强桥梁整体承载性能, 在大跨径桥梁中应用较为普遍。但由于斜拉桥主跨合龙施工时受环境、温度及自身构造特征等各方面因素影响较大, 施工把控不当, 容易引发质量问题, 影响桥梁结构使用安全性、耐久性。为此, 该文章结合某斜拉桥施工实践, 系统分析了主跨合龙关键技术应用要点, 具有重要的现实意义。

1 工程概况

某斜拉桥项目, 设计长度 850.0m, 桥面宽为 39.5m, 采用双向 6 车道布置, 双塔双索结构, 主梁采用钢混组合梁, 钢箱梁长 490.0m。桥梁主要由索塔、桥墩、钢梁三部分组成, 墩台顶部布设支座系统。主跨、边跨为钢筋混凝土梁, 其他部位均采用钢箱梁结构, 钢-混结合面与索塔中轴线间距为 24.0m。钢箱梁断面形式呈流线形, 钢筋混凝土箱梁为单箱四室结构, 整体宽度为 39.5m, 高度为 3.2m, 双索塔两边共设 17 套拉索, 整桥共计 68 套。桥跨布置形式, 见下图 1。

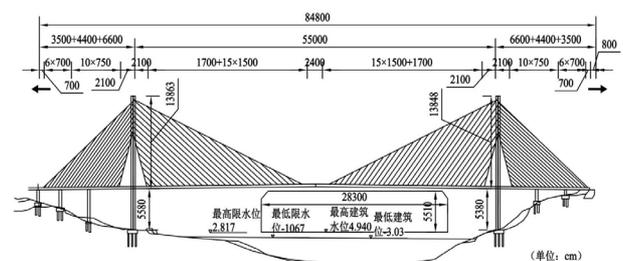


图 1 某特大桥桥跨布置

2 合龙方案确定

2.1 合龙基本原理

该斜拉桥采用双塔墩梁钢混组合梁结构, 实际施工时, 主梁、索塔及中间横梁采取整体式浇筑, 以有效提升结构整体力学特性。主跨合龙包含温度及无温度合龙两种方案。基本原理如下:

(1) 温度合龙。该施工方案主要是将特定温度条件下合龙口宽视为合龙长度, 对温度条件要求较为严格, 若实际温度和设计标准存在差异, 将会造成合龙口设计误差, 从而导致桥梁成桥线形偏差, 影响结构承载性能。假设设计温度条件下合龙段长度为 L , 实际施工过程中若温度较低, 钢梁段长会逐渐

缩短, 合龙段逐渐变长, 变化量 $L+\delta$; 而主梁锁定形成成桥结构时, 合龙段长仍为 $L+\delta$; 但当结构温度逐渐达到设计值后, 钢梁段逐渐变长, 合龙段缩减至 L , 相当于合龙段每端均布置了 $1/2\delta$ 位移, 从而造成钢梁结构受力增大, 降低桥梁整体线型、垂直度, 影响结构力学性能。同时, 若施工过程中温度较高, 则会出现相似结果。所以, 温度合龙方案对温度控制较为严格。

(2) 无温度合龙。采用该方案施工时, 若温度条件较低, 钢梁长度会出现缩减, 合龙段长逐渐增至 $L+\delta$, 每端会出现 $1/2\delta$ 间隙。按照几何尺寸法对施工过程实施控制时, 可采取调整主梁位置缩小合龙长度, 然后实施结构转换; 采用该方案进行合龙施工时, 主要利用外部加载方式对合龙长度实施调节, 基本不受现场温度条件限制。

2.2 合龙方案影响因素

斜拉桥主跨合龙施工阶段影响因素众多, 具体包含现场环境因素、温度因素及自身构造因素等。根据本工程实际情况, 其主要影响因素为:

(1) 现场环境因素: 本桥梁工程场区内地势落差较大, 最大高差为 73.9m;

(2) 温度因素: 结合该桥梁场区内连续 5 年内的温度调查结果, 桥梁设计标准规定应在 25℃ 温度下进行合龙施工;

(3) 构造形式: 该斜拉桥合龙段长为 15.0m, 沿桥梁纵向等间距布置 4 道横隔板, 沿横向布置 2 道, 布设间距控制在 15.2m。合龙段钢梁总重量为 280.0t。

2.3 合龙阶段的理想结构状态

本工程主跨合龙施工阶段最重要的环节在于钢箱梁吊装, 应对其受力情况实施综合分析, 确保施工安全性、高效性。钢箱梁吊装过程中主梁与索塔受力情况, 见下图 2。

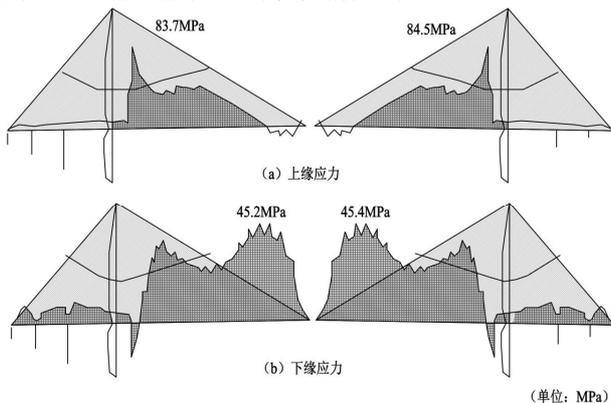


图 2 合龙段吊起时结构应力状态

从图 2 可知: 1) 主梁结构整体承受压力作用, 上、下缘压力最大处分别位于桥塔周边钢混连接部位与跨中部位, 压应力值分别为 85.0MPa 和 45.0MPa; 2) 主桥左、右侧 15#、16#、17# 缆索最大应力为 488.0MPa, 安全系数最小值为 3.8, 安全储备较高, 具备充足的调节余地。

2.4 合龙方案的确定

结合斜拉桥主跨合龙施工原理可知, 无温度合龙施工需对主梁施加荷载作用, 使结构产生纵向位移。但由于该斜拉桥采用塔梁整体浇筑体系, 难以实现位移调整。所以, 综合各方面条件, 确定选用温度合龙方案进行施工。

通过力学性能验算, 本桥梁工程合龙段总质量达 280.0t, 实际施工时各侧预加水箱配重不得少于 140.0t, 由于水箱体积较大, 蓄水及放水较多。所以, 本项目采取无劲性骨架形式实施合龙施工。此施工方式在钢梁吊装时, 两端呈自由状态, 应结合实际验算情况对合龙口姿态实施调节, 以有效确保主梁线形满足设计要求。

3 中跨合龙施工流程

该桥所选择的合龙总体流程如下图 3, 合龙段吊装示意图是图 4:

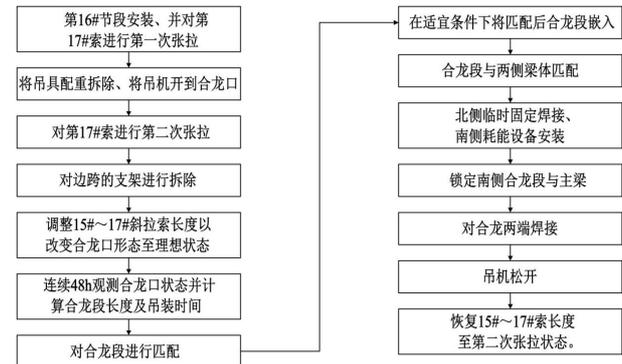


图 3 合龙总体流程图

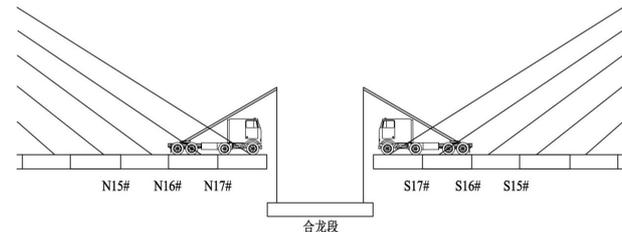


图 4 合龙段吊装图示

施工质安环保措施要点为: 1) 中跨合龙施工具有工期紧、任务重、质量要求高、环境复杂等特点, 对施工方技术水平、组织能力、管理能力提出了更高要求。因此施工企业应结合该桥梁具体情况, 全面了解施工质量管理特点, 从而制定切实可行的质量管理方案, 实现对工程建设质量的有效控制; 2) 制定完善的质控制度, 建立由总工程师、技术员、现场质检人员组成的质量管理小组, 通过合理的分工来加强责任, 并能够对出现的问题进行及时处理, 从而使技术交底工作更加高效; 3) 健全工程质检制度, 在工程施工期间, 质量监督部门要加强对工程施工的全过程控制, 发现不合格的情况, 要立即制止, 并责令其改正。在施工过程中, 要加强旁检和巡视工作, 以保证项目的施工质量符合规范、设计标准; 4) 为了保证工程安全监控工作的成效, 安全管理工作需合理安排, 并进行科学的职责划分。需做好安全教育、培训工作, 以提升施工安全管理水平, 来确保各安全控制体系的有效性; 5) 保证施工现场作业面、周围环境的清洁, 对工地上的废弃物、污染物等进行及时回收、处置。并在此基础上, 建立合理的环境保护方案。参建单位要主动学习有关环境保护的法律、法规, 创造一个有利于环保的环境, 把保护环境观念贯彻到工程建设的全过程、全环节。

4 合龙施工调整方案

4.1 合龙口温度持续监测

本桥梁中跨合龙于6月份进行施工,施工期间温度变化对合龙段长度影响较大,为有效掌控合龙过程中气温变化情况,对场区内近7年的气温进行调查统计,结果显示:场区内6月份最低及最高温度分别为20.0℃和35.0℃;日最低、最高温度分别为24.0℃和31.0℃。根据该桥场区内往年气温变化情况,确定合龙段施工温度处于25.0℃左右。

主跨合龙阶段应加强合龙部位温度监测,时间保持在48.0h以上,8时至19时按照2h/次频率实施监测,19时至次日8时按照1h/次频率进行监测,主要监测部位为主塔及主梁上下表面,并详细记录监测数据。

4.2 合龙口形态调整

主跨合龙阶段,为最大限度确保合龙口姿态满足设计要求,应根据现场实际情况合理调节合龙口形态,以有效提高连接平顺性,主要调节项目包括高程调节与轴线调节两部分,具体可通过增设配重或调节索力实现。

(1) 高程调整: 高程调节时,按照实际值与设计值之间的差异大小,所选用的调节方法存在一定差别,具体情况如下: 1) 若合龙口两端高程全部大于设计值,可在梁体端部设置配重; 2) 若两端高程全部小于设计值,且偏差位于20.0mm以内,通过相关验算,得到焊缝改变量为2.6mm,此时合龙口无须改变,而当偏差大于20.0mm时,可通过调节17#缆索索力保持高程一致; 3) 若合龙口两端出现一端高、一端低现象,且当差值不超过20.0mm时,可保持原状,而当差值超过20.0mm时,应在高程较高的一端设置配重,使两端高程差值保持在20.0mm范围内;

(2) 轴线调整: 合龙段施工前,对16#梁位置进行科学调节,使桥梁结构整体线形满足设计标准要求。但因合龙段长度较大,箱梁吊装时以及造成轴线变化,所以,吊装施工现需对箱梁轴线实施预调节,确保与设计值保持一致,待箱梁吊装至指定位置后应及时锁定,并采用倒链实施纠偏处理,待线形达到设计标准要求后,方能实施焊接施工。

4.3 合龙段匹配

合龙段施工阶段,根据现场实际监测结果,合理确定施工温度、箱梁尺寸等相关参数,预制场根据确定的尺寸实施制作,确保箱梁尺寸满足现场实际施工需求。

4.4 合龙段吊装及焊接

钢箱梁制作完毕,选择气温、风力较为适合的条件下实施箱梁吊装作业,先将其北端与桥梁对正,再通过微调使其南端对正,确保轴线位置、高程与设计值一致,待合龙段调节完成后,通过焊接方式完成端部连接,具体焊接时严格按照腹板、顶板、附属构件的顺序进行施工,并由中间向两边对称施焊。

4.5 合龙段焊缝宽度调整

合龙施工阶段,钢箱梁与两端桥梁间隙允许值通常为6.0~10.0mm。因该斜拉桥项目为整体浇筑结构,通过温度合龙方式进行施工,难以采用顶推方式对焊缝实施调节。所以,钢箱梁安装时应严格控制施工精度。若合龙段钢箱梁和两端桥梁结构间隙均大于焊缝宽度,应先调节钢箱梁与北端桥梁结构间隙达到设计值,然后进行临时固定牢靠,并按照30min/次频率对南端缝宽实施监测,待宽度满足设计标准是,及时进行固定,并将两端接缝焊接成型,实现主跨整体合龙。

结语

综上所述,大跨径斜拉桥主跨合龙施工具有专业性强、技术标准高、施工难度大等特点,实际施工时应根据桥梁结构形式、现场环境条件及结构力学特性等各方面因素合理选用施工方案,并对施工过程中实施严格把控,以有效保证成桥施工质量。该桥梁工程采用无劲性骨架温度合龙方案进行主跨合龙施工,取得了显著效果,通过施工监测,所有技术指标均符合设计要求,达到了预期效果,有效验证了该方案的可行性。

[参考文献]

- [1]秦平.跨河桥梁主梁合龙施工控制探讨[J].交通科技与管理,2023,4(23):67-70;
- [2]李湘龙,黄飞鸿,欧阳星等.宽幅箱梁斜拉桥合龙技术与影响因素分析[J].交通科学与工程,2023,39(04):80-87;
- [3]尹鸿福.独塔混合梁斜拉桥桥塔施工监控分析[J].工程建设与设计,2023,(23):158-161;
- [4]王昌喜,章斌,左翼.千米级不对称斜拉桥主跨合龙施工关键技术[J].桥梁建设,2021,51(05):116-122;
- [5]黄侨,任远,吴红林.大跨度斜拉桥养护管理系统的数字化研究[C]//中国公路学会桥梁和结构工程分会,江苏省苏通大桥建设指挥部,中交公路规划设计院,江苏省公路学会.中国公路学会桥梁和结构工程分会2006年全国桥梁学术会议论文集.哈尔滨工业大学桥梁工程研究所;,2023:5;
- [6]王利刚,沈伟,龚凯.大跨双塔单侧混合梁斜拉桥中跨合龙施工控制方法研究[J].交通科技,2021,(05):84-88;
- [7]陈子寅.超大跨径混合梁斜拉桥上部结构施工关键技术[J].交通世界,2021,(Z2):185-186;
- [8]武益辉.独塔混合梁斜拉桥采用缝接合龙法的施工控制技术[J].中国高科技,2020,(16):51-52;
- [9]涂光亚,李辉,李亮辉.超大跨度混合梁斜拉桥中跨合龙温度影响及对策[J].中外公路,2020,40(01):61-64;
- [10]卢弘宇,甘元涛,古玉林,等.高墩大跨连续刚构桥合龙方案设计[C]//《施工技术》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2022年全国土木工程施工技术交流会论文集(下册).《施工技术(中英文)》编辑部,2022:3.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.076559;
- [11]罗程巍,钟振华,朱勇骏,等.公轨两用大跨长联刚性悬索加劲钢桁梁桥的施工工法及合龙方案研究[C]//中国建筑金属结构协会.2022年全国建筑钢结构科技创新大会论文集.《施工技术(中英文)》编辑部,2022:4.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.061716;
- [12]沈清卫,刘建伟,杨显亮,等.不等高墩连续刚构桥合龙顶推力计算及施工控制[C]//《施工技术(中英文)》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2022年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(下册).,2022:3.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.038976;