

简支组合梁桥的设计分析

赵婷婷

(上海市政工程设计研究总院集团广东有限公司, 广东 佛山 528200)

摘要: 为了详细阐述简支组合梁桥的设计流程,以某座跨径为40 m的简支组合梁桥为例,利用Midas有限元分析软件对该桥的施工过程及使用过程进行模拟。主要对比分析模型建立精度及施工方案对结构受力的影响,以及材料优化对结构轻型化设计的益处。结果表明:钢梁底板加劲肋对底板受力情况有较大的影响。在建立模型时,建议对加劲肋进行模拟。设置临时支撑能有效改善钢梁的受力,但同时会大幅度地增大混凝土桥面板的压应力。合适的施工方案和优化材料的结合能使结构设计轻型化,有效地减少工程材料用量。

关键词: 简支组合梁;模型精度;施工方案;材料优化

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)02-0077-03

0 引言

组合梁桥(Composite girder bridge)是指采用剪力连接件将钢板梁、钢箱梁、钢桁梁等结构构件和钢筋混凝土结合成组合截面共同工作的一种复合式结构^[1]。组合梁桥主梁上缘的材料通常采用混凝土,主梁下缘则采用钢材,对于简支结构,主梁上部受压、下部受拉,这样能够充分发挥工程材料的力学优势,提高该类桥梁的技术性和经济性。组合梁桥的钢梁在工厂预制,再运至现场进行拼装,桥面板可现浇也可预制。这样能够极大地缩减施工时间,提高工程效率。组合梁桥以其整体受力的经济性、材料优势发挥的合理性,以及施工方法的便捷性得到了广泛的应用^[2]。

组合梁桥的结构形式主要包括组合钢板梁桥、组合钢箱梁桥、组合钢桁梁桥、波折腹板组合梁桥和桁式腹杆组合梁桥。组合钢板梁桥的结构形式简单,经济指标低,适用环境范围广泛,其中双主梁结构的组合钢板梁桥是应用最广泛的结构形式。组合钢箱梁相较于组合钢板梁整体性能更佳,抗扭刚度大。根据截面形式分为槽型钢梁和闭口钢梁。槽型钢梁结构简单、受力明确,是最常用的形式;闭口钢梁则适用于抗扭刚度要求高的情况。组合钢桁梁桥结构轻巧,跨越能力强,景观效果好,用钢量不随跨径增大而大幅度增大,在跨径超过60 m时经济性有一定优势^[2]。

1 组合梁桥设计及分析

1.1 工程概况

现介绍某跨径为40 m的简支组合梁桥的设计。该桥梁两端均与30 m跨径的小箱梁相连。汽车荷载为公路—I级,桥梁整幅宽度为28 m,双向六车道,断面布置如图1所示。

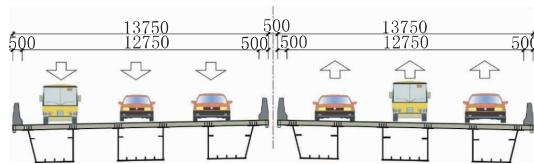


图1 行车道断面布置图(单位:mm)

根据组合梁桥不同结构形式的特点,该工程采用槽型钢箱组合梁,单幅桥采用三个箱室。主梁高度设为2.0 m,高跨比为1/20。其中:混凝土桥面板厚0.25 m,钢梁高1.75 m。为了保持与两端小箱梁的外观一致性,外边梁腹板外侧距桥面板端部距离设为817 mm,内边梁腹板外侧距桥面板端部距离设为808 mm,边梁外侧腹板坡度设置为4:1,其余腹板均垂直。根据已有的工程经验,该桥钢构件尺寸初步拟定为:顶板板厚25 mm,宽600 mm;腹板板厚14 mm;底板在支座8.6 m范围内厚度为20 mm。桥面板采用预制吊装的方式,为了便于工厂的制作,桥面板的横桥向尺寸可一致化,箱室顶部尺寸和箱室间距均设为2 425 mm,如图2所示。

1.2 工况介绍

为了研究模型精度、施工方案、材料优化对结构受力的影响,共建立四个模型进行对比分析,相关参数如表1所列。模型一和模型二对比分析的目的是

收稿日期:2020-06-28

作者简介:赵婷婷(1992—),女,硕士,工程师,从事道路桥梁工程设计工作。

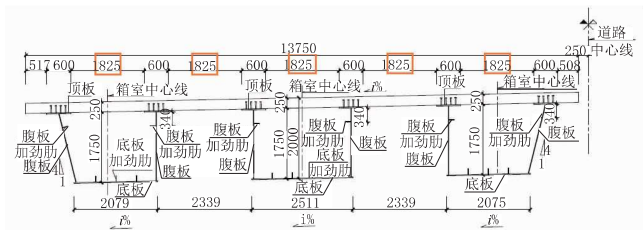


图2 桥梁标准断面图(单位:mm)

研究底板加劲肋对结构受力的影响,以此来论述模型建立精度的必要性;模型三基于模型二调整了施工方案,在吊装桥面板时设置临时支撑,待到桥面板和钢主梁完全叠合后再拆除临时支撑,以此研究施工方案对结构受力的影响;模型四基于模型三进行工程材料的优化,并对结构尺寸进行优化,论述施工方案和优化材料的结合对结构轻型化设计、工程材料使用量的影响。

表1 分析工况信息表

模型	加劲肋模拟	临时支撑	跨中底板厚/mm	钢材型号	混凝土等级
1	×	×	30	Q345q	C50
2	√	×	30	Q345q	C50
3	√	√	30	Q345q	C50
4	√	√	18	Q420q	C60

1.3 模型计算对比分析

采用 Midas 有限元分析软件建立桥梁模型,建模之前根据《钢-混凝土组合桥梁设计规范》第4.1.5节计算混凝土面板的有效宽度。其中,简支梁支点处混凝土面板的有效宽度 b_e 应按下列公式计算^[3]:

$$b_e = b_0 + \sum \beta_i b_{ci}$$

$$\beta_i = 0.55 + 0.025 L_{e,i} / b_i \leq 1.0$$

式中, b_0 为钢梁腹板上方最外侧剪力连接件中心间距, mm; b_{ci} 为钢梁腹板一侧的混凝土桥面板有效宽度, mm; $L_{e,i}$ 为等效跨径, mm, 简支梁取计算跨径。

根据上述方法计算,此模型的混凝土桥面板有效宽度即为其全宽。

1.3.1 模型精度对结构受力的影响

为了研究模型精度对桥梁受力的影响,现将底板加劲肋作为参数,对比分析未模拟底板加劲肋的模型一和模拟底板加劲肋的模型二,两模型其余参数均设为一致。表2展示了模型一和模型二在荷载基本组合及标准组合作用下桥梁的受力情况。

由结果可知,底板加劲肋对底板下缘最大拉应力影响较大,对加劲肋进行模拟后,钢梁底板下缘的

最大拉应力减少 10.8 MPa,减少幅度为 4.72%;由于底板加劲肋属于底板的局部构件,对混凝土桥面板的受力情况几乎无影响。钢梁底板的拉应力是桥梁设计的决定性指标。因此,为了更真实地反映结构的受力情况,优化结构设计,建议在建立桥梁模型时对加劲肋进行模拟,提高建模精度。

表2 模型一和模型二应力对比表

项目	钢底板下缘最大应力 (基本组合) /MPa		混凝土顶板上缘最大应力 (标准组合) /MPa	
	标准限值 /MPa	实际值 /MPa	标准限值 /MPa	实际值 /MPa
模型一	275	222.87	8.60	8.60
模型二	275	212.07	8.53	16.2
变化幅度		4.72%		0.81%

1.3.2 施工方案对结构受力的影响

根据组合截面不同承载情况,组合梁可分为活载组合梁和恒载组合梁。活载组合梁在桥面板施工时未设置临时支撑,钢梁自重、桥面施工荷载及混凝土桥面板自重仅由钢梁承担,混凝土桥面板不参与共同工作。恒载组合梁在钢梁架设及桥面板施工时设置临时支撑,临时支撑可承担钢梁自重、桥面施工荷载及混凝土桥面板自重,待桥面板和钢梁可共同作用后移除^[1]。

模型三基于模型二改变施工方案,在吊装桥面板时,设置临时支撑,变活载组合梁为恒载组合梁,其具体施工流程如图3所示。

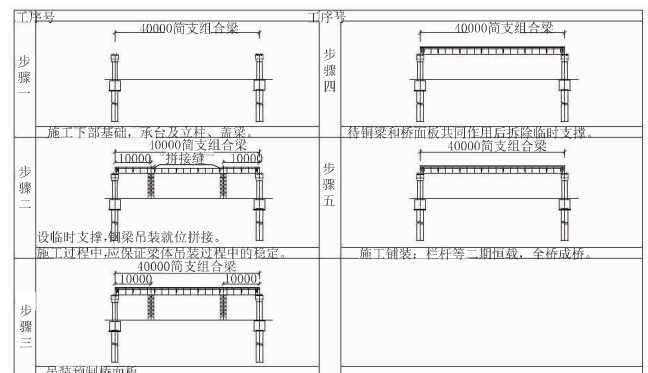


图3 组合梁施工顺序图

表3展示了模型二和模型三在荷载基本组合及标准组合作用下桥梁的受力情况。由结果可知,在施工过程中,设临时支撑相较于未设临时支撑,钢梁底板下缘的最大拉应力减少了 17.78 MPa,减少幅度为 8.38%;同时混凝土顶板上缘最大压应力增大了 3.39 MPa,增大幅度达 39.74%。由此可见,临时支撑的设置对桥梁的受力影响很大,选取合适的施工方案能有效改善结构的受力情况,进而优化结构尺寸。

表3 模型二和模型三应力对比表

项目	钢底板下缘最大应力(基本组合)/MPa	标准限值/MPa	混凝土顶板上缘最大应力(标准组合)/MPa	标准限值/MPa
模型二	212.07		8.53	
模型三	194.29	275	11.92	16.2
变化幅度	8.38%		39.74%	

1.3.3 施工及材料优化对结构设计的影响

基于上述设计过程,模型四采用更高强度的工程材料,对结构的尺寸进行优化。钢梁跨中底板厚度由30 mm优化到18 mm,材料用Q420q代替Q345q,桥面板材料用C60代替C50。表4展示了模型二和模型四在荷载基本组合及标准组合作用下桥梁的受力情况。

表4 模型二和模型四应力对比表

项目	钢底板下缘最大应力(基本组合)/MPa	标准限值/MPa	比例	混凝土顶板上缘最大应力(标准组合)/MPa	标准限值/MPa	比例
模型二	212.07	275	77.1%	8.53	16.2	52.7%
模型四	260.41	335	77.7%	12.92	19.25	67.1%

由此可知,采用低强度材料,钢梁底板厚度为

30 mm时,下缘最大拉应力占标准限值的77.1%,采用高强度材料,钢梁底板厚度为18 mm时,下缘最大拉应力占标准限值的77.7%,可见在保证相同的安全程度下,经过施工方案改善及材料优化,桥梁结构尺寸有一定幅度的减小。其中,模型二的钢材用量指标为311.7 kg/m²,模型四的钢材用量指标为285.7 kg/m²,数量上减少了26 kg/m²,减低幅度为8.34%。由此可见,合适的施工方案和优化材料的结合能使结构设计轻型化,有效地减小工程材料用量。

2 结论与展望

(1)底板加劲肋对底板下缘最大拉应力影响较大,且钢梁底板拉应力是设计过程的决定性指标。因此,为了精细化结构设计,建议在建立桥梁模型时对底板加劲肋进行模拟。

(2)临时支撑的设置能有效改善钢梁的受力,但同时会大幅度地增大混凝土桥面板的压应力。

(3)合适的施工方案和高强度材料的结合,有益于结构轻型化设计,降低工程材料使用量。

参考文献:

- [1] 吴冲. 现代钢桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 2006.
- [2] 邵长宇. 梁式组合结构桥梁 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [3] GB 50917—2013, 钢—混凝土组合桥梁设计规范[S].

《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