

钢-混组合连续梁桥成桥后混凝土收缩徐变效应影响分析

刘晓奎, 鲁传安, 张煜

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 钢-混组合连续梁桥的钢梁和桥面板通过剪力钉连接, 混凝土桥面板的收缩徐变变形会受到钢梁的约束, 继而引起桥面板和钢梁应力发生重分布。以某市区快速路环线工程钢-混组合连续梁桥为分析对象, 研究发现混凝土收缩徐变对组合连续梁桥成桥后的线形和应力均产生一定不利影响, 环境年平均相对湿度变化对组合连续梁桥线形和钢梁应力影响较小, 相对湿度增加对桥面板受力有利。

关键词: 钢-混组合连续梁桥; 收缩; 徐变; 应力重分布; 环境年平均相对湿度

中图分类号: U446

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)03-00106-04

0 引言

钢-混组合梁桥是由钢材和混凝土两种材料通过剪力连接件组合而成的。它充分发挥了钢材和混凝土两种材料各自的优势, 具有良好的受力性能 and 经济效益, 在桥梁工程中得到了广泛应用^[1-2]。

收缩和徐变会导致混凝土桥面板产生变形, 而且收缩徐变变形随时间逐渐变化, 剪力连接件的存在使得桥面板的变形受到钢梁的约束, 钢梁的应力随之发生变化, 并引起组合梁结构整体应力发生重新分布^[3-7]。钢-混组合连续梁桥作为超静定结构, 存在冗余约束, 收缩徐变在结构体系内部产生的次内力逐渐变化。因此, 钢梁和桥面板的应力状态在组合连续梁桥寿命期内是不断变化的^[8], 研究收缩徐变对钢-混组合连续梁桥受力性能的影响非常有必要。

本文以某市快速路环线工程中钢-混组合连续梁桥为分析对象, 通过 Midas Civil 建立全桥精细化有限元模型, 分析了混凝土收缩、徐变和环境年平均相对湿度对钢-混组合连续梁桥在成桥后使用性能和受力性能的影响, 为类似桥梁的设计和施工提供有益的参考。

1 工程背景

本桥为三跨连续钢-混组合梁, 跨径布置为 50 m+70 m+50 m, 桥面宽 25 m, 跨中梁高 2.0 m, 中支点梁

高 3.8 m。结构型式采用多箱单室, 钢梁采用槽形截面, 梁距 6 m, 箱室之间采用横梁连接, 纵向间距 12.5 m。现浇混凝土桥面板采用 C50 低收缩混凝土, 厚度 0.25~0.35 m。钢梁上翼缘和横梁顶面设置剪力键与混凝土桥面板连为整体。标准横断面如图 1 所示。

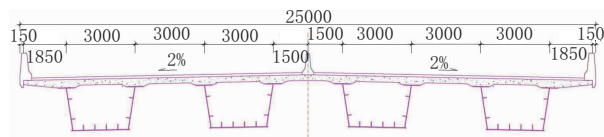


图1 组合连续梁桥标准横断面(单位:mm)

施工时, 钢梁采用少支架架设, 现场焊接成连续梁体系后拆除支架, 顶升中支点处钢梁, 搭设模板浇筑桥面板混凝土。待混凝土达到设计强度后拆除模板, 回落中支点钢梁, 施工附属设施。

2 混凝土收缩和徐变影响因素分析

收缩和徐变都是混凝土材料的固有属性。收缩是混凝土材料在硬化过程中由于水分蒸发或者其他因素产生的体积缩小现象。减小的体积即收缩变形, 收缩与混凝土中的应力无关^[4]。徐变是混凝土材料在发生弹性变形后, 随着时间的推移发生与弹性变形相同趋势且绝大部分不可恢复的变形。现在的徐变理论基本假定徐变变形与弹性变形成正比, 二者的比例系数就是徐变系数^[5]。由此可知, 收缩和徐变都是在较大时间跨度内完成的, 组合连续梁桥的受力性能会受到混凝土收缩徐变的影响。

计算混凝土收缩徐变时, 环境年平均相对湿度和构件理论厚度是影响收缩徐变的重要参数。本文先取环境年平均相对湿度 70% 进行组合连续梁受力分

收稿日期: 2021-04-28

作者简介: 刘晓奎(1982—), 男, 博士, 高级工程师, 从事桥梁设计工作。

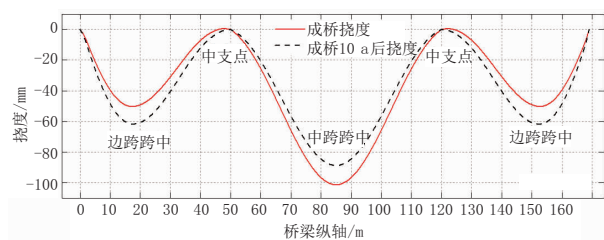
析,然后对环境年平均相对湿度进行参数影响分析(50%~80%),构件理论厚度取

$$h=2A/u$$

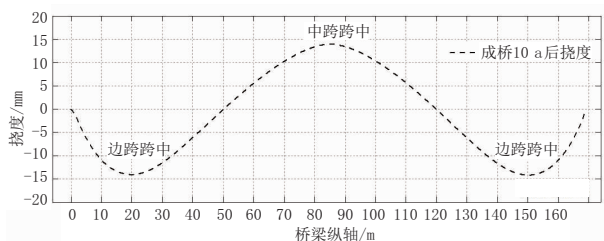
式中: A 为混凝土桥面板的截面面积; u 为混凝土桥面板的周长。

2.1 收缩徐变对组合连续梁桥挠度的影响

图2为成桥10 a前后全桥挠度和挠度增量,向下为负。从中可以看出,在混凝土收缩徐变作用下,组合梁边跨挠度逐渐增加,中跨挠度逐渐减小;边跨最大挠度值为61.6 mm,比成桥时增加22.5%;中跨最大挠度为88.6 mm,比成桥时减少12.5%。由此可见,混凝土收缩徐变效应对于钢-混组合连续梁桥成桥后线形具有一定影响。



(a) 成桥10 a全桥挠度变化图



(b) 10 a收缩徐变全桥挠度增量图

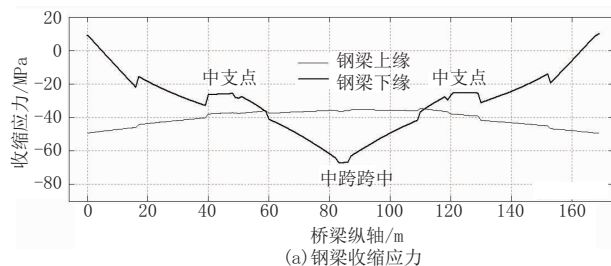
图2 10 a收缩和徐变全桥挠度变化图

2.2 收缩和徐变对钢梁应力的影响

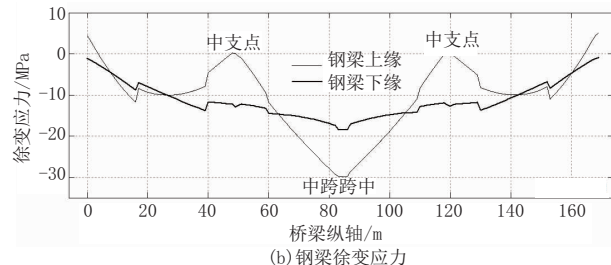
图3为成桥10 a混凝土收缩和徐变产生的钢梁应力图,受拉为正,受压为负。由图可以看出,除边支点局部区域外,全桥钢梁在收缩和徐变作用下基本上受压。其中,上缘收缩应力沿纵向分布比较均匀,上缘徐变应力在中支点和中跨跨中出现峰值,这是因为徐变与外荷载有关,结构内力较大处,徐变应力值较大;下缘收缩和徐变应力从边支点到中跨跨中近似线性增大。全桥钢梁收缩+徐变合计应力,上缘最大为-66 MPa,下缘最大为-85 MPa,均为压应力,出现在中跨跨中。

图4为成桥10 a钢梁应力变化图。从中可以看出,成桥10 a后中支点截面钢梁上缘拉应力减小,下缘压应力增大;跨中截面钢梁上缘压应力增大,下缘拉应力减小。

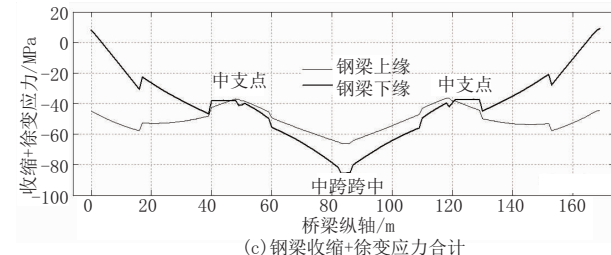
所以,对于跨中钢梁上缘和支点钢梁下缘处于受压状态的梁段,随着收缩徐变的发展,压应力逐渐



(a) 钢梁收缩应力

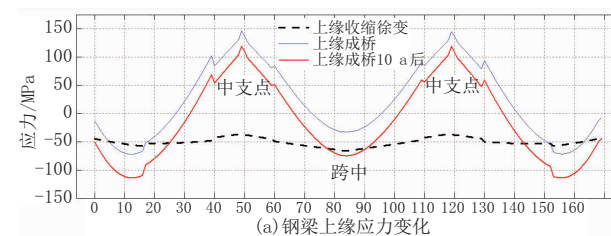


(b) 钢梁徐变应力

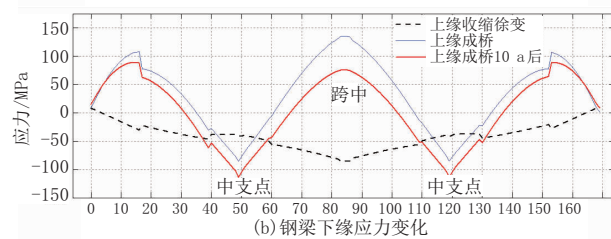


(c) 钢梁收缩+徐变应力合计

图3 收缩和徐变产生的钢梁应力图



(a) 钢梁上缘应力变化



(b) 钢梁下缘应力变化

图4 10 a收缩和徐变钢梁应力变化图

增大,在使用年限后期,结构受力最不利;对于跨中钢梁下缘和支点钢梁上缘处于受拉状态的梁段,拉应力随着收缩徐变的发展会逐渐减小,在成桥初期结构受力最不利。

2.3 收缩和徐变对桥面板应力的影响

图5为成桥10 a混凝土收缩和徐变产生的桥面板应力图,受拉为正。从中可以看出,桥面板在收缩和徐变作用下基本上受拉,拉应力由边支点往中跨跨中基本上线性递增,至中跨跨中达到最大值。全桥桥面板收缩+徐变合计应力,上缘最大为9.9 MPa,下缘最大为5.9 MPa,均为拉应力,出现在中跨跨中。

图6为成桥10 a桥面板应力变化图。从中可以

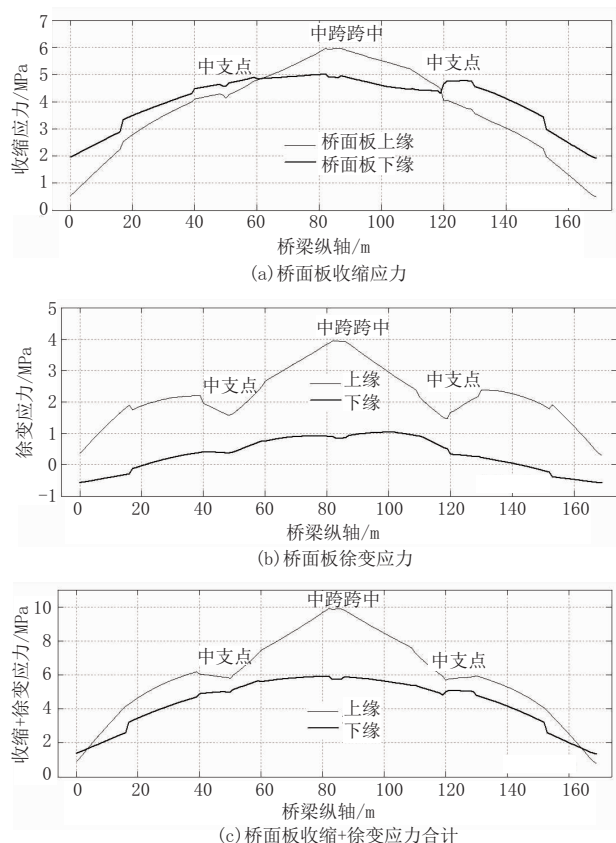


图5 收缩和徐变产生的桥面板应力图

看出,成桥时混凝土桥面板上下缘均处于受压状态,但在收缩和徐变作用下,10 a后桥面板压应力储备已经基本消失,中支点桥面板出现1.7 MPa左右拉应力,已接近混凝土的抗拉极限强度。说明收缩和徐变对桥面板结构安全是不利的,需要在结构设计和施工过程中予以重视,可以通过配置普通钢筋控制裂缝宽度等方法保证结构安全性和耐久性。

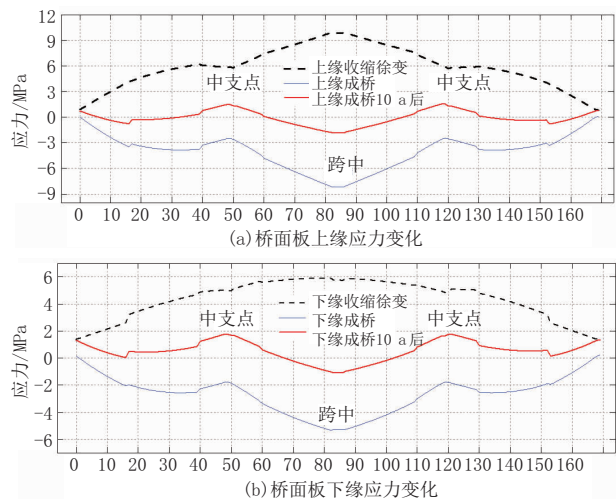


图6 10 a收缩徐变桥面板应力变化图

3 混凝土收缩和徐变影响因素分析

3.1 相对湿度影响分析

我国疆土辽阔,地区气候差异巨大,自然环境中

相对湿度一年四季均在不断变化,同一城市的环境年相对湿度季节差异可达50%以上^[9],因此,分析环境年平均相对湿度对混凝土收缩和徐变的影响程度十分必要。

本文取环境年平均相对湿度从50%变化到80%并保持其他参数不变,来研究混凝土收缩和徐变对组合连续梁桥长期受力性能的影响。

3.2 相对湿度变化对组合梁桥挠度的影响

图7为不同环境年平均相对湿度下全桥挠度变化曲线,向下为负。从中可以看出,当环境年平均相对湿度从50%增大到80%时,组合梁桥边跨跨中挠度逐渐减小,减大幅度约为8%;中跨跨中挠度逐渐增大,增大幅度约7%。总体上看,环境年平均相对湿度对钢-混组合连续梁桥成桥后线形影响较小。

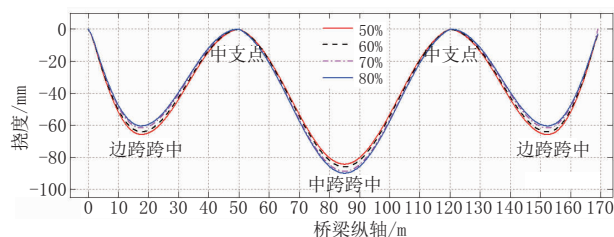


图7 不同相对湿度成桥10 a后挠度曲线

3.3 相对湿度变化对钢梁应力的影响

图8为环境年平均相对湿度变化时,边跨跨中和支点钢梁上缘应力变化曲线,受压为负,受拉为正。从中可以看出,当环境年平均湿度从50%增大至80%时,边跨跨中钢梁上缘压应力逐渐减小,成桥10 a时压应力值从-126.6 MPa降低到-102.6 MPa,降幅为18.9%;支点钢梁上缘拉应力逐渐增大,成桥10 a时拉应力值从113.9 MPa增加到127.3 MPa,增幅为13.4%。钢梁下边缘应力变化则与之相反,限于篇幅未列出。年平均相对湿度变化后,钢梁应力变化均处于合理、安全范围内。

3.4 相对湿度变化对桥面板应力的影响

图9为环境年平均相对湿度变化时,边跨跨中和支点桥面板上缘应力变化曲线,受压为负,受拉为正。从中可以看出,随着环境年平均湿度的增加,跨中截面桥面板压应力增大,这对发挥混凝土的受压性能是有利的;支点截面桥面板拉应力减小,对控制负弯矩区桥面板裂缝宽度也是有利的。说明环境年平均相对湿度较小的地区,混凝土桥面板更容易发生开裂和破坏,设计时相对湿度取值应尽可能准确,避免因取值不当导致桥面板裂缝计算偏差。

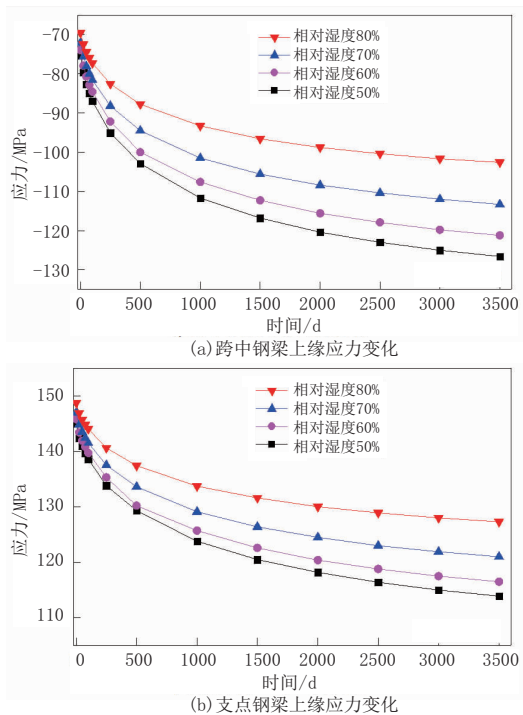


图8 不同环境相对湿度钢梁应力变化曲线

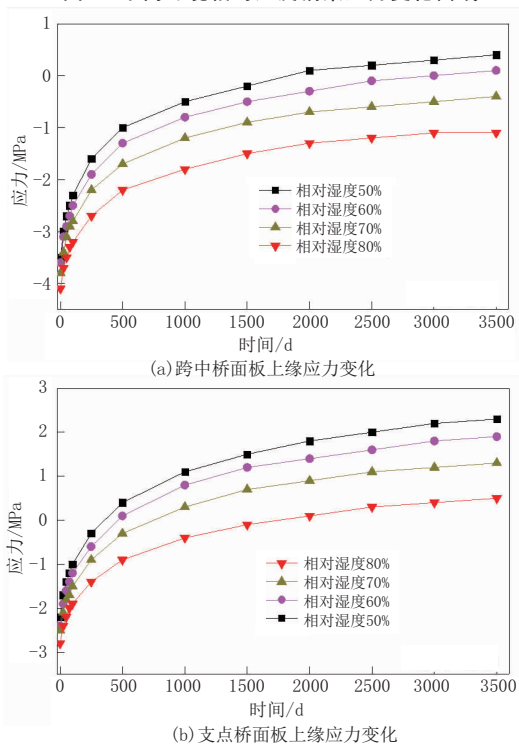


图9 不同环境相对湿度桥面板应力变化曲线

4 结 语

(1)混凝土收缩徐变会导致组合连续梁桥边跨挠度逐渐增加,中跨挠度逐渐减小,对组合梁成桥后线形具有一定影响。

(2)混凝土收缩徐变会导致钢梁各特征截面拉应力减小,压应力增大,但最大应力均处于合理、可靠的范围内。

(3)桥面板在混凝土收缩徐变作用下基本都产生拉应力,成桥时支点桥面板储备的压应力在收缩徐变作用下逐渐消失并变为拉应力,需要采取合理措施控制裂缝宽度保证结构安全性和耐久性。

(4)年平均相对湿度的增加会导致组合连续梁边跨挠度减小而中跨挠度增加,挠度变化幅度不大。

(5)年平均相对湿度增加会导致混凝土桥面板跨中压应力增大,支点拉应力减小,对桥面板受力和控制裂缝宽度有利。

参考文献:

- [1] JTG/T D64-01—2015,公路钢混组合桥梁设计与施工规范[S].
- [2] 刘玉擎. 组合结构桥梁[M]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [3] 卢永成,邵长宇. 长大公轨合建桥梁新技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [4] 严忠林. 变截面钢-混组合梁连续梁桥受力特性分析[D]. 兰州:兰州交通大学,2014.
- [5] 吴迪. 混凝土收缩徐变对钢混组合梁桥长期性能的影响研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2018.
- [6] 杨奇涛. 钢-混凝土组合连续梁桥收缩徐变效应分析[D]. 成都:西南交通大学,2014.
- [7] 刘国光. 简支钢-混凝土组合箱梁混凝土桥面板收缩徐变影响因素分析[J]. 城市道桥与防洪,2020(5):119-123.
- [8] 许小龙,陈强. 钢-混组合连续梁桥徐变性能研究[J]. 西部交通科技,2019(10):80-84.
- [9] 卢志芳,刘沐宇,李倩. 考虑温度和湿度变化的钢-混组合连续梁桥徐变效应分析[J]. 中南大学学报(自然科学版),2015,46(7):2650-2657.
- [10] 孔令熙. 钢混组合梁徐变效应影响的探讨[J]. 城市道桥与防洪,2019,12(12):156-160.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com