

文章编号: 0451-0712(2007)01-0200-04

中图分类号: U446.2

文献标识码: B

新丰江大桥线形和应力监控

黄红苑, 薛长武, 黄顺祥

(广东省长大公路工程有限公司一分公司 番禺市 511431)

摘 要: 介绍新丰江大桥线形和应力监控实施方案, 其中包括主桥箱梁施工预拱度及线形控制, 主桥混凝土施工过程应变测量、监控及成桥后的长期监测内容。

关键词: 新丰江大桥; 线形; 应力; 监控

1 主桥箱梁施工预拱度和线形控制

1.1 主桥箱梁施工预拱度

在大跨径预应力混凝土箱梁悬臂浇注施工中, 随着箱梁的延伸, 结构自重将逐步施加于已浇注的节段上, 使其挠度逐渐增大并且不断变化。因此, 在各节段施工时需要有一定的施工预拱度。但实际施工中, 影响挠度的因素较多, 主要有箱梁自重、挂篮变形、预施应力大小、施工荷载、混凝土收缩徐变、预应力损失、温度变化等。挠度控制将影响到合龙精度和成桥线形, 因此, 必需进行精确的计算和严格的控制。通过实测, 对设计部门给定的预拱值在一定的范围内适当修正。否则, 多跨桥梁将可能出现较明显的起伏现象。

箱梁浇注时各节段立模标高由以下部分组成:

$$H_i = H_o + f_i + (-f_{i\text{预}}) + f_{i\text{篮}} + f_x \quad (1)$$

式中: H_i 为待浇箱梁底板前端模板标高; H_o 为该点设计标高; f_i 为本次及以后各浇注梁段对该点挠度影响值; $f_{i\text{预}}$ 为各次浇注箱梁段纵向预应力束张拉后对该点挠度影响值; $f_{i\text{篮}}$ 为挂篮弹性变形对该点挠度影响值; f_x 为由混凝土收缩、徐变及温度、结构体系转换、二期恒载、活载等影响对该点挠度影响值。

1.2 主桥箱梁预拱的预测和调整

在主梁施工中, 结构实际线形很难与设计计算的理论线形完全吻合。施工预拱度的设置严格受到施工工期、施工时间、合龙日期等的制约, 将按编制的“新丰江大桥主桥上构施工网络进度图”和合龙时间安排来调整确定。

实际测量值与理论计算值的偏差可通过物理—力学模型予以分析, 其手段是通过前期预测和后期调整来实现。如果线形偏离量不太大, 则可以由下一

收稿日期: 2006-11-20

(5) 装竖向预应力筋和纵向波纹管。

(6) 移、装内模。

在内模外设有滚动轴承, 滚动轴承带动内模沿滑道滑出。在安装内模时, 腹板厚度视实际情况稍微缩小一点, 浇注混凝土时由于重力作用可扩至设计尺寸。由于腹板较高, 模板对拉螺丝要锁紧、锁好, 防止浇注过程中爆模或构件变形。另外, 在底板面与腹板接头的倒角底部, 可外加一块压浆板, 防止腹板混凝土反浆。测量人员检验内模中线、高程。

(7) 装面板底层钢筋。

(8) 装端头模和侧模。

(9) 装横向预应力波纹管。

(10) 装面板的面层钢筋及竖向预应力筋的上锚板。

(11) 浇注混凝土。

(12) 混凝土浇注完后, 及时进行养生, 养护天数不得少于 7 d。

(13) 混凝土强度达 90% 后, 张拉三向预应力筋, 循环进行三角挂篮悬臂施工。

4 结语

新丰江大桥采用轻型三角桁架式挂篮施工, 工艺简捷, 挂篮挠度和变形能控制在规范允许范围内。施工进度快, 确保了工期和质量, 是连续梁桥施工值得推广的一种轻型挂篮。

节段直接调整进行一次性补偿;若偏离量较大,一次性补偿将会出现明显的桥面“波浪”,需要通过若干节段的预拱度连续修正来弥补误差。后者的多节段调整方案,实际上是一种多目标的全局优化解。预拱控制实际上是对成桥线形的预测,需要通过实际的桥面标高测量结果,不断反馈比较,用实践来检验理论计算的准确性与调整方案的合理性。监控将本着不断监测观察,经理论计算、分析调整,再测量观察的方法,搞好预拱度的预测和调整,以保证大桥质量达到优质工程的目标。

1.3 主桥箱梁线形测量

大桥主梁的轴线和里程用全站仪进行测量,高程用自动安平水准仪进行测量。将轴线后视点引至过渡墩,用远点控制近距点。

1.3.1 墩顶测量和基准点的设立

利用大桥两岸导线控制点,使用后方交汇法,用全站仪测出墩顶测点的三维坐标。将墩顶标高值作为箱梁高程的水准基点,每一墩顶布置一个水平基准点和一个轴线基准点,每月至少一次联测。以首次获得的墩顶标高值为初始值,每一工况下的测试值与初始值之差即为该工况下的墩顶变位。

1.3.2 主梁挠度的观测

测点布置:在每一梁段悬臂端梁顶设立 2 个标高观测点和 1 个箱梁轴线的控制点。

箱梁每一截面的控制点(A、B、C)的位置如图 1 所示。控制点 A、C 均用短钢筋预埋,短钢筋伸出长度比对应箱梁截面混凝土表面高 5 mm,其顶端应平滑,截面测点分别距翼板边缘 340 cm。控制点 B 用尺寸为 100 mm×100 mm×12 mm 的钢板预埋,钢板顶面与相应箱梁截面顶面混凝土表面的对应位置平齐,它既是箱梁顶面高程、挠度的控制点,也是箱梁轴线的控制点。控制点需用红油漆标明编号,并采取相应的保护措施。

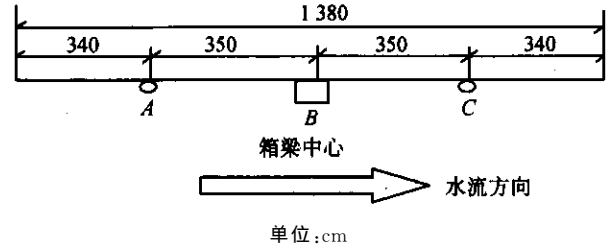


图 1 箱梁截面测点位置示意

1.3.3 箱梁轴线抽测

测点布置:在每一梁段悬臂端梁顶中线设立一个轴线观测点。

1.3.4 主梁立模标高的测量

测点布置:立模标高的测点位置见图 2 所示,即:底板底模板 3 个特征位置,顶板底模板 6 个特征位置。

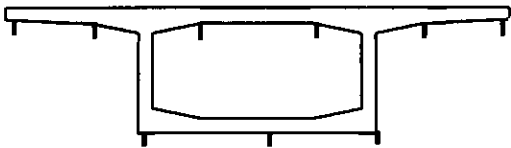


图 2 箱梁截面立模标高测点位置示意

1.3.5 主梁顶面高程的测量

在某一施工工况完毕后,对主梁顶面混凝土进行直接测量。在测量过程中,同一截面测 3 点,根据其横坡取其平均值,这样可得到主梁顶面的高程值。同时,根据不同的工况观察主梁的挠度(反拱)变化值,按给定的立模标高(含预拱度)立模,也可得到主梁顶面的高程值。两者进行比较后,可检验施工质量。

1.3.6 多跨线形的通测

除保证各跨线形在控制范围内以外,主梁全程线形应定期或不定期地进行通测,以确保全桥线形的协调性。

2 箱梁结构应力监测

2.1 传感器布置方案

考虑到施工先后顺序,以及施工人员、施工时间、预应力束应力损失的测定等因素,箱梁应力测试断面选择如下。

(1)左右幅箱梁每一 T 构在 1 号块附近的悬梁根部为主控截面,均布置应变传感元件。

考虑到箱梁应力测试断面的重要性及混凝土材料应力测试的离散性、应力的滞后性和剪力滞等影响因素,在悬臂梁根部关键控制截面上拟布置 7~9 个应变传感器,如图 3 所示。

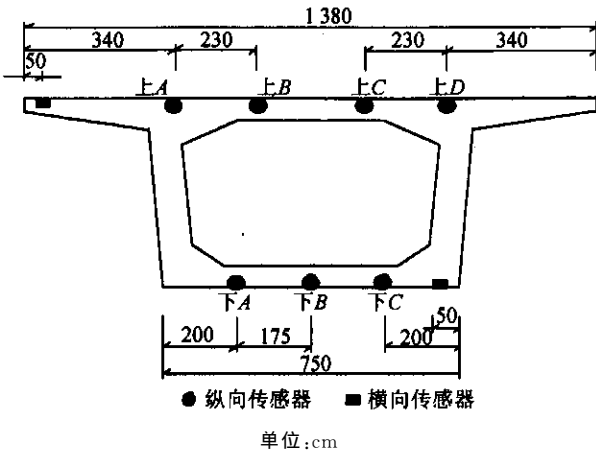


图 3 箱梁根部传感器布置示意

(2) 左右幅箱梁每一合龙段($L/2$)处为主控截面, 均布置应变传感元件, 传感元件的布置如图 4 所示。

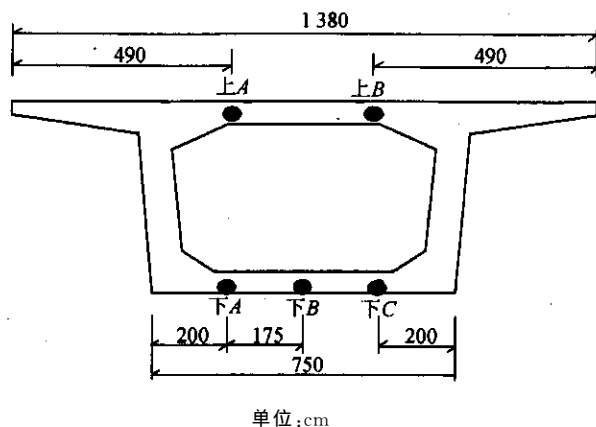


图 4 箱梁跨中合龙段传感器布置示意

(3) 左右幅箱梁 $L/4$ 处为次控截面, 传感元件的布置如图 5 所示。

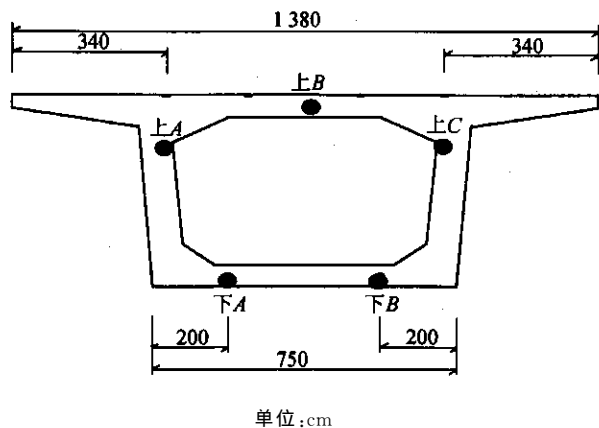


图 5 箱梁 $L/4$ 截面传感器布置示意

每一 T 构力求具有代表性, 每幅桥 11 个断面, 左右幅桥共 22 个断面, 合计传感器 140 个。

通过纵向传感器测量箱梁的受力应变大小, 横向传感器测量混凝土的收缩等, 获取控制截面的全部应力分布信息, 并与设计值比较, 做出合理的评价。

2.2 主桥箱梁结构应力测量

混凝土箱梁结构在悬浇过程中, 按下述 3 个工序循环推进: (1) 挂篮前移、立模; (2) 混凝土浇注、凝固; (3) 预应力钢绞线张拉。

应力测量考虑到施工中的特殊工况和温度大幅变化等情况, 因此, 按混凝土浇注后和预应力钢绞线张拉后或预应力钢绞线张拉挂篮前移后, 分别对箱梁混凝土的应力进行跟踪监测, 然后对体系转换后箱梁结构各工况改变后的应力监测, 直至箱梁竣工。由于混凝土应力测量的特殊性(当结构较大时应变

滞后时间较长), 测量时间以选定在每一工况结束后 8 h 为宜, 同时, 在每一施工阶段, 各工况测量时的温度变化不能太大。

2.3 测试应力误差分析

混凝土结构的应力是通过应变测量获得的。

$$\sigma_{\text{弹}} = E \varepsilon_{\text{弹}} \quad (3)$$

式中: $\sigma_{\text{弹}}$ 为荷载作用下混凝土结构的弹性应力; E 为混凝土的弹性模量; $\varepsilon_{\text{弹}}$ 为荷载作用下混凝土结构的弹性应变。

混凝土的应变可分为受力应变和非受力应变, 在实测的应变中它们是混杂在一起的。根据 CEB—FIP(1990) 标准规范, 在时刻 τ 承受单轴向、不变应力 $\sigma(\tau)$ 的混凝土构件, 在时刻 t 测量总应变 $\varepsilon(t)$ 可分解为:

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_i(\tau) + \varepsilon_e(t) + \varepsilon_s(t) + \varepsilon_T(t) + \varepsilon_m \quad (4)$$

式中: $\varepsilon_i(\tau)$ 为加载时初应变; $\varepsilon_e(t)$ 为时刻 t ($t > \tau$) 时的徐变应变; $\varepsilon_s(t)$ 为收缩应变; $\varepsilon_T(t)$ 为温度应变; ε_m 为系统应变误差。

在大跨径预应力混凝土梁桥施工中, 应力测量是监测监控的重要手段之一。事实上, 由于混凝土材料的特殊性及其施工工艺的复杂性, 影响应力测试结果的因素太多, 尚待深入探索和研究。同时, 大跨径预应力混凝土梁桥的有限元计算结果也受到诸多因素的影响。因此, 测试应力与设计应力的相互比较与印证在大跨径预应力混凝土梁桥的施工中尤为重要。

3 箱梁施工过程的温度测量

桥梁施工中的温度场分布及其所引起的挠度和应力效应, 以及在此基础上的施工温度控制问题, 已引起国内外桥梁专家和研究工作者的重视, 各国桥梁设计标准对温度荷载都制定了相应的规范。但规范对温度场的分布规律各不相同, 我国的铁路桥规与公路桥规的条文也相距甚远。因此, 有必要对建设中的梁桥的温度场分布规律及其温度效应进行试验和理论研究, 用于指导设计与施工, 提出最佳的桥梁合龙时机和最佳的合龙温度, 以及在此基础上对关键的施工工序提出适当的温度要求。

混凝土中温度测试可选用直径为 4 mm 的热敏电阻温度传感器 (Pt100—BA1), 通过电子式温度指示仪数字显示, 分辨率为 0.5℃。分别在某 T 构的第 2 号和 15 号截面的两侧腹板内及顶板和底板内预埋温度传感元件, 如图 6 所示。

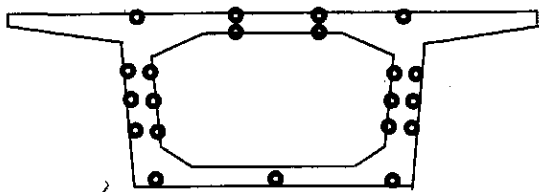


图6 温度传感器布置

温度传感器在相应节段浇注前预埋在箱梁混凝土内,选择在不同条件下(夏天与冬天,晴天与阴雨天等)进行3 d不间断地连续观测,晴天每隔1 h观

测一次测点的温度、预埋应变传感器处的应变和箱梁悬臂端的挠度,阴雨天每2 h观测一次。即在有代表性的晴天、多云天和阴雨天测量箱梁内部的温度分布,以获得测点温度及环境温度随时间变化的曲线和相同时间下测点温度沿箱梁高度的分布曲线,以分析温度对箱梁应力和挠度的影响。

2005 年 3 月 15 日、16 日对新丰江大桥 10 号墩左幅 9 号块张拉后与 11 号墩左幅 10 号块张拉后,温差改变对应力影响的分析对比,见表 1。

表 1 温度改变对应力的影响

位 置		根部截面			L/4 截面		
		温度改变 C	应力改变 MPa	温度改变 应力改变	温度改变 C	应力改变 MPa	温度改变 应力改变
10 号墩左幅 9 号块张拉	底板	2	0.84	2.381 0	4.1	0.91	4.505 5
		1.8	0.63	2.857 1	3.8	1.225	3.102 0
	顶板	4.8	0.595	8.067 2	5.8	1.54	3.766 2
		6.6	1.925	3.428 6	5.1	0.945	5.396 8
11 号墩左幅 10 号块张拉	底板	-0.2	-0.35	0.571 4	-0.9	-1.05	0.857 1
		-0.4	-0.35	1.142 9	1.2	0.385	3.116 9
	顶板	-8.5	-2.66	3.195 5	-5.5	-1.085	5.069 1
		-11.4	-6.79	1.678 9	-6.1	-0.665	9.172 9

4 新丰江大桥长期监测的实施

新丰江大桥健康长期监测采取静动结合的方法,静态方法除了对预埋的钢弦应变传感器进行定期观测外,另外在墩顶和合龙口等关键位置布设光纤光栅应变传感器进行定期观测,同时对全桥线形进行测量;动态方法则测量桥梁结构的固有频率和振型。对各次测量结果进行比较分析,找出可能的破损部位,以便提出解决措施。测量时间间隔为:第 1

年每 3 个月进行一次,以后每半年进行一次。

5 结语

新丰江大桥于 2005 年 12 月上旬进行了大桥静载实验,12 月底通车。实践证明新丰江大桥线形和应力监控方案,在施工控制中有它独到的指导施工的作用,该监控方案是大跨径预应力混凝土箱梁悬臂施工值得推广的监控方法。

宁 连 高 速 公 路 全 线 通 车

2006 年 12 月 18 日,宁连高速公路全线通车。

宁连高速公路是国家高速公路网规划的长春至深圳高速公路的重要路段。刚刚建成的江苏宁淮段、安徽天长段全长 209.7 km,起于江苏省南京长江三桥,经安徽省天长市,止于江苏省淮安市,其中江苏宁淮段 195.7 km,安徽天长段 14 km。该路段与早期建成通车的淮连高速公路相连,直接沟通江苏省南京市与苏北五市,穿越安徽省天长市,构成纵贯江苏南北的一条重要交通大动脉。

宁连高速公路全线通车,标志着苏北地区拥有了比较完整的高速公路骨架网。