

桥钢主梁合龙段施工关键技术

刘 磊

(中电建路桥集团有限公司, 北京 100160)

摘 要 当前桥梁建设中, 斜拉桥施工环节主梁合龙段施工成为关键, 如果合龙段施工质量优质, 那么可以使主梁由最不利的最大悬臂状态转变为稳定可靠状态, 确保了整个大桥的安全性。桥钢主梁合龙段施工中对于工序的要求更为严格, 技术要求也相对较高, 稍微不谨慎, 极易使梁产生附加应力, 不仅影响大桥安全性, 而且会大幅度缩短使用寿命。本文以银洲湖特大桥中山至开平高速公路工程江门段主梁合龙段为例, 主要从边跨合龙段以及中跨合龙段两个层面分析了施工关键技术, 进一步明确各个环节施工要点, 以供相关人员参考。

关键词 桥钢主梁; 合龙段; 施工关键技术

中图分类号: U445

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)11-0031-03

在桥梁施工中, 主梁合龙段技术尤为关键, 这直接关系到桥梁的整体结构承受力情况, 同时也影响着其使用性能。基于此, 本文重点针对银洲湖特大桥中山至开平高速公路工程江门段主梁合龙段施工关键技术进行了详细分析, 旨在为桥梁建设提供一些新思路、新方法, 充分掌握技术要点, 促进桥钢主梁合龙段高质量施工。

1 工程简况

本次选取的案例工程主梁使用的是双荷索面混合模式梁斜拉桥, 半漂浮体系, 跨径组合为 56.8+131.2+530+131.2+56.8m, 边中跨比约为 0.355, 整个桥的长度达到了 906m。主梁采用的是中跨及边跨形式, 其中中跨梁结构为组合式, 边跨梁则使用的是混凝土浇筑, 在中跨与主塔 8.74m 位置采用的是钢混结合结构。主梁以半封闭箱梁断面模式为主, 其中中心梁的高度达到了 3.5m。在 A 型索塔斜拉桥中使用了 4×24m 斜拉索, 中跨索距 10.5m, 边跨索距 7.2/7.0m, 以锌铝合金材质高强度的钢丝斜拉索为主。主梁纵向采用半漂浮体系, 将粘滞限位阻尼约束装置安装于索塔和主梁之间纵向位置。同时还将双向球钢支座安装于主塔的横向索塔、过渡墩抗风支座、索塔、辅助墩、过渡墩顶等不同部位。

2 合龙段施工方案及重点

2.1 施工方案

边跨、挂篮悬臂二者的浇筑位置设计有 2.00m 的合龙段, 其中边跨合龙段使用了 55.9m³ 的混凝土, 当主梁对称悬浇到合龙位置的时候根据“边跨先浇筑、中跨后浇筑的”形式进行施工, 温度、标高、轴线等

都要与设计规范及要求相符。

在主梁施工环节, 中跨合龙段极其关键, 重点在于主梁线形、斜拉桥体系转换的有效控制。此段施工时使用的是温度配合自然合龙的形式, 中跨合龙段编号为 Z25, 长度为 6m, 重约 328.53 吨; 重点控制合拢口宽度、东西岸 Z24 组合梁中钢梁端口相对高程、相对轴线, 提前根据实际测量的数据, 在进行深入分析以后完成施工现场配切操作, 在运抵桥位合龙口正下方后利用单侧桥面吊机吊装, 当时间、温度均处于合适条件下完成龙口嵌入操作, 结合预定温度完成自然合龙施工^[1]。

2.2 施工重点

在边跨混凝土主梁现浇过程中和组合梁吊装施工过程中, 受施工荷载、风荷载、不平衡荷载等外部作用影响, 安全风险高。主桥跨度大, 梁段悬浇或吊装悬臂长, 施工精度要求高, 大跨径斜拉桥主梁架施工, 线形控制是施工的重点, 也是难点, 在施工过程中要采取有效的措施进行控制。主梁采用双悬臂施工工法进行施工, 边跨混凝土主梁节段重 598t, 中跨标准节段重 427t, 最大悬臂长度 265m。主梁悬臂两端的节段不平衡重量的差异对索塔塔柱偏位、主梁结构、塔梁临时锚固等影响极大, 施工控制难度较大。斜拉索施工塔内工作空间有限, 斜拉索除第一对索锚固在塔柱内壁锚固齿块上, 其余塔段均采用钢锚梁的锚固方式。受钢锚梁结构的影响, 塔内作业空间有限, 钢锚梁影响张拉设备安装。同时工地起重设备不能满足斜拉索吊装要求, 本桥斜拉索最大索重 27.34t, 3# 塔、4# 塔各布置两台塔吊, 塔吊型号分别为 TC7035 和 TC8039, 塔吊不能满足所有斜拉索吊装上桥需要^[2]。

3 施工关键技术

3.1 合龙时间及温度确定

边跨合龙之前需要48h监测主梁温度、挠度是否发生变化,主要是为了更好地选择最佳的合龙时间。通常情况下合龙时间在凌晨2时,气温较低,但是由于综合考虑到梁体温度滞后性明显,要比环境温度更低,所以合龙时间需要推迟一些,可结合梁体温度测量实际情况合理地选择具体时间。根据合龙日期的安排,查阅、收集近10年及最近3年详细的气象资料,确定合龙期间每天的气温变化情况以及温差,从而确定合龙温度(设计合龙温度 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$)。

中跨合龙施工的时候要对12天左右温度变化、合龙间隙变化规律全面掌握,合龙之前还要连续测量24h的温度,通常情况下观测频率在20:00~8:00为1小时一次,其余时段为2小时一次。主桥技术员需根据要求采集以下数据:采用温度计测量大气温度(23#段完成安装后即可开始进行,温度计需要提前购买);采用点温计测量钢梁温度(23#段完成安装后即可开始进行,点温计需要提前购买)。

3.2 合龙段压重施工

压重采用铁砂混凝土预制块,共计 142.2m^3 。在进行桥面附属工程施工桥进行压重混凝土施工。永久压重铁砂砼采用预制安装形式,压重块安装需避开人孔位置,以方便箱内纵向通行。为节省压重混凝土预制块安装时间,采用25t汽车吊配合,直接将预制块吊入边箱内进行安装和放置。在临时墩压重施工中根据施工辅助墩施工图纸,需在施工辅助墩承台上布置4000KN的配重荷载,为减少承台顶部配重施工荷载加载量,控制预制砼块的数量,项目采用钢管内部填砂+预制砼块进行配重施工。

3.3 边跨合龙施工

3.3.1 吊架及模板安装

合龙段两侧边跨及悬臂浇筑施工的时候,需要将劲性骨架、钢板提前埋好,同时还要做好挂篮锚固预留孔。合龙之前观测温度变化,明确温度和合龙段标高长度间存在的关联性,进而确定每日最低温度段,通常情况下观测周期为7天。边跨合龙段施工采用吊架进行施工,吊架两端均采用精轧螺纹钢 $\phi 32\text{mm}$ 锚固于B24节段和边跨现浇段梁面上。

在安装底模时的具体流程如下:(1)挂篮底篮整体放到1.5m以上的高度,主要是为了使合龙段吊篮安装空间更大,同时作为吊篮安装的作业平台。(2)在预留孔内穿入精轧螺纹,安装横桥向型钢,在型钢上分别安装纵桥向型钢以及横桥向I25a工字钢,钢模板,

组成吊架、底模系统。(3)调整精轧螺纹受力,保证底篮系统与箱梁混凝土保持紧贴状态。

3.3.2 合龙锁定

主梁合龙时临时锁定使用的是劲性骨架,具体流程如下:(1)为保证合龙以后梁底线形达到预期效果以及高程、轴线误差在合理范围之内,需要联测3~4个块件挠度、高程,高差在20mm之内,轴线偏差则在10mm之内。(2)合龙之前48h观测主梁温度、挠度变化情况,确保合龙时间的合理性。(3)劲性骨架安装、焊接时间要想缩短,需要分为两步进行,待劲性骨架安装结束以后先对一端进行焊接固定,等到合龙的时候再对另一端焊接固定。(4)安装劲性骨架之前要先放样,将预埋板顶面杂物清除,保证准确获取刚接杆安装具体位置,焊接时和预埋板紧紧相贴。(5)焊接时使用的是点焊工艺,焊接时采取降温操作,以免对混凝土造成损坏。(6)锁定焊接劲性骨架之前,将压重设置于大里程悬臂端。

待边跨合龙段钢筋绑扎完成后,先将劲性骨架一端焊接,根据观测记录选择在一天中平均温度较低、气温变化幅度较小时锁定合龙段,锁定后应尽快浇筑合龙段砼,确保低温合拢。合龙段骨架预埋钢板采用不小于16mm钢板,并设置锚固钢筋,在箱梁倒角位置设置调平块,保证骨架平顺。

3.3.3 钢筋施工

现浇段施工模板主要包含:底模、侧模、端头模板及人洞模板组成,模板结构形式基本一致,面板采用6mm钢板、分配梁为[8(间距不超过40cm),大背带采用2[14(间距不超过1.2m),模板之间连接采用 $\Phi 16$ 螺栓连接。现浇段主要有 $\Phi 25$ 、 $\Phi 22$ 、 $\Phi 22$ 、 $\Phi 16$ 及 $\Phi 12$ 规格的三级钢筋,共10.895t。钢筋安装施工顺序为:底板底层横向钢筋→底板底层纵向钢筋→纵向横隔板主筋、水平筋及拉钩筋→底板顶层纵向钢筋→底板顶层横向钢筋→底板倒角钢筋及拉钩→风嘴主筋安装及纵向钢筋→顶板底倒角横向及纵向钢筋→顶板底层横向及纵向→顶板顶层纵向及横向钢筋→顶板拉钩钢筋。

3.3.4 混凝土施工

边跨合龙段混凝土约 55.9m^3 ,浇筑合龙段混凝土时,根据新浇筑混凝土重量分级将平均重卸去。合龙段混凝土浇筑时间为每日气温较低的时候,确保新浇筑的混凝土始终处在气温缓慢上升状态下,受压时便可以达到较好的终凝效果,避免有裂缝。浇筑时首先是安装底板,然后分层浇筑纵向横隔板、斜腹板,直至顶板,最后是浇筑顶板,由中间开始浇筑,最后浇筑两侧。

3.3.5 预应力施工

预应力分为横梁预应力束和边跨合拢段通长钢束,其中合拢段通长钢束采用单端张拉合拢段锚固形式,砼浇筑前需将钢绞线安装到位。

合拢段混凝土凝固 7 天以后,强度与设计要求的强度相符,并且大于 90% 的时候可以进行后续预应力钢束的安装与张拉施工。要按照设计要求规定的顺序进行烘拉。预应力钢束使用的工艺为逐根穿束、整体张拉,在混凝土强度高达 90% 的时候才能进行预应力张拉施工,龄期至少保证 7 天方可进行,张拉过程实行双控,钢绞线锚下张拉控制应力 1395MPa,计算弹性模量 $E_p=1.95 \times 105\text{MPa}$,管道均采用塑料波纹管。所有粗钢筋标准强度 $f_{pk}=930\text{MPa}$,张拉控制应力 744MPa,计算弹性模量 $E_p=2.0 \times 105$,管道均采用内径 50mm 的镀锌波纹管^[3]。

3.4 中跨合拢段施工

3.4.1 施工准备

1. 中跨合拢段组合梁在工厂制作时两侧各留有 100 mm 加工余量,运输前根据监控单位和设计提供的配切数据对合拢段进行配切。

2. 余量配切后,根据要求在合拢段上安装吊装装置。

3. 合拢段运输至桥位后,吊装前将环口焊接位置进行打磨。Z25 梁段环口内部焊接位置进行打磨。

4. 吊装到合拢口,待温度合适的情况下准确嵌入至合拢口内,通过桥面吊机对钢梁高程、轴线、平面位置进行合理调整,然后快速地安装连接板、合拢段耳板,再将销轴插入合拢段上劲性骨架的耳板孔,然后将合拢段耳板与钢梁焊接。精确调整焊缝间隙,达到施工控制要求。

5. 安装完劲性骨架以后,焊接合拢段焊缝,在温度变化的影响,劲性骨架承载主要力量,合拢口出现的焊缝大多是无应力状态下的。合拢段焊缝采用单面焊顶板对接焊缝,施焊时顶板环口同时从中间向两边对称施焊(4 个作业面同时进行,每个作业面配 2 个焊工,共 8 名,预计 6 小时完成)。(注:6 点半前至少完成顶板焊接)。

6. 最后采用箱外贴陶瓷衬垫箱内单面焊双面成型工艺施焊腹板焊缝(两条环口四个作业面同时进行,每个作业面配 1 个焊工,共 4 名,预计 5 小时完成)。

7. 根据实际量配切并组焊劲板嵌补段。

8. 设备:共配备 4 台打磨机,8 台 CO_2 气体保护焊机。(注:需要各增加 2 台备用设备。)

3.4.2 标高轴线初步调整

中跨合拢之前,需要对已经干的梁段线形、索力、桥塔偏位及应力进行监测,如果与要求不相符需要第

一时间调整。为保证合拢梁段、两侧悬臂端头梁段处于平顺连接状态,要对中跨合拢口两侧梁段轴线、高程偏差重点控制;主梁两个悬臂端变形同步和协调性可能存在一定差异,这样在整个合拢过程中需要对龙口宽度、轴线和高程进行全面关注。应该在 Z24# 梁段的时候就开始进行钢梁数据的采集工作,温度、轴线、高程、平面位置等^[4]。

3.4.3 合拢梁段起吊

合拢口单侧吊机将中跨合拢梁段起吊的时候,如果与合拢口距离较近,利用吊机的调位装置和手拉葫芦,保证合拢梁段能够准确无误地嵌入合拢口内。起吊至合拢口底部位置这一操作可以在白天完成,待晚上实测合拢口宽度比钢梁宽度宽 2cm~3cm 时,可将合拢段慢慢吊入合拢口。

3.4.4 合拢梁段调位及焊接

待合拢段与两侧缝宽符合要求以后,立即用劲性骨架锁定 Z25 梁段和其两端的 Z24 梁段,完成锁定后在同一温度时间段内快速解除塔梁纵向限位(纵向阻尼器,竖向支座锁定,横向抗风支座纵向锁定,拉压杆割除),割除过程中对东西岸两侧进行同时焊接。日出之前至少完成腹板焊接。(注:两侧不同时焊接根本无法完成腹板焊接工作,监控意见需进一步沟通)。

4 结语

我国经济增长速度日益加快,交通基础设施建设工程涌现,桥梁作为重要的基础设施建设,由于其施工难度较大,施工环境恶劣,所以对于各个层面的施工要求也会更高一些,除了要美观舒适以外,更重要的是安全问题。而本文通过对银洲湖特大桥中山至开平高速公路工程江门段边跨及中跨合拢段两个关键技术节点的技术要点进行分析,详细阐述了每一个重要环节,旨在为其他类似工程的实施提供可以借鉴的思路^[5]。

参考文献:

- [1] 余竹,王海伟,陈杨,等.池州长江公路大桥钢主梁合拢段施工关键技术[J].施工技术(中英文),2022,51(24):25-27,119.
- [2] 魏家乐,舒涛,王旭.禹门口大桥边跨大节段合拢施工控制技术[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2022,41(06):73-78.
- [3] 魏亚洲.晋蒙黄河大桥主梁施工关键技术研究[J].建筑技术开发,2022,49(21):43-46.
- [4] 张盼.某桥梁工程项目主桥合拢段力学性能分析[J].交通世界,2023(18):145-147.
- [5] 潘晓飞,耿志华,张康荣,等.大跨度连续梁桥合拢段施工技术应用[J].科学技术创新,2022(21):100-103.