

城际高速铁路连续梁桥施工监控中的敏感性分析

周彦文¹, 石强¹, 连殿云¹, 陈贺功², 高志波², 季文洪²

(1. 路桥华东工程有限公司, 江苏 昆山 215332; 2 上海市结构新技术重点实验室, 上海 200032)

摘要:大跨度预应力混凝土连续梁桥的施工监控是施工中的核心技术。在施工过程中, 通过施工监控调整桥梁结构的线型和内力达到预期的设计值, 确保桥梁结构的施工安全。文章重点介绍了跨沪杭桥的施工监控特点。

关键词:施工监控; 总结; 施工安全

中图分类号: U414.75

文献标识码: A

引言

连续梁桥为超静定结构, 其在施工过程中, 由于结构体系将随施工阶段的不同而变化, 结构的实际参数与理论值存在差异, 这种差异达到一定程度后, 如果不及及时加以调整修正, 成桥后的结构安全将难以保证。因此, 施工过程中必须对线形和内力进行控制, 及时掌握结构的实际状态, 对施工进度进行调整, 防止施工误差的累积, 保证桥梁线形与结构的施工安全。本文就沪宁城际铁路跨沪杭桥施工监控的特点进行总结, 并进一步探讨连续梁桥施工监控的重点和难点。

1 工程概况

1.1 结构概况

沪宁城际铁路工程站前 VII 标第 2 工区第 3 作业区无砟轨道现浇跨沪宁铁路预应力混凝土连续梁桥 (48m + 80m + 48m), 全长 177.2 米, 梁顶面宽 12.2 米, 上部结构为单箱单室结构, 采用挂篮悬臂施工。

1.2 设计技术概况

本桥由中铁第四勘察设计院集团有限公司设计。设计参数: 设计速度: 300km/h 线路情况: 无砟, 双线, 半径 $R \geq 2000\text{m}$ 的直、曲线, 轨道铺设间距 4.8 米, 轨底 - 梁顶 (2.6 米平段) 0.481 米; 施工方法: 分段悬臂浇注; 环境类别及作用等级: 一般大气条件无防护措施的地面结构, 环境类别为碳化环境, 作用等级为 T2 级; 地震动参数: 地震动峰值加速度 $\leq 0.1g$ 地震动反应谱特征周

期 0.35s

2 施工控制目的与意义

跨沪宁铁路预应力混凝土连续梁桥 (48m + 80m + 48m) 预应力混凝土连续梁桥采用悬臂浇筑施工, 最终形成必须经历一个漫长而又复杂的施工与体系转换过程。通过理论计算可以得到各施工阶段的理论主梁标高值, 但在施工中存在着许多误差, 这些误差均将不同程度地对成桥目标的实现产生干扰, 并可能导致桥梁合拢困难、成桥线形及内力状态与设计要求不符等问题。因此, 为确保连续梁桥施工安全, 成桥线形与内力状态符合要求, 在主桥施工过程中必须进行严格的施工控制。

预应力混凝土连续梁桥属大跨度超静定结构, 所采用的施工方法、材料性能、浇筑程序及立模标高等都直接影响成桥的线形与受力, 且施工现状与设计的假定总会存在差异, 为此必须在施工中采集需要的数据, 及时掌握结构实际状态, 并通过计算, 对浇筑主梁立模标高给以调整与控制, 以满足设计的要求。

通过施工过程的数据采集和优化控制, 在施工中逐步做到把握现在, 预估未来, 避免施工差错, 缩短工期, 节省投资。

3 施工监控的主要内容^[1-5]

3.1 混凝土弹性模量

混凝土弹性模量是结构计算中的一个非常重要的参数, 实际的弹模与假定值总是存在一定的差距, 需要

通过试验得出实际的混凝土弹性模量。混凝土弹性模量试验由施工现场材料试验室完成。

3.2 混凝土容重及配合比

混凝土容重初步计算时取 26kN/m^3 , 混凝土容重大小与混凝土配比、所用石料密度等有关, 实际容重与计算取值有一定差异。在主梁施工前几个节段, 要求按规范制作试块, 测定实际混凝土容重。

3.3 截面特性参数

任何施工都可能存在截面尺寸误差, 验收规范中也允许出现不超过限值的误差, 但这种误差将直接导致截面特性误差, 从而直接影响结构内力及变形的分析结果。因此在施工过程中, 从立模开始至混凝土浇筑成形后, 都应进行截面特性参数的控制, 一方面及时纠正施工偏差, 另一方面及时发现成形后的截面特性偏差, 在计算分析中予以适当考虑。

3.4 挂篮弹性变形

挂篮受到自身的重量和上部荷载的作用而发生弹性变形和非弹性变形, 由于挂篮非弹性变形在进行挂篮试验时已经发生, 故在预拱度设置时只考虑挂篮的弹性变形。挂篮弹性变形试验由工程技术部负责在挂篮预拼装完成后组织实施。

3.5 钢材的力学性能

预应力混凝土梁体所使用的普通钢筋及预应力钢筋的弹性模量及强度指标、延伸率指标一般由材料供应商提供, 在本施工控制中具体由材料试验室负责落实。计算时, 根据材料试验室提供数据取值。

3.6 混凝土材料的收缩徐变参数

由于混凝土材料的收缩徐变, 会导致施工过程中及成桥后梁体线形及内力发生较大变化, 因此在施工前及施工过程中的监控计算必须了解混凝土材料的收缩徐变特性。在施工前采用规范规定的收缩徐变参数, 结合现场对位移及内力的实测结果进行试算确定最佳收缩徐变参数。

3.7 预应力施工控制参数

预加应力是预应力混凝土结构内力及变形控制考虑的重要结构参数, 预加应力的影响受很多因素的影响, 需根据现场实际进行测定。预应力控制参数参考指挥部预应力张拉专项试验研究成果并结合施工时实际控制测量成果确定。

3.8 温度场测量

施工过程中的温度场测量包括大气环境温度场测量、主梁梁体温度场测量、主墩温度场测量及温度对线形及内力的影响测量分析。温度场测量由监测小组进行现场测量。

3.9 施工线形控制测量

施工过程中的线形测量包括桥梁施工控制测量网定期复核测量、主墩墩顶沉降测量、各节段施工立模标高测量、施工荷载对线形影响测量和温度对线形影响测量等。施工线形控制测量由施工单位测量组进行, 监测小组进行复核测量。

3.10 施工应力测量

在施工控制截面布置应力测点, 以监控施工过程中应力变化及分布情况并与理论计算值对比, 在计入误差及变量调整后分析以后每阶段及竣工后结构的实际工作状态。

4 施工监控影响因素的敏感性分析

本工程研究各主要参数对线形影响的计算和分析。重点分析 4 个参数, 分别是混凝土容重、混凝土收缩徐变、混凝土弹性模量和加载龄期。分析时以研究主跨跨中及位移最大节点标高变化为主。

(1)混凝土容重变化对主梁线形的影响前期计算确定的主梁和二期恒载重量与结构实际重量往往有一定差别。以成桥平衡状态为基准, 考虑主梁自重变化 5%、10%、梁重变化时主梁线形的最大变化值见表 1。混凝土容重在 20% 的假定浮动范围内, 桥梁结构的挠度变化在 10mm 以内。

表 1 容重的敏感性分析

节点号	减少 10%	增加 10%	变化量
8	19.90	13.61	6.29
30	-6.20	-15.96	9.76
36	-6.15	-15.86	9.71
58	19.43	13.08	6.35

(2)混凝土收缩徐变对主梁线形的影响。目前, 国内外混凝土收缩徐变有多种计算模式, 包括: 欧洲混凝土协会 (CEB) 与国际预应力混凝土协会 (FIP) CEB-FIP 1978 模式, 为我国交通部《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁设计规范》(JTJ023-85) 所采用; 欧洲混凝土协会 (CEB) 与国际预应力混凝土协会 (FIP) CEB-FIP 1990 模式, 为我国交通部《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁设计规范》(JTG D62-2004) 所采用。徐变变化时主梁线形的最大变化值见表 2。收缩徐变在 30 年的假定浮动范围内, 桥梁结构的挠度在 4.69mm 变化范围之内。

表 2 收缩徐变的敏感性分析

节点号	0年	30年	变化量
7	12.26	15.12	2.86
33	9.56	14.25	4.69
59	12.05	14.61	2.56

(3)混凝土弹性模量变化对主梁线形的影响。混凝土为非线性材料, 其弹性模量随时间变化。分别计算混

凝土 28d弹性模量在 5%、10% 的假定变化量时对主梁线形的影响, 弹性模量变化时主梁线形的变化值见表 3。混凝土的弹性模量在 20% 的假定浮动范围内, 桥梁结构的挠度在 1.34mm 变化范围之内。

表 3 弹性模量的敏感性分析

节点号	减少 10%	增加 10%	变化量
9	23.17	22.47	-0.70
33	16.66	15.32	-1.34
36	-10.62	-11.62	-1.00
57	22.82	22.19	-0.63

(4)加载龄期的不同对于混凝土的收缩徐变、结构受力和变形都有较大的变化。经分析表明加载龄期较晚, 结构变形越小, 最大值没有超过 1mm, 因此加载龄期可以稍晚对于结构变形比较有利(表 4)。

表 4 预应力孔道系数的敏感性分析

节点号	3天	7天	变化量
7	15.86	15.51	-0.35
33	16.42	15.68	-0.74
59	15.48	15.15	-0.33

5 施工监控的结果

沪宁城际跨沪宁铁路预应力混凝土连续梁桥由于地质条件比较复杂、跨度大和施工难度大等因素对于大

桥的施工监控提出了很高的要求, 最终在大桥的业主、监控、监理和施工单位的配合下, 整个施工监控达到了理想的结果。桥梁结构在施工过程中, 应力及变形都处于安全控制范围内, 其中中跨合拢时, 梁端标高误差在 -3mm 和 -4mm, 应力相对误差在 5% 之内, 这表明桥梁施工监控根据敏感性分析对于桥梁进行了预先控制, 使得桥梁结构在施工过程中达到施工安全, 受力合理, 变形协调, 最终施工监控达到了双控的目标。

参考文献:

- [1] 王卫峰, 韩大建. PC 斜拉桥施工过程中的主梁应力监测 [J]. 昆明理工大学学报, 2001, 26(5): 82-85
- [2] 黄晓航. 夷陵长江大桥三塔斜拉桥施工监控 [J]. 桥梁建设, 2003(3): 22-24
- [3] 王卫峰, 徐郁峰, 韩大建, 等. 崖门大桥施工中的应力及温度测量 [J]. 桥梁建设, 2003(1): 31-34
- [4] 艾晓东, 何志勇. 预应力连续梁悬臂法施工应力监测 [J]. 铁道标准设计, 1999(5): 16-19
- [5] 赵世国, 陈山冰, 张尚伟. 重庆市奉节长江大桥施工监控技术总结 [J]. 重庆建筑, 2005, 4(6): 13-15

Sensitivity Analysis of Construction Monitoring in Inter-city Continuous Bridge

ZHOU Yanwen¹, SHI Qiang¹, LIAN Dian-yun¹, CHEN H e-gong², GAO Zh i-bo², JI Wen-hong²

(1. Road & Bridge East China Co. Ltd. Kunshan 215332, China)

2. Shanghai Structure of New Technology Laboratories, Shanghai 200032, China)

Abstract Construction monitoring is the key technology in the construction of big span prestressed concrete continuous bridge. In the construction process, monitoring could adjust effectively internal force and line type of bridge that reaches simultaneously the prospective value of design to insure safety of construction. Construction monitoring trait of bridge crossing Shanghai & Hangzhou is mainly introduced in the paper.

Key words construction monitoring; summarization; safety of construction