

Research on Construction Control and Key Technology of Low Tower Cable Stayed Bridge

Jie Li

Xinxian Highway Industry Development Center, Henan Province, Xinyang, Henan, 464000, China

Abstract

In recent years, the cable bridge has developed rapidly for its reasonable structural system. It is stressed by the main beam, cable and bridge tower, which has good economy and adaptability, and is highly competitive in the 100~200m span class. With the increasing application of short tower cable-stayed bridge, the linear control and structural safety of the construction process pay much attention.

Keywords

short tower cable-stayed bridge; linear control; construction error

矮塔斜拉桥施工控制及关键技术研究

李杰

河南省新县公路事业发展中心, 中国·河南 信阳 464000

摘要

近年来,矮塔斜拉桥因其合理的结构体系得以迅速发展。其由主梁、拉索和桥塔整体受力,其具有良好经济性与适应性,在100~200m跨度级上竞争力极强。随着矮塔斜拉桥应用愈加广泛,其施工过程的线性控制及结构安全备受关注。

关键词

矮塔斜拉桥; 线型控制; 施工误差

1 引言

论文依托某矮塔斜拉桥,对其施工过程中的线型控制、应力控制及索力控制进行了探讨。做好矮塔斜拉桥施工控制研究对推动桥梁工程事业发展具有重要的现实意义。

2 工程概况

本桥梁为双塔三跨应力混凝土矮塔斜拉桥类型,跨径组合为122+220+122m,墩塔梁固结。31.5m为主梁宽度,30.8m为梁体以上塔高高度。

预应力混凝土箱梁中,均采用C60混凝土用于主梁、主塔、横隔板等部位,选用C50混凝土用于主墩,C40混凝土用于承台、墩帽等部位。根据设计要求,斜拉索选择环氧喷涂无黏结平行钢绞线索,15.2mm为单股钢绞线直径,两端属于张拉端。可以低松弛钢绞线为预应力钢绞线,1860MPa为标准强度。材料特性如表1所示。

【作者简介】李杰(1969-),男,中国河南光山人,本科,工程师,从事铁路、公路及市政等研究。

表1 主桥材料特性值

材料名称	主桥部位	容重 (KN/m ³)	弹性模量 (MPa)	泊松比	线膨胀系数
C35	桩基础	25	3.15e+04	0.2	1.00e-05
C40	承台	25	3.25e+04	0.2	1.00e-05
C50	桥墩	25	3.45e+04	0.2	1.00e-05
C60	主梁及桥塔	25	3.60e+04	0.2	1.00e-05
钢绞线	斜拉索及预应力束	78.5	1.95e+05	0.2	1.20e-05

矮塔斜拉桥的设计与施工关系密切,客观角度来讲,设计参数与施工参数之间存有差异,将会出现实际施工状态与理论预测状态偏离的现象。施工控制的主要功能就是尽可能降低该客观差异,在可控范围内合理控制实际施工状态。为此,在桥梁施工中,做好施工控制具有必要性。在施工过程中通过监测、优化控制,可对钢拱桥塔与梁段指标进行预测,合理控制施工误差。

3 主梁线型控制分析

3.1 主梁线型控制实施

本桥选择悬臂浇筑法施工,依托各梁段立模标高来调整主梁的线型控制。为此,在浇筑环节,在各个悬浇块段端部

顶板位置进行观测点设置,共5个,具体如图1所示。完成每一个施工阶段后,应及时读取线型情况。

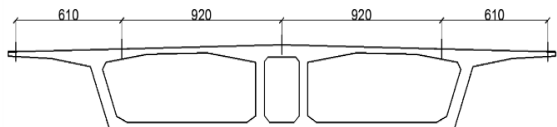


图1 主梁标高和轴线测点布置示意图 (cm)

3.2 主梁线型控制结果

3.2.1 施工6#节段(1/4跨)

本施工段为20#墩6#节段,包括浇筑混凝土后及预应力张拉后2个阶段,经检测可知,相比理论预测情况,主梁线型实际情况基本吻合,23mm为最大误差,在可控范围之内,施工状态良好。

3.2.2 施工8#节段(张拉1#拉索)

本施工段为20#墩8#节段,经梁面标高理论值与实际值对比分析,可知两者标高基本吻合,未见较大波动。仅极个别位置误差较大,可达到31mm,但仍处于可控范围,在完成本节段后,基本可达到理论标高位置。

3.2.3 施工22#节段

本施工段为20#墩22#节段,此施工阶段已完成张拉斜拉索工作,通过对比分析主梁梁面标高的理论值与实际值,可有效控制拉索区梁段梁面标高,误差不大,仅在极个别位置误差较大,达到35mm,但仍处于可控范围。

经上述分析可知,本桥施工梁段具有良好的线型控制,偏差不大,仅极个别位置误差较大。且随着施工进度的不断推进,实际梁面标高变化均匀,相比理论值,始终处于抬高阶段,在施工8#节段时,波动较大,但仍处于可控范围内^[1]。

4 关键截面应力控制分析

4.1 关键截面应力控制的实施

通过主梁关键截面应力监测的方法进行矮塔斜拉桥应力监控。论文监测工具为埋入式混凝土应变传感器,其特点为量程大、精度高,且具有良好的自身防破损能力。通过该仪器,可对混凝土的绝对应变值、相对零点差值进行准确测量,随后按照混凝土应力应变关系进行截面应力的计算,在该计算过程中,需做好测量应变温度修正工作,则其修正公式如下:

$$\varepsilon_{修} = \varepsilon + (F - F_0) \times ((T - T_0))$$

其中, F 为振弦材料热膨胀系数; F_0 为混凝土结构材料热膨胀系数; T 表示环境温度; T_0 为初始温度。

根据要求,主梁传感器布设位置,如边跨跨中周围、0#节段根部、主跨四分点周围,正应力监测截面测点共9个,并将埋入式振弦应变传感器埋设到各个截面顶底板处,共72个。此外,为保证桥塔根部截面应力监测数据的准确性,决定将8个传感器设于每座桥塔,共16个。

4.2 关键截面应力控制结果

根据施工顺序严格执行关键截面应力监测,结果如下:

第一,主梁截面应力测试结果。每个施工阶段完成预应力钢束张拉后,0#节段截面应力情况表明,在主梁根部截面的应力水平,在整个施工过程中属于可控范围。在初期阶段,顶板应力水平相对不高,与理论值具有较大差距。伴随施工进度不断加快,截面应力发展稳定,且仍在安全范围之内。在初期张拉完成后,底板应力将产生拉应力,偏低,总体逐步向截面受压方向发展。因为早期应力水平偏低,混凝土收缩徐变、温度效应影响较大,导致实测值大于理论值,但总体来讲,应力值仍满足规范要求。

第二,桥塔根部截面应力测试结果。经分析,桥塔根部应力变化不大,较为均匀,相比理论值,实际应力水平相对较小,据图2可知,大小里程两侧根部应力基本一致,则表明桥塔具有较小偏位。

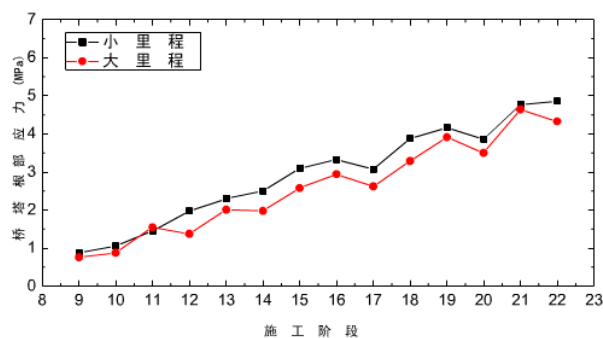


图2 桥塔大小里程侧根部截面应力对比图

5 斜拉索索力控制分析

5.1 索力控制的实施

为充分了解施工环节斜拉索内力情况,对斜拉索所有张拉阶段的内力进行控制及预测评价,需做好矮塔斜拉桥斜拉索索力监控。根据要求,测试成桥后的索力,对比设计值,便于再次合理调整索力。本工程测量时采用振动频率法,以索力动测仪主要索力测试的仪器,此设备可对整根斜拉索的振动频率进行准确测试,并依照索力-频率换算公式进行索力值计算,具体公式如下:

$$T = K \times \left(\frac{F_n}{n}\right)^2$$

$$K = 4 \cdot W \cdot L^2 / 1000$$

其中，T为测试索力值；K为比例系数；W为斜拉索单位长度质量；L为斜拉索计算长度；Fn为斜拉索n阶振动频率。

完成各阶段斜拉索张拉施工后，需及时测试索力，直接在斜拉索表面绑扎测力计即可，并做好测试位置记录，设定为测量点。测试前，要先修正比例系数，做好标定，便于计算准确，能够更准确、更真实地反映实际索力。经大量实践证明，环境因素对频率测试影响较大，在整个测试环节，应避免外界干扰。本次测试，需进行5次结果记录，将无效数据剔除，其他数据以平均值为准^[2]。

5.2 索力控制结果

在矮塔斜拉桥施工控制中，斜拉索初张力控制极为重要。索力的大小将直接影响主梁受力及变形情况。为此，应根据相关要求，做好斜拉索初张力控制工作。论文以20#墩为研究对象，其初张力控制结果如表2所示。

表2 斜拉索初张力对比表

索号	位置	边跨			中跨		
		实测值	理论值	误差	实测值	理论值	误差
L1	上游	5463.5	5650	3.30%	5373.2	5675	5.32%
	下游	5603.1	5650	0.83%	5500.2	5675	3.08%
L2	上游	5810.2	5800	0.18%	5691.5	5825	-2.29%
	下游	5856.4	5800	0.97%	5811.6	5825	-0.23%
L3	上游	5886.7	5900	-0.23%	5641.1	5925	-4.79%
	下游	6013.17	5900	1.92%	5601.97	5925	-5.45%

由表2可知，整体来讲，斜拉索初拉力控制良好，大部分偏差均小于5%，仅个别偏差较大，甚至出现超张拉情况，与相关梁段标高、应力监测数据相结合可知，主梁线型及应力均在可控范围内，为此，可在二次调索阶段对索力误差进

行集中调整^[3]。

6 结语

综上所述，论文基于施工控制理论，详细阐述了矮塔斜拉桥的施工控制过程，并主要介绍了线型、应力及索力控制的实施及控制结果，可得结论如下：

①本工程为一座双塔三跨预应力混凝土矮塔斜拉桥，经决定可选择悬臂浇筑法施工，在本桥施工控制中主梁线型控制及混凝土应力控制最为重要。为此，通过数据采集及计算、对比，论文主要对施工阶段、主梁关键截面及斜拉索初拉力等监测控制结果进行了分析，以期通过测量，合理控制误差。

②经线型控制可知，主梁线型控制情况良好，与理论计算预期基本吻合，整体来讲可达到准确控制的目标。

③通过持续监测桥梁关键截面应力，表明应力监测具有长期性、复杂性，环境因素等对其影响较大，从而会出现一定误差，但整体来讲，误差在可控范围内。

④针对索力控制，论文仅对斜拉索初拉力进行了分析，经监测可得，全桥拉索初拉力均与设计规范要求相符，误差大部分在5%以内，仅极个别出现超张拉情况，可在二次调索阶段对索力误差进行集中调整。

参考文献

[1] 完海鹰,许利星,马庆宏.单索面矮塔斜拉桥结构设计参数敏感性分析[J].工程与建设,2012(3):24.
 [2] 安永日,曾嵩,王芳,等.波形钢腹板-PC组合箱梁矮塔斜拉桥参数分析[J].公路交通技术,2011(6):54-57.
 [3] 刘志勇.关于A矮塔斜拉桥施工控制关键技术探讨[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(10):223-225.