

某连续刚构组合梁桥成桥方案对比研究

赵建儒

(湖南金祥项目管理有限公司, 湖南 长沙 410004)

摘要: 运用有限元软件建立某连续刚构组合梁桥分析模型, 对不同合龙顺序和体系转换顺序对主梁应力、变形的影响进行对比, 分析不同成桥方案对主梁受力和线形的影响。结果表明, 不同合龙方案对主梁应力影响不大; 先边跨后中跨合龙顺序下边、中跨位移增量相差较小, 有利于桥梁线形控制; 该桥采用先边跨合龙、后中跨合龙、再体系转换的施工方案可有效控制桥梁线形, 还能减小边、中跨合龙段的竖向变形。

关键词: 桥梁; 连续刚构桥; 合龙顺序; 体系转换; 成桥方案

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)04-0143-03

连续刚构组合梁桥结合了连续梁桥和连续刚构桥桥面连续、跨径大、整体性好及施工简便等优点, 可更好地适应复杂的地形地貌。苏湘华等对大跨径 PC 连续刚构桥进行过程控制, 使成桥后线形与理论线形相符, 其裸梁顶面高程测点合格率达 97%; 王申等分析了悬臂浇筑施工法下桥梁由静定结构转化为超静定结构的过程中主梁和临时构件的应力状态, 通过模拟复杂的受力状态保证桥梁施工中的稳定性; 滕树元对高墩大跨连续刚构桥施工线形进行控制, 合龙段扣除桥面纵向坡度影响后的合龙误差均在 2.0 cm 以内, 轴线误差不超过 1.5 cm; 吴锋等认为采用 2 个顶推力顶推时结构形成 3 个独立的框架结构, 具有较大的整体刚度, 便于保持顶推过程中的稳定性, 虽然增大了顶推力, 但减少了顶推次数。上述学者大多从施工技术、线形控制及施工方法等方面对组合桥进行研究, 对组合桥合龙顺序的分析未考虑体系转换的影响。该文运用有限元软件, 综合考虑合龙顺序和体系转换顺序对主梁应力和变形的影响, 研究连续刚构组合梁桥的成桥方案。

1 工程概况

某预应力连续刚构组合桥梁全长 390 m, 跨径布置为 75 m+2×120 m+75 m, 桥面宽 23.5 m, 车道设计为双向四车道+2×3.5 m 非机动车道+1.5 m 中央防护栏+2×0.5 m 左右防护栏, 桥面铺装为沥青路面, 最高通行速度 80 km/h, 安全等级为公路—I 级。上部结构主桥箱梁采用单箱单室变截面, 墩顶处梁高 6.8 m, 跨中处梁高 3.2 m, 梁高按 1.8 次抛物线变化。箱梁横截面采用单箱单室直腹板, 顶

板宽 12 m, 底板宽 5.5 m, 腹板厚 90 cm, 底板厚 70 cm。下部结构边墩与主梁连接采用盆式支座, 主墩与主梁采用固结形式, 桥墩采用 C40 砼, 桩基础采用直径 1.5 m 灌注桩, 主要材料为 C30 砼。桥梁总体布置见图 1。

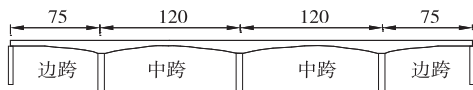


图 1 桥梁总体布置(单位:m)

2 建立模型

运用有限元软件 MIDAS/Civil 建立桥梁数值模型, 均采用梁单元进行模拟, 主桥模型共包含 312 个节点、276 个梁单元, 其中主梁单元和主墩单元分别为 204、72 个(见图 2)。模型中边墩与主梁连接采用滑动支座模拟, 主墩与主梁固结连接采用刚性连接模拟, 预应力齿块与 0# 块的横隔板均采用节点荷载形式载入模型。对桥梁结构进行计算时不考虑横坡和纵坡的影响, 荷载作用主要考虑桥梁结构自重、预应力荷载及砼收缩徐变的影响。



图 2 桥梁有限元模型

3 合龙方案分析

该桥施工过程为先合龙两个边跨合龙段和两个中跨合龙段, 然后进行较复杂的体系转换, 最终成桥。经过对桥梁所处地区施工条件的综合分析, 初

步拟定4种合龙施工方案(见表1)。运用有限元软件模拟该桥合龙前变形及应力状态,并对不同合龙方案下主梁应力及位移与合龙前主梁应力及位移的差值进行对比,确定最合理的合龙施工方案。

表1 4种合龙施工方案

方案编号	合龙顺序
1	边跨对称合龙→中跨对称合龙
2	中跨对称合龙→边跨对称合龙
3	从左至右依次合龙
4	全桥一次性合龙

3.1 主梁初始应力及变形状态

对合龙前桥梁结构应力及变形状态进行模拟,结果见图3。

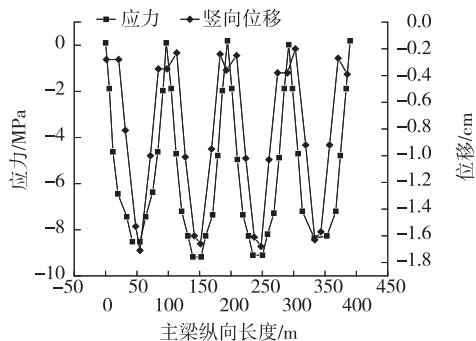


图3 主梁初始应力及位移变化曲线

由图3可知:桥梁合龙施工前主梁底面主要受压应力作用,其中主梁各边跨和中跨跨中截面受到的压应力较大,两边跨最大压应力分别为 -8.52 、 -8.36 MPa,两中跨最大应力分别为 -9.18 、 -9.1 MPa。主梁竖向变形主要发生在边跨和中跨跨中截面位置,边跨最大竖向位移分别为 -1.71 、 -1.63 cm,中跨最大竖向位移分别为 -1.66 、 -1.68 cm。

3.2 不同合龙方案下应力对比分析

分别计算不同合龙方案下主梁应力,并与合龙前主梁初始应力进行对比,得到不同合龙方案下主梁应力变化曲线(见图4)。

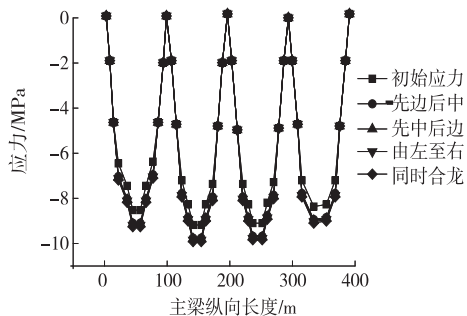


图4 不同合龙方案下主梁应力变化曲线

由图4可知:采用不同合龙施工方案成桥后,除边跨和中跨合龙段最大应力有所增加外,主梁其他截面的应力整体变化趋势基本与初始应力状态一致。先边跨后中跨、先中跨后边跨、从左至右一次合龙、全桥一次性合龙方案下边跨合龙段最大应力分别增加 -0.58 、 -0.62 、 -0.67 和 -0.73 MPa,中跨合龙段最大应力分别增加 -0.63 、 -0.65 、 -0.71 和 -0.74 MPa,4种合龙方案下主梁关键截面应力增幅相差不大,说明合龙方案对主梁应力的影响较小,不足以作为最优合龙方案选择的判断依据。

3.3 不同合龙方案下变形对比分析

分别计算不同合龙方案下主梁变形,并与合成桥前主梁初始位移进行对比,得到不同合龙方案下主梁位移变化曲线(见图5)。

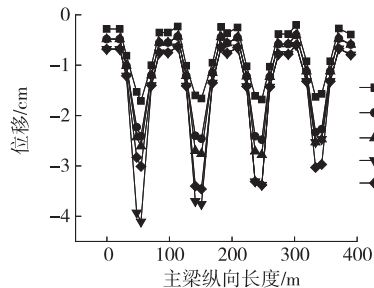


图5 不同合龙方案下主梁位移变化曲线

由图5可知:采用不同合龙施工方案成桥后,主梁位移相对初始位移状态均不同程度增大,其中边跨与中跨合龙段位移增长较明显,其他主梁截面位移增长较小。先边跨后中跨合龙方案下边、中跨合龙段最大位移分别增加 0.7 和 0.8 cm,先中跨后边跨方案下边、中跨合龙段最大位移分别增加 0.9 和 1.1 cm,由左至右依次合龙方案下边、中跨合龙段最大位移分别增加 2.4 和 2.1 cm,全桥一次性合龙方案下边、中跨合龙段最大位移分别增加 1.4 和 1.8 cm。根据JTG T/F50—2011《公路桥涵施工技术规范》,成桥时主梁合龙段的变形量应控制在 2 cm以内。而由左至右合龙方案下边、中跨合龙段位移增量均超过 2 cm,无法满足设计要求。采用先中跨后边跨和全桥一次性合龙方案,虽然变形增量满足规范要求,但边跨和中跨合龙段的位移增量均大于先边跨后中跨合龙方案,且先边跨后中跨合龙方案下边、中跨合龙段的位移增量相差较小,可有效控制桥梁整体线形。综上,先边跨后中跨的合龙顺序较优。

4 体系转换分析

为进一步验证先边跨后中跨合龙方案的合理性

和优越性,结合对体系转换顺序的分析,针对以下两种成桥方案的应力及变形进行对比分析:方案一为边跨对称合龙→中跨对称合龙→体系转换;方案二为边跨对称合龙→体系转换→中跨对称合龙。

4.1 不同体系转换顺序下应力对比分析

运用有限元软件进行模拟计算,对不同成桥方案下主梁应力变化进行对比,结果见图6。

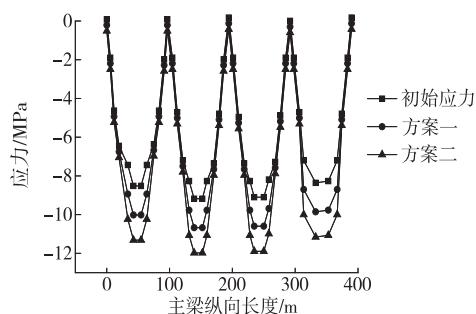


图6 不同成桥方案下主梁应力变化曲线

由图6可知:除边跨和中跨最大应力有所不同外,两种体系转换顺序下主梁应力变化趋势与主梁初始应力变化趋势基本一致。方案一下主梁边跨和中跨合龙段最大应力分别增加 -1.47 、 -1.52 MPa,方案二下主梁边跨和中跨合龙段最大应力分别增加 -2.75 、 -2.83 MPa,方案二下应力增幅大于方案一。由于主梁边跨和中跨跨中截面应力过大不利于桥梁的线形控制,体系转换顺序采用方案一更有利于桥梁最终成桥稳定性。

4.2 不同体系转换顺序下变形对比分析

运用有限元软件进行模拟计算,对不同成桥方案下主梁位移变化进行对比,结果见图7。

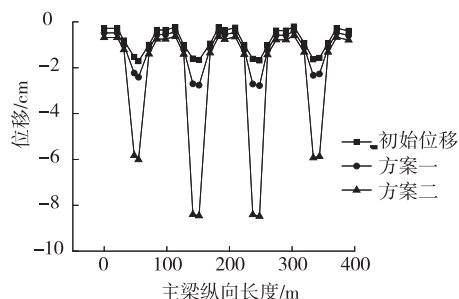


图7 不同成桥方案下主梁位移变化曲线

由图7可知:两种体系转换顺序对主梁边跨和中跨合龙段竖向位移的影响较大,对主梁其他截面竖向位移的影响较小。方案一下主梁边跨和中跨合龙段最大位移分别增大 -0.7 、 -1.1 cm,方案二下分别增大 -4.3 和 -6.8 cm,方案二下位移增量远大于方案一。成桥过程中边、中跨合龙段位移增量过

大,不仅不利于桥梁的线形控制,还会对桥梁结构的整体受力造成影响,方案一在控制主梁竖向变形方面优于方案二。

综上,先边跨合龙、后中跨合龙、再体系转换为较优的成桥方案,在保证桥梁结构受力均匀的同时,能有效控制桥梁线形。

5 结论

运用桥梁专业软件建立分析模型,从桥梁合龙顺序和体系转换顺序两方面,对不同成桥方案下主梁应力和变形变化进行比较,得到以下主要结论:不同合龙方案对主梁应力影响不大,不能以此作为合龙方案优劣的判断依据;由左至右的合龙顺序会导致边、中跨合龙段位移增量超过 2 cm,无法满足设计要求;先中跨后边跨与全桥一次性合龙施工方案下边、中跨合龙段位移增量均大于先边跨后中跨合龙方案,且先边跨后中跨合龙方案下边、中跨位移增量相差较小,有利于桥梁线形控制;采用先边跨合龙、后中跨合龙、再体系转换的施工方案在保证桥梁结构受力均匀的同时,能有效控制桥梁线形,为最合理的成桥方案。

参考文献:

- [1] 黄本才.刚构—连续组合梁桥在矮墩大跨桥中的应用分析[J].公路与汽运,2019(3):132—134+168.
- [2] 郭丰哲,郭波,苏国明.铁路大跨度连续刚构—拱桥组合结构设计[J].铁道建筑,2018,58(12):29—33+41.
- [3] SHI J X, RAN Z H. Research on durability of a concrete continuous rigid frame bridge[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, 153(5).
- [4] GAO Q F, WANG Z L, LV X H, et al. Estimation formulas for natural frequencies of girder bridge and continuous rigid frame bridge[J]. The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering, 2015, 8(3): 155—164.
- [5] 苏湘华,温森元,王彬鹏.大跨径PC连续刚构桥线形控制施工技术研究[J].公路,2018(12):142—145.
- [6] 王申,谢晓杰.大跨径连续刚构桥悬臂浇筑施工稳定性分析[J].公路工程,2019,44(2):138—142.
- [7] 滕树元.滇南山区高墩大跨连续刚构桥施工线形控制[J].铁道建筑,2018,58(4):37—40.
- [8] 吴锋,王斌,宋旭明,等.基于线性规划的连续刚构桥合龙段顶推力研究[J].长安大学学报(自然科学版),2017,37(5):65—72.