

- 中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED) 统计源期刊
- 中国期刊全文数据库(CJFD) 全文收录期刊
- 中国核心期刊(遴选) 数据库收录期刊
- 中文科技期刊数据库收录期刊

**ISSN 1672-6375**  
**CN 62-1173/N**

# 甘肃科技纵横

*Scientific & Technical Information of Gansu*

第五十卷 第八期 (总第314期)

GANSU KEJI ZONGHENG

主管单位: 甘肃省科学技术厅  
主办单位: 甘肃省科技情报学会

**2021. 8**

# 目次 CONTENTS

甘 肃 科 技 纵 横  
GAN SU KE JI ZONG HENG

第50卷 2021年8月 第8期

## 一般专业学术期刊

### 卷首语

我国科学家揭示耶尔森菌诱导细胞焦亡的关键机制 ..... 中华人民共和国科学技术部

### 信息技术

基于STM32的智能数据采集系统\* ..... 孙二威,吴振磊 1  
数字孪生技术的实例应用\* ..... 王宇婷,杨晓波 4

### 环境生态

人工干预蚂蚁与棉蚜的合作共生关系对花椒产量的影响 ..... 马富岗,李爱民 7  
环境监测在环境保护中的意义研究 ..... 刘亚东 10  
小型农田水利节水滴灌工程设计及施工管理策略研究 ..... 李晓晓,张正安 13

### 工业科技

牵引变流器模块温度实时监控的实现\* ..... 郭志龙 16  
高耦合分裂电抗器的雷电冲击特性研究\* ..... 莫文雄,杨春,师利星,赵睿南,王勇,刘俊翔 19  
LPCV牛舍湿帘风机自动温度控制系统设计 ..... 吕慧洁,李景琦,丁蕊,曹明 22  
植物酵素的活性功效及其食用方面的研究进展\* ..... 张焱梅,甘玉芬,丁学梅,马海燕,伍凤莲,冯玉兰 25  
关于大风条件下接触网偏移的讨论 ..... 邓诚,黄河 29  
一种运用于高寒地区的保温组合模板设计 ..... 邢铎 32  
复神丸制剂的稳定性实验研究 ..... 姜芳宁,刘光斌,高颖 36  
一种水源浊度在线自动监测装置的研发应用 ..... 赵凌,谢江峡,王立哲,姜尔建 39  
氨基酸辅助合成棒状羟基磷灰石及其载银抑菌性能的研究 ..... 王建荣,陈金弟 42

### 建筑设计

装配式公路桥梁抗震分析与验算\* ..... 李子特,王根会 45  
桥梁施工中应力监控实测数值修正\* ..... 齐海鹏 49  
基于BIM技术对深基坑模型的创建\* ..... 杨全兵 52  
高速公路新旧路基差异沉降控制技术试验研究\* ..... 阎玉蕊,孙拴虎,齐海鹏,李帅 55

## 桥梁施工中应力监控实测数值修正\*

齐海鹏

(陕西机电职业技术学院,陕西 宝鸡 721001)

**摘要:** 本论述以某跨河大桥为工程实例,通过在桥梁的悬臂根部、中跨、1/4跨分别埋设传感器采集数据,讨论桥梁工程在施工过程中收缩徐变对桥梁应力监控的影响以及对收缩徐变应力的剔除方法。得到结论在应力监控中混凝土收缩徐变对混凝土实际应力的测量有着明显的影响,占整体误差的50%左右。本论述所提到的剔除混凝土的收缩徐变应力方法具有一定的可行性。

**关键词:** 应力监控;收缩徐变;桥梁工程

**中图分类号:** U446.1

**文献标志码:** A

在桥梁的施工监控中,根据国家相关规范大跨径的桥梁必须进行应力监控以监测桥梁在施工过程中的应力情况,预防桥梁在施工过程中发生安全和质量事故,为安全施工提供有力保障。具体原理为采集悬臂梁在施工过程中的弹性变形,通过混凝土应力与应变之间的关系计算应力。但在实际应力监控的过程中由于混凝土同时会产生收缩徐变、热胀冷缩等非应力应变,这会导致实测的混凝土应变值与理论应变值存在一定误差。为准确反映悬臂梁内部的应力情况,需要对非应力应变进行剔除,本论述针对收缩徐变应力的剔除方法进行讨论。

### 1 应力监控基本原理

应力监控目的是为了监控桥梁在施工过程中混凝土内部的应力状态,防止因应力过大产生裂缝而降低梁体的刚度和耐久性,引起梁体的局部破坏,进而引起桥梁坍塌事故的发生。

应力监控的具体方法为:在桥梁施工过程中,提前设计好应力监控控制截面的位置,在绑扎钢筋阶段将钢筋式应变计绑在绑扎好的钢筋上,在浇筑混凝土后,钢筋式应变计就埋入混凝土中,和混凝土共同变形。

因而可以采集到混凝土的应变数据。

根据混凝土的应力应变关系可以计算出其内部的应力大小。混凝土的应力应变关系可以表达为:

$$\sigma = \varepsilon E$$

其中 $\sigma$ 是混凝土的应力, $\varepsilon$ 是混凝土的弹性应变, $E$ 为混凝土的弹性模量。

在实际工程中用应变计测得的应变 $\varepsilon_{\text{实测}}$ 为多个应变的总和。除因应力产生的弹性应变外还包括长期荷载作用下的混凝土的徐变应变 $\varepsilon_{\text{徐}}$ 、由不均匀温度场产生的温度应力导致的应变 $\varepsilon_{\text{温度场}}$ 、由于天气气温变化而产生的应变(即热胀冷缩) $\varepsilon_{\text{温差}}$ 、由湿度引起的体积变化产生的应变 $\varepsilon_{\text{湿度}}$ 。可由下式表示:

$$\varepsilon_{\text{实测}} = (\varepsilon_{\text{弹}} + \varepsilon_{\text{徐}} + \varepsilon_{\text{温度场}}) + (\varepsilon_{\text{温差}} + \varepsilon_{\text{湿度}})$$

在悬臂梁桥的施工阶段,由于没有中跨合拢,整个结构体系为静定体系。此时,除弹性应变外其他应变因为不受到周围混凝土的约束和边界条件的约束,因此不会引起混凝土产生应力,称为非应力应变。在工程中为了从实测应变中得到混凝土的弹性应变,必须对非应力应变进行补偿,将非应力应变剔除。

收缩徐变应变是非应力应变的一种,为在荷载的长期作用下,混凝土的变形随时间而增加,此时混凝土

收稿日期:2021-03-18

基金项目:2021年陕西机电职业技术学院科研项目资助(项目编号:YJ202126)。

作者简介:齐海鹏(1993-),男,硕士,助教,主要研究方向:桥梁工程施工。

内部的应力不产生变化,但随着时间的增加收缩徐变应变也会持续增大。

### 2 收缩徐变应变剔除方法

如图1所示,根据压应力与混凝土徐变的关系可知,当压应力  $\sigma \leq 0.5f_c$  时,徐变和压应力之间大致成正比的关系,同一时刻不同应力下各个曲线的徐变应变差值大致相同,为线性徐变。图中纵轴表示徐变应变,横轴表示时间。

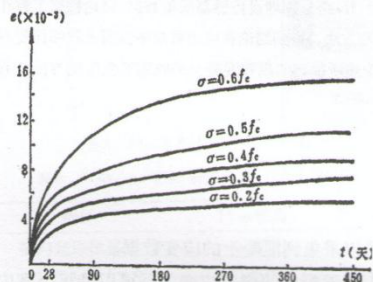


图1 压应力与徐变的关系

目前,国内的混凝土梁桥在施工过程中,压应力的控制指标一般为0.5倍的抗压强度,这时的混凝土徐变为线性徐变,可按线性徐变理论进行计算。

单向受压的混凝土从  $t_0$  时刻开始受到单位应力的作用,作用时间持续  $t$  后混凝土所产生形变的总应变可用下式表示:

$$J(t, t_0) = \frac{1}{E(t_0)}(1 + \varphi(t, t_0)) \quad (1)$$

式中  $E(t_0)$  表示混凝土在  $t_0$  时刻的瞬时弹性模量,  $\varphi(t, t_0)$  表示混凝土的徐变系数。

当作用荷载是在混凝土的不同龄期分阶段施加在混凝土上的离散荷载时,其在以后任意时刻的  $t$  的总应变可以表示为:

$$\varepsilon(t, t_0) = \frac{\sigma(t_0)}{E(t_0)}(1 + \varphi(t, t_0)) + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma(t_i)}{E(t_i)}(1 + \varphi(t, t_i)) + \varepsilon_s(t, t_0)$$

$$(2)$$

当作用荷载是随时间连续变化的应力时,总应变可表达为:

$$\varepsilon(t, t_0) = \frac{\sigma(t_0)}{E(t_0)}(1 + \varphi(t, t_0)) + \int_0^t \frac{\partial\sigma(t)}{\partial t} \frac{1}{E(t)}(1 + \varphi(t, t_0)) dt + \varepsilon_s(t, t_0) \quad (3)$$

在(1)、(2)式中,  $\sigma(t_0)$  为混凝土的初始应力,  $E(t_0)$  为混凝土在  $t_0$  时刻的弹性模量,  $\varepsilon_s(t, t_0)$  为混凝土的收缩应变,可由下式计算:

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \frac{\varepsilon_{s,\infty}}{\varphi_\infty} \varphi(t, t_0) \quad (4)$$

式中  $\varepsilon_{s,\infty}$ 、 $\varphi_\infty$  分别为混凝土收缩和徐变的终极值,可由规范 JTJ023 查得。

### 3 工程应用

某在建混凝土连续梁桥上部结构为(39+70+39)m 预应力混凝土连续箱梁,单箱单室截面组成,箱梁底宽5.0 m,顶板全宽10.0 m;下部结构中墩采用薄壁式墩,主梁过渡墩采用双柱式墩。箱梁单箱单室截面在横向方向坡度为:底板横坡坡度为0%,顶板为2%的双线横坡,通过调整箱梁的顶板高度实现。箱梁的高度为:悬臂根部截面4.2 m,跨中截面2.0 m,梁高的变化符合二次抛物线。顶板厚度为0.28 m,腹板厚0.45 m~0.65 m,底板厚0.26~0.6 m。横隔板分别设在中支点、边支点和中跨跨中处,厚度分别为2.2 m、1.2 m和0.30 m,均设置了人孔以便施工。

大桥主桥应力测量断面布置如图2所示。其中:1-1截面、12-12截面为边跨合龙段中间位置;2-2截面、11-11截面为边跨1/4L截面;3-3截面、4-4截面、9-9截面和10-10截面为悬臂根部1#梁段中间截面;5-5截面、8-8截面为中跨1/4L截面;6(7)-6(7)截面为中跨合龙段截面。

箱梁截面应力测点布置如图3所示。

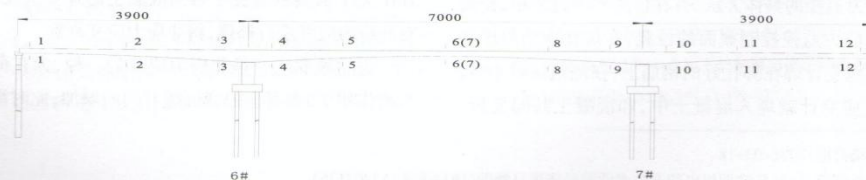


图2 应力监测截面布置图(单位:cm)



图3 主梁截面应力测点布置图(单位:cm)

选取5-5截面顶板的P1、P2、P3点作为研究对象,研究在施工荷载作用下,实测混凝土应力与理论计算的混凝土应力之间的误差分析,并观察在剔除因混凝土收缩徐变产生的应变后的误差。

施工荷载是不同时间施加在混凝土上的离散荷载,通过式(2)及C50混凝土的弹性模量时间函数进行计算,可得每一荷载工况下混凝土的收缩徐变应变及其产生的应力,将实测应变计算得到的实测应力值、扣除收缩徐变应变后的理论实际应力值和模型所得的理论应力值绘图表示。

顶板P1点的实测数据处理结果如图4所示。

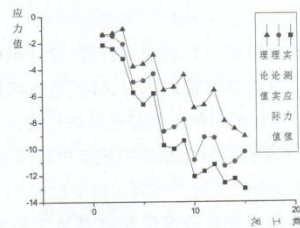


图4 顶板P1点数据处理结果

顶板P2点的实测数据处理结果如图5所示。

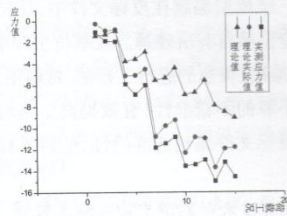


图5 顶板P2点数据处理结果

顶板P3点的实测数据处理结果如图6所示。

考虑到混凝土的弹性模量是随着混凝土龄期的增长而不断增加的,因此在浇筑混凝土前期的荷载工况中,收缩徐变的影响较小,随着龄期增长,后期荷载工况下的数据更能反映实际情况。

观察以上数据可以发现,在浇筑混凝土初期,由于

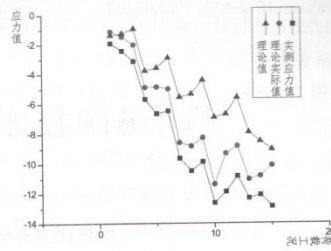


图6 顶板P3点数据处理结果

应力值较小,且混凝土弹性模量较小,收缩徐变对于应力监控的影响并不大。随着施工阶段的进行,混凝土内部应力和弹性模量不断增长,混凝土收缩徐变对于应力监控的影响也越来越大,到最后中跨合拢时由收缩徐变所产生的虚假应力占整体误差的一半左右。

#### 4 结论

根据数据分析可知,在应力监控中混凝土收缩徐变对混凝土实际应力的测量有着明显的影响,占整体误差的百分之五十左右,在剔除因收缩徐变引起的应力后,混凝土应力的理论值更加接近实际值。

本论述所提到的剔除混凝土的收缩徐变应变方法具有一定的可行性,可在工程当中进行应用。

另外,考虑到剪力滞效应的影响,混凝土的正应力在平面内分布不均匀,本论述中的理论应力值是按初等梁理论计算所得,不能代表真实的混凝土应力理论值,但具有一定的参考价值。

应该注意到的是,在混凝土凝结硬化的过程中,混凝土的弹性模量是随着时间的变化不断增长的,因此,后期的荷载工况下计算数值更能反映实际情况。

#### 参考文献:

- [1] 齐海鹏.不同箱式的梁桥悬臂施工阶段剪力滞研究[D].西安:西安科技大学,2018.
- [2] 项海帆.高等桥梁结构理论[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [3] 向中富.桥梁施工控制技术[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [4] 余钱华.大跨混凝土桥梁施工监控中的应力分析与测试[J].中国公路学报,2008,21(2):68-73.
- [5] 陈峰.预应力混凝土连续梁桥施工应力监控及分析[J].工程与建设,2015,29(5):710-712.