

连续 T 梁桥荷载横向分布有限元与荷载试验对比分析

蒋尚平

(安化县交通运输局, 湖南 安化 413500)

摘 要: 使用 Midas Civil 建立了连续 T 梁桥的有限元梁格模型, 将有限元计算的结果和桥梁实际现场静载试验的实测结果进行了比较分析, 得到了梁格模型能够准确地用于分析该类型桥梁的受力情况。同时也对比了在设计活载作用下与单位力作用下利用挠度与应力指标的结果分析跨中荷载横向分布影响线, 知道了采用挠度指标的计算结果比应力指标的结果横向分布更加均匀, 且通过实桥静载试验的偏载与中载工况结果可知, 计算所得的应力(应变)与挠度影响线和有限元计算值的结果比较相似, 桥梁的横向刚度较好处于良好的健康状态。

关键词: 连续 T 梁桥; 横向分布; 荷载试验; 梁格模型

中图分类号: U446

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2020)11-0054-04

0 引言

在我国, 中小跨径的桥梁先简支后连续的方是一种极具竞争力的桥型结构。因其同时具有简支与连续体系的特点, 在国内的桥梁建设中被广泛使用。关于连续 T 梁桥的横向分布研究, 国内学者从许多方面进行了研究: 黄成研究了大宽跨比连续 T 梁大于 0.5 的时候的适用性, 将有限元计算结果与修正偏心压力法、刚接梁法、G-M 法对比^[1]; 李院军从四种不同宽跨比的 20 m 连续 T 梁研究横向分布系数, 并将结果与修正偏心压力法和 G-M 法对比^[2]; 侯攀用 Midas 建立 T 梁格模型结合荷载试验验证了桥梁具有安全可靠的承载能力^[3]。

以某四梁式 3×40 m 的连续 T 梁桥为例, 选用 Midas Civil 对该桥进行有限元梁格建模分析, 提取第二跨各梁跨中截面挠度与梁底板应力(应变值), 计算横向分布系数。最终通过对该桥进行实桥静载试验, 利用实测数据分析桥梁的横向分布规律^[1-3]。

1 工程概况

某预应力混凝土连续 T 梁桥梁全长 126 m, 桥梁跨径为 3×40 m, 桥面系横向布置为 0.5 m 防撞护栏 + 8 m 行车道 + 0.5 m 防撞护栏, 桥梁设计荷载等级为公路—II 级。全桥下部采用钻孔灌注

桩基础、扩大基础, 柱式墩, 重力式、肋板式桥台。全桥所有梁底部支座采用盆式橡胶支座, 0 号、3 号桥台处采用 80 型毛勒伸缩缝。桥梁横断面见图 1。

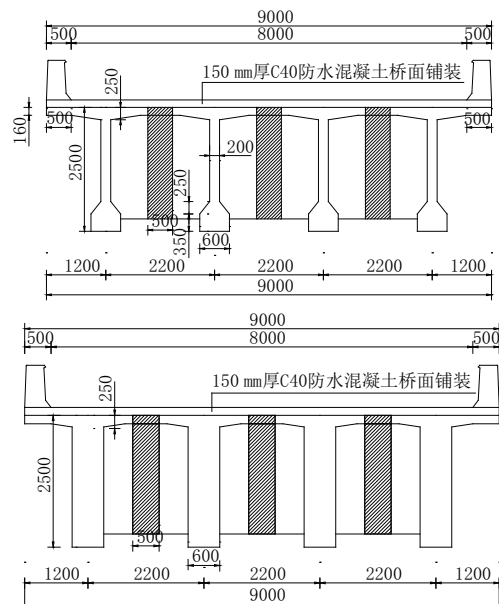


图 1 桥梁跨中及支点横断面布置图(单位:mm)

根据连续 T 梁桥的结构特点, 利用软件 Midas Civil 通用有限元软件^[4-5]对桥梁的上部结构建立有限元梁格模型, 见图 2。



图 2 桥梁上部结构有限元梁格模型

2 荷载横向分布的有限元计算

由荷载横向分布的概念, 在桥梁跨径方向, 其

收稿日期: 2020-05-19

作者简介: 蒋尚平(1980—), 男, 学士, 工程师, 从事路桥施工与管理工作。

任意截面上会有如下公式的关系：

$$\frac{\omega_i(x)}{\omega_j(x)} = \frac{M_i(x)}{M_j(x)} = \frac{Q_i(x)}{Q_j(x)} = \frac{P_i(x)}{P_j(x)} = C(\text{常数}) \quad (1)$$

式中： $\omega(x)$ 、 $M(x)$ 、 $Q(x)$ 和 $P(x)$ 各自对应的是荷载作用下第*i*片梁和第*j*片梁在任一截面的挠度、弯矩、剪力以及被分配到的力。

由式(1)可知,横向分布影响线竖标值可表示为：

$$\eta_{\omega} = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (2)$$

$$\eta_M = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (3)$$

$$\eta_Q = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (4)$$

式中： ω_j 表示计算梁的挠度； ω_i 表示第*i*号梁的挠度； M_j 表示计算梁的弯矩； M_i 表示第*i*号梁的弯矩； Q_j 表示所计算梁的剪力； Q_i 表示第*i*号梁的剪力；*n*表示主梁的片数。

选取该桥的第2跨最为研究对象,在桥梁第2跨的跨中位置处1#边梁与2#中梁的跨中节点位置施加100 kN的节点荷载,将此刻静载工况下的第2跨各梁的跨中截面底板的挠度和应力结果进行分析,具体的数据结果汇总在表1和表2,同时利用公式计算第2跨各梁跨中截面横向分布影响线竖标值,最终的计算结果见表3。

表 1 各主梁跨中挠度值					mm
单位荷载作用位置	1号梁	2号梁	3号梁	4号梁	
第二跨1号边梁跨中	-1.539	-0.906	-0.316	0.248	
第二跨2号中梁跨中	-0.906	-0.754	-0.537	-0.316	

表 2 各主梁底板应力					MPa
单位荷载作用位置	1号梁	2号梁	3号梁	4号梁	
第二跨1号边梁跨中	0.766	0.395	0.116	-0.124	
第二跨2号中梁跨中	0.394	0.393	0.249	0.113	

表 3 荷载分别作用于1号、2号梁各梁横向分布影响线竖标值					
荷载 P 作用位置		1号梁	2号梁	3号梁	4号梁
第二跨1号边梁跨中	挠度	0.612	0.361	0.126	-0.099
	应力	0.664	0.343	0.101	-0.108
第二跨2号中梁跨中	挠度	0.361	0.300	0.214	0.125
	应力	0.343	0.342	0.217	0.098

从图3、图4分析得出,在单位力荷载作用下,计算挠度横向分布影响线的变化趋势比计算应力横向分布影响线的趋势变化缓且分布比较均匀,其中第2跨2#中梁的横向分布影响线表现得更加突出,说明在第2跨跨中截面挠度变形比荷载的分布更加均匀。

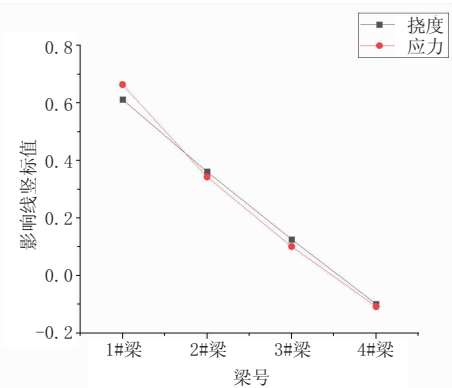


图 3 第二跨1#边梁的横向分布影响线

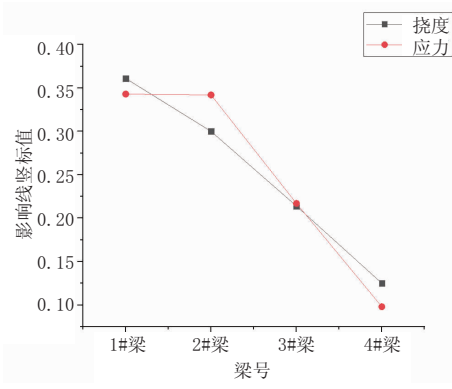


图 4 第二跨2#中梁的横向分布影响线

3 实桥静载试验

3.1 试验内容

为了研究连续T梁桥的荷载横向分布,本次静载试验选取第二跨跨中截面作为控制截面,荷载工况仅考虑偏载和中载,荷载效率系数见表4。其主要的测试内容主要有：

- (1)偏载、中载工况下实测桥梁跨中控制断面的应变和挠度；
- (2)有限元软件计算跨中截面的应变挠度计算值；
- (3)静载作用下评定桥梁的工作状态；
- (4)对比实测数据与有限元计算值,判断桥梁承载力是否满足规范的要求。

通过上面的测试内容的数据利用应变和挠度两个指标计算分析实际桥梁的荷载横向分布,对比有限元计算值计算出来的横向分布结果,以此说明有限元模拟的是否准确合理。

表 4 试验跨测试断面静载试验荷载效率系数

工况号	主要试验项目	试验荷载 理论效应值 /(kN·m)	设计荷载 计算值 / (kN·m)	效率 系数
工况 1	第二跨跨中截面最大正弯矩 (偏载)	2 226.2	2 157.8	1.03
工况 2	第二跨跨中截面最大正弯矩 (中载)	1 571.5	1 603.3	0.98

试验时进行挠度和应变测试，应变采用在 T 梁底及侧面采用外贴式电阻式应变片，用静态数据采集系统对每个测点的应变进行测试，挠度用百分表进行测量，试验时注意预应力混凝土 T 梁裂缝开展情况。各测试截面的应变及挠度测点布置见图 5。

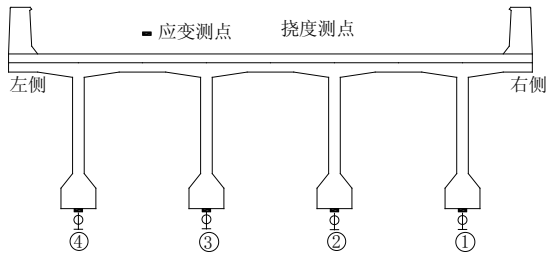


图 5 各测试截面测点布置图

3.2 试验车等效加载

静载试验经过计算使用最大数量为 4 辆 35 t，前轴与后轴相距 3.6 m，两后轴相距 1.4 m 的加载车进行等效加载，使得等效加载控制截面的内力与设计荷载的内力之比符合规范要求。同时为了防止试验过程中结构出现突发性的意外状况，在试验截面的加载过程中将车辆进行多次分级加载，卸载也分多级卸载。各工况的加载布置见图 6。

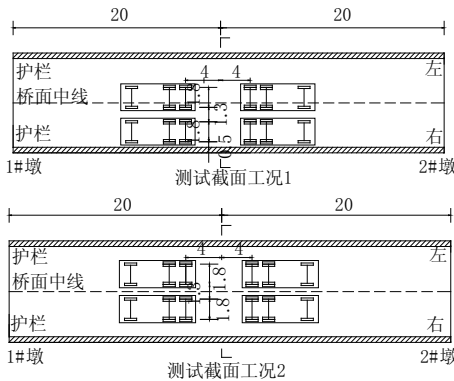


图 6 各工况加载示意简图(单位:m)

3.3 静载试验结果分析

在工况 1、工况 2 荷载作用下，试验截面挠度数据见表 5，试验截面应变数据见表 6。

由表 5 数据可知各试验截面挠度校验系数在 0.59 ~ 0.75 之间，相对残余变位最大值是 12.50%。

表 5 各控制截面挠度分析表

试验 工况	测点号	①实测 值/mm	②计算 值/mm	总变位 /mm	残余变 位/mm	校验 系数 ①/②	相对残 余变位 /%
工况 1	1#	7.81	10.48	8.56	0.75	0.75	8.76
	2#	6.02	8.53	6.34	0.32	0.71	5.05
	3#	3.99	6.51	4.27	0.28	0.61	6.56
	4#	2.94	4.42	3.36	0.42	0.67	12.50
工况 2	1#	4.91	7.44	5.45	0.54	0.66	9.91
	2#	4.45	7.53	4.69	0.24	0.59	5.12
	3#	5.09	7.53	5.73	0.64	0.68	11.17
	4#	4.68	7.44	5.04	0.36	0.63	7.14

表 6 各控制截面应变分析表

试验 工况	测点号	①实测 值/με	②计算 值/με	总变位 /με	残余变 位/με	校验 系数 ①/②	相对残 余变位 /%
工况 1	1#	75	107	81	6	0.70	7.41
	2#	56	85	61	5	0.66	8.20
	3#	47	64	51	4	0.73	7.84
	4#	29	44	31	2	0.66	6.45
工况 2	1#	55	73	59	4	0.75	6.78
	2#	52	75	56	4	0.69	7.14
	3#	48	75	51	3	0.64	5.88
	4#	53	73	59	6	0.73	10.17

各试验截面挠度校验系数和相对残余变为均符合《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011)规定^[6]。

由表 6 数据可知各试验截面挠度校验系数在 0.64 ~ 0.75 之间，相对残余变位最大值是 10.17%。各试验截面挠度校验系数和相对残余变为均符合《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011)规定^[6]。

利用表 5、表 6 的数据计算实桥静载试验各工况下的实测计算挠度的影响线及计算应变影响线与各自的有限元计算值进行比较，分析得到的荷载横向分布影响线结果相差不大，曲线拟合趋势大致相同，见图 7、图 8。

由图 7、图 8 对比图 3、图 4 比较可看出，在两个车道荷载作用下，梁格模型的荷载横向分布比单个集中荷载的横向分布更加均匀。此外，在偏载工况和中载工况下计算的挠度影响线和应变 (应力)影响线都接近静载试验的结果。证明了该座桥的刚度比设计刚度大，且在车辆的通行过程中各

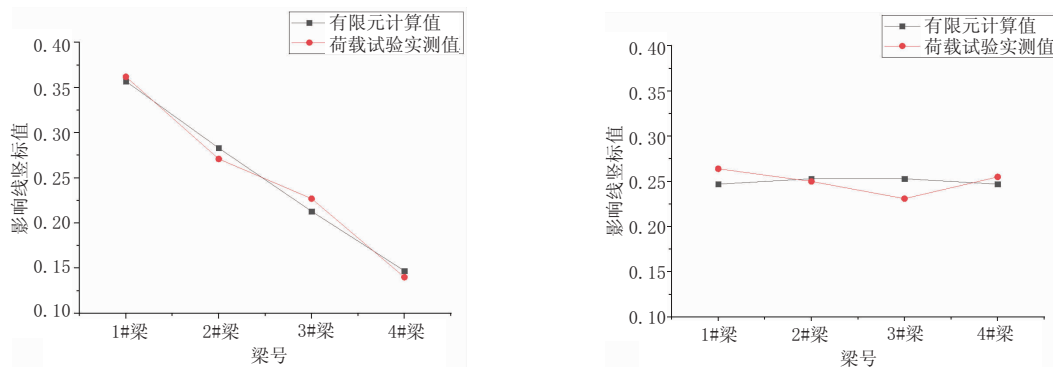


图7 工况 1、2 静载试验实测值挠度影响线与有限元计算值挠度影响线对比图

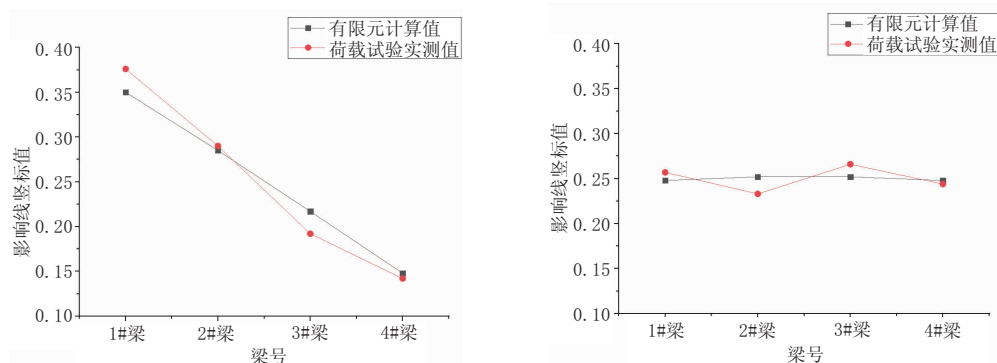


图8 工况 1、2 静载试验实测值应变影响线与有限元计算值挠度影响线对比图

片梁的受力更加均匀,同时也说明 Midas Civil 建立的梁格模型对于分析此类桥梁在设计车道荷载作用下的计算结果是准确的,满足工程上的分析要求。

4 结 论

通过对实桥进行静载试验,连续 T 梁桥的横向分布系数实测值与 Midas Civil 分析计算值结果比较符合,现场测得的挠度和应变都小于梁格模型的计算值,校验系数均满足规范要求。说明该桥刚度和强度较好。同时在第二跨跨中截面分析过程中,车道荷载作用下的横向分布比单位力作用下的横向分布均匀。

参考文献:

- [1] 黄成,刘超豪,贺书磊.大宽跨比连续 T 梁桥横向分布系数计算方法比较[J].山东理工大学学报(自然科学版),2018(6): 39-43.
- [2] 李院军,刘洋,郑鹏.宽幅装配式连续 T 梁桥荷载横向分布系数计算方法适用性[J].沈阳大学学报(自然科学版),2018(1): 63-67.
- [3] 侯攀,彭放枚.梁格法在 T 型梁桥静载试验中的应用研究[J].西部交通科技,2018(4):99-102.
- [4] 谌润水,胡钊芳.公路桥梁荷载试验[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [5] 刘美兰.midas Civil 在桥梁结构分析中的应用(一)[M].北京:人民交通出版社,2012.
- [6] JTG/T J 21—2011,公路桥梁承载能力检测评定规程[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

电话:021-55008118 传真:021-55008850 投稿及联系邮箱:cdq@smedi.com