

不同跨径铁路连续梁桥悬臂施工线形对比分析研究

刘龙¹, 张振伟², 马兴鹏¹, 于赛赛¹, 吕昊文³

(1.安阳工学院, 河南 安阳 455000; 2.中国市政工程中南设计研究总院有限公司; 3.重庆交通大学)

摘要: 该文以4座连续梁桥为研究对象,通过Midas/Civil 2015有限元软件进行建模分析,并对计算所得理论数据与现场实测数据进行对比。主要研究了4座不同跨度铁路连续梁桥在活载作用下的挠度变化情况、收缩徐变对高程影响情况、预拱度设置情况,并对施工过程中高程实测值与理论值进行对比分析。

关键词: 不同跨径; 连续梁桥; 悬臂施工; 线形

随着中国交通事业的快速发展,铁路已成为连接中国各地区的重要交通工具,连续梁桥是铁路工程中最常采用的桥型之一,而对于该桥型而言,悬臂浇筑法经常成为最佳的施工方法。该方法相对满堂支架而言有诸多优点,但由于其施工的复杂性,施工过程中需进行多次体系转换,因而要使其成桥后线形和内力符合设计和使用要求,就必须对施工过程中高程甚至内力进行控制,这也是施工监控量测的主要工作。

为了让连续梁桥悬臂施工控制技术实现信息化,并提升设计人员和现场监控量测人员对线形控制的认知,对不同跨径的连续梁桥线形进行对比研究具有重要意义。该文依托深圳至茂名铁路工程中的(32+48+32)m、(40+64+40)m、(48+80+48)m、(60+100+60)m 4种不同跨径组合连续梁施工监控项目,采用Midas有限元软件对其分别进行施工过程模拟,分别从活载挠度、收缩徐变挠度、施工预拱度、实测值与理论值高程对比4个方面探讨其变化规律。

1 工程概况

① 深圳茂名铁路漠阳江特大桥上部结构为(32+48+32)m 预应力混凝土连续箱梁(双线),桥面宽12.6 m,主梁为单箱单室变截面预应力混凝土连续梁,中支点处梁高3.4 m,端部及跨中梁高2.8 m;② 那龙河2#特大桥1#连续梁上部结构为(40+64+40)m 预应力混凝土连续箱梁(双线),桥面宽12.6 m,主梁为单箱单室变截面预应力混凝土连续梁,中支点处梁高

5.2 m,端部及跨中梁高2.8 m;③ 西部沿海特大桥连续梁上部结构为(48+80+48)m 预应力混凝土连续箱梁(双线),桥面宽12.2 m,主梁为单箱单室变截面预应力混凝土连续梁,中支点处梁高6.4 m,端部及跨中梁高3.8 m;④ 那龙河2#特大桥2#连续梁上部结构为(60+100+60)m 预应力混凝土连续箱梁(双线),桥面宽12.6 m,主梁为单箱单室变截面预应力混凝土连续梁,中支点处梁高7.291 m,端部及跨中梁高4.591 m。

2 有限元模型建立

依据4座连续梁桥的施工图建立有限元模型如图1所示。模拟施工过程考虑的因素有结构自重、材料

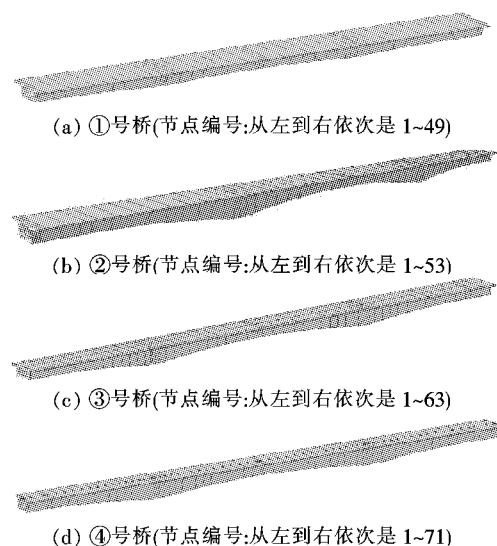


图1 连续梁桥有限元模型

收稿日期:2018-12-31

基金项目:安阳工学院2017年度校青年科研基金资助项目(编号:QJJ2017011)

作者简介:刘龙,男,硕士,讲师.E-mail:1055437368@qq.com

收缩徐变、温度变化、支撑体系、施工荷载等。

3 梁体变形对比分析

3.1 活载挠度结果

连续梁桥设计车速 200 km/h, 竖向荷载采用 ZK 标准活载, 如图 2 所示。

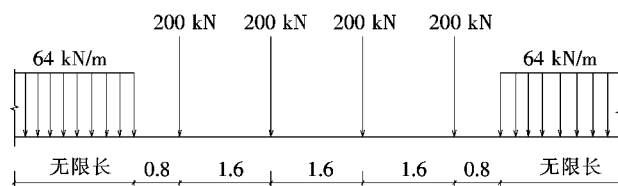


图 2 ZK 标准活载(长度单位:m)

图 3 为 4 座连续梁桥活载挠度图。

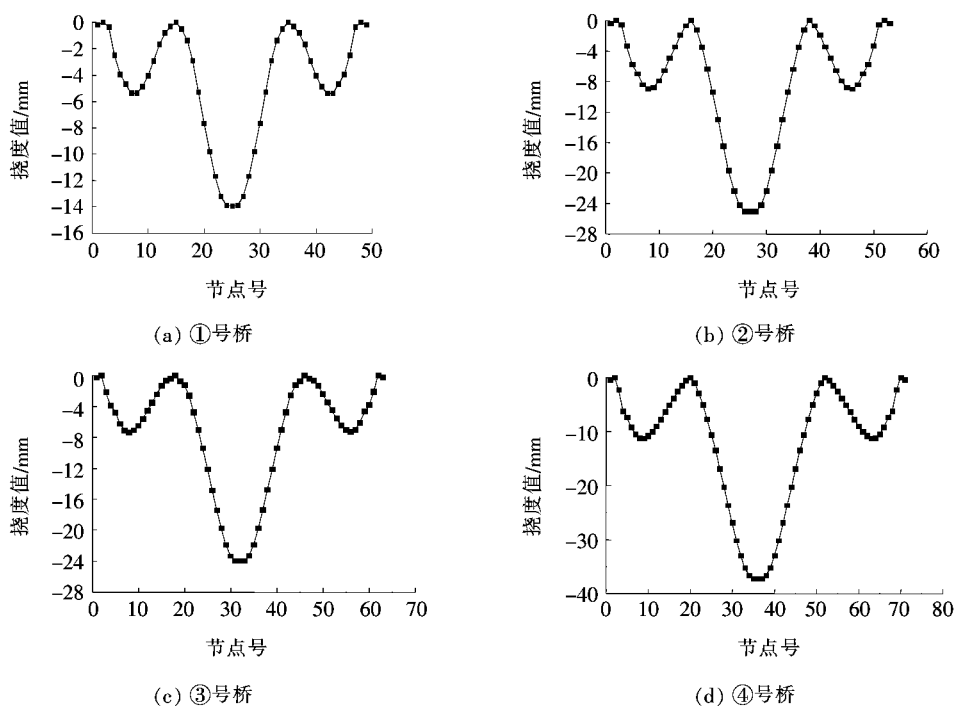


图 3 连续梁桥活载挠度曲线

由图 3 可知:各连续梁中跨的挠度弯曲度远比边跨挠度大,且跨径越大,相应的中跨挠度值越大。根据活荷载下分析的挠度值,①号连续梁桥边跨下挠 5.36 mm,中跨下挠 13.68 mm,中跨挠度是边跨的 2.55 倍,中跨挠度是跨径的 $1/3\ 509$;②号连续梁桥边跨下挠 8.99 mm,中跨下挠 25.08 mm,中跨挠度是边跨的 2.78 倍,中跨挠度是跨径的 $1/2\ 552$;③号连续梁桥边跨下挠 7.34 mm,中跨下挠 23.69 mm,中跨挠度是边跨的 3.22 倍,中跨挠度是跨径的 $1/3\ 377$;④号连续梁桥边跨下挠 11.22 mm,中跨下挠 37.23 mm,中跨挠度是边跨挠度的 3.31 倍,中跨挠度是跨径的 $1/2\ 686$ 。

由此得出 4 座连续梁桥的中跨活载挠度是边跨的 2.5~4.0 倍,是跨径的 $1/2\ 500\sim 1/3\ 500$ 。

3.2 收缩徐变挠度的对比结果

收缩徐变是混凝土类材料对环境以及应力变化做出的反应,影响收缩徐变的因素很多,如混凝土强度种

类、养护龄期、环境温度湿度等。图 4 为 4 座连续梁桥成桥时与成桥 20 年后收缩徐变挠度变化图(收缩徐变采用 JTG D62—2004《公路桥涵设计通用规范》公式进行计算)。

由图 4 可知:①号连续梁桥成桥时边跨收缩徐变最大挠度为 3.97 mm,中跨为 5.67 mm;20 年后边跨收缩徐变最大挠度为 6.56 mm,中跨为 4.59 mm;②号连续梁桥成桥时边跨收缩徐变最大挠度为 10.08 mm,中跨为 10.60 mm;20 年后边跨收缩徐变最大挠度为 14.51 mm,中跨为 16.95 mm;③号连续梁桥成桥后边跨收缩徐变最大挠度为 6.00 mm,中跨为 10.96 mm;20 年后边跨收缩徐变最大挠度为 8.15 mm,中跨为 18.83 mm;④号连续梁桥成桥时边跨收缩徐变最大挠度为 11.33 mm,中跨为 9.66 mm,20 年后边跨收缩徐变最大挠度为 15.06 mm,中跨为 11.64 mm。

收缩徐变对桥梁的挠度变化有影响,但并未根据

跨径变化呈现规律性。

3.3 施工预拱度结果

施工预拱度设置考虑梁体自重、施工荷载、混凝土

收缩徐变及列车活载影响,采用预拱度计算公式为:恒载绝对值+0.5×活载绝对值。图 5 为 4 座连续梁桥的施工预拱度图。

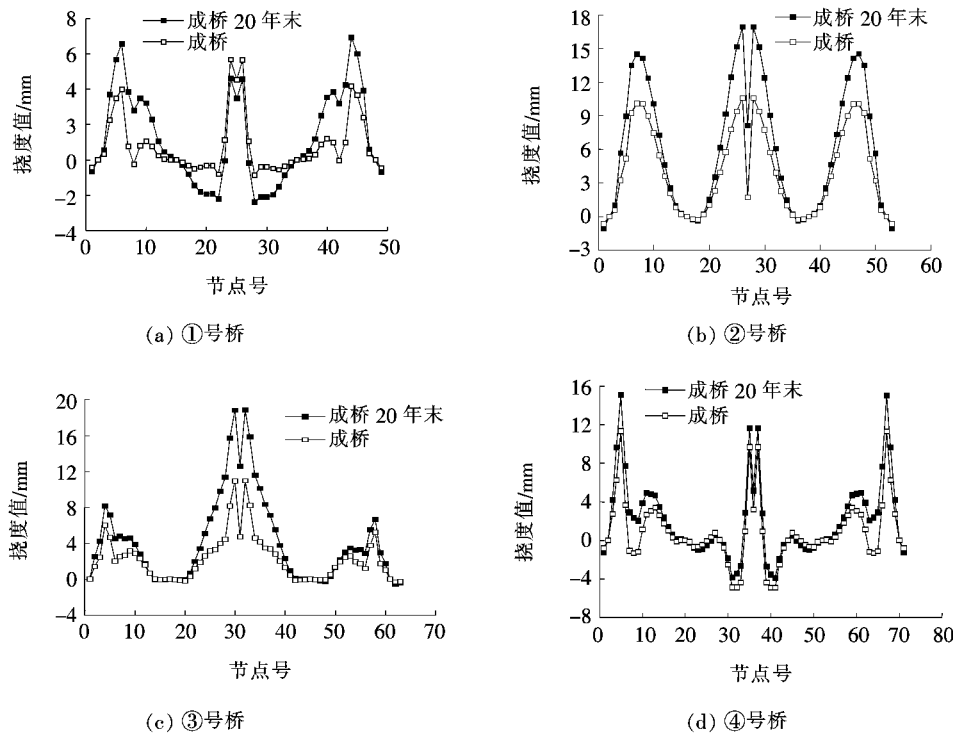


图 4 连续梁桥收缩徐变挠度

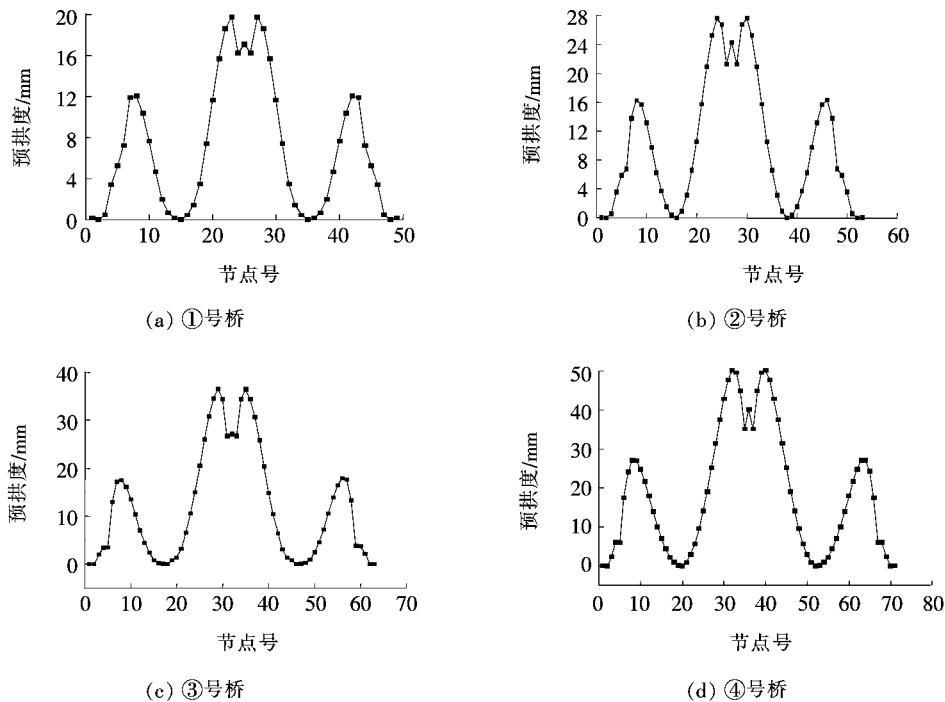


图 5 连续梁桥施工预拱度曲线

由图 5 可知:4 座连续梁桥的施工预拱度随着跨径的增大而逐渐变大。①号桥边跨的最大施工预拱度为

12.07 mm,中跨为 19.76 mm;②号桥边跨的最大施工预拱度为 16.29 mm,中跨为 27.60 mm;③号桥边跨最大施

工预拱度为 17.49 mm,中跨为 34.48 mm;④号桥边跨最大施工预拱度为 27.00 mm,中跨为 50.15 mm。

考虑由于桥梁自重以及预应力钢束位置、数量的影响,不同跨径连续梁桥也会存在不同的变形数值。所述 4 座连续梁中跨跨中最大施工预拱度在 19~51 mm 之间,相比公路桥梁施工预拱度较小。

4 梁体变形实测值与理论值对比分析

为验证所建立有限元模型的正确性与真实性,特对①~④号连续梁桥实测高程与理论高程进行对比分析。由于 4 座连续梁桥实测高程与理论高程相差较小,为了

更清晰地反映出实测高程与理论高程的差别,给出图 6 相对高程差(实测高程—理论高程)进行直观分析。

由图 6 可以看出:①~④号连续梁桥实测高程与理论高程随里程的变化相差不大,反映出施工期间线形控制的精确性。同时由计算数据可得:①号连续梁桥实测高程与理论高程差主要集中在 5~10 mm 之间,最大差值为 15 mm;②号连续梁桥实测高程与理论高程差集中在 10~15 mm 之间,最大差值为 19 mm;③号连续梁桥实测高程与理论高程差集中在 5~15 mm 之间,最大差值为 16 mm;④号连续梁桥实测高程与理论高程差集中在 5~15 mm 之间,最大误差为 19 mm。

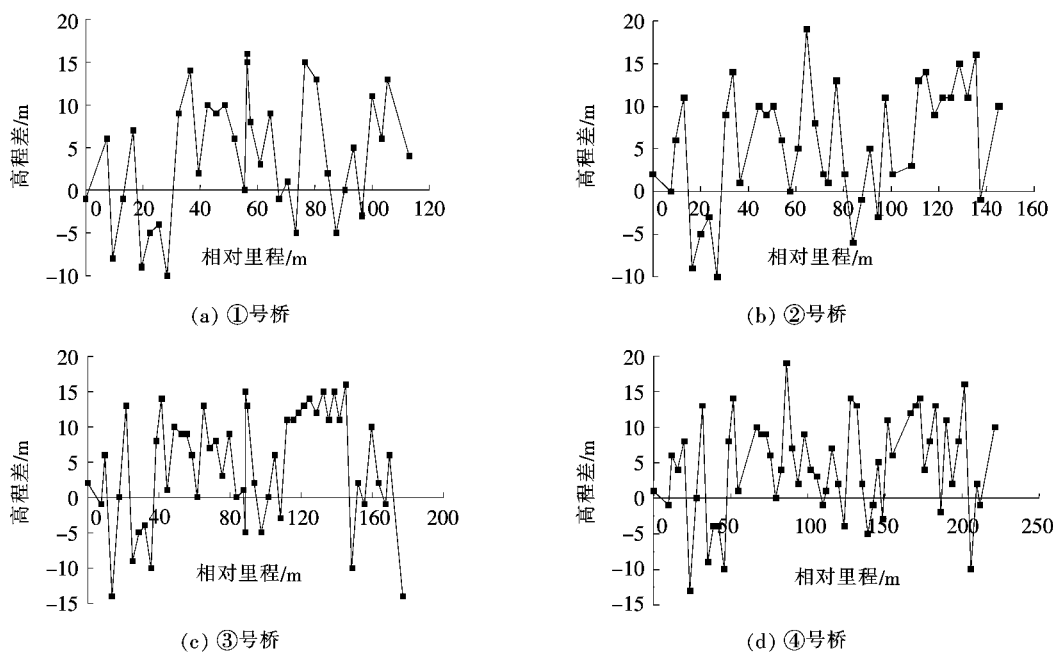


图 6 实测高程与理论高程差

笔者建议,为控制合龙段施工误差,需保证更加精确地将合龙时间选择在温差较小时段,将进一步减小实测高程与理论高程的差值。

5 结论

以 4 座连续梁桥为工程背景,建立有限元计算模型,并对其活载挠度、施工预拱度、梁体收缩徐变挠度、实测与理论高程差进行分析,得到以下结论:

(1) 4 座连续梁桥由活载引起的挠度较小,在 12~38 mm 范围内,中跨活载挠度是边跨活载挠度的 2.5~4.0 倍,是跨径的 $1/2\ 500 \sim 1/3\ 500$ 。

(2) 4 座连续梁桥的边跨最大施工挠度在 12~27

mm 范围,中跨最大施工预拱度在 19~50 mm 范围内。

(3) 受混凝土收缩徐变的影响,连续梁桥成桥时边跨收缩徐变最大挠度为 3.50~11.33 mm,中跨为 5.50~11.00 mm;20 年后边跨收缩徐变最大挠度为 6.50~11.50 mm,中跨为 4.5~20.00 mm。

(4) 梁体实测高程与理论值相差较小,4 座桥的实测高程与理论差集中在 5~15 mm 之间,最大差值为 19 mm,满足施工要求。

参考文献:

- [1] 谢明志,张涛,杨永清,等.快速铁路大跨连续梁桥施工监控及控制体系研究[J].铁道标准设计,2017(12).

大跨连续箱梁桥 0[#] 块高强混凝土水化热 及温控措施分析

袁军峰¹, 张建东^{1,2}, 刘朵², 阚毓峰²

(1.南京工业大学 土木工程学院, 江苏 南京 211800; 2.苏交科集团股份有限公司)

摘要: 针对大跨连续梁桥箱梁 0[#] 块施工过程中的水化热问题, 基于有限元模型对冷却管通水循环的降温效果和防裂效果进行了比较分析。基于热交换平衡原理, 考虑环境因素和材料特性的影响, 采用 Midas/FEA 软件, 在箱梁 0[#] 块无冷却管通水循环模型与实测温度场数据相吻合的条件下, 比较了箱梁 0[#] 块无冷却管和冷却管通水循环计算模型的混凝土降温效果、温度应力和最小裂缝系数; 通过对计算结果的分析, 进一步明确了冷却管通水循环对 0[#] 块混凝土水化热裂缝防控的有效性。结果表明: 冷却管通水循环可显著地降低箱梁 0[#] 块混凝土的温度峰值、应力峰值和表面开裂几率, 为大跨连续梁桥箱梁 0[#] 块高强混凝土施工质量控制提供了有效措施。

关键词: 水化热; 箱梁 0[#] 块; 冷却管; 高强混凝土; 温度裂缝

箱梁 0[#] 块作为挂篮悬臂浇筑施工的中心, 是整个结构体系中最复杂的部分。随着连续梁桥的跨径不断增大, 为了保证连续梁具有足够的抗弯承载力和抗倾覆作用, 对 0[#] 块施工质量的要求越来越高。高强混凝土水化热温升大, 单方水泥用量大, 若体积较大, 结构内部热量不断积聚, 温度急剧升高, 使结构内部温度远大于外部温度, 形成较大的温度梯度, 从而产生较大温度应力, 进而可能产生温度裂缝。箱梁 0[#] 块浇筑过程中影响混凝土温度场的因素包括混凝土配合比、水泥种类、环境温度、入模温度(即浇筑温度)、是否分层分段浇筑及养护条件等。优化这些因素均对裂缝控制有利, 但避免箱梁裂缝的工程案例却少之又少。因而施工期间混凝土水化热问题仍有进一步研究的价值。该

文对某连续箱梁 0[#] 块水化热实测温度场进行分析, 并采用有限元分析方法, 在无冷却管通水循环模型与实测温度场吻合情况下, 建立冷却管通水循环模型, 分析冷却管通水循环模型的降温效果和裂缝控制效果。

1 工程概况

某连续箱梁桥, 主桥上部结构采用(100+160+100) mPC 波形钢腹板变截面连续箱梁, 是目前跨度最大波形钢腹板连续组合梁桥, 主梁结构为单箱三室。左右两幅均采用挂篮悬臂浇筑施工, 0[#] 块和 1[#] 梁段采用托架现浇, 2[#]~16[#] 梁段采用异步浇筑施工, 其 0[#] 块长 6 m, 1[#] 梁段长 3.4 m, 1[#]~17[#] 梁段高度变化

- [2] 祝国华, 朱伟庆, 崔越. PC 连续梁桥悬臂浇筑施工线形误差敏感性分析[J]. 中外公路, 2016(6).
- [3] 贾文豪, 李子奇. 改变施工步骤对连续梁桥线形及应力的影响[J]. 铁道建筑, 2016(8).
- [4] 杨耀, 方淑君, 段传武, 等. 不同跨径高铁连续梁桥悬臂施工线形分析研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2016(8).
- [5] 王立峰, 张磊, 肖子旺, 等. 大夹角蝶形拱式连续梁 V 撑局

部应力分析[J]. 中外公路, 2012(4).

- [6] 戴东利. 混凝土连续刚构桥预拱度设置研究[J]. 铁道建筑技术, 2012(6).
- [7] 李丹. (48+80+80+48) m 连续梁悬臂施工监控技术研究[D]. 石家庄铁道大学硕士学位论文, 2016.
- [8] 陈明. 大跨径连续梁桥主桥合龙段施工监控技术的应用[J]. 公路与汽运, 2017(5).

收稿日期: 2018-06-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 51778288); 浙江省交通运输厅科研计划项目(编号: 2016023)

作者简介: 袁军峰, 男, 硕士研究生. E-mail: 18851776203@163.com