

钢桁架连续弯梁桥体系转换研究

陈瑞¹, 田仲初¹, 王祺顺^{1,2}

(1.长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114; 2.湖南省交通科学研究院有限公司)

摘要:以某三跨钢桁架连续弯梁桥为背景,针对其构造不对称、弯扭耦合、且工期紧张等特点,对主梁体系转换过程中拆除临时墩方式及顺序影响进行研究,明确了落梁体系转换有“先边后中”、“先中后边”两种思路,并对操作施工过程中千斤顶不同步造成临时墩切割不同步问题进行了仿真模拟分析,最终确定主梁体系转换方案。

关键词:钢桁架连续梁弯桥; 体系转换; 拆除临时墩; 附加扭矩

近年来随着城市立交桥、景观桥等建设的需要,曲线梁桥在桥梁工程中越来越多地被采用。然而由于桥梁曲率的存在,使得支座的支撑点连线和梁体形心线会有所偏离。故即使在竖向力作用下,曲线梁桥中也将同时产生弯扭和扭矩,造成“弯—扭耦合效应”。

由于曲线梁桥结构的特殊性,主梁体系转换是控制整个施工过程的关键,其施工的顺利与否对成桥后支座、主桁架的受力以及桥梁的整体线形起决定性作用,为此该文结合某钢桁架连续弯梁桥的结构特点及建桥条件,对桥梁体系转换的方案进行研究。

1 工程概述

浏阳河人行景观桥为三跨连续钢桁架梁连续梁桥,跨径布置为(50+120+55) m。平面为月牙形,全

桥桥宽 21.523 m(桁架立面中心距),桥面横坡为单向 1.5%。

主桁为 N 形桁架,整体焊接节点,边跨桁高 1.5~7.5 m,主跨桁高 7.5 m。分为内弧桁和外弧桁两片,桁架间距 6 m。外弧桁平面曲线半径 200 m,桁架节间长度 5 m。内弧桁平面曲线半径 194 m,桁架节间长度 4.85 m。

经优化设计,该桥主桁架分段在沿桥纵向无桥墩支座处设置 4 组临时墩。临时墩以单根钢管桩为承载基本单元,主桁下部钢管桩由 4 根独立钢管组成,通过联系梁形成格构式体系。并在桩顶设置 H 形钢平台,荷载通过 H 形钢平台传递至钢管桩体系。

该桥的桥型立面图以及临时墩桥型布置如图 1、2 所示。

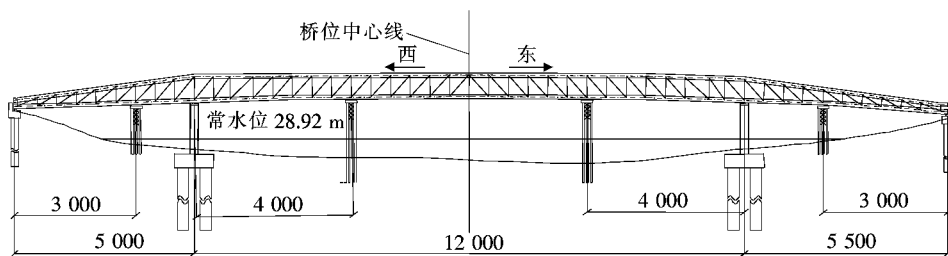


图1 浏阳河人行景观桥立面布置图(单位:cm)

2 体系转换思路

2.1 体系转换原则

该桥体系转换实际是主梁的卸载过程,具体指在

上部结构逐段吊装拼接完成后,解除临时钢管桩支撑约束,转换到自由受力状态,再对主梁施加永久性支座约束,其本质是由多点支撑的连续梁转换为三跨连续梁的过程。在体系转换过程中,对解除临时约束过程的控制最为关键,它决定了钢管临时墩支承体系整体

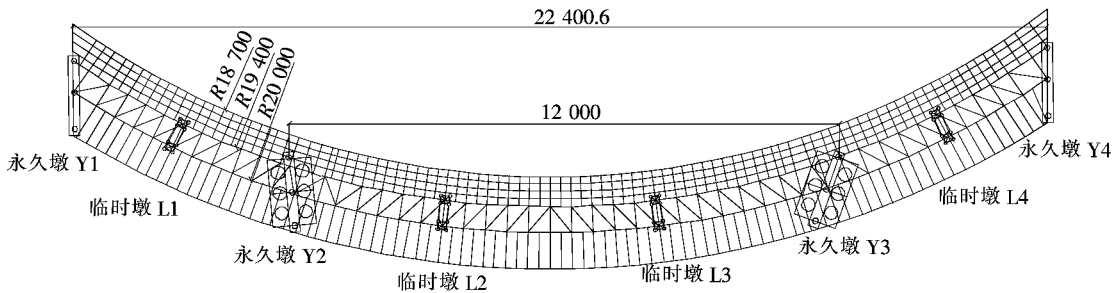


图 2 浏阳河人行景观桥桥支座平面布置图(单位:cm)

受力是否安全、主梁线形由施工安装状态是否能顺利过渡到设计状态。故该桥在实施临时约束解除时需遵循主梁的受力与变形协调、均衡的原则,实际控制过程需做到变化过程缓和、结构多次循环微量下降,以保证主梁的受力安全及结构抗倾覆稳定性满足施工安全要求。

2.2 体系转换条件

该桥体系转换前施工需要达到如下条件:

- (1) 钢结构主桥全部安装完成。
- (2) 钢结构主桥焊接完成且经检验合格。
- (3) 两边跨主桥配重已安装完成。
- (4) 所有支座已注浆完成,注浆强度达到设计要求。

(5) 卸载时间段的气候条件较好,卸载当天风力不超过 4 级为宜,卸载温度在常温下进行即可。

2.3 体系转换顺序

钢结构体系转换按以下顺序进行:

- (1) 拆除混凝土桥墩上支座位置的临时钢管支撑,使支座受力。
- (2) 松开支座的固定螺栓,支座处于自由工作状态。
- (3) 松开临时墩与主桥钢结构的固定措施(卡

- 码)。
- (4) 卸载跨中两组及边跨两组钢管临时墩。
- (5) 完成体系转换。

3 主梁拆除临时墩方案研究

根据上述曲线梁桥体系特点、体系转换的思路、体系转换顺序确定应遵守的原则,选择一些更具代表性的方案或想法进行论证和具体调整确定。以下列出两种较优的满足“分节、等量、均衡、缓慢”原则、受力安全目标原则的方案。

3.1 卸除临时墩顺序确定

对于方案 1“先边后中”卸载方案,分为两步卸载:
① 卸载边跨临时墩;② 卸载中跨临时墩。

方案 2“先中后边”卸载方案,也分为两步卸载:① 卸载中跨临时墩;② 卸载边跨临时墩。

对此钢桁架弯梁桥建立有限元仿真模型,对两种方案实施过程进行计算模拟分析,得到各方案进行第一步临时墩拆除时支承反力对比如表 1、2 所示(表中“Y”代表永久支座,“L”代表临时支座并从西岸向东岸依次编号)。

表 1 方案 1 边跨临时墩卸载各支座反力

支座位置	支座反力/kN					
	Y1	Y2	L2	L3	Y3	Y4
内桁架处支座	747.0	6 200.0	0	0	6 499.0	841.6
外桁弧处支座	383.6	996.0	0	0	9 515.8	1 173.8
非机动车道处支座	66.4	2 843.6	—	—	1 075.3	35.1

表 2 方案 2 中跨临时墩卸载各支座反力

支座位置	支座反力/kN					
	Y1	L1	Y2	Y3	L4	Y4
内桁架处支座	835.1	573.0	7 773.0	7 281.0	415.6	689.8
外桁弧处支座	935.2	2 198.0	9 751.7	9 058.4	1 106.8	1 306.4
非机动车道处支座	84.0	—	850.4	1 365.2	—	152.0

由表1、2可知:对于方案1,在边跨临时墩卸载后,会造成中跨临时墩的“约束失效”,造成临时墩出现“脱空”现象,不利于结构的受力安全与线形控制;而采用方案2,先卸载中跨临时墩时,支座并未出现脱空现象,各支座以及临时墩墩顶反力处于正常范围内。故采用方案2“先中后边”更为合适。

3.2 临时墩卸载步骤

(1) 安装千斤顶,主跨临时墩上,每个支撑平台上设置两个千斤顶,共8台千斤顶,千斤顶对称布置在支撑方管两侧。千斤顶顶部和底部各设置垫板,顶部垫板高度不小于80 mm。

(2) 千斤顶行程上升,至顶部托盘紧顶主桁架底;拆除支撑方管,转换为千斤顶受力。

(3) 在原支撑方管的位置设置置换支撑,支撑比主桁架低80 mm。

(4) 千斤顶同步卸载,卸载80 mm后,转换为置换支撑受力。

(5) 拆除千斤顶顶部垫板,千斤顶行程上升至桁架底。

(6) 拆除置换支撑,转换为千斤顶受力。

(7) 千斤顶同步卸载,直至主桁架脱离。

3.3 跨中临时墩不同步切割仿真模拟分析

在切割跨中临时墩上的支托时,有可能存在相邻临时墩横桥向、纵桥向、对角位置以及单独支托处切割不均匀的情况,从而导致主梁产生附加应力和附加扭矩,现对此种工况进行仿真模拟。

(1) 跨中临时墩横桥向不同步切割分析

模拟拆除临时墩时横桥方向方钢切割量不同步方法:在中跨临时墩拆除时,选择任一组横桥向临时墩方钢,并施加一竖向位移(位移量为-10 mm),另一组临时墩方钢保持不变,经对比分析最不利工况应力增量、扭矩增量结果如图3、4所示(西岸边跨跨中:边跨跨中1;中跨跨中截面:中跨跨中;东岸边跨跨中:边跨跨中2,后同)。

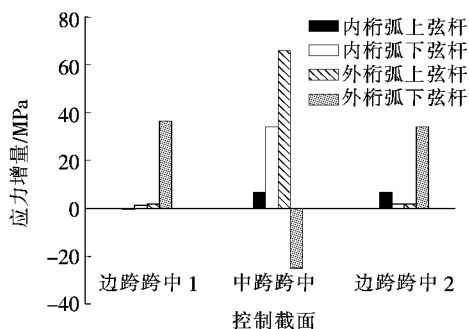


图3 控制截面应力增量图

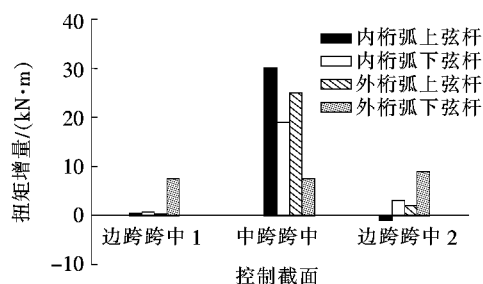


图4 控制截面扭矩增量图

(2) 跨中临时墩纵桥向不同步切割分析

模拟拆除临时墩时纵桥方向方钢切割量不同步方法:在中跨临时墩拆除时,选择任一组纵桥向临时墩方钢,并施加一竖向位移(位移量为-10 mm),另一组临时墩方钢保持不变,经对比分析最不利工况应力增量、扭矩增量结果如图5、6所示。

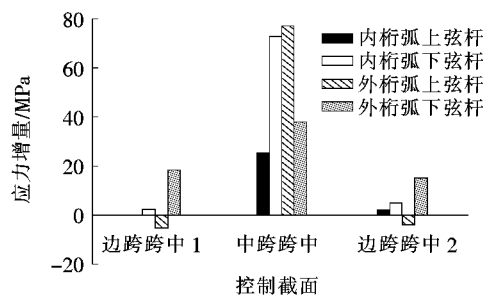


图5 控制截面应力增量图

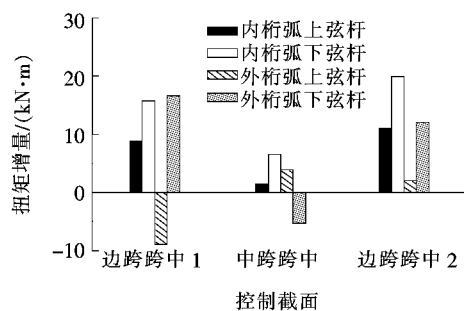


图6 控制截面扭矩增量图

(3) 跨中临时墩对角线不同步切割分析

模拟拆除临时墩时对角线方向方钢切割量不同步方法:在中跨临时墩拆除时,选择任一组对角临时墩方钢,并施加一竖向位移(位移量为-10 mm),另一组临时墩方钢保持不变,经对比分析最不利工况应力增量、扭矩增量结果如图7、8所示。

(4) 跨中任一临时墩不同步切割分析

模拟拆除临时墩时某一个方向方钢切割量不同步方法:在中跨临时墩拆除时,选择任一个临时墩方钢,并施加一竖向位移(位移量为-10 mm),另一组临时

墩方钢保持不变,经对比分析最不利工况应力增量、扭矩增量结果如图 9、10 所示。

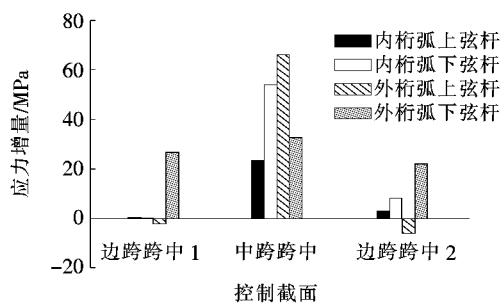


图 7 控制截面应力增量图

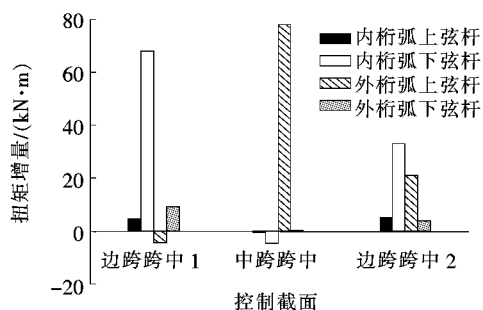


图 8 控制截面扭矩增量图

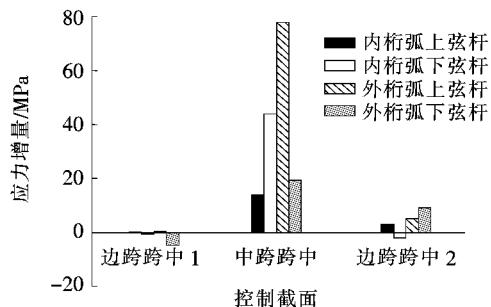


图 9 控制截面应力增量图

由临时墩不同步切割的 4 种情况所产生的应力增量和扭矩增量柱状图可知:当沿横桥向不均匀切割时,中跨跨中外桁弧上弦杆最大应力增量为 66 MPa、中跨跨中内桁弧上弦杆最大扭矩增量为 30.1 kN·m;当沿纵桥方向不均匀切割时,中跨跨中外桁弧上弦杆最大应力增量为 77 MPa、边跨跨中 2 内桁弧下弦杆最大扭矩增量为 20 kN·m;当沿临时墩对角方向不均匀切割时,中跨跨中外桁弧上弦杆产生最大应力增量为 66 MPa、中跨跨中外桁弧上弦杆最大扭矩增量为 78 kN·m;当任一方向不均匀切割时,中跨跨中外桁弧

上弦杆产生最大应力增量为 70 MPa、外桁弧上弦杆最大扭矩增量为 38.7 kN·m。

故在切割跨中临时墩上支托时,应保证切割高度一致各方向同步切割,防止出现过大的附加弯矩和扭转应力。

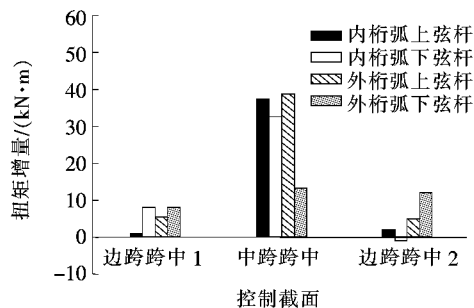


图 10 控制截面扭矩增量图

4 结论

以某钢桁架连续弯梁桥为例,利用有限元软件,进行了方案比选的设计计算,并对千斤顶不均匀下沉导致的主梁附加弯矩和扭转应力进行了定量计算分析。分析过程及结果表明:

(1) 对于采用吊装或顶推施工的梁桥结构,体系转换时须进行支座反力的计算,采取适当的方案,防止结构出现“脱空”现象。

(2) 千斤顶不同步下沉会产生较大的附加弯矩和扭转应力,体系转换时应严格控制。

参考文献:

- [1] 邵旭东.桥梁工程[M].2版.北京:人民交通出版社,2007.
- [2] 杨晖,林力成.连续弯梁桥计算模型分析[J].工业建筑,2005(z1).
- [3] 梁仲林.曲线梁桥设计中支承形式的选用[J].桥梁建设,2007(A1).
- [4] 刘欢.基于荷载试验的桥梁结构安全性检测与评估研究[D].西华大学硕士学位论文,2013.
- [6] 刘小燕,吴飞,肖培香,等.曲线梁桥空间应力特性分析[J].中外公路,2010(4).
- [7] 宫亚峰,何钰龙,谭国金,等.三跨独柱连续曲线梁桥抗倾覆稳定性分析[J].吉林大学学报(工学版),2018(1).
- [8] 李广慧,袁波.不同支承体系曲线梁桥的受力性能研究[J].郑州大学学报(工学版),2013(6).