

# Study on Construction Monitoring of Long Span Skew Curved Continuous Box Girder Bridge

Conghui Luo

Guangdong Foying-Huijian Engineering Management Co., Ltd., Foshan Guangdong  
Email: 297481406@qq.com

Received: May 3<sup>rd</sup>, 2018; accepted: May 17<sup>th</sup>, 2018; published: May 24<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In this paper, a space finite element model is established on the background of a large span prestressed concrete skew curved continuous box girder bridge. Through the structural simulation analysis and field measurement data, the main bridge alignment is monitored. The importance of construction monitoring of long-span skew curved continuous box girder bridge in bridge construction is discussed, and the results are of some reference significance for similar bridge type construction monitoring.

## Keywords

Skew Curve Bridge, Simulation Analysis, Construction Monitoring

---

# 大跨径斜弯连续箱梁桥施工监控研究

罗聪辉

广东佛盈汇建工程管理有限公司, 广东 佛山  
Email: 297481406@qq.com

收稿日期: 2018年5月3日; 录用日期: 2018年5月17日; 发布日期: 2018年5月24日

---

## 摘要

本文以某大跨径预应力混凝土斜弯连续箱梁桥为背景, 建立空间有限元模型。通过结构仿真分析和现场实测数据对主桥线形进行监控, 论述了大跨径斜弯连续箱梁桥施工监控关键技术, 其结果对类似桥型施工监控具有一定的借鉴意义。

## 关键词

斜弯桥, 仿真分析, 施工监控

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

大跨径斜弯连续箱梁桥主梁处在平曲线上, 针对其特点需设置超高, 且施工过程中的受力特征会受到其材料力学参数、施工工艺、现场浇筑顺序和模板高程调整等影响, 若线形监测及立模标高控制不当, 将造成实际线形与设计不符, 主梁的整体美观达不到预期效果, 给预应力筋束束工作带来不便, 使张拉预应力束阻力比理论值大, 在结构进行体系转化时, 增大梁体扭矩的数值, 达不到合龙精度要求[1][2]。因此, 需要对斜弯桥悬浇施工过程进行更加的精确监测和控制, 以保证成桥线形合理并满足设计要求[3]。

## 2. 工程概况

佛山市季华北路跨越汾江河某大桥全长 931.3 m, 本文研究对象为该桥主桥, 为 70 + 110 + 70 m 变截面预应力混凝土连续箱梁桥, 单箱双室断面, 箱梁根部梁高 6.5 m, 跨中及边跨现浇段中心梁高 2.5 m, 箱梁梁高按 1.8 次抛物线变化, 箱梁底板厚度变化采用 1.8 次抛物线变化; 主墩斜交 12.6 度, 主桥前 115 m 为直线段, 另 135 m 落在缓和曲线上, 直缓点在主跨跨中附近, 圆曲线半径 500 m, 桥面横坡 2%, 右幅弯道处最大超高 2%, 左幅与直线段横坡(2%)一致(图 1)。主桥属斜弯连续箱梁桥。

## 3. 三维计算模型构建

本桥采用有限元软件进行结构建模计算, 计算模型如图 2 所示。全桥共离散为 78 单元, 87 个节点,

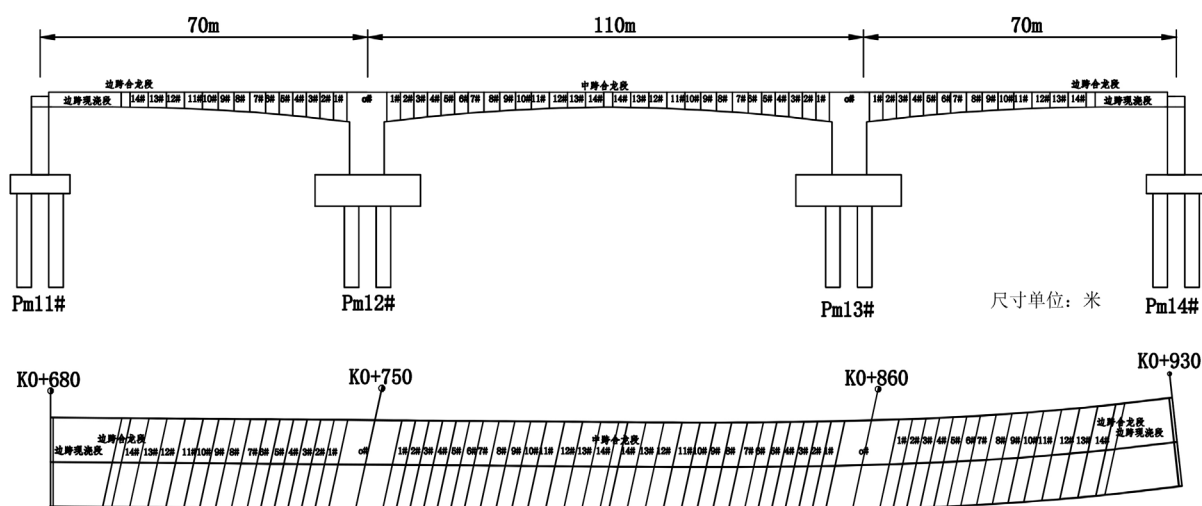
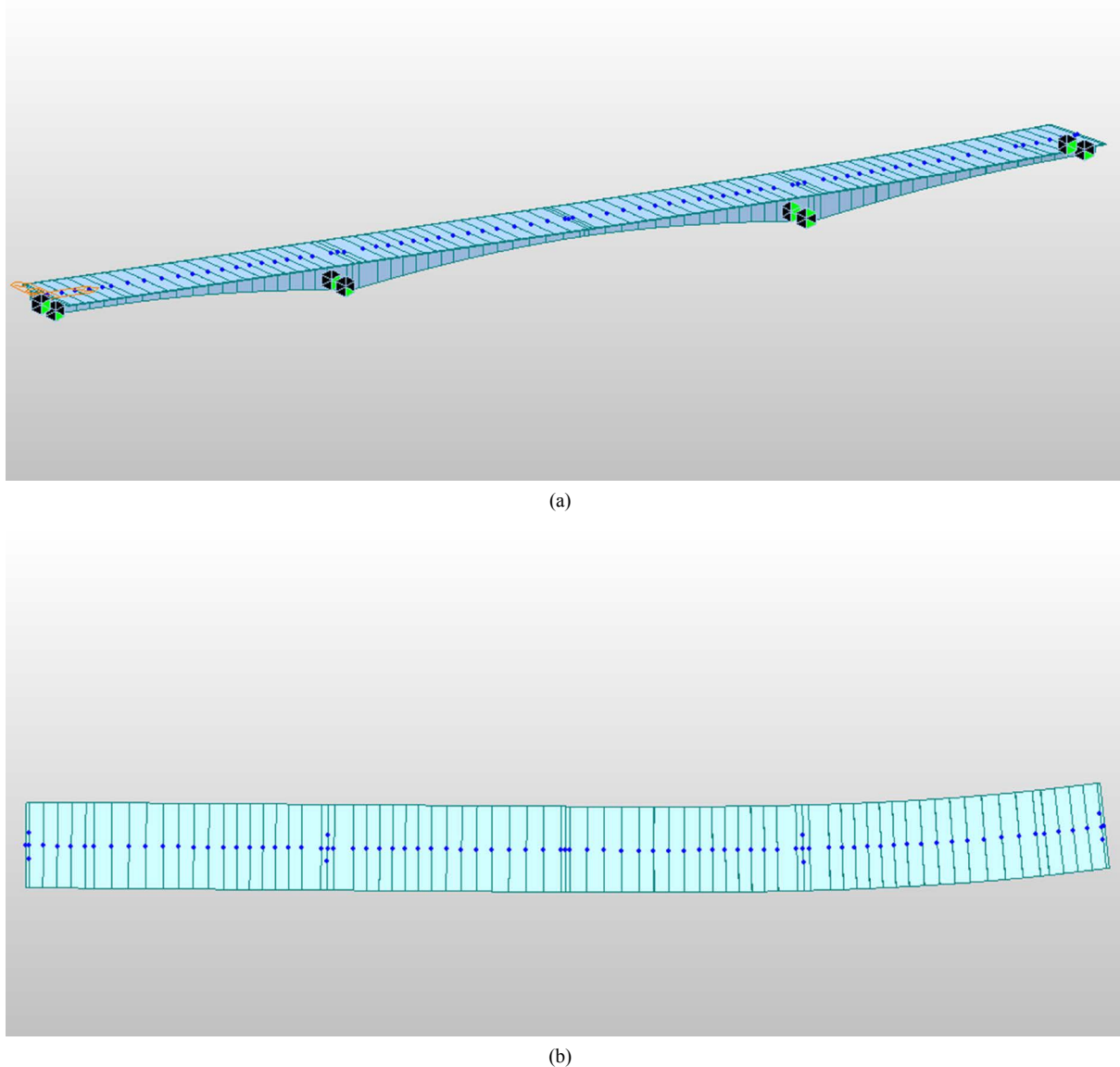


Figure 1. Continuous beam general layout

图 1. 连续梁总体布置图



**Figure 2.** Finite element analysis model. (a) Standard view map; (b) Overlook map  
**图 2.** 有限元分析模型。(a) 标准视图；(b) 俯视图

采用梁单元。其中 0 号块采用托架施工，边跨现浇段采用满堂支架施工，其余梁段采用挂篮对称悬臂浇筑施工。

#### 4. 施工监测与控制

对菱形挂篮采用混凝土试块进行静载预压试验。先求出各梁块重量对应的挂篮弹性变形值，各梁段的长度在 3~4 m 范围之内，最大重量梁块为 1#，梁重为 228.6 t。根据相关规范中悬臂施工规定，预压荷载按照最大梁重的 1.2 倍来计算，即  $1.2 * 228.6t = 274.32 t$ 。采用预压荷载的倍数逐级加载，其加载顺序是 0%~60%~80%~100%~120%~卸载。确定各梁块立模的预抬量，再检验挂篮的安装质量、整体承载能力。具体实施为：沿桥跨纵向把连续梁桥箱梁划分 14 个对称浇筑的梁段，其中 0#块采用现浇梁段，1#~14#采用连续梁两端挂篮同时对称加载，在施加每一级荷载时，测量挂篮的变形值[4] [5]。监测与控制流程如

图 3 所示。

根据挂篮预压的结果，挂篮预压变形值取为 1.6 cm。由后续施工可知，对节段最重块(即 1#节段)挂篮变形值取为 1.6 cm，其他节段按混凝土方量进行线性插值计算所得的挂篮变形值是合理的。梁段线形监控观测点布置在箱梁顶板和底板上，每一块梁段的端部均布置观测点，纵向位置距现浇段前段 10 cm，横向位置设置 12 个观测点，具体布置见图 4。

在主梁的悬臂浇筑过程中，梁段立模标高的合理确定，是关系到主梁的线形是否平顺，是否符合设计的一个重要问题。立模标高并不等于设计桥梁建设后的标高，必须设一定的预拱度，以抵消施工中产生的各种挠度变形[6] [7]。预拱度计算图如图 5 所示。悬臂施工阶段立模标高的计算公式如下：

$$H_s^i = H^i + f_y^i + \Delta f^{i-1} + f_g^i \tag{1}$$

其中：

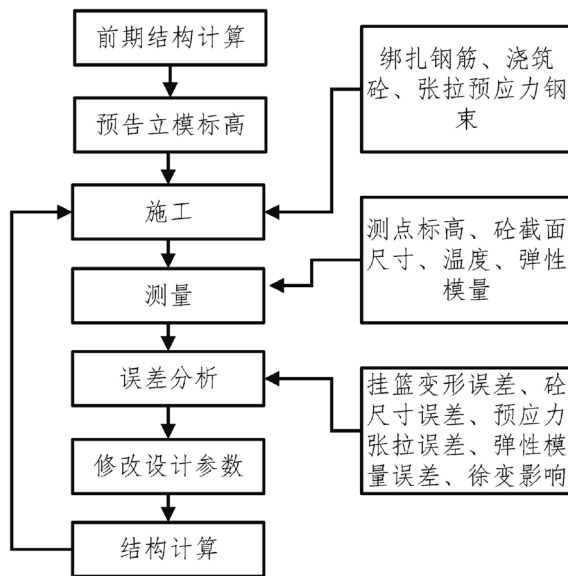


Figure 3. Flow chart of construction monitoring  
图 3. 施工监控流程图

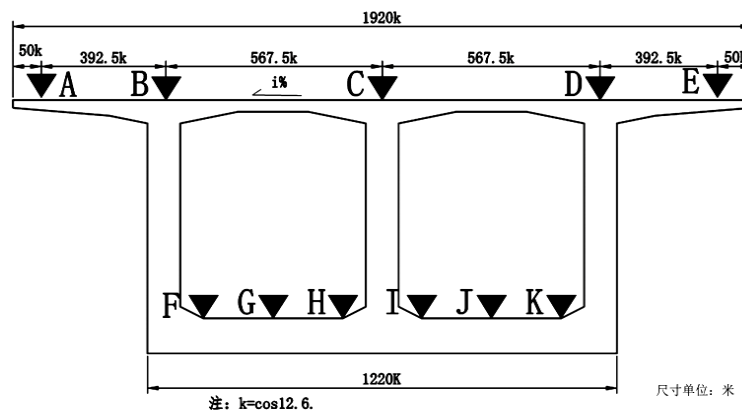


Figure 4. Elevation (displacement) measuring points layout  
图 4. 高程(位移)测点布置图

- $H_s^i$  表示  $i$  节点的立模标高;
- $H^i$  表示  $i$  节点的设计标高;
- $f_y^i$  表示  $i$  节点的预拱度;
- $\Delta f^{i-1}$  表示根据实测数据进行挠度调整值;
- $f_g^i$  表示  $i$  节点挂篮变形值。

### 5. 结果与分析

图 6 和图 7 表示最大悬臂状态下顶板及底板的应力分布。由图可知，在最大悬臂状态下，主梁顶板未出现拉应力，底板出现微小的拉应力，最大压应力为 15.7 MPa，最大拉应力为 0.43 MPa，小于设计容许应力。

图 8 和图 9 分别表示全桥合龙状态下顶板及底板的应力分布。全桥合龙状态下，主梁没有拉应力出现，最大压应力为 15.7 MPa，小于设计容许压应力。

最大悬臂阶段、全桥合龙阶段最大应力如表 1 所示。

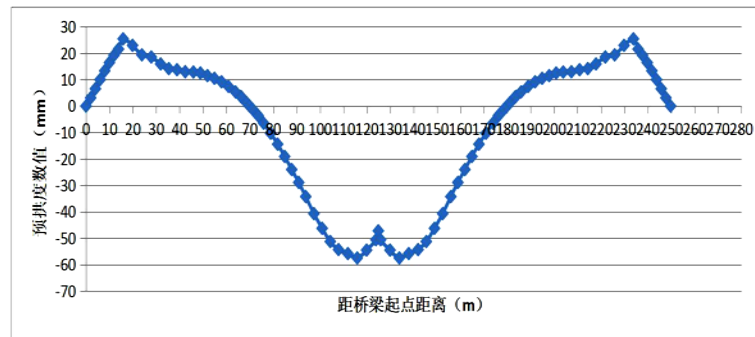


Figure 5. Calculation chart of camber  
图 5. 预拱度计算图

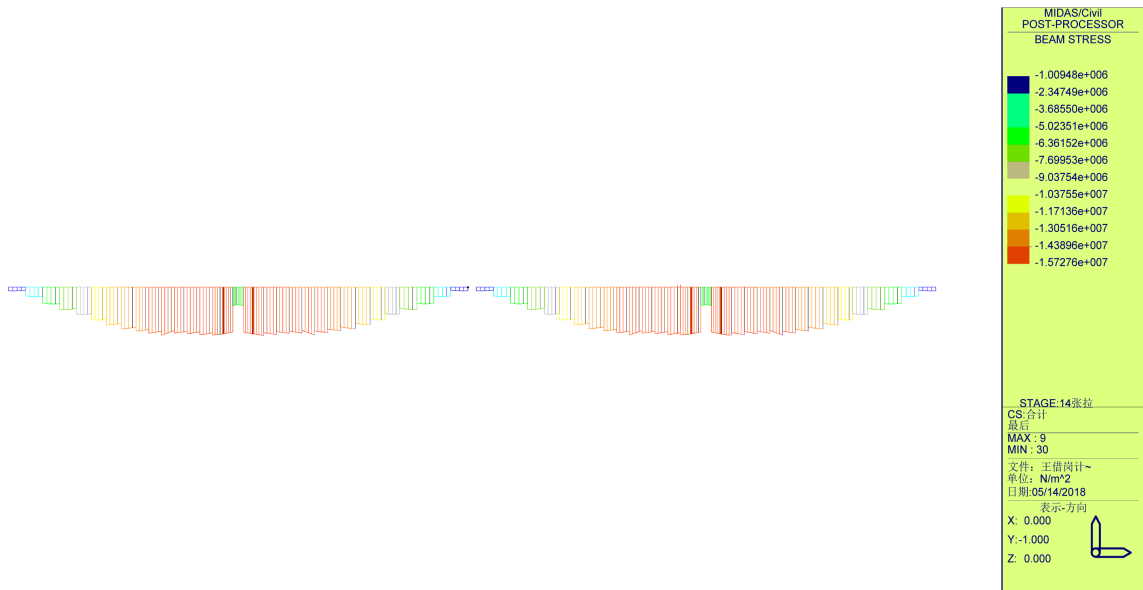
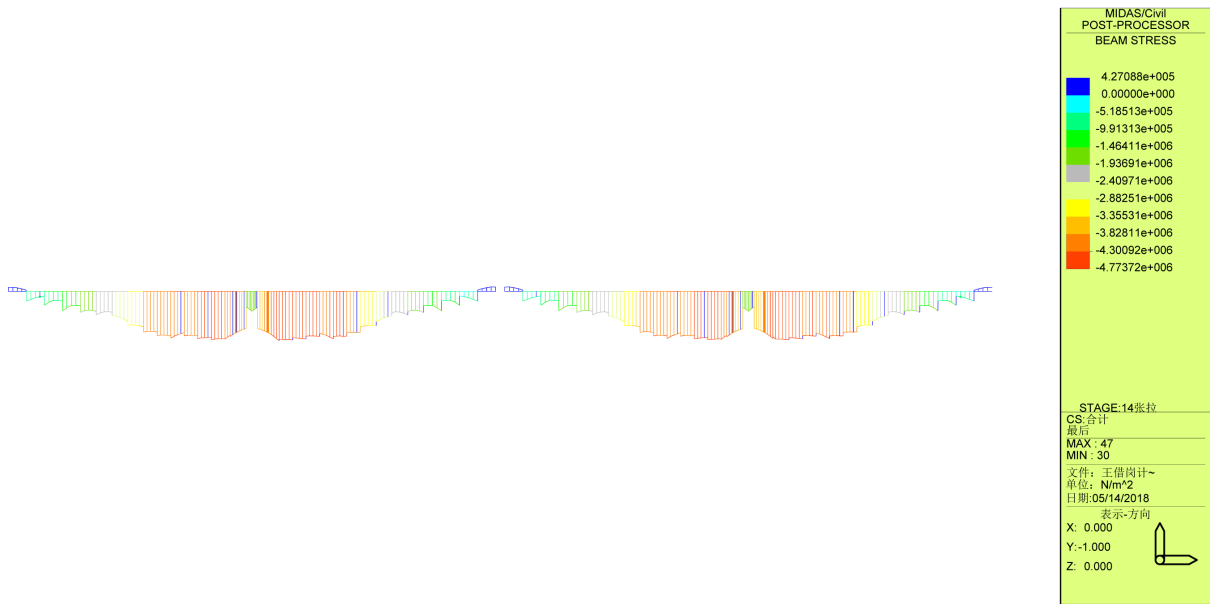
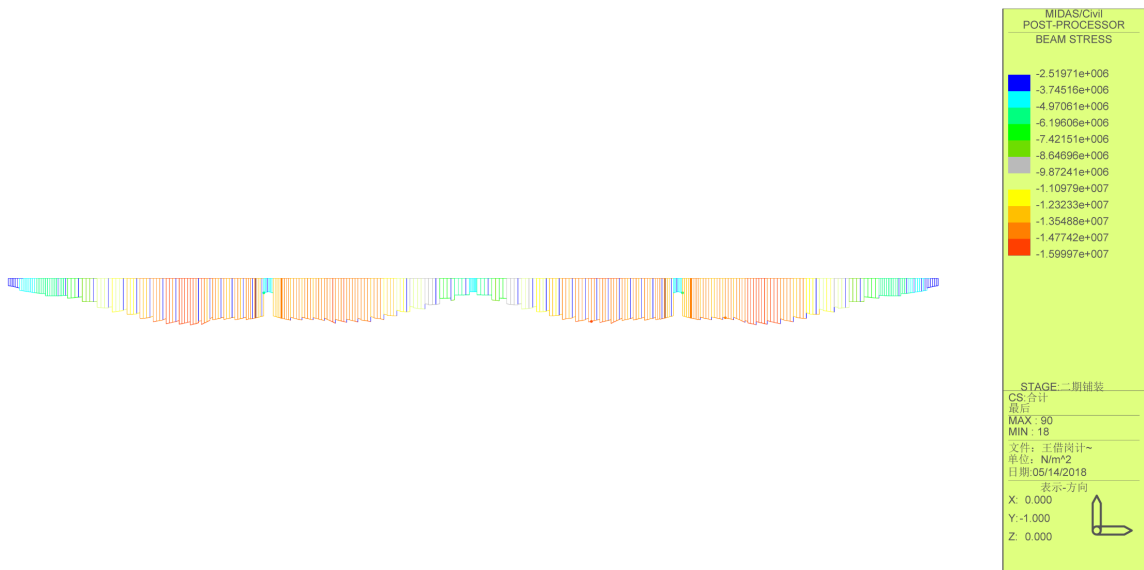


Figure 6. Stress distribution of the roof of the maximum cantilever stage (MPa)  
图 6. 最大悬臂阶段顶板应力分布(MPa)



**Figure 7.** Stress distribution of the bottom plate of the maximum cantilever stage (MPa)  
**图 7.** 最大悬臂阶段底板应力分布(MPa)



**Figure 8.** Stress distribution of the roof of full-bridge closure (MPa)  
**图 8.** 全桥合龙顶板应力分布(MPa)

由《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》可知，压应力  $\sigma_{cc}' \leq 0.70f_{ck}' = 0.70 \times 32.4 = 22.68 \text{ MPa}$ ，拉应力  $\sigma_{ct} \leq 0$ ，悬臂施工阶段顶板应力高于底板应力，而在全桥合龙阶段相差不大，且满足规范要求。式中：

$f_{ck}'$  ——与制作、运输、安装各施工阶段混凝土立方体抗压强度  $f_{cu}'$  相应的轴心抗压强度标准值[8]。

从图 10 反映的全桥线形控制成果可以看出：全桥成桥线形平顺，误差均匀且数值较小，与预计线形的最大误差为 1.5 cm。悬臂合龙时箱梁相对标高允许误差：±30 mm，满足规范要求，整体线形达到了线形控制的目标[9]。

由图 11 可知，整个施工阶段 0#块根部均无拉应力出现，实测值与理论值最大差值为 1.17 MPa，在允许范围内。

### 6. 结论

本文以某斜弯桥为背景对建立有限元模型的理论数据与现场数据进行对比分析，通过预计标高、设计标高和实测标高对比分析，理论应力与实测应力对比分析，得出以下结论：

1) 主梁挠度的实测值与理论计算挠度值相吻合，变化规律与理论分析相一致，浇筑混凝土时梁段挠度向下，张拉时引起梁段挠度向上，说明了施工控制方法、施工计算方法和 MIDAS/Civil 计算结果的正确性。

2) 全桥成桥线形平顺，与设计线形的误差均匀且数值较小。整体线形完全可以满足今后行车要求，达到了线形控制的目标。



Figure 9. Stress distribution of the bottom plate of full-bridge closure (MPa)

图 9. 全桥合龙底板应力分布(MPa)

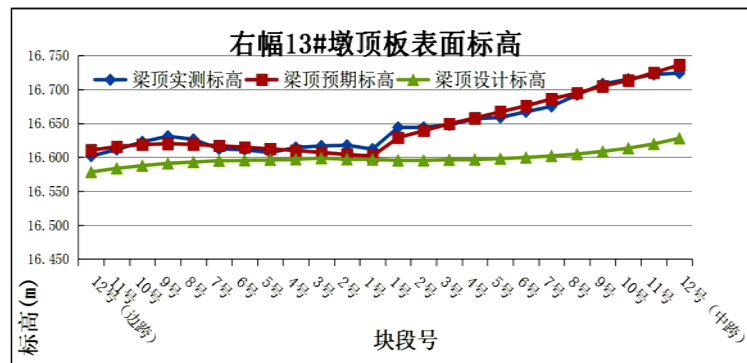


Figure 10. Comparison of measured elevation, expected elevation and design elevation of beam top

图 10. 梁顶实测高程、预期高程与设计高程对比

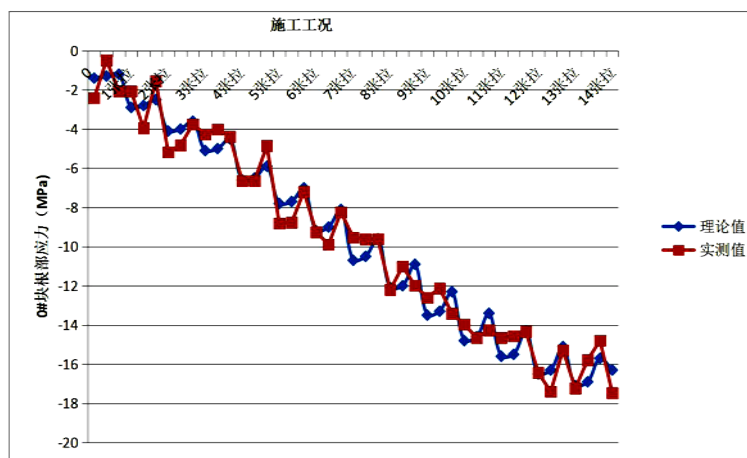


Figure 11. Comparison of measured stress and theoretical stress of 0# block root stress  
图 11. 0#块根部应力实测应力与理论应力对比图

Table 1. Theoretical stress values of the roof and bottom of the 0# block  
表 1. 0#块顶底板理论应力值

	截面位置	最大值(MPa)	C50 抗压强度设计值 (MPa)	备注
最大悬臂阶段	顶板	-15.7	-23.1	正为拉，负为压
	底板	-4.8	-23.1	
全桥合龙阶段	顶板	-16.0	-23.1	
	底板	-7.7	-23.1	

3) 曲线桥外侧支座受力较内侧大，单排支座曲线桥易倾覆，建议类似曲线桥设计采用双排支座。

4) 本桥为斜弯桥，平截面假定不适用，有限元模型采用双排支座，边界条件与实际情况选取一致，有利于减小理论分析与实际的误差。

5) 斜弯桥存在超高，底板无横坡，超高通过腹板高度调整，将高程测点布置在腹板和两侧翼板上可以较好的控制横坡。

6) 对于斜弯桥应用实体单元建立有限元模型进行分析，应密切关注曲率半径较小段及不规则矩形合龙段处的变形及应力应变变化情况。

## 参考文献

- [1] 刘云. 预应力砼曲线连续刚构桥施工线形控制方法应用研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2010.
- [2] 李惠翔. 预应力混凝土曲线梁桥施工控制关键技术研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2016.
- [3] 王赞芝, 宝璐珉, 吴长青, 等. 高速铁路斜交连续箱梁施工监控方法[J]. 公路, 2011(7): 132-135.
- [4] 孔君. 大跨度预应力混凝土连续梁桥施工监控[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2014.
- [5] 姚健鹏, 梁明盛, 陈忠诚. 预应力混凝土连续箱梁桥悬臂施工监控[J]. 公路, 2012(2): 105-108.
- [6] 陈伟. P.C.连续梁桥施工监控及关键施工技术研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2013.
- [7] 王韶翔. 曲线连续刚构施工线形控制及空间仿真分析[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2008.
- [8] 中华人民共和国行业标准. JTG D62-2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [9] 中华人民共和国行业标准. JTG/T F50-2011 公路桥涵施工技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.



**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2326-3431，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ojtt@hanspub.org](mailto:ojtt@hanspub.org)