

一种框架式工字型组合梁分析方法浅析

赵岳亮 李金峰

中交综合规划设计院有限公司 北京 101102

【摘要】钢混凝土组合结构桥梁，是在钢结构和混凝土结构基础上发展起来的一种新型结构桥梁，充分发挥了混凝土抗压和钢材抗拉性能上的优势，避免了混凝土受拉开裂和钢材受压失稳的问题。同时，组合结构也具有结构自重轻、施工性能好、环保节能、耐久性好等方面的优点。常见钢混凝土组合桥梁的钢梁结构型式有工字型和箱型等，桥面板为现浇或预制钢筋混凝土结构，抗剪连接件可采用剪力钉、PBL 剪力键或槽型钢等，横向连接有实腹式横隔板和桁架式横隔板等。

【关键词】工字型组合梁；框架式横隔板

1 引言

目前，组合结构桥梁在发达国家已经成为了城市和公路桥梁的主要结构形式。相比之下，组合结构桥梁目前在我国采用比例不足 5%。长期以来，混凝土的价格优势和钢铁的产能是国内组合结构桥梁比例偏低的主要原因。然而，近年来我国钢铁产能已经得到极大提升，同时，虽然混凝土价格较低，但从综合效益上看，组合结构存在着明显的优势，在中小跨径桥梁中优势更大。

2 主要计算依据的规范

- (1)《钢-混凝土组合桥梁设计规范》GB 50917-2013;
- (2)《钢结构设计标准》GB 50017-2017;
- (3)《公路钢混组合桥梁设计与施工规范》JTG/T D64-01-2015;
- (4)《组合结构设计规范》JGJ 138-2016;
- (5)《组合结构通用规范》GB 55004-2021;
- (3)《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64-2015。

3 工程概况

某工程项目中的龙坑大桥在跨越既有道路位置设计为一跨 50m 简支钢混组合桥梁，可以保证施工期间桥下道路的正常交通运营。其中桥梁宽度 12m，横向由 4 片工字型钢结构主梁组成，采用框架式横隔板，横向通过十字交叉的角钢连接。工字型主梁高 2.35m，桥面采用 25cm 厚现浇钢筋混凝土桥面板，桥梁结构总高 2.6m。主梁与桥面板通过设置剪力钉连接，现浇桥面板通过设置开口型压型钢板作为底模。主梁纵桥向每两片主梁间隔 12m 左右设一道框架式横隔板，两片主梁内间隔 6m 左右设一道框架式横隔板，纵向横隔板间隔 2m 设置一道腹板竖向加劲肋。

工字型主梁采用 Q355D 钢材，桥面板采用 C50 钢筋

混凝土结构，桥梁设计使用年限为 100 年，设计汽车荷载为公路一级，结构安全等级为一级，重要性系数为 1.1，环境类别为 I 类。

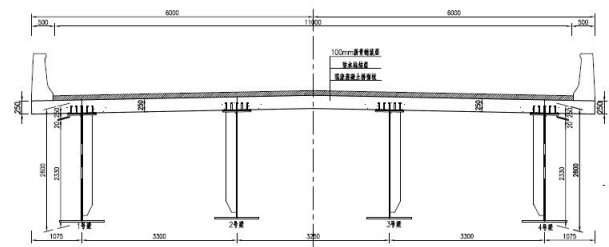


图 1 桥梁标准横断面

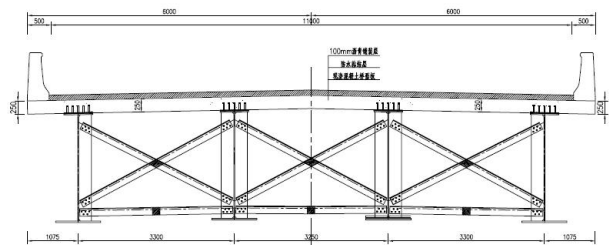


图 2 框架式横隔板处断面

4 计算模型分析

4.1 单梁模型

横向多片梁的钢箱、钢板式组合梁桥，可以根据桥梁断面型式采用单梁计算，此时需要准确计算荷载的横向分布系数。荷载的横向分布系数计算与常规小箱梁和 T 梁等的荷载横向分布计算方法类似。

小箱梁和 T 梁的荷载横向分布系数计算一般按支点位置采用杠杆法，跨中位置采用刚性横梁法（偏心压力法）来计算。装配式空心板梁的荷载横向分布系数计算一般按支点位置采用杠杆法，跨中位置采用铰接板梁法来计算。

本次建模计算的工字钢主梁与混凝土板组合梁与传统的钢箱组合梁、预制 T 梁和小箱梁均不同，贺国栋等^[1]在采用有限元法对工字型钢混凝土组合梁桥荷载横

向分布进行计算后,发现桥梁跨中断面的荷载横向分布系数与采用偏心压力法的计算结果比较接近,采用杠杆法和横向铰接板梁法的计算结果过于保守;支点断面荷载横向分布系数与采用横向铰接板梁法的计算结果最为接近,杠杆法的计算结果偏于保守,偏心压力法和横向刚接板梁法的计算结果偏于危险。

基于以上荷载横向分布系数的研究,本项目工字钢主梁的钢混凝土组合桥梁的荷载横向分布系数在支点断面采用横向铰接板梁法,在跨中断面采用刚性横梁法(偏心压力法)。

表 1 荷载横向分布系数的计算

项目	横向分布系数 (汽车)				
纵向(m)	0-1.1	1.1-13	13-37	37-48.9	48.9-50
边梁	0.797	0.797-0.862	0.862	0.862-0.797	0.797
中梁	0.779	0.779-0.620	0.62	0.62-0.779	0.779
项目	横向分布系数 (二期恒载)				
纵向(m)	0-1.1	1.1-13	13-37	37-48.9	48.9-50
边梁	12.362	12.362-10.773	10.773	10.77-12.36	12.36
中梁	9.184	9.184-10.773	10.773	10.77-9.18	9.184

主要计算结果仅以桥面板应力和钢主梁上下缘应力和剪力作为比较对象,其结果如下图所示。

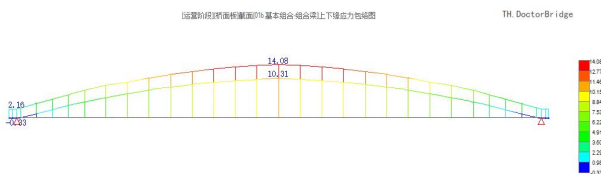


图 3 桥面板上下缘最大正应力图



图 4 工字型钢主梁上缘弯曲正应力包络图



图 5 工字型钢主梁下缘弯曲正应力包络图

4.2 梁格模型

为了更准确的计算边梁和中梁不同的受力,可采用

梁格法计算。桥梁博士软件中钢混组合梁桥的建模较为方便,梁体沿纵向的各种加劲肋可以准确模拟。对于实腹式横隔板,采用软件中自带的“横隔板或刚性肋”进行模拟,特别注意单侧与双侧的区分。对于桁架式横梁,在软件中可按照刚性肋进行模拟,建立全桥梁格模型如下图所示。

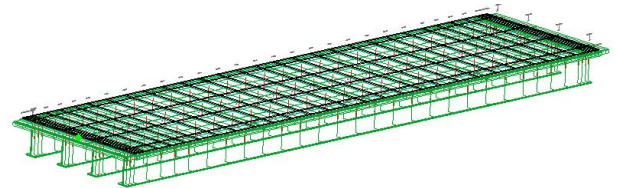


图 6 梁格模型

为了方便与单梁模型对比,结算结果只提取梁格纵梁中的一个边梁内力作为比较对象,相关内力计算如下图所示。

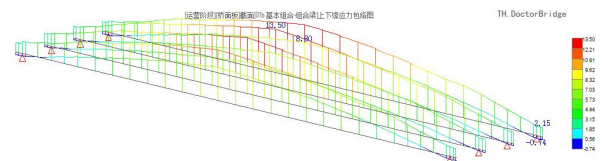


图 7 桥面板上下缘最大正应力图

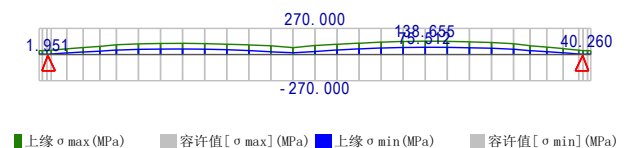


图 8 工字型钢主梁上缘弯曲正应力包络图

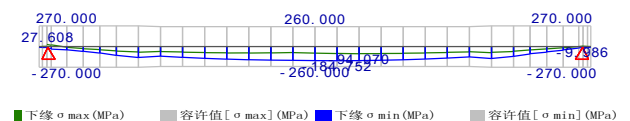


图 9 工字型钢主梁下缘弯曲正应力包络图

5 不同的计算方法结果比较分析

单梁模型和梁格模型中钢主梁和混凝土桥面板主要内力统计比较如下图所示。

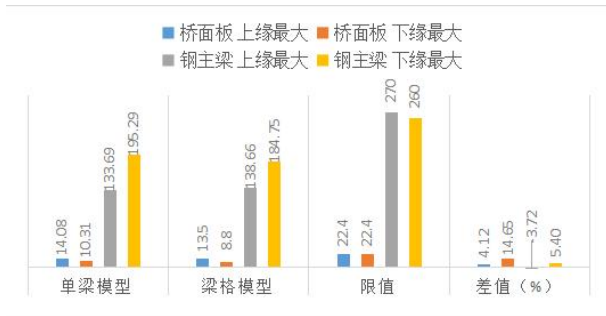


图 10 单梁模型和梁格模型内力比较

通过两种计算模型对工字型组合梁单根主梁和桥面板的计算,提取部分主要内力做对比,其中桥面板上缘压应力差值 4.12%,下缘应力差值 14.65%,钢主梁上缘压应力差值 3.72%,下缘拉应力差值 5.4%。两种计算模型内力均满足规范要求,考虑到单梁模型采用的荷载横向分布系数与实际荷载的偏差,对于差值较大的混凝土桥面板内力,对应的富余量较大,可认为两种计算模型均可指导实际设计,计算结果均可作为设计的依据。

6 结论

通过对工字型组合梁不同计算方法下的受力分析,得到如下结论:

(1) 各工字型主梁横向通过交叉的型钢桁架连接,可以作为刚性横隔板进行模拟。

(2) 不同的计算方法均能够满足设计要求并指导设计,其中单梁模型建模速度快,计算简便、快捷,在对结构没有特殊要求的情况下,可以采用单梁模型进行工字型组合梁的受力分析与设计。

(3) 本项目钢混组合梁现浇桥面板一次浇筑会导致浇筑过程的施工阶段主梁应力超限,实际计算中可考虑桥面板在跨中正弯矩区先浇筑,与主梁共同受力后,再浇筑两端桥面板或负弯矩区桥面板。此种方式适用于顶推施工和桥跨中间不能设临时支撑的情况下。

(4) 考虑到工字钢主梁的横向稳定性和横隔板的间距,工字钢组合梁不宜用于小半径曲线上。

【参考文献】

- [1]贺国栋,陈洪伟,崔剑锋,等.装配式钢混工字组合梁桥荷载横向分布系数研究[J].铁道建筑,2020,60(6):30-34.
- [2]李瑞琪,袁万城,高康,等.装配式简支钢-混组合小箱梁桥荷载横向分布系数的研究[J].结构工程师,2015,31(4):54-59.
- [3]李保宽,周雷,魏陆宏,等.关于组合式箱梁横向分布系数的探讨[J].水运规划与设计,2018(8):149-151.
- [4]赵兴中,马琳.预制装配式小箱梁桥横向分布计算方法的研究分析[J].湖南交通科技,2009,35(2):94-97.
- [5]郭晶,张云龙,宋延伟,等.考虑剪切滑移效应的组合梁桥横向分布系数研究[J].吉林建筑大学学报,2015,32(3):22-26.
- [6]湖南大学.《桥梁上部结构梁格分析理论》,桥梁结构计算方法及应用.
- [7]贾高炯.《钢箱梁桥设计》,人民交通出版社.