

斜交空心板梁桥荷载试验控制截面研究

王云燕¹, 孙 静², 马金龙¹

(1 河北工业大学土木工程学院, 天津 300401; 2 天津津质工程技术咨询有限公司, 天津 300134)

[摘要] 在桥梁建设中,常常由于桥位处的地形限制,或者由于高等级公路对线形的要求而将桥梁做成斜交,斜桥虽然有改善线形的优点,但由于斜度的影响,受力特点与正桥也有较大的不同,其受力状态分析十分复杂。针对不同斜交角的斜交空心板梁桥进行有限元分析,运用 MIDAS/Civil 建立有限元模型,理论分析斜交空心板梁桥荷载横向传递规律,为桥梁的承载能力检测与评定中荷载试验的控制截面选择提供理论依据,在实际工程运用中具有参考价值。

[关键词] 斜交空心板梁桥; 荷载试验; 有限元法; 荷载横向分布

中图分类号: TU317⁺.2 文献标识码: A 文章编号: 1002-848X(2015)S2-0515-04

Control section studying in skew hollow plate girder bridge load test

Wang Yunyan¹, Sun Jing², Ma Jinlong¹

(1 School of Civil Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China;

2 Tianjin Quality Engineering Technology Consulting Co., Ltd., Tianjin 300134, China)

Abstract: In bridge construction, because of the topography limiting at the bridge site, or requirements of high-grade highway for linear, bridges usually be made of skew bridge. Although there are advantages to improve the bridge of linear, but due to the affection of the tilt degree, the mechanical characteristics is also quite different between the skew and main bridges, and its stress state analysis is very complex. MIDAS/Civil software was used to establish finite element model to analyze different skew angle oblique hollow beam bridge and skew plate girder bridge lateral load transfer law in theory, which provides a theoretical basis for load testing of control surfaces selection and assessment of the carrying capacity, and has a reference value in practical engineering.

Keywords: skew hollow slab bridge; load test; finite element method; transverse load distribution

0 引言

改革开放后,中国经济快速增长,对交通运输的需求也越来越大。随着交通建设的加快,公路等级的提高,在一些水网密布或城市跨线桥较多的地区修建了较多的斜桥,特别是高等级公路中小跨径桥梁中,斜桥占有很大比例。近些年来,桥梁承载能力的检测与评定,成为桥梁建设行业必不可少的一部分。桥梁检测中,可以通过现场加载试验以及对试验观测数据和试验现象的综合分析,检验桥梁设计与施工质量,确定工程的可靠性,为竣工验收提供技术依据;直接了解桥跨结构的实际工作状态,判断实际承载能力,评价其在设计使用荷载下的工作性能;验证设计理论、计算方法和设计中的各种假定的正确性与合理性,为今后同类桥梁设计施工提供经验和积累科学资料;通过荷载试验,建立桥梁健康模型,记录桥梁健康参数。

然而,斜桥受斜度的影响,受力特点与正桥也有较大的不同,其受力状态分析十分复杂。目前,尚未有一套能够准确分析出斜桥受力特点的方法,人们在进行成桥试验时,也大多近似以跨中截面作为控制截

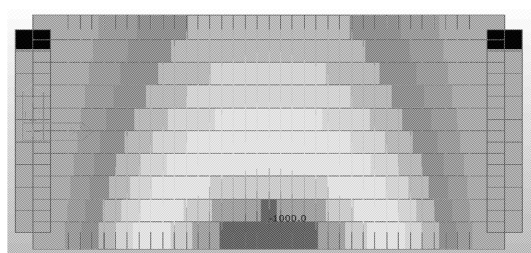
面,这样并不能很好地掌握桥梁的技术状况。文中针对不同斜交角的斜交空心板梁桥进行有限元分析,运用 MIDAS/Civil 建立有限元模型,理论分析斜板梁桥荷载横向传递规律,为桥梁的承载能力检测与评定中成桥荷载试验的控制截面选择提供理论依据。

1 斜交空心板梁桥受力性能

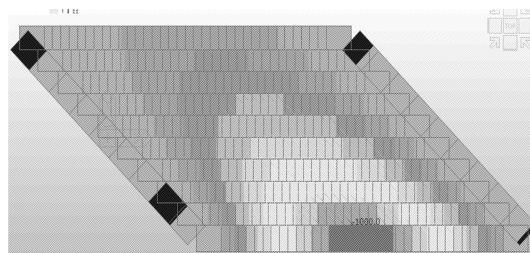
理论和试验证明:简支斜交空心板梁桥在垂直荷载下有向两支承边最短距离方向传递的趋势^[1,8]。下面研究不同斜度的斜交空心板梁桥,在垂直荷载下向两支承边最短距离方向传递的规律。

运用 MIDAS/Civil 建立有限元模型,将各斜交角的斜桥与正桥对比。模型中每片梁宽为 1.2m,共 9 片梁,跨径为 20m;斜交角分别为 0°,30°,45°,60°,计算 1 号梁跨中截面在集中荷载作用下产生的挠度场,如图 1~4 所示。

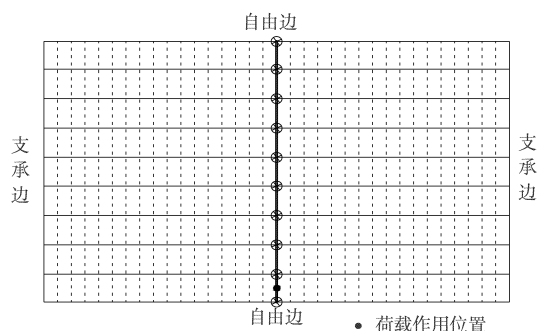
将以上斜交角分别为 0°、30°、45°、60°的桥梁,1~9 号梁各梁所受最大荷载位置处连线图和各斜度桥梁的 1~9 号梁中间位置的连线图共绘于图 2。



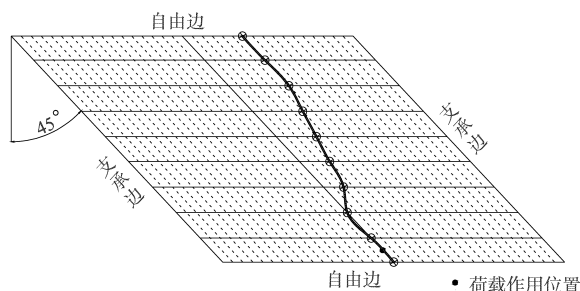
(a) 正交 0° 空心板梁桥挠度等值线图



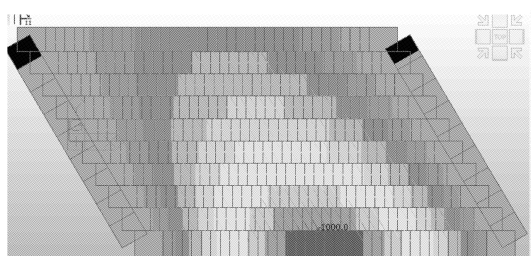
(e) 45° 斜交空心板梁桥挠度等值线图



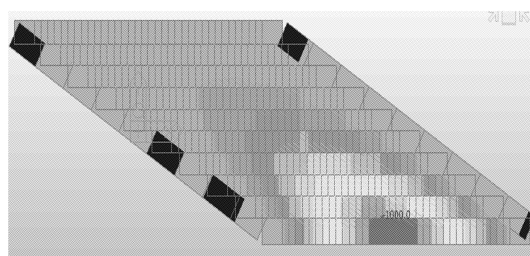
(b) 正交 0° 空心板梁桥各梁最大挠度位置连线图



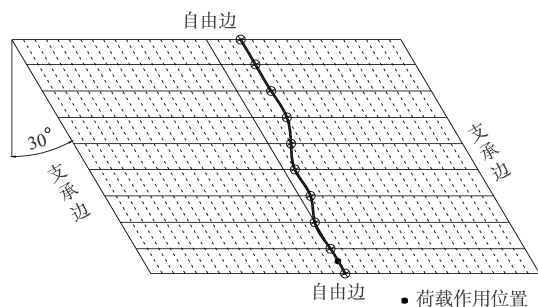
(f) 45° 斜交空心板梁桥各梁最大挠度位置连线图



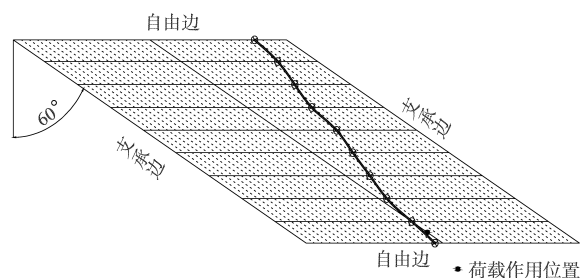
(c) 30° 斜交空心板梁桥挠度等值线图



(g) 60° 斜交空心板梁桥挠度等值线图

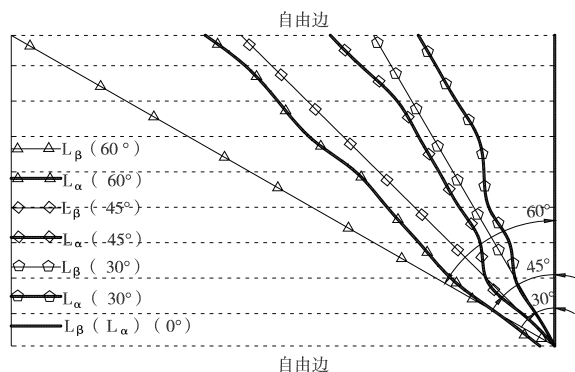


(d) 30° 斜交空心板梁桥各梁最大挠度位置连线图



(h) 60° 斜交空心板梁桥各梁最大挠度位置连线图

图 1 0°, 30°, 45°, 60° 斜交空心板梁桥 1 号梁跨中作用集中荷载时的等值线图例及各梁最大挠度位置连线图



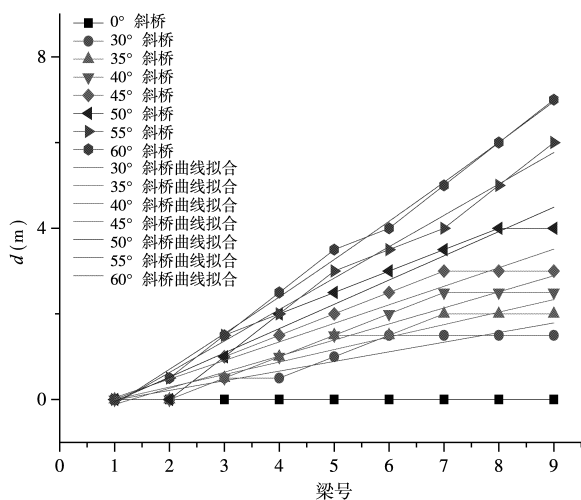
注: L_β 为 1~9 号梁中间位置的连线; L_α 为荷载沿横向传递时 1~9 号梁各梁所受最大荷载位置处连线。

图 2 各斜度桥梁横向荷载传递趋势对比图

从图 1, 2 可以看出, 斜角分别为 0°, 30°, 45°, 60° 的简支梁桥, 当荷载作用在 1 号梁跨中截面时: 1) 斜桥中荷载横向分布的路径, 从 3 号梁开始有垂直于自由边方向发展的趋势; 2) 荷载的横向传递趋势随斜交角度的变化而变化; 3) L_β 与 L_α 的分离程度随斜交角度的增大而增大。

2 荷载传递机理

经过大量模型验证, 当斜交角小于或等于 30° 时, 可近似认为 L_α 是沿 L_β 传递的。当斜交角 (β) 大于 30° 时, 不可忽略斜交角 (β) 对 L_α 的影响。本文旨在研究其变化规律, 将斜交角从 30° ~ 60° 每隔 5° 建立 MIDAS/Civil 有限元模型, 数据处理如图 3 所示。



注: d 表示集中荷载作用在 1 号梁跨中, L_α 偏离 L_β 的距离。

图 3 各斜交角最大荷载横向传递路径分析图

荷载传递机理分析: 将各梁 d 值进行曲线拟合, 曲线拟合角度可近似看为荷载最大值传递路线 (L_α), 偏离桥梁跨中截面线 (L_β) 的角度 α 。数值分析见表 1。

数值分析		表 1
斜交角 β (①)	α (②)	②/①
30°	11°	0.4
35°	14°	0.4
40°	17°	0.4
45°	23°	0.5
50°	25°	0.5
55°	31°	0.6
60°	36°	0.6

由表 1 以及上一节桥梁受力特点分析可以看出, 当 $\beta < 30^\circ$ 时, 斜桥的受力特点可按照相应正桥做近似计算; 当 $30^\circ \leq \beta < 45^\circ$ 时, 集中荷载作用于 1 号梁跨中, 荷载最大值将于第 3 号梁开始偏离 L_β , 沿 0.4β 的方向传递, 趋向于两支承边之间最短距离方向; 当 $45^\circ \leq \beta < 55^\circ$ 时, 集中荷载作用于 1 号梁跨中, 荷载最大值将于第 3 号梁开始沿偏离 L_β , 沿 0.5β 的方向传递, 趋向于两支承边之间最短距离方向; 当 $55^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$ 时, 集中荷载作用于 1 号梁跨中, 荷载最大值将于第 3 号梁开始沿偏离 L_β , 沿 0.6β 的方向传递, 趋向于两支承边之间最短距离方向。

3 工程实例

3.1 工程概况

以某座 3 跨简支空心板梁桥斜桥进行荷载试验, 该桥跨径布置为 $3 \times 30\text{m}$, 桥梁全长 60m , 斜交角为 60° 。该桥由上、下行两座结构相同的桥梁组成。设计汽车荷载等级: 公路-I 级。

桥梁上部结构: 采用 3 跨 30m 先张预应力空心板梁, 梁高 0.90m , 每块中板宽度 1.19m , 边板宽度 1.19m 。桥梁宽度: 单幅桥为 $12.5\text{m} = 0.25\text{m}$ (栏杆) + 0.75m (人行道) + 11m (行车道) + 0.5m (分隔墩), 桥梁总宽 25m , 主梁混凝土强度等级采用 C50。桥梁正、立面图如图 4, 5 所示。主跨跨中横断面及主梁编号如图 6 所示。



图 4 桥梁正面图



图 5 桥梁立面图

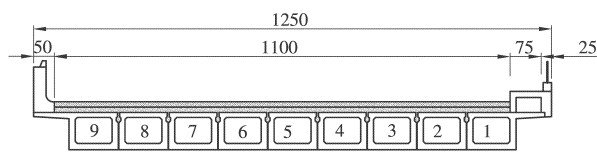


图 6 主跨跨中横断面/cm

3.2 荷载试验

鉴于此桥 3 跨结构相同, 通过现场勘察, 选取方便车辆加载的第 1 跨进行荷载试验, 目的是测试斜交板梁桥的横向分布状况。拟采用一辆 35t 加载车进行加载。车辆的轴距及设计荷载纵向布置如图 7 所示。

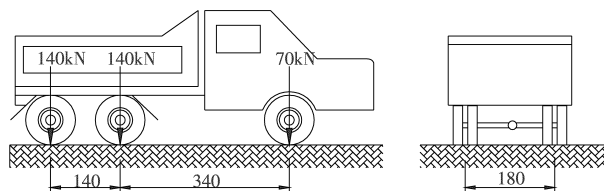


图 7 加载汽车轴距和单排轴重示意图/cm

3.3 挠度测点布置

第1跨跨端截面A、C、跨中截面B以及从3号梁开始偏离截面B 36°的截面b,布置挠度测点。测量时采用电阻式位移计进行测试,具体挠度测点布置如图8所示。

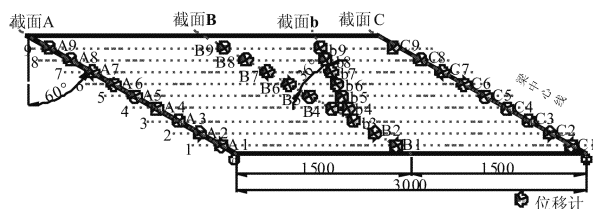


图8 挠度测点布置平面图/cm

3.4 加载布置

桥梁荷载试验的目的是通过荷载试验,评定桥梁承载能力是否满足要求。以下工况测定桥梁各梁之间横向连接状况。往常试验常把截面B作为控制截面,通过以上分析本文提出将截面b作为控制截面,通过对控制截面B和b加载得出试验数据的理论分析,得到荷载试验最为准确的控制截面。车位布置如图9所示。

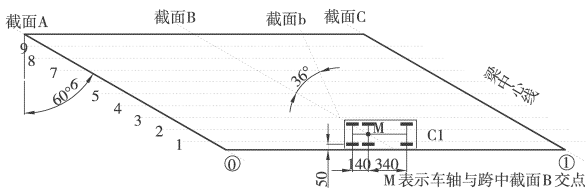


图9 试验加载平面布置图/cm

3.5 测试结果分析

通过荷载试验,得到分级荷载下,各梁挠度横向分布检测结果,见表2,将挠度定义为向下为负,所得结果如图10所示。

试验荷载下各梁挠度横向分布检测结果 表2

测点	B1 (1#)	B2 (2#)	B3 (3#)	B4 (4#)	B5 (5#)	B6 (6#)	B7 (7#)	B8 (8#)	B9 (9#)
挠度值 d_1/mm	-1.23	-1.00	-0.81	-0.52	-0.41	-0.26	-0.23	-0.19	-0.18
挠度值 d_2/mm	-1.23	-1.01	-0.88	-0.61	-0.51	-0.34	-0.33	-0.32	-0.32
$ d_2 - d_1 /d_1$ /%	0	1	9	17	24	31	43	68	78

3.6 结果分析

本试验证明了本文论点,此外从图10可以看出,荷载横向传递受斜交角的影响很大,不容忽视。建议

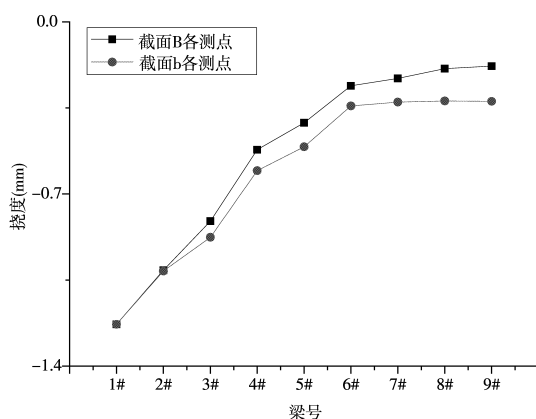


图10 试验荷载下各梁挠度横向分布结果对比图

在对斜桥的承载能力检测与评定中,充分考虑斜桥中斜交角对荷载横向传递的影响,同时在进行斜桥静载试验时,以本文提出的理论作为试验控制截面的选择依据,这样更有利于桥梁各方面技术状况评定工作。

4 结语

通过以上研究,得到了不同斜度斜交空心板梁桥荷载横向传递的规律。进而提出了成桥荷载试验控制截面选择的方法,并得到了工程实例验证。本文所研究内容为斜交空心板梁桥荷载试验中控制截面的选取提供理论依据,在实际工程运用中具有参考价值。

参考文献

- [1] 姚玲森. 桥梁工程[M]. 北京:人民交通出版社,1985.
- [2] 余钱华,于强. 斜交空心板桥横向分布系数计算方法研究[J]. 公路与汽运,2013,3:171-173.
- [3] 李国豪. 斜交结构的斜梁桥的荷载横向分布分析[J]. 同济大学学报:自然科学版,1994,4:395-400.
- [4] 李国豪. 桥梁与结构理论研究[M]. 上海:科学技术文献出版社,1983.
- [5] 黄平明. 混凝土斜梁桥[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [6] 夏淦,邵光荣. 斜梁结构分析[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1995.
- [7] 高岛春生. 斜梁桥[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1971.
- [8] 席振坤. 横向铰接斜梁(板)桥实用计算方法[M]. 北京:人民交通出版社,1990.
- [9] BAKHT B. Analysis of some skew bridges as right bridges[J]. ASCE,1998,114(10).
- [10] JTG D60—2004 公路桥涵设计通用规范[S]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [11] 于玲玲. 结构力学[M]. 北京:中国电力出版社,2009.