

连续钢-混组合梁桥收缩徐变效应分析

李绵宏

(宁波市城建设计研究院有限公司, 浙江 宁波 315012)

摘要: 钢-混组合梁桥因其良好的力学性能,在工程中运用越来越广泛。以某城市45 m+70 m+45 m大跨径连续钢-混组合梁桥为研究对象,利用MIDAS Civil计算软件,针对混凝土收缩徐变效应影响进行分析。根据计算分析结果,混凝土收缩徐变作用下引起结构应力重分布,对钢梁主要产生压应力,对桥面板主要产生拉应力。因收缩徐变影响,钢梁不同部位所处的最不利阶段不同。支点位移法顶升高度越大,混凝土收缩徐变影响越大,支点位移法在混凝土收缩徐变影响下结构受力状态趋向于无顶升成桥阶段。

关键词: 钢-混组合梁桥;收缩徐变;应力重分布;支点位移法

中图分类号: U441.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)08-0167-04

Analysis on Shrinkage and Creep Effects of Continuous Steel-Concrete Composite Beam Bridge

LI Mianhong

(Ningbo Urban Construction Design and Research Institute Co., Ltd., Ningbo 315012, China)

Abstract: Steel-concrete composite beam bridge is increasingly widely used in engineering because of its good mechanical properties. Taking a 45 m+70 m+45 m long-span continuous steel-concrete composite beam bridge in a city as the research object, MIDAS Civil calculation software is used to analyze the influence of concrete shrinkage and creep effects. According to the calculation and analysis results, the structural stress redistribution caused by concrete shrinkage and creep mainly generates the compressive stress on steel beams and the tensile stress on bridge decks. Due to the effects of shrinkage and creep, the most unfavorable stages for different parts of the steel beam are different. The greater the lifting height of the pivot displacement method, the greater the impact of concrete shrinkage and creep. Under the influence of concrete shrinkage and creep, the structural stress state of the pivot displacement method tends towards the stage of bridge completion without lifting.

Keywords: steel-concrete composite beam bridge; shrinkage and creep; stress redistribution; pivot displacement method

0 引言

钢-混组合梁桥通过抗剪连接件把钢梁和混凝土桥面板连接起来共同承受荷载,能够充分发挥混凝土和钢梁材料各自的优点^[1-4],避开各自的缺点,较单一材料结构有一定的优越性。连续钢-混组合梁因中墩处产生的是负弯矩,导致桥面板为受拉,而钢梁下缘为受压,受力较为不利^[5-8]。因此,需采取进一步的措施来提高负弯矩区的抗弯性能^[9-12]。对负弯矩区桥面板,一般有不允许拉应力发生、不允许裂缝产生以及限制裂缝宽度的3种设计方法^[13-15]。通常采用对负弯矩区桥面板施加预应力的措施来控

制桥面板裂缝,对负弯矩施加预应力大致有3种方法:配置预应力钢筋、支座顶升法、加载配重法^[16-19]。

混凝土的收缩和徐变会使桥面板产生变形,受剪力连接件的影响,桥面板收缩徐变受到钢梁的约束,导致钢梁的应力也随之发生变化^[20-22]。因混凝土收缩徐变效应是随时间不断改变,钢梁及桥面板的应力状态将也随时间不断变化,有必要分析钢混组合梁全寿命期内混凝土收缩徐变效应的影响^[23-25]。

1 工程概况

以某城市快速路工程为背景,取某钢-混组合梁桥为计算分析对象。跨径布置为45 m+70 m+45 m,桥面宽度25.5 m。横向布置4片主梁,主梁间距6.17 m,梁高2.0~3.8 m,采用C50低收缩混凝土现浇桥面板,

收稿日期: 2024-10-28

作者简介: 李绵宏(1992—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

Q355D 槽形钢梁,标准断面如图1所示。施工采用少支架施工,通过中支点位移法降低桥面板拉应力。

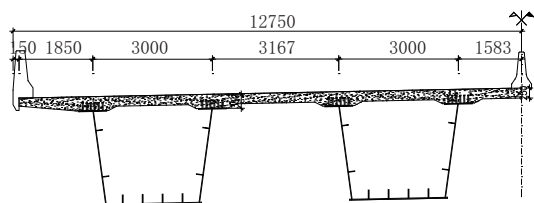


图1 桥梁横断面图(单位:mm)

2 桥面板混凝土收缩徐变效应分析

收缩是混凝土的固有特性,它是混凝土的一种与荷载无关的时变行为^[25]。徐变是在荷载作用下,随着时间的推移,混凝土变形也不断增加的现象,与结构的应力史有关^[23]。目前国际上研究比较成熟的几种收缩徐变模型主要有:CEB-FIP模型、ACI209模型(1992)、GL200模型、日本土木学会混凝土标准规范(1986)^[21]。随着计算机技术的发展,采用有限元的方法也能较好地模拟混凝土收缩徐变效应。

通过采用MIDAS Civil计算软件建立连续钢混组合梁桥的空间有限元计算模型,同时计算桥面混凝土收缩徐变效应影响。

2.1 混凝土收缩徐变对钢梁应力影响

图2、图3所示分别为钢梁上缘和下缘成桥及成桥10a的应力变化图,其中受拉为正,受压为负。从图中可以看出,混凝土收缩徐变作用主要对钢梁产生压力,钢梁中墩处上缘拉应力减小,下缘压应力变大;钢梁跨中上缘压应力增加,下缘拉应力降低。

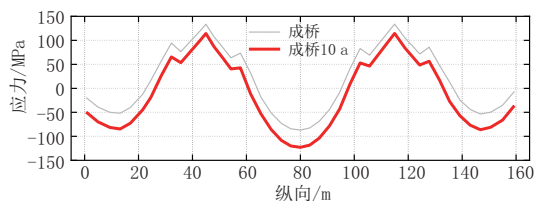


图2 钢梁上缘应力(单位:MPa)

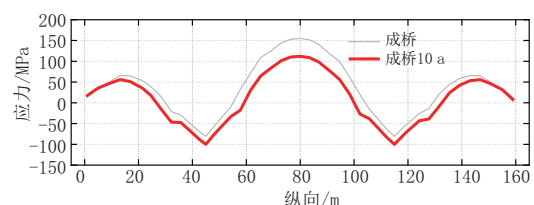


图3 钢梁下缘应力(单位:MPa)

根据受力变化可知,成桥10a后,位于受压状态的中墩下缘和跨中上缘所受的压应力增大,此时处于最不利阶段,而位于受拉状态的中支点上缘和跨中下缘拉应力降低,成桥初期处于最不利阶段。

2.2 混凝土收缩徐变对桥面板应力影响

图4、图5所示分别为混凝土桥面板上缘和下缘成桥及成桥10a的应力变化图,其中受拉为正,受压为负。从图中可以看出,受混凝土收缩徐变影响,桥面板将受拉作用。因采用中支点位移法施工,施工完成初期桥面板上下缘有一定的预压储备。成桥10a后,受收缩徐变的长期影响,桥面板的压力储备降低,其中于中支点附近桥面板出现了最大1.5 MPa的拉应力,接近混凝土强度设计值。

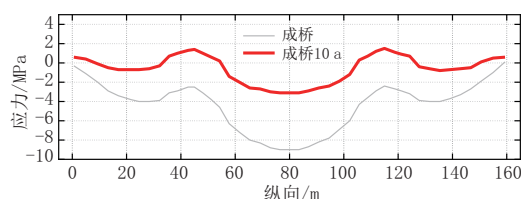


图4 桥面板上缘应力(单位:MPa)

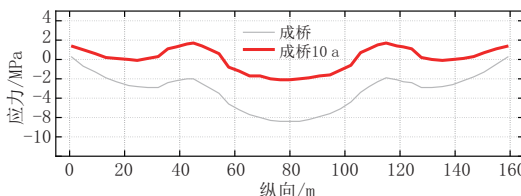


图5 桥面板下缘应力(单位:MPa)

3 中支点顶升高度对收缩徐变影响分析

连续钢-混组合梁桥采用中支点顶升施工方法,通过在桥面板内施加预应力来降低负弯矩区混凝土裂缝宽度^[26]。不同的顶升高度产生的预应力大小不同,进而混凝土收缩徐变效应影响也不同^[27]。

3.1 混凝土收缩、徐变产生的钢梁应力

图6所示为中支点不同顶升高度作用下由混凝土徐变产生的钢梁应力。从图中可以看出,徐变产生的主要为压应力,且顶升高度越大,由混凝土徐变产生的压应力越大,对钢梁中支点下缘和跨中上缘越不利。

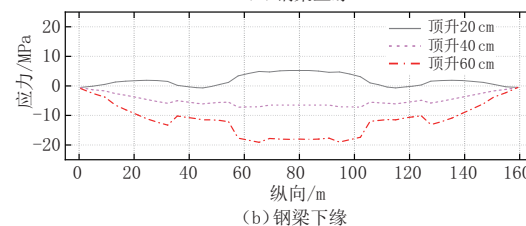
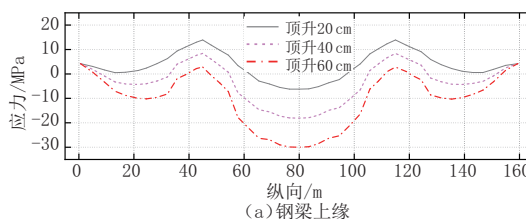


图6 徐变产生的钢梁应力图(单位:MPa)

图 7 为中支点不同顶升高度施工作用下由混凝土收缩产生的钢梁应力。考虑混凝土收缩为材料固有特性,与结构应力史无关,顶升高度对混凝土收缩效应无影响。从图中可以看出,收缩产生的主要为压应力,由混凝土收缩产生的钢梁跨中上缘应力均为-31.4 MPa,中支台下缘应力均为-18.7 MPa。

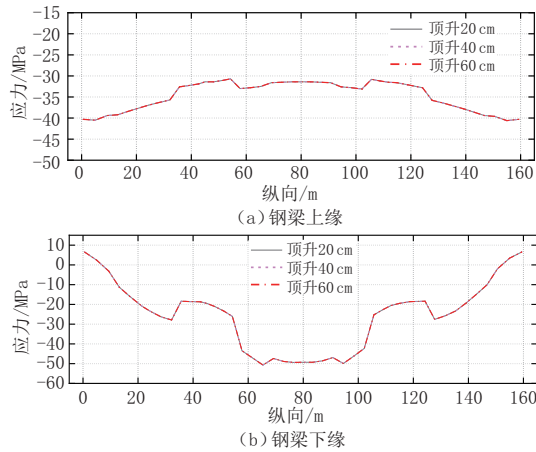


图 7 收缩产生的钢梁应力图

3.2 混凝土收缩、徐变产生的桥面板应力

图 8 为中支点不同顶升高度作用下由混凝土徐变产生的桥面板应力。从图中可以看出,徐变产生的主要为拉应力,且顶升高度越大,产生的拉应力也越大,对混凝土桥面板越不利。

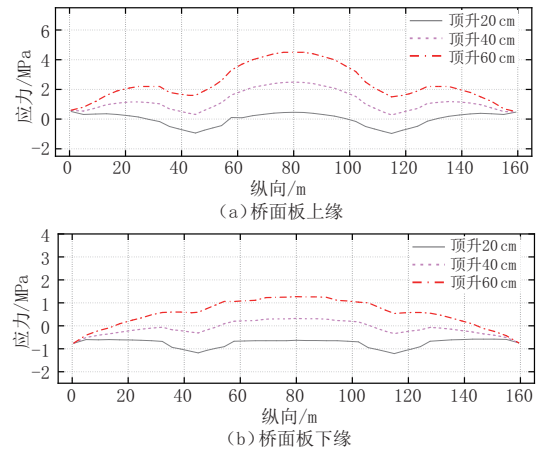


图 8 徐变产生的桥面板应力图

图 9 为中支点不同顶升高度作用下由混凝土收缩产生的桥面板应力。考虑混凝土收缩为材料固有特性,与结构应力史无关,顶升高度对混凝土收缩效应无影响。从图中可以看出,收缩产生的主要为拉应力,由混凝土收缩产生的桥面板拉应力最大为 5.63 MPa,位于跨中上缘。

4 中支点位移法长期效应分析^[26-30]

分别考虑中支点顶升 0 cm 成桥阶段、顶升 60 cm

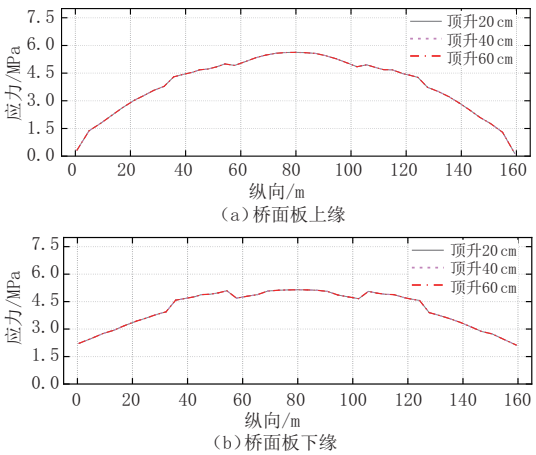


图 9 收缩产生的桥面板应力图

成桥阶段和顶升 60 cm 收缩徐变 10 a 阶段 3 种不同工况,计算了连续钢混组合梁钢梁及桥面板应力,如图 10、图 11 所示。从图中可以看出,在混凝土桥面板收缩-徐变影响下,工况二下钢梁及桥面板的应力均趋向于无顶升时的成桥阶段受力状态(工况一),即由中支点位移法施工产生的桥梁预压受力状态会逐渐减弱,远期桥梁受力状态趋近于无顶升成桥阶段的受力状态。

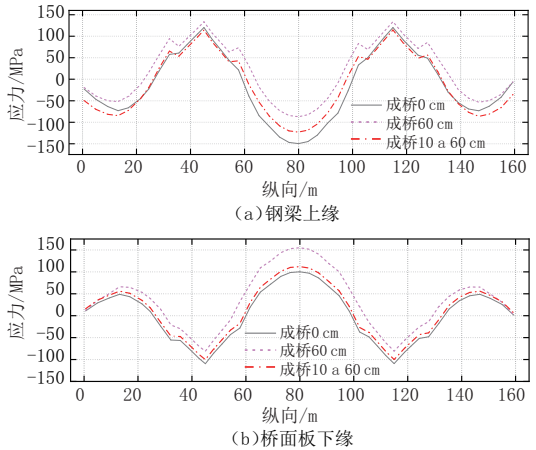


图 10 钢梁应力

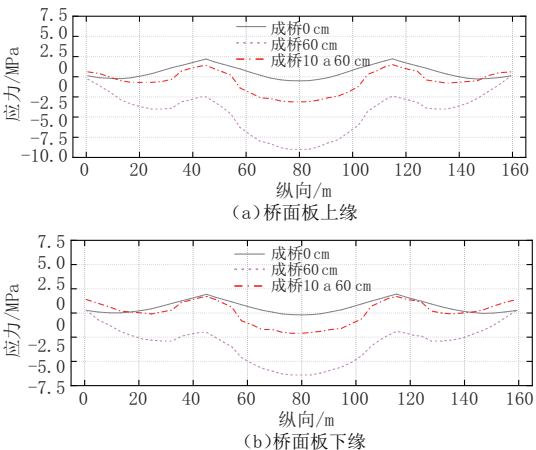


图 11 桥面板应力

5 结 语

(1)混凝土收缩徐变对钢梁主要产生压应力,对桥面板主要产生拉应力。中支点下缘、跨中上缘钢梁压应力增大,桥面板压应力储备减小,中支点范围局部甚至变为受拉状态,设计时需保证配筋率来控制裂缝。

(2)中支点顶升回落高度越大,由收缩徐变作用导致钢梁压力越大,产生的混凝土拉应力也越大,应综合考虑桥面板及钢梁应力状态,合理选择顶升高度。

(3)支点位移法对降低中支点附近桥面板拉应力效果明显,但在混凝土徐变影响下效果逐渐减弱,桥梁受力状态逐渐趋同于无顶升成桥阶段受力状态,应综合考虑支点位移法及其他措施控制负弯矩区桥面板裂缝宽度。

参考文献:

- [1] 郭敏.波形钢-混凝土组合桥面板受力性能研究[D].合肥:合肥工业大学,2016.
- [2] 刘晓青.公路钢混组合梁桥设计问题探讨[J].交通世界(上旬刊),2018(5):104-105.
- [3] 齐伟杰.钢混组合梁桥的设计要点和方法[J].城市道桥与防洪,2017(9):88-89;125.
- [4] 彭森,傅晨曦.中小跨径钢混组合梁桥经济技术性分析及设计优化比选[J].公路交通科技,2022,39(7):98-105.
- [5] 邓志刚.钢-混凝土组合连续梁桥预应力施加方法研究[D].兰州:兰州交通大学,2015.
- [6] 聂立力,周迅,熊伟.某城市连续钢混组合梁桥设计与研究[J].中国水运,2023,23(16):115-117.
- [7] 叶亮,李三亚.连续钢-混组合箱梁负弯矩区受力特性分析[J].黑龙江交通科技,2024,47(11):75-80.
- [8] 严忠林.变截面钢-混凝土组合连续梁桥受力特性分析[D].兰州:兰州交通大学,2014.
- [9] 高立翠.曲线钢-混凝土梁桥负弯矩区抗裂性能的有限元分析[D].西安:长安大学,2009.
- [10] 刘飞.连续钢混组合梁负弯矩区处理措施[J].北方交通,2015(1):33-35.
- [11] 王克思,邓勇灵,戴胜勇,等.大跨度铁路钢-混组合梁负弯矩区桥面板抗裂措施研究[J].世界桥梁,2024,52(6):72-79.
- [12] 王振平,张梦源,沈理斌.钢-混组合梁负弯矩区裂缝控制措施探讨[J].科技资讯,2024,22(1):130-135.
- [13] 邵长宇.大跨度钢-混凝土连续组合箱梁桥关键技术研究[D].上海:同济大学,2006.
- [14] 杨海鹏,张明,杨成安,等.钢混组合梁负弯矩区接缝抗拉性能试验研究[J].公路,2023,68(12):158-163.
- [15] 延祺.钢混组合连续梁负弯矩区桥面板设计方法研究[J].特种结构,2023,40(1):64-69.
- [16] 聂建国.钢-混凝土组合结构桥梁[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [17] JTG/T D64—2015,公路钢混组合桥梁设计与施工规范[S].
- [18] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [19] 张龙伟,邹迪升,胡琼,等.不同施工措施改善大跨度组合梁负弯矩区受力的效果分析[J].结构工程师,2023,39(4):45-51.
- [20] 刘晓奎,鲁传安,张煜.钢-混组合连续梁桥成桥后混凝土收缩徐变效应影响分析[J].城市道桥与防洪,2023(3):106-109.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 柴战军,栗明亮,齐敦平,等.桥面板徐变对大跨径钢混组合梁桥力学性能的影响[J].中原工学院学报,2024,35(4):43-52.
- [24] 聂俊青,高毅.大跨径钢混组合梁桥徐变效应研究[J].城市道桥与防洪,2014(8):274-277.
- [25] 侯帆.混凝土收缩徐变对钢混组合梁桥的影响[J].工程建设与设计,2020(6):113-115.
- [26] 刘晓奎,顾民杰.钢-混组合连续梁桥中支点顶升施工过程受力分析[J].城市道桥与防洪,2022(2):104-107.
- [27] 朱家海.连续组合梁桥负弯矩区支点顶升施工受力研究[J].中外公路,2014,34(3):110-113.
- [28] 李剑鸾.钢混组合梁负弯矩区桥面板抗裂措施计算分析[J].安徽建筑,2021,28(11):159-161.
- [29] 龙绍海,黄晓虹,文哲思.钢-混组合梁桥负弯矩区裂缝控制研究综述[J].江西建材,2021(9):21-23.
- [30] 陈正星,刘甜甜.钢-混凝土组合梁负弯矩区设计方法的国内外规范对比分析[J].公路,2020,65(8):203-206.

《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

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: roadbridgeflood@163.com

