

大跨度桥梁施工控制影响参数

王煦,董军

(北京建筑大学 工程结构与新材料北京市高等学校工程研究中心,北京 100044)

摘要:施工控制是建筑产业现代化的重要体现之一。为使连续刚构桥成桥状态的线形符合技术要求,桥梁的施工控制是不可或缺的措施。针对大跨度连续刚构桥施工控制的特点,运用软件进行仿真模拟,进行了悬臂施工过程主要参数的敏感性分析,并据此来判定结构对参数的灵敏程度,为施工过程的参数调整提供相应依据,为建筑产业化提供支持。分别对比了在容重变化、混凝土预应力参数和整体升温降温等情况下,连续刚构桥主梁挠度在最大悬臂状态和成桥状态时变化趋势。结果表明,最大悬臂状态下的温度梯度对挠度影响最大,变化峰值可达60 mm。容重也对挠度有显著影响,两种状态下挠度变化峰值均在10~25 mm之间。

关键词:桥梁;三维模型;悬臂施工;参数敏感性;挠度

中图分类号:TU997 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2015)S1-0126-04

Discussion on influences of construction control parameters of long-span bridges

Wang Xu, Dong Jun

(Beijing Higher Institution Engineering Research Center of Structural Engineering and New Materials, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, P. R. China)

Abstract: Construction control is an important embodiment of the modernization of the construction industry. In order to ensure the continuous rigid frame bridge require the design of actual state, bridge construction control is an essential measure and step. This paper takes a cross-sea bridge as the basis, using software simulation, exploring the long span continuous rigid frame bridge displacement and stress in various stages of construction, analyzing the parameter sensitivity, supporting for the modernization of the construction industry. Respectively this paper analyzes changing trend and the influence degree of deflection and stress under the biggest cantilever stage and service stage with the change of density of concrete, prestressing parameter and temperature. The results show that local temperature has the biggest influence on deflection under the maximum cantilever stage, and the maximum variation can reach 60mm. Density of concrete has significant effect on deflection, which peak reach between the 10 mm~25 mm under two states.

Key words: bridges; three-dimensional; cantilever; parameter sensitivity schedule of construction; deflection

大跨度连续刚构桥具有主梁体连续、墩梁固结的特点,并且具有纵桥向抗弯刚度和横桥向抗扭刚

度大、抗震性能好、能满足大跨度桥梁的要求^[1]。然而受各种误差因素的干扰影响,大跨度桥梁施工过

收稿日期:2015-11-10

基金项目:国家自然科学基金(51178042);北京市自然科学基金(8142012)

作者简介:王煦(1992-),男,硕士生,主要从事桥梁与隧道工程、结构工程研究,(E-mail) wangxusnsd@sina.com。

董军(通信作者),男,教授、博士生导师,(E-mail) jdongcg@ bucea.edu.cn。

程中的实际施工状态与理想设计状态之间总是存在偏差。^[2]为减少或避免上述情况的影响,对主要参数进行识别是不可或缺的。结构设计参数的变化能导致桥梁结构内力的变化和形状的改变,在施工控制中必须对设计参数进行识别和修正。桥梁工程施工控制中所要解决的问题就是如何通过设计参数误差的修正,使结构的实际状态与目标状态更加接近,从而达到施工控制的目的^[3]。在进行单因素参数敏感性分析时,首先要明确的是分析基准^[4],要选定致使桥梁结构产生偏差较大的主要的设计参数。其次就是运用各种理论和方法来分析、识别这些设计参数误差,最后得到设计参数的正确估计值,通过修正参数误差,使桥梁结构的实际状态和理想状态相一致^[5]。实现上述要求需要通过设计参数敏感性分析来得出相应结论。

1 工程概况

某桥桥型布置为 75+125+125+75 m,为混凝土连续刚构桥。主梁采用 C50 混凝土,截面采用单箱单室直腹板截面。主梁混凝土部分纵向按全预应力混凝土结构设计,采用变高梁;主桥按单幅布置,箱梁宽度为 12 m,桥面横坡为 2.0%,竖曲线半径为 8 000 m,梁底下缘曲线以 1.8 次抛物线变化。采用挂篮悬臂浇筑施工。

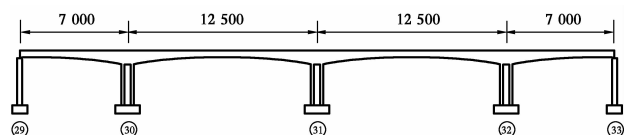


图1 主桥图

2 三维仿真模型建立

笔者运用大型有限元综合分析程序 MIDAS/CIVIL2013 进行模型建立,全桥共建立单元 229 个。根据工程实际,在施工阶段定义时每个施工阶段细分为 3 个施工步骤,分别是块段施工、预应力张拉和挂蓝行走,共建立施工阶段 52 个。作用考虑自重和临时荷载。采用集中力和节点弯矩模拟挂篮和混凝土的湿重,并只在当前阶段有效,施工下一阶段时进行钝化。在定义边界过程中,桥墩底部设定为固结,主梁梁端的支架现浇段设置为只受压支座。所建模型如图 2。



图2 有限元模型

3 施工控制参数敏感性分析

结构自重、预应力参数以及温度变化是连续刚构桥的主要影响参数。本文分别以某大桥最大悬臂状态和成桥状态为分析状态,通过对比挠度变化趋势,以此作为标准进行参数敏感性的判定。

3.1 容重误差敏感性分析

实际工程中,因某些细节,偶尔会导致混凝土实测容重比设计容重大的情况。在有限元模型中一般通过重量偏差转换成容重,分别假设主梁容重减小或增大 5% 或者 10% 进行施工过程模拟。^[6] 本文结合工程实际,考虑主梁容重变化增加和减少 10%,并分别和自身原始容重状态情况进行比较。所得到的挠度差曲线图如图 3。

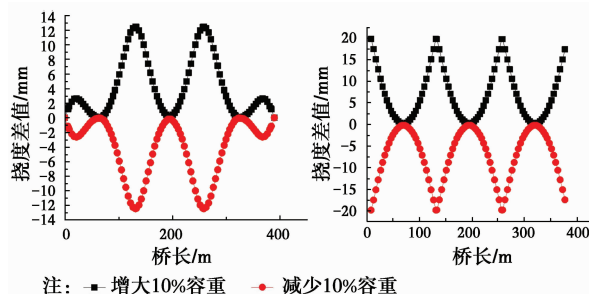


图3 成桥状态和最大悬臂状态下容重变化 10% 挠度差值

由上图可知,当混凝土容重发生变化时,成桥状态下桥梁跨中所产生的挠度变化最大,最高值可达 14 mm。当容重增大时,桥梁的挠度也呈上升趋势;当容重减小时,桥梁的挠度也和原始容重相比呈减少趋势。最大悬臂状态下桥梁的悬臂端挠度变化也较大,峰值可达 20 mm。挠度的增减和成桥状态下的增减趋势一样,即混凝土容重增大时挠度也相应增加;混凝土容重减少时挠度也相应减少。

3.2 预应力参数敏感性分析

根据文献^[7-8]可知,预应力钢束与管壁摩擦系数 μ 和管道每米局部偏差对摩擦的影响系数 k 是预应力参数敏感性分析的主要因素。本文就两个主要预应力参数进行分析,研究预应力对连续刚构桥挠度的影响。

3.2.1 成桥状态下管道每米局部偏差对摩擦影响系数误差分析 根据工程实际可知,顶板束的管道每米局部偏差对摩擦的影响系数 $k=0.001$,底板束管道每米局部偏差对摩擦的影响系数 $k=0.0066$ 。在本文中,将顶板束和底板束的管道每米局部偏差对摩擦的影响系数 k 同时增大 10% 和缩小 10% 进行分析。

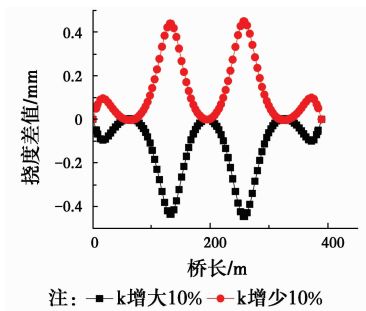


图 4 成桥状态下 k 变化 10% 挠度差值

由上图表可知,管道每米局部偏差对摩擦的影响系数 k 增大 10%,成桥状态下的跨中挠度最大值仅增加 0.4 mm。 k 减小 10%,成桥状态下的跨中挠度减小略大于 0.4 mm。

3.2.2 成桥状态下预应力钢束与管壁摩擦系数误差敏感性分析 在考虑管道摩擦阻误差对主梁影响时,对模型中管道摩擦系数分别上调、下调 10%,模型中默认管道摩擦系数 0.2。据此计算主梁在预应力作用下主梁的挠度,比较如下图 5。

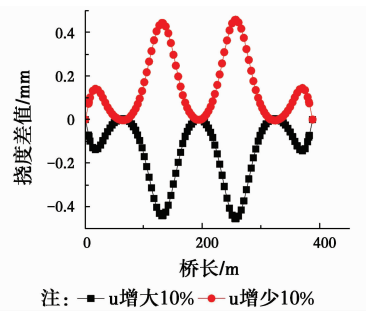


图 5 成桥状态下 μ 变化 10% 挠度差值

由以上比较可看出,成桥状态下挠度及应力变化范围均不超过 0.5 个单位,说明在预应力作用下,管道摩擦误差对主梁挠度非常微小,可以忽略不计。

3.3 整体升温降温参数敏感性分析

主梁施工过程中的外界温度并非一成不变的,对于沿海地区尤其如此。温度的改变将会使主梁产生挠度变化。由于自然环境条件变化所产生的温度荷载主要有年温差和局部温差两种^[9]。局部温差一般指日照产生的温差,由于混凝土导热系数较小,桥

梁结构在日照作用下内部结构温度变化滞后,因而在结构的不同层面会产生一定的温差,这就是桥梁结构中的局部温差。日照辐射及寒冷骤然降温属于局部温度影响^[10]。年温温度荷载是一年四季气候不同所引起的结构物温度变化,但是这种变化极为缓慢,引起结构整体的温度变化比较均匀^[11]。笔者结合某桥当地实际温度情况,将系统整体升温降温、顶板升温降温定义如下。

	°C
初始温度	24
顶板升温上限	5
顶板降温下限	5
系统升温上限	34
系统降温下限	8

3.3.1 成桥状态下系统整体升温降温对主梁挠度及应力影响 由实际工程建设周期可知,相比较于最大悬臂状态,研究成桥状态下年温差对连续刚构桥主梁影响意义更大。因此,本部分主要分析系统整体升温降温对成桥状态时挠度与应力的影响,并以恒温状态下挠度为基准。比较结果如下。

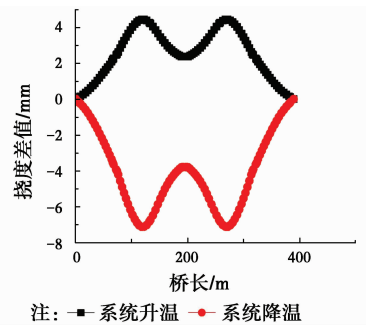


图 6 成桥状态下系统升温降温挠度差值

结合上图分析可知,年温差对主梁线形影响较明显。年温差升高 10 °C,主梁挠度变化最大至 4 mm。当年温差降低 16 °C,由此所引起跨中处最大挠度值有 7.5 mm。据此可知,成桥状态下系统升温降温对连续刚构桥成桥状态主梁挠度影响较大。

3.3.2 顶板升温降温对两种状态主梁挠度影响 在考虑顶板升温降温时,根据某桥温度场观测曲线,定义顶板升温降温作用范围为主梁上表面至表面以下 50 cm 处,升温时温度梯度为从表面往下降低 5 °C;降温时温度梯度为从表面往下升高 5 °C。所得结果如图 7。

由上图可以看出,顶板升温降温时,成桥状态挠

度变化程度深的范围主要集中在梁端,峰值可达16 mm。在最大悬臂状态下的变形则更为显著,受温度梯度影响,悬臂端处下挠最大可为60 mm,这与文献[7]的结论基本一致。同时,温度梯度升温降温影响相差不大,两种曲线几乎重合。说明顶板升温降温对主梁挠度影响非常剧烈,必需予以考虑。建议在实际工程中,对主梁线性进行测量时,应尽量避免在温度变化较大时间段,选择清晨或晚上进行测量。同时,在合拢段施工时,也应尽量选择清晨进行合拢,最好避免在温度变化较大的时间段内施工。

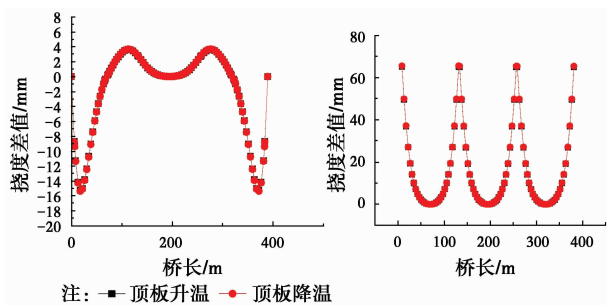


图7 成桥状态和最大悬臂状态下顶板升温降温挠度差值

4 小 结

针对连续刚构桥设计参数影响程度及主要参数识别的问题,本文以某桥为依托工程,采用有限元计算软件建立相应模型,进行参数敏感性了分析,考虑了各个方面的影响因素主要得出以下几点结论。

1)容重对成桥状态和最大悬臂状态两种状态的挠度影响均明显。其中,成桥状态挠度变化峰值可达14 mm,最大悬臂状态下挠度变化峰值可达25 mm。建议在施工中,应严格控制容重误差。

2)管道每米局部偏差对摩擦的影响系数 k 和预应力钢束与管壁摩擦系数 μ 对连续刚构桥主梁挠度函数影响微弱,在误差分析时可忽略不计。

3)年温差和局部温差均对连续刚构桥的两种状

态的挠度有影响,其中温度梯度的影响更为剧烈。建议在对主梁线性进行测量和合拢段施工时,应尽量避免在温度变化较大的时间段内测量或施工,选择清晨进行合拢属于上佳时间段。

参考文献:

- [1] 童申家,谢祥兵,程可飞,等. 离差最大化在连续刚构桥抗震性能设计参数的应用[J]. 土木建筑与环境工程, 2014,36(S1): 9-15.
- [2] 赵晓华,孙航,张谢东,等. PC梁桥结构参数对最大悬臂结构力学性能的敏感性分析[J]. 公路交通科技, 2011, 28(11):95-99.
- [3] Wekezer J W. Dynamic response of reinforced concrete bridges due to heavy vehicles [J]. Advances in Transportation Studies, 2012(28): 35-50.
- [4] Van-Son N. Reliability-based optimization design of post-tensioned concrete box girder bridges considering pitting corrosion attack [J]. Structure and Infrastructure Engineering, 2013, 9(1): 78-96.
- [5] 任娇. 连续刚构桥施工控制理论及其工程应用[D]. 武汉:武汉理工大学,2006.
- [6] 王立峰,纪世奎,孙勇. 龙华松花江特大桥结构参数敏感性分析[J]. 东北林业大学学报,2010,38(2):91-92.
- [7] 闫燕红. 大跨度连续刚构桥施工监控及温度效应分析[D]. 北京:北京交通大学,2008.
- [8] 向东刚. 高墩大跨度连续刚构桥施工控制及影响参数分析[D]. 西安:长安大学,2014.
- [9] 彭友松. 混凝土桥梁结构日照温度效应理论及应用研究[D]. 成都:西南交通大学,2007.
- [10] 王武勤,雷俊卿. 大跨度预应力混凝土T箱梁施工专题分析[C]// 预应力混凝土结构工程论文集,1993(11).
- [11] 许洋洋. 温度及收缩徐变效应对大跨连续刚构桥的影响[D]. 重庆:重庆大学,2013.

(编辑 罗 敏)