

文章编号:1005-0523(2009)03-0001-05

T形梁的组合板—梁桥荷载横向分布系数研究

桂水荣, 陈水生

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:根据现浇桥面板的T形组合简支板—梁桥结构特点,采用平面模型(偏心压力法、刚接板(梁)法)和空间模型(有限单元法)计算该组合简支板—梁桥荷载横向分布系数。运用通用结构分析软件 ANSYS 将该组合板—梁桥离散成空间有限元,分析该桥荷载横向分布系数变化规律,并将刚接板(梁)法及 ANSYS 解法计算结果与实测结果进行对比研究。研究结果表明:偏心压力法不适于计算该类组合板梁桥荷载横向分布系数;刚接板(梁)法全桥各截面采用同一横向分布系数并不精确,而 ANSYS 计算结果能与实测值较好的吻合;同时提出了适合该类桥型的横向分布系数计算方法,并建议了更加准确的计算方法。

关键词:荷载横向分布系数;组合板梁桥;刚接板(梁)法;有限单元法

中图分类号:U441.2

文献标识码:A

现浇桥面板 T 形组合板—梁桥由承重结构(T形主梁)与传力结构(横梁、桥面板等)组成,各主梁依靠横隔梁和桥面板联结成为空间整体结构,其受力特性本质属于空间结构力学分析的范畴^[1]。由于空间结构的分析理论复杂,对结构的变形和内力进行精确计算比较困难,为了简化繁重的计算工作量,通常人们将复杂的空间结构模型简化为平面结构模型来进行。在常规的结构分析中,大多是利用跨中单一荷载横向分布系数将空间受力体系转化为平面杆系结构进行受力分析,未考虑各部分在组成整体结构中相互影响的受力特性^[2]。然而,实际各种类型梁桥中,各片梁之间的横向连接及宽跨比有时并不能完全符合某一种简化方法的要求,这就导致了对同一座梁桥可采用不同简化计算方法的争议;同时,影响桥梁荷载横向分布系数因素众多:翼缘板厚度、横隔板位置及间距、梁的连续性、斜交角度以及荷载类型等^[3],即使同一类型梁桥,荷载横向分布系数也各不相同。目前计算横向分布系数常用的方法有:杠杆原理法、偏心压力法、铰接板梁法、刚接板(梁)法及比拟正交异性板法^[4]。

对于板—梁组合梁桥,在美国由于这种桥型被广泛采用,相关的规范(AASHTO Standard Specifications 和 AASHTO LRFD)对横向分布计算作出明确规定,且 2004 年对 AASHTO LRFD 规范做出修正;国外各学者也就各参数对于板—梁桥荷载横向分布的影响及规范适用条件进行了大量研究^[5~7]。而在国内,由于公路桥梁这种桥型应用较少,对其荷载横向分布系数的计算,《桥规》^[8]也未作相关的规定,这就导致了对板—梁桥荷载横向分布具体采用哪一种计算方法更准确的争议。本文以新余市跨越浙赣电气化铁路的五一路立交桥(T形组合简支板梁桥)为例,分别采用偏心压力法、刚接板法及有限单元法计算标准荷载作用下跨中截面各片梁横向分布系数,并将两种平面方法计算结果与空间有限单元法计算结果对比,从而确定采用平面简化方法时,刚接板(梁)法更适合该种桥型的荷载横向分布系数计算;按《桥规》^[8]标准车道荷载的等效荷载进行布载,将刚接板(梁)法、空间有限单元法模拟结果与试验结果对比,从而确定空间有限元方法计算结果更接近实际。

1 工程概况

位于江西省新余市跨越浙赣电气化铁路的五一路城市立交桥,为 4 孔 $\times$ 30 m 预应力混凝土 T 形组合

收稿日期:2009-03-05

基金项目:国家自然科学基金(50868007);江西省自然科学基金项目(2007GZC0855);华东交通大学校立科研基金(07TM10);铁路环境振动与噪声教育部工程研究中心开放基金

作者简介:桂水荣(1979-),女,江西九江人,硕士,讲师,主要从事桥梁结构振动与控制研究。

简支梁桥。该组合板—梁桥主梁采用9片T梁组成,T梁梁高1.8 m,腹板厚0.22 m,全桥宽18.8 m,桥面采用18 cm厚C40现浇混凝土桥面板及8 cm厚沥青混凝土铺装层。该T形组合简支板—梁桥跨中及1/4跨截面处均无横隔板,只在两端支座处各设0.25 m厚横隔板。桥梁设计荷载为公路—I级,人群荷载为 $4\text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ 。T形组合简支板—梁桥横断面布置如图1所示。

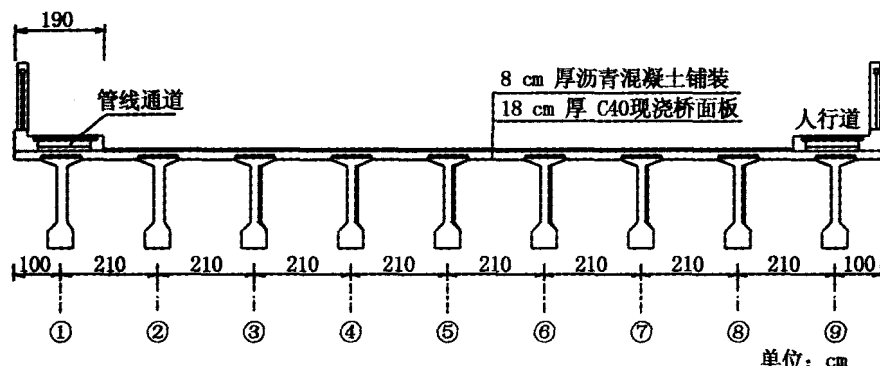


图1 组合简支板—梁桥跨中横截面布置图

2 横向分布理论计算研究

2.1 计算原理与有限元模型

偏心压力法把梁桥视作为由主梁和横隔梁组成的梁格系,荷载通过横梁由一片主梁传递到其他主梁上去,同时主梁又对横梁起弹性支承作用。偏心压力法假定梁桥在横向具有强大的抗弯刚度,忽略横向抗弯刚度并非无穷大对荷载横向分布系数的影响。刚接板(梁)法将主梁(板)之间视为刚接,接缝之间的内力包括横向弯矩、竖向剪力、水平剪力和法向力等4个分量,由于后两种力对横向分布系数影响不大,可忽略不计,竖向荷载作用下结合缝内传递横向弯矩和竖向剪力^[4],且不考虑横隔梁的影响。

采用空间有限单元法计算横向分布系数时,将单位荷载沿横桥向分别作用在桥面板同一纵向位置的相应节点上,计算各片梁腹板底部挠度影响线 w_{ij} ,再利用挠度影响线 w_{ij} 求出各片梁荷载横向分布影响线 η_{ij} ,即 $\eta_{ij} = w_{ij} / \sum w_{ij}$ 。式中: i 为计算点对应的梁片编号; j 为单位荷载作用的桥面板节点编号^[2]。

为了使该T形组合桥空间结构模型更接近于实际,全桥结构均选用shell63板单元,现浇桥面板横截面每0.3 m一个节点,沿纵桥向每0.5 m一个节点。T梁上顶板、腹板及两端横隔板均采用板单元,各节点之间均采用刚接,全桥共计5 022个节点,5 252个单元。

2.2 计算结果分析

为了对比研究该组合简支板梁桥采用哪一种荷载横向分布系数计算方法更贴合实际,本文采用平面模型(偏心压力法和刚接板(梁)法)和空间模型(ANSYS建立空间有限元模型)分析标准荷载下跨中各截面横向分布系数。

表1为按公路—I级标准荷载进行布载,偏心压力法、刚接板(梁)法及有限单元法所得的各片梁跨中横向分布系数。由表1可知,有限单元法和刚接板(梁)法计算结果较接近,而偏心压力法误差较大。这主要是因为该组合板—梁桥采用现浇桥面板将各片梁联结在一起,虽然桥梁结构横向连接整体性较好,但由于该桥只在两端设有横隔板,中间没有任何横隔梁联系,这就导致简支梁桥横向连结刚度不能视为无穷大,且该桥的宽跨比较大(0.627),不满足偏心压力法适用范围。因而,本文在试验分析过程中,只针对刚接板(梁)法及有限单元法两种理论及试验结果进行对比分析。刚接板(梁)法所得的各片梁横向分布系数较有限单元法离散更大些,这主要是因为采用平面模型计算过程中,忽略了简支梁桥横隔板的横向连接等因素影响。

表 1 标准荷载横向分布系数

计算方法	梁片编号								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
有限元法(跨中)	0.424 4	0.487 2	0.528 8	0.540 3	0.549 3	0.540 3	0.527 8	0.486 5	0.420 8
刚接板(梁)法	0.405	0.506	0.574	0.639	0.639	0.639	0.573	0.506	0.406
偏心压力法	0.624	0.579	0.534	0.489	0.333	0.490	0.534	0.581	0.625

文献[3]研究了各种因素对横向分布系数的影响,认为增加翼缘板厚度及端横隔板能明显降低横向分布系数。为了研究该组合板—梁桥各片梁横向分布系数随纵向位置的变化关系,本文采用 ANSYS 建立空间有限单元模型,车辆荷载按《桥规》^[8]进行布载,分析各片梁在不同截面处的横向分布系数变化规律。图 2 为各片梁纵向不同位置处的荷载横向分布系数变化关系曲线。从图中可以看出,不同截面处各片梁的横向分布系数变化趋势一致:靠近支座处边梁及次边梁的横向分布系数较接近,远离支座处的截面,中间各片梁的横向分布系数逐渐增大,这主要是因为靠近支座处,支座对各片梁的约束较大,各片梁横向分布系数较均匀;截面远离支座及端横隔板时,端部对各片梁的约束减弱而致。图 3 为各片梁荷载横向分布系数随梁的纵向位置变化曲线。从图 3 中的 1~5 号梁的横向分布系数变化曲线可以看出,远离支座的截面,边梁横向分布系数逐渐减小;而相对于边梁及中间各片梁的变化曲线,次边梁横向分布系数沿纵向变化较小;中间各片梁的横向分布系数则逐渐增大,且各片梁横向分布系数较接近。同时,由于该组合板梁桥中间无横隔板连接,各片梁的横向分布系数也没有明显的平面模型中所采用的横向分布系数从支座到 1/4 跨斜直线变化,1/4 截面至跨中近似直线变化趋势^[4]。相反,由图 3 可知,边梁和中梁的横向分布系数从支座至跨中截面有相反的变化趋势,这也说明针对该种组合板—梁桥,采用各截面同一横向分布系数来简化计算并不太合理。

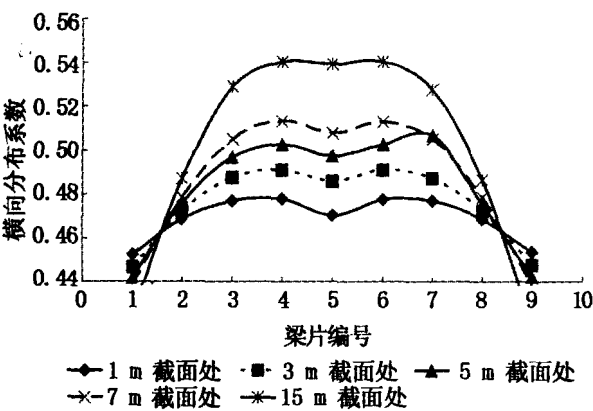


图 2 不同截面处各片梁横向分布系数变化曲线

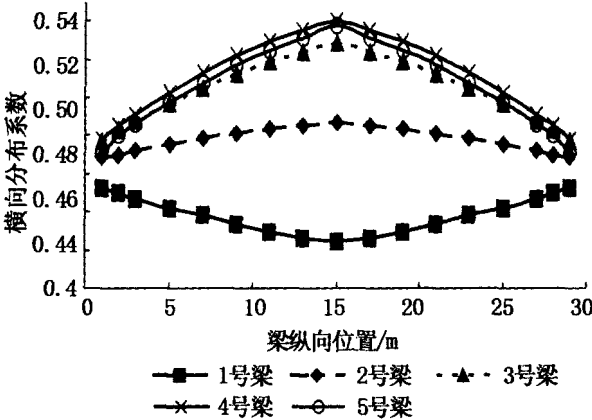


图 3 各片梁横向分布系数随纵向位置变化曲线

3 试验结果对比分析

通过前述理论计算对比分析可知,刚接板(梁)法较偏心压力法更适合于计算该组合板—梁桥荷载横向分布系数。为了验证刚接板(梁)法及有限单元法理论计算结果与试验结果的误差,本文选取三种荷载工况(工况一为标准荷载下跨中截面最大挠度、工况二为 1/4 跨截面最大挠度、工况三为对称布载下跨中截面最大挠度)作用下各片梁挠度进行对比分析。图 4,6,8 分别为工况一、二及工况三荷载横向、纵向布置图;图 5 为跨中截面最大挠度荷载工况作用下,跨中各片梁竖向挠度横向变化曲线;图 7 为 1/4 截面处最大挠度工况下,分别采用有限单元法、刚接板(梁)法及试验测试的跨中各片梁竖向挠度横向变化曲线;图 9 为对称荷载作用下,采用上述 3 种方法所得跨中截面各片梁竖向挠度横向变化曲线。从图 5,7,9 中可以看出:

(1) 刚接板(梁)法及有限元法均能反映该组合板—梁桥各片梁竖向挠度沿横桥向变化趋势,但与试验结果变化趋势相比,ANSYS 计算结果更准确。

(2) 偏载作用下,刚接板(梁)法计算 8,9 号梁的挠度较 ANSYS 及实测值小;车辆荷载作用位置处,刚接板(梁)法计算结果较 ANSYS 计算结果大。这主要是因为刚接板(梁)法忽略了端部横隔板的约束影响;同时,刚接板(梁)法视各截面处横向分布系数保持不变,而实际车辆加载过程中,车辆沿纵向有一定分布长度,且各加载点横向分布系数并不相等而致。

(3) 对称荷载作用下,中间各片梁竖向挠度较均匀。

(4) 实测结果与 ANSYS 计算结果变化趋势一致且均有 65% ~ 80% 的效验系数,卸载后挠度恢复较好,这说明该桥试验过程中处于弹性工作状态,桥梁抗弯性能较好。

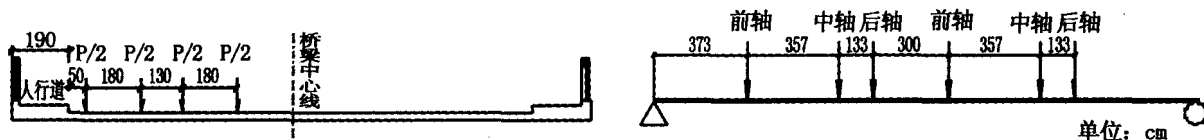


图 4 工况一荷载横向、纵向布置图

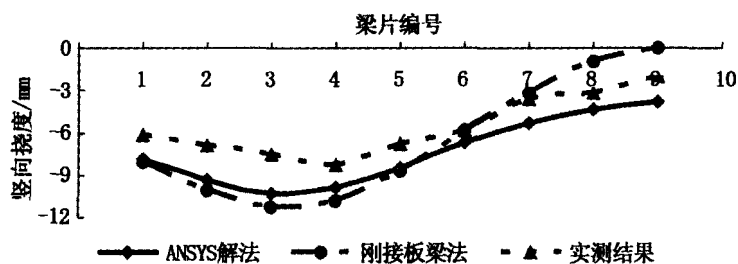


图 5 工况一作用下各片梁跨中竖向挠度对比曲线

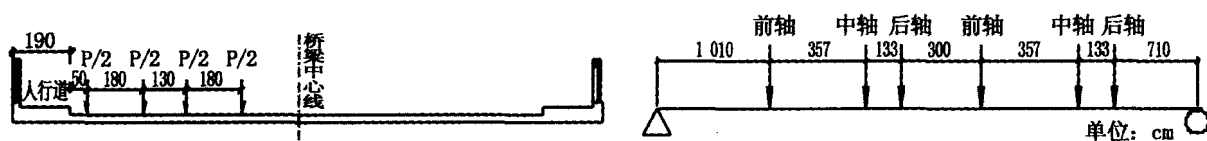


图 6 工况二荷载横向、纵向布置图

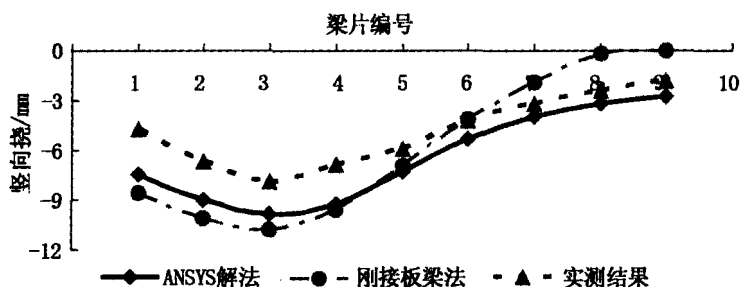


图 7 工况二作用下各片梁跨中竖向挠度对比曲线

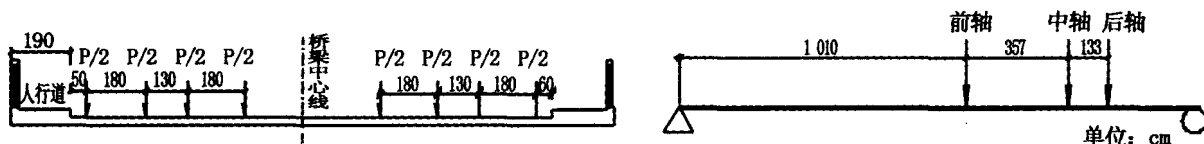


图 8 工况三对称荷载横向、纵向布置图

4 结论

通过对现浇桥面板 T 形组合板—梁桥分别采用平面模型(偏心压力法、刚接板(梁)法)和空间模型(有限单元法),对该组合板—梁桥荷载横向分布系数进行了研究,可以得出以下几点结论:

(1) 偏心压力法不适于计算该组合简支板—梁桥的荷载横向分布系数;

(2) 该组合板—梁桥边梁与中梁横向分布系数

沿纵向具有不同的变化趋势,全桥各截面采用同一横向分布系数简化计算并不合理;

(3) ANSYS 计算结果能与实测结果更好地吻合,同时也进一步论证了该桥各截面采用同一横向分布系数(刚接板(梁)法计算结果)并不精确;板—梁桥各片梁荷载横向分布系数沿纵向变化并不符合从支座到 1/4 截面直线变化,从 1/4 截面到跨中不变的变化规律。

参考文献:

- [1] 倪章军,范立础,等.新型 GFRP 组合梁桥荷载横向分布系数计算[J].桥梁建设,2007,(37)2:51-54.
- [2] 周新平,宗雪梅.刚架拱桥荷载横向分布系数研究[J].郑州大学学报(工学版),2007,28(2):101-104.
- [3] Paul J Barr, Marc O Eberhard, John F. Stanton Live-load distribution factors in prestressed concrete girder bridges[J]. Journal of Bridge Engineering, 2001, 11(5): 298-306.
- [4] 范立础.桥梁工程(上册)[M].北京:人民交通出版社,2001.
- [5] Zaher Yousif, Riyadh Hindi. AASHTO-LRFD live load distribution for beam-and-slab bridges: limitations and applicability[J]. Journal of Bridge Engineering, 2007, 12(6): 765-773.
- [6] Erin Hughs, Rola Idriss. Live-load distribution factors for prestressed concrete, spread box-girder bridge[J]. Journal of Bridge Engineering, 2006, 11(5): 573-581.
- [7] M Mabsout, K Tarhini. Wheel load distribution in simply supported concrete slab bridge[J]. Journal of Bridge Engineering, 2004, 9(2): 147-155.
- [8] 公路桥涵设计通用规范[S].中华人民共和国行业标准 JTG D60—2004.

A Research of Live-load Distribution Coefficient for T-type Flitch Beam Bridge

GUI Shui-rong, CHEN Shui-sheng

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: According to their structure characteristics, the live-load distribution coefficients of simple span slab-on-girders concrete bridges are studied using method of slab (girder) with transverse rigid joints and finite element method. The changing principles of live-load distribution coefficient are analyzed using construction software ANSYS. Results between finite element method using ANSYS and slab (girder) with transverse rigid joints are compared, which shows that the rigid beam method is not suitable for studying live-load distribution coefficients of this type bridge, that cross section adopting the same distribution coefficient is not accurate, and that the finite element method is identical with the result of actual measurement. Finally, the project believes that the live-load distribution coefficients are suitable for this type bridge, and the accurate computational method is suggested.

Key words: live-load distribution coefficient; flitch beam bridge; method of slab (girder) with transverse rigid joints; finite element method

(责任编辑:王全金)

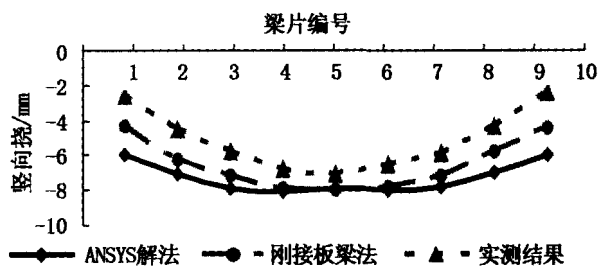


图9 工况三作用下各片梁跨中竖向挠度对比曲线