

超宽桥面部分斜拉桥施工控制

胡 永¹, 丁 靖², 闫子才¹

(1. 中铁四局集团有限公司技术中心, 安徽 合肥 230022; 2. 中铁四局集团第六工程有限公司, 安徽 芜湖 241000)

摘 要:柳州三门江大桥主桥为(100+160+100)m 双塔双索面三跨部分斜拉预应力混凝土箱梁桥, 桥面宽 41m, 居同类型桥梁国内第一。文章介绍了该桥悬臂施工中采用的控制方法和施工控制主要内容, 重点介绍了施工过程中主梁变形、斜拉索索力的测试和控制及主梁截面应力、索塔变形的监测。工程实践表明, 该施工控制方法合理, 取得了满意的控制效果, 为同类型桥梁的施工控制提供了参考。

关键词:超宽桥面; 部分斜拉桥; 施工控制; 桥梁观测

中图分类号: U448.27; U445

文献标识码: B

文章编号: 1007-7359(2007)01-0061-03

Construction Control of the Partial Cable-stayed Bridge with Super-wide Deck

Hu Yong¹, Ding Jing², Yan Zicai¹

(1. Technique Center of CTCE Group, Hefei 230022, China; 2. The Sixth Engineering Co., Ltd. of CTCE Group, Wuhu 241000, China)

Abstract: The main bridge of Sanmenjiang Bridge in Liuzhou City, 100+160+100m in length and 41m in width, is of a 3-span partial cable-stayed prestressed concrete box beam structure with two pylons and double cable planes, which ranks first among the similar bridges in China. The paper introduces the controlling methods and the main controlling contents for cantilever construction, and mainly introduces the test and control of the girder deformation and the cable force, the surveillance of the girder section stress and pylon deformation. The engineering practice proves that the controlling method is reasonable and achieved satisfactory results and can be consulted by the construction of similar bridges.

Key words: super-wide deck; partial cable-stayed bridge; construction control; bridge observation

1 工程概况

柳州三门江大桥是一座双塔双索面 3 跨预应力混凝土部分斜拉桥。主桥横跨柳江, 跨径组合为 100m+160m+100m, 塔、梁和墩固结。主梁采用分离式双主箱断面, 为三向预应力箱形截面, 直腹板, 梁底设置二次抛物线, 梁顶宽 41m, 该超宽截面型式的部分斜拉桥为国内首创。索塔高 21m, 斜拉索采用扇形布置, 单塔对称布置 18 对贯通塔身并对称锚固于梁体的斜拉索。采用前支点后锚固挂篮悬臂浇筑法施工。

2 施工控制方法

2.1 施工控制难点

三门江大桥施工控制的难点有: 桥面宽度大, 梁部抗扭刚度较弱; 主梁抗弯刚度大, 当出现偏差时很难通过调整索力的方法达到改善主梁内力和位移的目的; 塔上设置贯通式鞍座, 这种索鞍型式会导致塔身产生较大的劈裂应力; 斜拉索在梁端张拉和锚固, 调索较为困难; 采取塔、梁、墩固结的形式, 使得该处受力变化非常复杂。

2.2 施工控制理论分析

考虑到该桥主梁是连续梁、主梁结构刚度较大、拉索实际按体外预应力工作等结构特点, 施工控制中采用了基于最小二乘法的误差控制理论, 对索力和主梁高程进行双控。即以控制主梁立模高程为主, 同时以拉索伸长量作为调整量, 以成桥后

索力和结构内力实测值与设计值间的误差作为控制目标, 建立成桥后误差调整问题的优化模型, 运用多目标规划法, 确定拉索调整量。

2.2 施工控制目标

①施工过程中的结构应力满足安全要求, 竣工后的结构应力及内力状况满足设计要求。

②成桥线型和索力逼近设计状态; 在按等值张拉法控制每根斜拉索中各股钢绞线离散误差不大于理论值 $\pm 3\%$ 的基础上, 控制 1 对斜拉索两根间相对差值不大于整索索力理论值的 $\pm 1\%$, 每根斜拉索张拉完成后整索索力误差不大于理论索力的 $\pm 2\%$, 并且索力误差分布形态合理; 成桥后实测索力与设计成桥索力间误差小于 $\pm 5\%$, 成桥线型误差满足相应规范要求。

③精度控制和误差调整措施不对施工工期产生实质性的影响。

2.3 施工控制体系构成

2.3.1 组织体系

结合本桥施工实际情况和施工控制工作的具体技术内容, 组建由建设单位牵头, 施工、设计、监理和监控单位参加的“施工控制工作组”, 进行施工控制实施过程中的总体协调、技术讨论、工作通报和具体任务。

2.3.2 协调及信息传递体系

在施工控制信息系统中, 信息传递的时效性、准确性、可靠性和通畅性是保证施工控制工作顺利进行的基本前提。施工单

收稿日期: 2006-10-12

作者简介: 胡永(1981-), 男, 安徽合肥人, 2004年毕业于安徽理工大学土木工程专业, 工程师, 在读硕士, 研究方向: 桥梁工程。

位的施工数据要能及时传递到施工控制的技术体系;监控单位对施工信息及时计算处理后形成的施工控制指令信息要及时反馈传递到施工单位予以执行。为此,需建立协调及信息传递机制。

3 施工控制主要内容

3.1 斜拉索索力监测

斜拉索索力是斜拉桥施工过程中最重要的监测指标之一,本桥采用弦振式索力仪法测量索力。

索力测试以索力的通测和单根索索力的测量相结合。对索力的通测主要是为及时分析各阶段施工后的索力误差,以评价索力和梁内力状态,研究误差消除的对策。对索力的通测应根据实际施工中出现的情况在较为关键的施工阶段中进行。在每次斜拉索张拉完成后对相邻局部4对斜拉索进行索力局部测量。

对于斜拉索,保证各股钢绞线的受力均匀,是减少索力误差的基本前提。在全桥合拢后,对索力进行通测,对比计算与实测值,提出实用的索力调整方案。

3.2 主梁及索塔应力监测

主梁及索塔应力监测是反映其是否处于安全状态的最直观指标,因此,需在索塔及主梁的重点部位设置应变监测断面。

3.2.1 应力测试元件和设备

主梁和索塔应力测试采用埋入式混凝土应变传感器(记忆智能型 ZX-215A 和记忆温度型 ZX-215T)测定测点处混凝土应力值。测量方法为绝对应力测试法与相对应力测试法相结合。

施工中,将测试元件埋设在各测点处。在混凝土浇筑进行养生期间(下一工况加载前),连续记录其初始应变读数 ε_0 。在后续各施工过程中,梁段发生受力变形,采用单弦振弦检测仪(JMZ-3001型)来测定其微应变,从而可确定测点处混凝土的应力。在控制截面,采用部分钢筋应力计(ZX-416T型),以不同元件测试同一测点处的混凝土应力,相互比较验证,以保证测试结果的可靠性。

3.2.2 监测断面和测点布置

全桥对称设置22个应力监测断面,见图1所示。在墩顶梁部的两侧各设置1个监测断面(设在1#块内,编号为5、6),在合拢段内各设置1个监测断面(编号为1、10),全桥共7个断面,这7个断面为控制主梁安全的主断面,如图2所示。同时设置8个普通断面(编号为2、4、7、9),布置在斜拉索起止位置。另外,由于梁宽较大,选择2个断面主要监测主梁(包括箱梁间的横隔板)横向应力分布情况,测点布置如图3所示。为了监测索塔受力情况,在塔根部也布置了监测断面。

3.2.3 应力测试内容

应力测试包括:测试元件的安装调试、施工期间的数据采集、测试数据的分析整理及测试结果的总结4个部分。

安装调试阶段的工作包括测试元件定位、导线布置、转接器

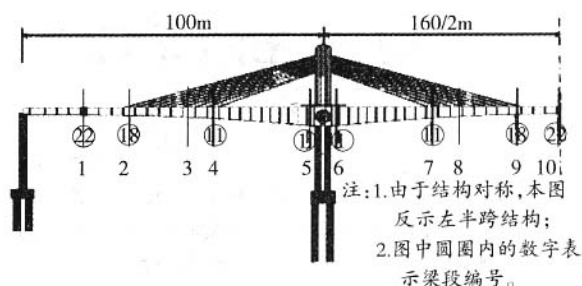


图1 应力监测断面布置

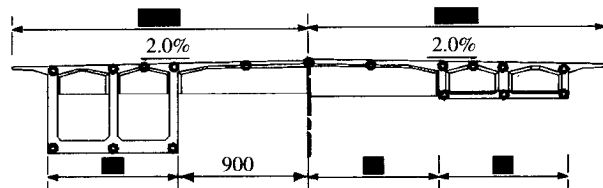


图2 主控监测断面测点布置(单位:m)

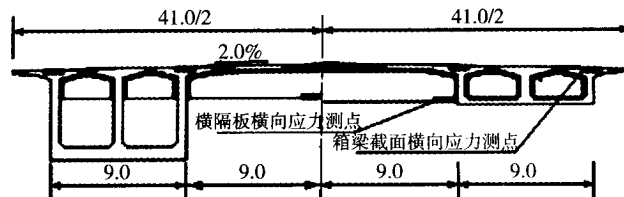


图3 横向监测断面测点布置(单位:m)

安装、初始读数采集等。施工期间数据采集根据测试进度安排,随主梁施工的进程分阶段采集各测试断面上各测点应力数据。测试数据分析整理是指对采集的应力数据资料进行分析计算,对应力异常施工阶段提出应力预警报告,并按一定周期提供应力测试阶段报告。测试结果总结是指在全桥合拢后,对施工阶段应力测试结果进行汇总及分析,提交应力测试总结报告。

3.3 主梁及索塔几何监测

主梁及索塔几何监测是施工监控中重要的反馈指标之一,包括主梁高程、主梁轴线、索塔偏位等监测内容。

3.3.1 主梁高程监测

3.3.1.1 测量任务

主梁高程测量是为了反映出在各施工阶段(混凝土浇筑、预应力张拉、斜拉索张拉、挂篮前移等)完成后各梁段节块的高程,从而得到各施工阶段后的主梁线型,并可通过前后施工阶段梁段高程变化计算出主梁的实际竖向挠度,以便与计算挠度值相比较,及时调整偏差,为施工控制分析提供直接依据,为大桥施工提供保障。

3.3.1.2 测点布置

主梁梁段高程测点在梁段钢筋绑扎阶段进行预埋。测点采用 $\Phi 16$ 钢筋牢固固定位于顶板钢筋骨架上,测点钢筋顶面加工成半球形顶面,冠顶应高出混凝土顶面2cm。由于梁顶较宽,宜采用多点控制,以监测在施工过程中主梁高程和扭曲情况。在

每一梁段上,测点具体布置见图4。其中梁段轴线上的测点为主控测点(控制轴线偏位),上下游处的测点为辅助测点(控制主梁扭转)。

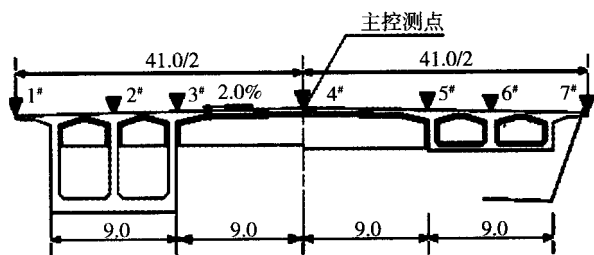


图4 高程测点布置

3.2.1.3 测量要求

①测量阶段。在挂篮前移就位后、立模绑扎钢筋后、混凝土浇筑完成后以及斜拉索张拉后进行主梁高程测量。斜拉索张拉后的测量范围为该施工梁段及该梁段前已施工完成的所有梁段,立模时的测量范围为立模梁段和该梁段前已施工完成的一个梁段,混凝土浇筑后的测量范围为该施工梁段及该梁段前已施工完成的6段梁段。全桥施工过程中设置一定数量的主梁高程通测和联测,并校核测量基点。在各跨合拢前后及体系转换前后安排高程通测。

②测量时间。测量时间安排在晚10时(夏、秋季为晚11时)以后至次日清晨日出前进行。考虑到实际施工的情况,立模阶段测量若在白天进行,立模高程的数据应进行温度修正后使用。

③精度要求。高程测量精度要求为1mm。

3.3.2 主梁轴线偏位监测

3.3.2.1 测量任务

主梁轴线偏位测量是为了反映施工中梁段节块的实际轴线位置与设计轴线的偏差,避免出现偏差积累过大而导致合拢阶段施工困难。

3.3.2.2 测点布置

轴线测点采用主梁高程测点中的主控测点球冠上刻十字丝的办法设置。

3.3.2.3 测量要求

①测量阶段。在每一个梁段施工过程中,在挂篮移动就位后进行主梁轴线偏位测量。挂篮就位后的测量范围为该施工梁段及该梁段前已施工完成的6段梁段。全桥施工过程中设置一定数量的主梁轴线通测。在各跨合拢前后及体系转换前后安排高程通测。

②测量时间。轴线测量时间同高程测量。

③精度要求。轴线测量精度要求为2mm/60m。

3.3.3 索塔线型监测

塔顶水平位移是索塔线型监测中的关键。在实际施工测量

中,沿塔身埋设适当的测点,对桥塔整体线型进行测量。针对本索塔的结构特点,依据《工程测量规范》(GB50026-93),确定塔顶位移监测精度采用三等变形测量,即水平位移测量变形点的点位中误差为±6mm。

3.3.4 施工误差容许度

要确定误差峰值大小和是否进行误差调整,须先确定一套符合施工实际情况的误差容许度指标体系。过严的误差容许度会给施工带来困难,延误施工进度,可操作性差;过松的误差容许度会为工程留下一定的隐患。误差容许度的确定还须满足设计和监理对施工质量的要求。针对该桥的具体情况,并结合有关规范要求,施工中轴线偏差的误差容许度为±5mm,主梁高程的容许误差度为±10mm。

3.4 温度场与环境监测

环境温度大小及日照温差对主梁应力和线型有明显影响,当在夏季施工且悬臂较长时特别明显。因此,须通过实测掌握温度场的情况,为施工控制提供温度信息。

选择1个断面进行结构温度场测试。断面在主跨L/4附近,考虑到桥梁为东西走向仅在箱梁的一侧布置13个温度测点。另外为了监测0#块内混凝土水化热的影响,在其内部根据计算结果设置监测点。在测试结构断面温度时,采用温度传感器(IFT-36A型)和温度测试仪(IFT-136型)。

4 施工控制成果

通过上述控制方法在三门江大桥的应用,在最大悬臂施工状态,合拢段压重调整高程前,21#、22#主墩理论预测高程与实测高程误差分别为6mm、8mm、9mm、14mm;再经压重调整后边跨合拢误差在5mm以内,中跨调整高程后合拢误差控制在5mm内,主梁结构顺利合拢;因此从实测结果看与实际结构变化相符合,该桥的施工控制方法是可靠的,达到了预期的目的。

从主梁结构的高程与线型变位及拉索索力的变化看,经几次参数调整后的理论计算结果与实际测量的线型变位偏离较少,达到了较高的精度。

5 结 语

工程实践表明,该施工控制方法精细合理,能满足工程的要求,为同类型桥梁的施工控制提供了以下参考和借鉴。

①斜拉索索力监测结果表明其变化符合设计要求。

②主梁结构应力状态监测表明主梁结构的应力分布基本反映了结构设计及施工监控理论计算的预测结论,边、中跨箱梁顶、底板应力状态发展趋势与理论计算相符。

③主梁高程及线型变位控制达到了较高的精确度,结构变位及高程变化特点与预应力混凝土连续箱梁相接近;采用高程控制为主、索力调整为辅的施工控制方法是切实可行的。