

宿迁市市府东路京杭运河特大桥主桥施工监控

刘永¹, 唐云清², 柯敏勇², 刘海祥², 叶小强²

(1. 宿迁市市政公用管理处, 江苏宿迁 213600 2. 南京水利科学研究院, 江苏南京 210029)

摘要: 宿迁市市府东路京杭运河特大桥主桥为 65m+105m+65m 的连续箱梁桥, 为保证施工过程中结构应力(应变)处于安全状态, 成桥线形满足设计要求, 在施工过程中实施了有效的施工控制。该文介绍了施工监测模型和现场施工监测的理论和办法, 给出了施工监控的主要结论, 结果表明通过施工监控, 成桥线形和应力均满足要求。

关键词: 连续箱梁; 施工监控; 挂篮施工; 宿迁市

中图分类号: U445 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2006)03-0064-03

1 工程概况

宿迁市市府东路京杭运河特大桥主桥为 65m+105m+65m 预应力连续箱梁, 位于宿邳公路城区段, 西起宿城区市府东路马陵河东侧。设计荷载为: 汽车-超 20 级, 挂车-120, 设计地震烈度为 8 级。采用单箱单室截面形式, 单箱底宽 6.5m, 两侧悬臂长 3.0m, 全宽 12.5m。箱梁顶面设置单向 2% 横坡, 通过箱梁内外侧腹板高度调节。中支点处箱梁中心梁高 6.0m, 跨中箱梁中心梁高 2.6m, 梁高以二次抛物线变化。顶板厚 0.28m, 悬臂板端部厚 0.15m, 根部厚 0.65m; 腹板厚 0.40m~0.70m, 底板厚 0.26m~0.80m。横隔板分别设在中支点和边支点, 各处横隔板厚度分别为 2.2m 和 1.8m, 各横隔板均设置了人孔以便施工。桥面横坡由桥中心线向两侧各设 2% 横坡。主桥的总体布置见图 1。

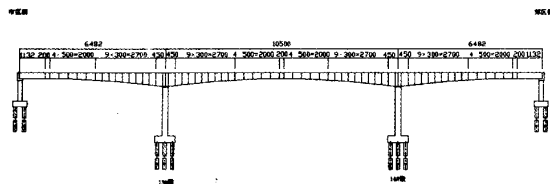


图1 主桥总体布置图

主桥施工方法为挂篮悬浇施工, 施工顺序: 0# 块施工→对称分段悬臂浇筑 1# 至 14# 块段→边跨合拢段→解除临时支墩→中跨合拢段。预应力混凝土连续梁桥的施工过程不但要经历 T 型刚构悬臂浇筑节段形成主梁的过程, 还要经历体系转换的过程, 即由对称的单“T”静定结构转变为超静定结构。通过理论计算, 可以得到各施工阶段的理想标高和内力值, 但实际施工中受各种因素的干扰, 可能导致合拢困难, 使成桥线形与内力状态偏离设计要求, 给桥梁施工安全、外形、可靠性、行车条件和经济性等方面带来不同程度的影响。因此, 要求在施工过程中, 必须实施有效的施工监控。

2 施工监控模型

收稿日期: 2006-01-10

作者简介: 刘永(1963-), 男, 江苏泗阳人, 工程师, 从事市政工程施工和管理工作。

2.1 计算模型

在施工监控过程中, 由于建桥材料的特性, 施工误差等是随机变化的, 施工条件不可能是理想状态。因此, 将主桥简化为平面杆系结构, 采用桥梁博士 2.95 版进行施工仿真计算, 从正装分析、倒装分析、实时跟踪分析三方面相结合, 实现成桥结构在线形、内力各方面满足设计要求的目标。计算简图见图 2。

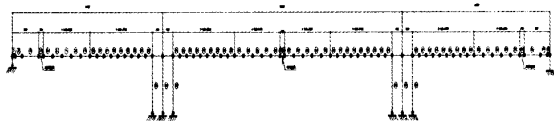


图2 主桥结构离散简图(cm)

2.2 监控理论

大跨径连续梁桥的施工控制是一个施工→量测→识别→修正→预告→施工的循环过程。在挂篮施工过程中, 受桥梁结构状态和桥梁断面尺寸、混凝土容重、环境温度、加载龄期等影响, 施工监控需要从这些变量中分离出影响桥梁施工线形和内力的主要因素。在本桥施工监控中, 采用推广的最小二乘法、卡尔曼滤波法等方法, 从这些影响因素中分解出施工过程的真实状态。同时, 为了达到施工监控的最基本要求, 需要组成随机最优控制系统, 进行分析、调整、预测。

3 现场施工监测

施工监测的主要内容有:

(1) 挠度观测

按照确定的观测频度, 分 3 个测次周期性对预埋的水准测点进行水准测量。挠度观测一般在早晨太阳出来之前。

(2) 应力(应变)监测

对预埋在箱梁中的传感器进行数据采集, 用于受力分析。

3.1 挠度监测

悬臂箱梁的挠度观测, 采用水准仪测量, 周期性地对预埋悬臂中每一块箱梁上的监测点进行监测, 测点布置见图 3。为了能监测到箱梁较小的挠度变形, 并使外业观测的工作量适中, 易于达到设计的观测精度, 采用国家二等水准测量或工程测量三等水准测量的精度等级要求和观测方法进行施测, 能测量到变形大于 $\pm 1\text{mm}$ 的挠度值。

- (1) 二灰结石原材料质量严重影响施工最终质量。
- (2) 质量越好, 等级越高的石灰, 越有利于二灰结石强度形成。
- (3) 石灰消解应充分, 且应在较短的时间内使用。

- (4) 二灰含量应由实验来决定, 且有一个最佳值。
- (5) 尽量使用机械化施工, 以提高施工质量。
- (6) 施工尽量选春、秋两季, 既有利于强度增长, 又可降低养护成本。

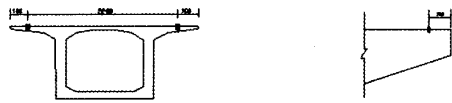


图 3 挂篮施工线形观测布置图

3.2 应力监测

选用钢弦式混凝土应力计和配套的频率接收仪作为应力观测仪器。该应力计的温度误差小、性能稳定、抗干扰能力强，适合于应力长期观测。在 0# 块根部监测混凝土应变。测点布置见图 4。

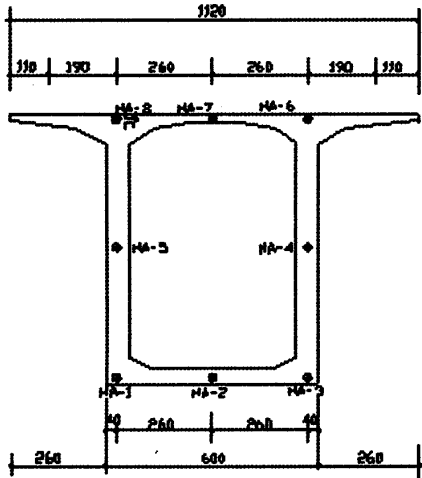


图 4 0# 块混凝土应变计布置

4 施工仿真计算分析

4.1 结构变形

根据施工现场实际情况，仿真计算得到的典型的施工阶段累计挠度见图 5。计算表明，累计挠度中跨大于边跨，跨中大于支座附近节段。随着悬臂长度增加，悬浇块段对某一已浇节段处产生的弯矩增大，同时挠度也增大，如 9# 与 10# 块段浇筑对 7# 块的影响，10# 浇筑产生的影响大于 9#；对于同一工况，靠近悬臂端的节点挠度大，反之小。10#~14# 块由于悬臂相对较长，阶段挠度相对较大；特别是 13#、14# 块段，由于悬臂较大，悬臂端转角位移增大，相邻节段同一工况下的挠度差值增大，挠度幅度进一步增大；在监控中需要及时测量，及时分析比较，以调整立模标高。

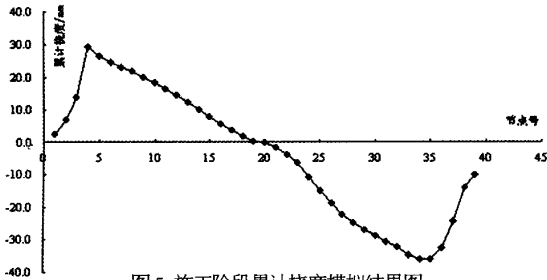


图 5 施工阶段累计挠度模拟结果图

4.2 应力分析

臂根部截面的应力仿真分析结果见图 6。结果表明，施工过程中“T”构悬臂端根部是控制截面，且底板应力高于顶板应力；前期底板会出现较小的拉应力，后期各截面内顶、底板

应力均为压应力；同一截面内顶、底板应力变化有所区别，顶板应力变化幅度较大，底板应力变化幅度较小；同一节段施工中，预应力筋张拉工况对应力水平影响较大，浇注及挂篮前移对应力影响较小；顶板压应力水平高于底板压应力水平；悬臂端根部应力水平高于 1/4 截面应力水平。

4.3 线形控制结果与分析

(1) 箱梁底板成桥曲线线型

由于成桥后结构内混凝土存在收缩徐变，预应力存在松弛等原因，梁体跨中会下挠，施工中考虑了人为抬高值。跨中人为抬高值定为 5cm，并按开口向下抛物线过渡至 7# 块，调整后的标高作为施工控制目标值。成桥线型见图 7，设计值为设计院提供的成桥标高，未考虑人为抬高值。其中，合拢误差控制在 5mm 以内，成桥线型成桥标高与控制目标值最大偏差为 11mm。

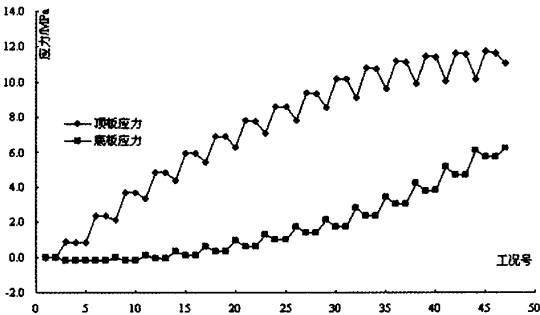
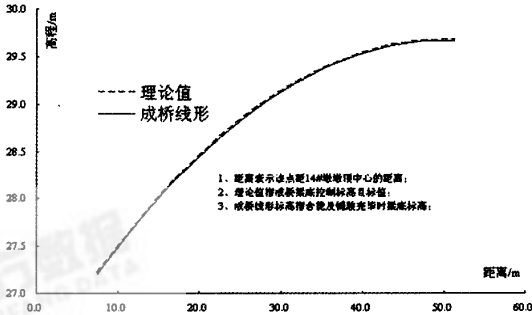
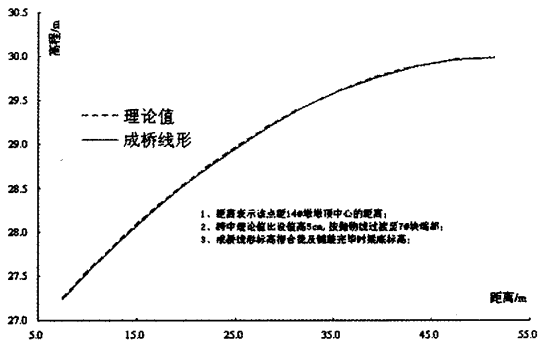


图 6 悬臂根部截面应力水平



(a) 左幅 14# 墩边跨梁底成桥标高



(b) 左幅 14# 墩中跨成桥标高

图 7 成桥线形

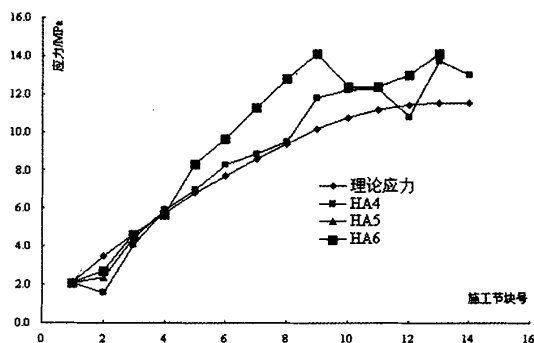


图8 左幅13#墩边跨侧监测截面顶板应力水平

(2) 应力监测结果与分析

根据传感器数据整理分析出各监测截面应力，图8左幅13#墩边跨侧根部截面应力过程线（压应力为正、拉应力为负），该应力包含有收缩、徐变等因素引起的应力，图9为左幅13#墩中跨侧根部截面应力过程线；其中，根据不同龄期，收缩压应力达3~5MPa，实际截面内压应力略小于图中压应力；各顶板中最大压应力19.7MPa，最小压应力13.0MPa，平均15.0MPa；各底板中最大压应力15.0MPa，最小压应力7.6MPa，平均11.5MPa；与理论计算值相比，图中各实测应力偏大。各截面内压应力均未超过C50强度设计强度值，满足强度要求。桥梁在悬臂施工过程中，各截面应力处于安全应力状态。

5 结论

通过桥梁施工监控，达到以下目的：

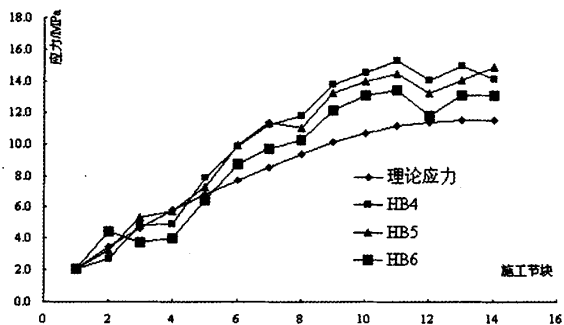


图9 左幅13#墩中跨侧监测截面顶板应力水平

(1) 线形控制满足要求：成桥标高与控制目标值偏差小于20mm，满足小于50mm的要求；边跨、中跨合拢偏差小于10mm，满足小于30mm的要求；各悬浇块段间衔接顺畅，满足整体与局部受力合理要求，符合设计要求。

(2) 应力监测结果表明实际应力变化过程与理论计算分析变化过程一致，且应力水平相近。在监控过程中未发现异常情况，施工正常，结构应力正常。

(3) 通过施工监控表明，施工过程中，桥梁结构始终处于安全状态。

参考文献：

- [1] 刘永，柯敏勇，刘海洋，等. 宿邳一级公路城区段市府东路特大桥上部结构施工监测监控[R]. 南京水利科学研究院，2005.
- [2] 向中富. 桥梁施工控制技术[M]. 北京：人民交通出版社，2004.

2010年从成都飙车到曼谷

交通部规划的8条西部省际大通道之一、甘肃兰州至云南磨憨公路的重要组成部分——四川省雅安至泸沽段高速公路土建施工招标工作已正式启动，全线工程将有望于近期开工。雅泸高速竣工后，成都车友可以一路从四川经云南飙车到泰国首都曼谷。

据了解，雅泸高速公路起于雅安，与成雅高速公路相连，途经荣经、汉源、石棉、冕宁等地至泸沽，与泸沽至西昌高速公路相连。该高速路全长244公里，投资估算134亿元，预计于2010年左右建成通车。

