

连续钢混结合梁内力优化分析

杜亚光, 胡志礼, 马中文, 卫超

(武汉市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430015)

摘要:以某连续钢混结合梁为工程背景,分析了梁体顶升方式对桥梁成桥内力状态调整的效果,提出并分析了联合临时支撑的顶升方式对结合梁混凝土顶板压应力储备的精细化调整方法。这种方式可在整体内力调整的基础上兼顾局部优化,利用已有施工支架作为梁体临时支撑,效果和经济性十分理想,可以供同类设计工作者参考。

关键词:连续钢混结合梁;应力储备;顶升;临时支撑

中图分类号:U445

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2022)02-0108-03

0 引言

连续钢混组合梁桥混凝土顶板使用阶段各种荷载作用下常处于受拉状态,中墩负弯矩区域尤为明显,可能发生开裂,是工程设计中的控制重点。

虽然规范给出了通过高配筋率控制裂缝宽度的设计思路,但是在工程设计中,首要任务仍然是通过合理的控制方法,从整体上调整梁体成桥内力状态,尽量释放混凝土顶板拉应力,然后针对局部拉应力过大区域,通过强配筋、预应力等措施^[1-2]满足使用要求。

某大跨度三跨连续钢混结合梁,跨径40 m+59 m+40 m,如图1所示;桥宽22 m,主梁采用单箱三室闭口截面,如图2所示,顶板标准厚度30 cm。该桥梁位于城市中心,根据功能需求,桥面设置了自重较大的全封闭式声屏障和桥面中央绿化带。

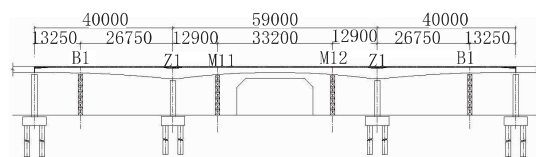


图1 桥型布置图(单位:mm)

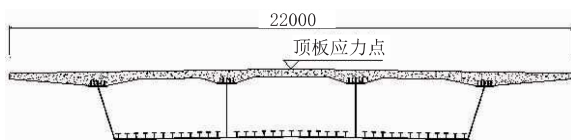


图2 主梁一般断面图(单位:mm)

本文以此为例,分析梁体顶升方式对桥梁成桥内力状态的调整效果,进一步提出并分析了联合临时支撑的顶升方式对结合梁混凝土顶板压应力储备的精细化调整方法。

收稿日期:2020-12-29

作者简介:杜亚光(1988—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

1 顶板分段施工

连续钢混组合梁释放负弯矩区顶板拉应力最直接有效的方法为顶板分段施工,中墩顶负弯矩区设置后浇带。该方法中墩顶混凝土顶板在主梁一期恒载(钢梁及混凝土顶板自重)作用下不参与受力。

施工时先架设钢梁合龙,然后顶板分段浇筑。先浇第一节段(边墩墩顶及中跨跨中部分),养护后浇筑第二节段(两中墩墩顶部分)。混凝土顶板顶缘应力趋势如图3所示(应力点位置见图2,图3仅示意半跨,横轴为桥轴线,竖轴为应力值,正值拉应力、负值为压应力,竖直线位置分别示意边墩、中墩、中跨跨中对称线,下文同)。

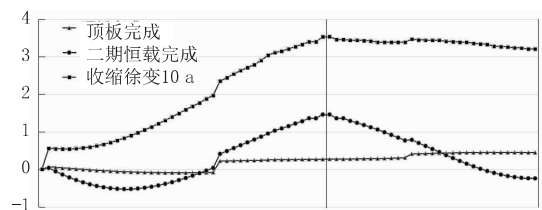


图3 分段施工顶板应力图(单位:MPa)

顶板浇筑完成后,顶板应力幅值趋近于0,基本未参与一期恒载受力,但二期恒载(桥面铺装、护栏、声屏障等桥面附属自重)加载后,中墩顶出现1.6 MPa明显拉应力。经历10 a收缩徐变发展后,恒载状态下顶板几乎全部处于受拉状态。叠加活载作用时,顶板最大拉应力值将更大。由此表明,本工程仅采用顶板分段施工,混凝土顶板虽不参与一期恒载受力,但使用中受拉仍然严重。原因在于本桥跨径较大,同时二期恒载占全桥自重比重较大。

随着连续梁跨度的增大,活载产生的中墩顶主梁负弯矩值显著增加。同时,城市桥梁防撞护栏、桥面绿化带和全封闭声屏障等二期恒载很大。各种因素导致

桥梁二期恒载和使用阶段荷载作用效应远大于一期恒载效应。单纯的顶板分段施工措施释放一期恒载拉应力无法满足设计要求,必须采取其他措施,使混凝土顶板施工阶段储备足够的预压力。本工程采用了梁体顶升措施。

2 梁体顶升

梁体顶升施工中临时顶起钢梁一定距离(通常仅需在已有桥墩墩顶设置顶升装置),通过对钢梁预弯来施加顶板预应力,措施简单,效果显著,是工程中常用的改善措施。

基于本工程,钢梁合龙后,先垂直向上顶升两中墩处主梁各 40 cm,再分段浇筑第一、第二节段。顶板混凝土养护完成后,主梁整体回落设计位置。对应的混凝土顶板顶缘应力趋势如图 4 所示。

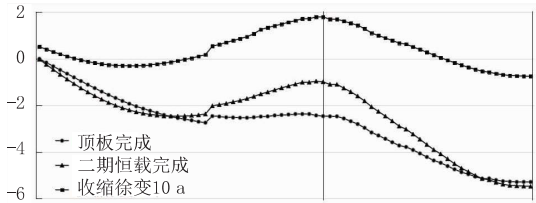


图 4 顶升施工顶板应力图(单位:MPa)

二期恒载施加前,顶板压应力储备情况为:墩顶处顶板压应力 2.5 MPa,中跨跨中压应力 5.3 MPa,顶升措施对全桥混凝土顶板预压效果显著。

计入 10 a 收缩徐变发展后,墩顶处顶板应力减小了 2.7 MPa,由成桥受压状态转为受拉状态。中跨跨中顶板应力减小了 5.8 MPa,储备压应力基本损失殆尽,且收缩徐变对中跨跨中的影响最大。

当叠加活载作用时,顶板均出现受拉状态。此时很自然地会考虑增加顶升高度来进一步增加顶板预压力。但是工程实践中,顶升高度受到多方面的限制:(1)顶升到一定高度后,边支点可能脱空,需要设置反拉锚固^[3]。(2)顶升量增加将导致钢梁弯曲增大,部分截面施工阶段钢梁应力过大。(3)顶升高度增加将导致顶升吨位增加,对顶升设备和下部结构受力要求高。(4)施工成本、复杂度和安全隐患迅速增加。此时进一步顶升往往不是最好的办法。

针对中墩顶区域顶板预应力不足的问题,通常联合采用其他措施,如施加预应力、抗拔不抗剪连接等^[4]。本工程对墩顶局部区域配置了纵向预应力钢束,配束后墩顶拉应力得到很好控制。

针对主跨跨中顶板使用阶段预压力储备损失明显且最大拉应力较大的情况,除选择无收缩混凝土

措施^[5]外,本工程采用了联合临时支撑的顶升方式进一步优化成桥内力。

3 联合临时支撑的梁体顶升

钢梁顶升到目标位置后,梁底设置临时支撑顶紧(见图 1),第一节段混凝土在临时支撑顶紧状态浇筑,养护完成后拆除临时支撑,梁体下挠,第一节段混凝土顶板第一次预压。后期梁体回落时再次预压。从而第一节段混凝土将获得更高的预压力储备。由于钢梁架设中已搭设临时支撑,故本措施无须额外增加任何工期和费用。

临时支撑点位设置如图 5 所示,边跨为 B1/B2 位置,中跨分别计算了 M11/M12、M21/M22、M3 三组设置方式,以研究临时支撑位置对内力改善的影响。

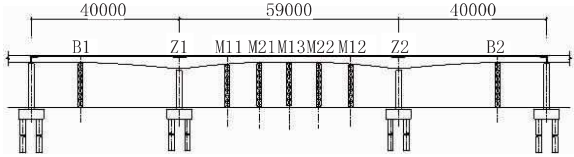


图 5 临时支撑布置图(单位:mm)

与不设临时支撑方案对比,成桥恒载状态计算结果如图 6 所示。

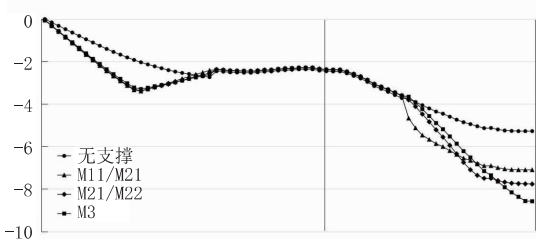


图 6 联合临时支撑顶升施工顶板应力图(单位:MPa)

设置临时支撑显著提高了第一节段混凝土预压力,且对第二节段顶板成桥应力无影响。这一改善的意义在于,通过利用已有支架作为临时支撑,显著提高了各跨跨中部分混凝土顶板预压力储备,使得原来需要采用强配筋或者其他措施的混凝土顶板仅需常规配筋即可很好地满足使用需求。

对比以上计算的三组临时支撑结果可知,支撑位置越接近跨中,对预压力的提高效果越大且集中。这表明临时支撑位置距离梁体下挠位移最大点越近,对第一节段混凝土顶板产生的预压效果越显著。由于实际工程中临时支撑受桥下环境的制约并不总能设置于梁体下挠最大处,因此,根据这一规律,可在设计中选取相对更优位置布置临时支撑。

工程中临时支撑点也可考虑主动顶升,但主动顶升的支架承载力和操作面要求,钢梁施工临时支架未必能够满足,需额外加强设计。此时综合效益是

否可观,需另外衡量。

4 结 语

钢混结合梁桥的混凝土顶板受拉问题是该类桥新的设计难点之一,可通过调整结合前梁体状态,优化成桥内力状态,设计灵活度大。以三跨连续钢混结合梁为背景,分析了顶升法对内力的调整和联合临时支撑时混凝土顶板内力优化效果。

当连续钢混结合梁跨度较大或者二期恒载相对梁体自重较大时,宜首先采用合理的措施进行整体内力状态优化,然后针对局部区域混凝土采取加强措施或者精细化内力优化措施。

钢混结合梁内力优化措施多,运用灵活,应结合

工程条件和结构特点,综合作用效果、经济性、适用耐久性等各方因素选择。本文提出的联合临时支撑的顶升措施可以在整体内力调整的基础上兼顾局部优化,利用已有施工支架作为梁体临时支撑,效果和性价比十分理想。

参考文献:

- [1] 邵长宇.梁式组合结构桥梁[M].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [2] 邓淑飞,等.钢-混组合连续梁负弯矩区设计方法研究[J].黑龙江科技信息,2012(13):254-255.
- [3] 王世峰,黄海欧,等.钢混结合梁梁板起顶结合技术[J].中国港湾建设,2012(5):66-69.
- [4] 聂建国,等.抗拔不抗剪连接新技术及其应用[J].土木工程学报,2015(4):7-14,58.
- [5] JTG/T D64-01—2015,公路钢混组合桥梁设计与施工规范[S].

(上接第 93 页)



图 10 路侧高基座护栏

村道等级的不同提出对应的设计荷载以及推荐结构。对后期乡村振兴提升项目,可根据村道的宽度、

车速、用途来参考使用本文推荐的跨涵结构尺寸及钢筋指标,并以此为基础估算对应跨涵结构的造价,是具有实际的指导作用的。

参考文献:

- [1] CJJ 11—2011,城市桥梁设计规范(2019 版)[S].
- [2] JTG/T 3365-02—2020,公路涵洞设计规范[S].
- [3] GB 7258—2017,机动车运行安全技术条件[S].
- [4] JTJ01-88,公路工程技术标准[S].