

考虑护栏对桥梁横向分布影响的研究

邢福伟, 王 冶, 刘 继

(长安大学公路学院, 西安 710064)

摘 要:为了研究护栏对桥梁结构主梁的影响,以简支梁荷载试验为依托,在不同工况下,测得主梁的挠度,然后通过对护栏是否参与主梁受力进行理论分析研究,得到考虑护栏参与受力更接近桥梁实际受力,且其沿桥梁横向对主梁刚度影响不同的结论。基于此提出四种假定,发现将护栏按等效高度后沿桥梁横向呈三角形分布给 14% 的桥面与实际情况比较吻合。

关键词:护栏;简支梁;荷载试验;横向分布

中图分类号:TB115

文献标志码:A

引 言

护栏作为桥梁的附属结构,设置在行车道两侧,用以封闭沿线两侧,使人畜与非机动车辆禁止闯入公路的隔离措施,并且具有吸收碰撞能量、迫使失控车辆改变方向并使其恢复到原有行驶方向,防止其跌落桥下的作用,护栏对车辆的安全行驶起到至关重要的作用。

在公路桥梁主梁内力计算时,一般把防撞护栏作为外部荷载即二期恒载施加在主梁上,不考虑其参与主梁的受力。但是近十几年来修建的桥梁结构(特别是在高速公路上修建的桥梁),防撞护栏一般与桥梁结构固结在一起。对于现在的桥梁结构,如果不考虑护栏对主梁结构的影响,显然与桥梁结构的实际受力状态不符,并且大量的荷载试验结果也表明,防撞护栏对提高主梁结构的承载力有一定帮助,并且护栏对边板的影响较大,对中板的影响较小,以及护栏沿桥梁横向对主梁刚度影响不同^[1]。但是护栏究竟在桥梁横向如何分布,近年来一直困扰着广大科研工作者,尚无定论。

基于以上这种情况,以简支梁荷载试验为依托,利用 ANSYS 软件采用空间有限元分析方法^[2-3],通过实测

挠度值与考虑护栏是否参与受力得到的理论值对比,发现考虑护栏参与主梁受力更接近桥梁结构的实际受力状态,并且护栏对边板的影响较大,对中板的影响较小。基于此提出四种假定,得出护栏沿着横桥向合理分布的特点,为正常的校验系数提供理论依据。

1 工程概况

桥梁上部结构为 16 m 钢筋混凝土空心板,桥面连续,铺装为 10 cm 厚的混凝土现浇层加上 10 cm 厚的沥青混凝土面层;下部结构为双柱式桥墩,基础为钻孔桩基础。桥面宽度为 0.5 m(防护栏) + 13 m(行车道) + 0.5 m(防护栏),梁高 0.7 m。空心板桥的横断面及护栏的构造,如图 1 所示。

2 理论分析

大量研究证明^[4-5],护栏对主梁受力有一定影响,尤其是对边梁受力影响较大。为此在进行理论模型分析时,首先把实桥分为栏杆是否参与受力与实测值进行对比;然后再考虑护栏在横桥向的横向分布^[6]特点,为了简化分析,在保证护栏抗弯惯矩不变的前提下,将护栏等效成单位长度的矩形板(图 2),即 $I_{\text{护}} = I_{\text{矩}}$ 。根据已给

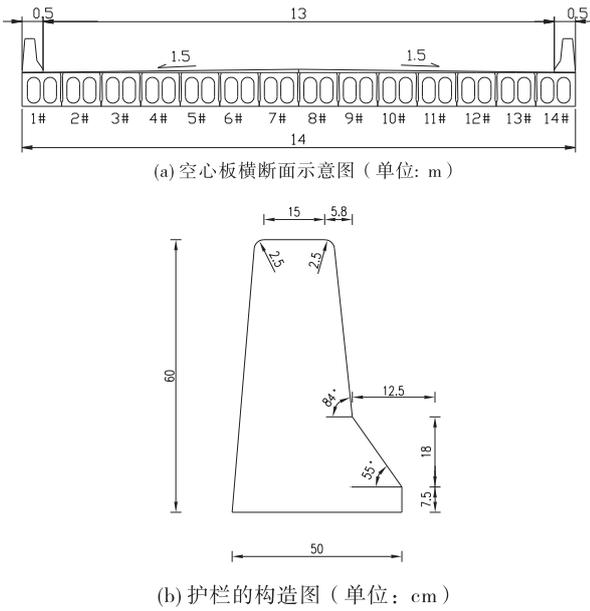


图1 空心板桥的横断面及护栏的构造图

的护栏尺寸计算抗弯惯矩为 $5.46 \times 10^{-3} \text{ m}^4$, 换算后截面宽度为 1 m, 根据抗弯惯矩相等, 即 $\frac{bh^3}{12} = 5.46 \times 10^{-3}$ 计算得出 $h = 0.4 \text{ m}$. 护栏按等效高度沿桥梁横向作用的分布方式, 按以下 4 种模型考虑: ①护栏按照 $\frac{h}{B50\%} = \frac{0.4}{7} = 0.057 \text{ m}$ 沿桥梁横向均匀分布在整个桥面上; ②护栏按照下底边为 0.267 m、上底边为 0 的梯形从边板开始沿桥梁横向均匀分布在 2 m 范围内的桥面上; ③护栏按照 $\frac{h}{B14\%} = \frac{0.4}{2} = 0.2 \text{ m}$ 从边板开始沿桥梁横向呈三角形线性分布在 2 m (14% B) 范围内的桥面上; ④护栏按照 0.114 m 从边板开始沿桥梁横向呈三角形线性分布在 3.5 m (25% B) 范围内的桥面上 (其中 B 指桥面宽度)。将现场实测挠度、应变数据与不同模式下理论计算结果进行对比分析, 得到护栏沿桥梁横向作用的分布方式。

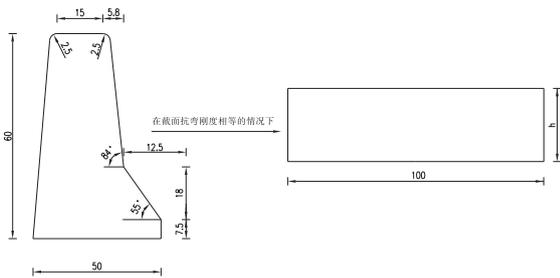


图2 计算简图(单位:cm)

3 有限元模型建立

根据已有参数, 主梁、铺装及防护栏采用 C30 混凝土, 弹性模量取 $3.03 \times 10^4 \text{ MPa}$, 泊松比为 0.167, 容重为 25 kN/m^3 , 在考虑桥面铺装层对主梁结构的影响^[7-11], 按理论分析中的四种假定: 模型①护栏按照恒荷载 0.057 m 沿桥梁横向均匀分布在整个桥面上; 模型②护栏按照下底边为 0.267 m、上底边为 0 的梯形从边板开始沿桥梁横向均匀分布在 2 m 范围内的桥面上; 模型③护栏按照 0.2 m 从边板开始沿桥梁横向呈三角形线性分布在 2 m 桥面上; ④护栏按照 0.114 m 从边板开始沿桥梁横向呈三角形线性分布在 3.5 m 桥面上。利用桥梁空间分析程序 ANSYS 分别建立有限元模型。结构离散模型如图 3 所示。

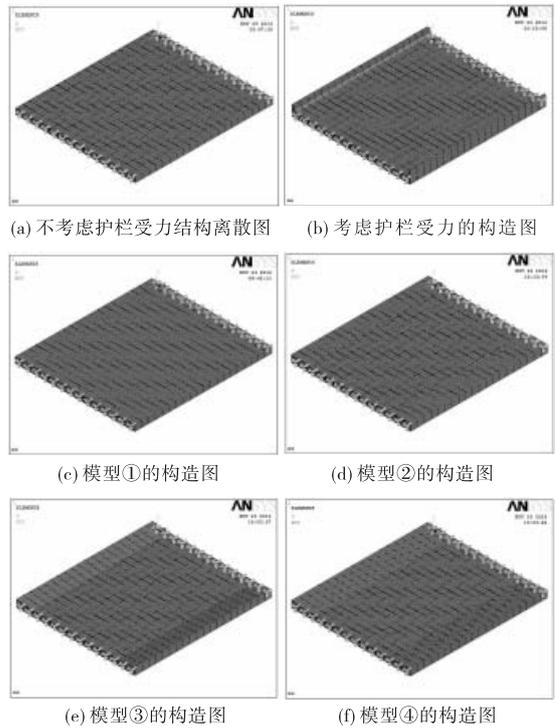


图3 空心板桥的横断面及护栏的构造图(单位:cm)

4 荷载试验概况

4.1 试验工况

设置两个试验工况, 工况 1: 跨中截面加中载; 工况 2: 跨中截面加偏载。两种工况下加载车位置如图 4 所示。

4.2 测点布置

因应变测量值受现场测试环境影响较大, 如环境温度、环境湿度、应变片粘贴位置、粘贴方法、粘结好坏等因素, 使得应变测量可信度低。故在跨中断面梁底布置

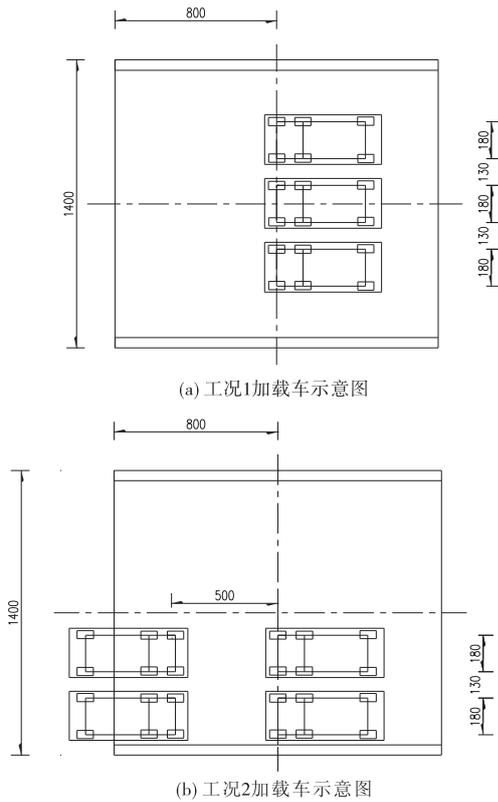


图 4 加载车位置示意图(单位:cm)

14 个挠度^[12-14]测点。机电百分表的具体位置和编号如图 5 所示。

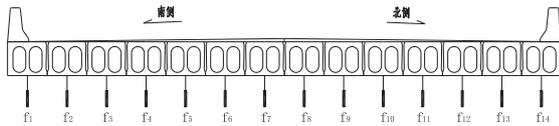


图 5 测点布置图

5 结果对比分析

5.1 考虑栏杆是否参与受力结果对比分析

将各荷载工况下实测挠度值与是否考虑护栏参与受力(图 3(a),(b))的理论计算结果进行对比,结果如图 6 所示。

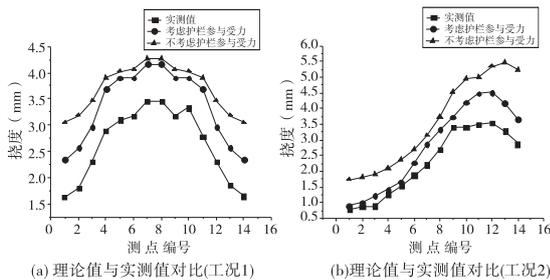


图 6 不同工况下护栏挠度对比图

由图 6 可知:

(1) 考虑护栏参与主梁受力更接近于桥梁结构的实测值,整体模型考虑护栏的影响后计算结果明显减小,由此可见,护栏对主梁受力有一定影响。故在桥梁结构承载能力评定时,应根据与主梁结合的实际情况,考虑护栏参与主梁受力的影响。

(2) 在中载作用下,1#板和 14#板的挠度值减小 27%,7#和 8#板的挠度值减小 2.4%;在偏载作用下,1#板的挠度值减小 33%,14#板的挠度值减小 30%。则考虑护栏参与受力对边板的影响较大,对中板的影响较小,那么就可以得出护栏沿桥梁横向对主梁刚度影响不同。

5.2 不同假定模型下的理论结果与实测值对比分析

将四种理论模型理论挠度值与实测值对比结果如图 7 所示。

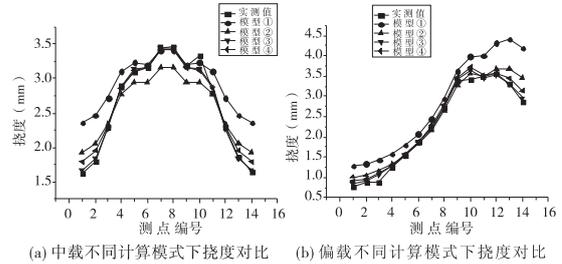


图 7 不同计算模式下挠度对比图

图 7 不同计算模式下挠度对比图

由图 7 可知:

(1) 中载和偏载两种荷载工况下,护栏对中板的影响较小,但对边板影响比较突出。

(2) 在中载作用下,利用最小二乘法计算四种模式下理论计算挠度值与实测值偏差的平方和分别为:模型①为 2.39,模型②为 0.75,模型③为 0.06,模型④为 0.15;在偏载作用下,利用最小二乘法计算四种模型下理论计算挠度值与实测值偏差的平方和分别为:模型①为 5.25,模型②为 0.72,模型③为 0.13,模型④为 0.29。在两种荷载工况下,模型①与实测值的偏差最大,模型②次之,模型③、模型④与实测值的偏差较小,在两种荷载工况下都显示模型③与实际情况最为接近,所以护栏沿桥梁横向作用的分布方式为呈三角形分布给 14%的桥面宽度与实际情况比较吻合。

6 结论

(1) 通过是否考虑护栏参与主梁受力,发现考虑护栏参与主梁受力更接近于桥梁结构的实测值,且考虑护栏的影响后整体模型计算结果明显减小,故在桥梁结构承载能力评定时,应根据与主梁结合的实际情况,考虑护栏参与主梁受力的影响。

(2) 考虑护栏参与主梁受力对边板的影响较大,对
中板的影响较小,可以得出护栏沿桥梁横向对主梁刚度
影响不同。

(3) 护栏沿桥梁横向作用的分布方式:按照
 $\frac{h}{B14\%}$ 从边板开始沿桥梁横向呈三角形线性分配给
14%的桥面宽度,与实际情况比较吻合,其中 h 为护栏
按照抗弯刚度相等原则等效成单位矩形板高度, B 为
桥面宽度。

参考文献:

- [1] 王柏璿,刘寒冰.基于弹支连梁法的桥梁荷载横向
分布研究[C]//陆新征.第22届全国结构工程学术
会议论文集第I册.北京:工程力学杂志社,2013:
510-514.
- [2] 刘华,叶见曙,俞博,等.桥梁荷载横向分布系数计算
方法[J].交通运输工程学报,2009,9(1):62-66.
- [3] 余钱华,李昌州.斜宽连续空心板桥荷载横向分布
系数的研究[J].中外公路,2013,33(3):127-130.
- [4] 安井刚.桥梁荷载横向分布系数影响因素分析[J].
交通科技,2010,241(4):13-15.
- [5] 顾达培.简支空心板梁桥校验系数影响因素及评估
办法研究[D].上海:同济大学,2009.
- [6] 邹兰林.基于实测数据库修正的板桥动力综合评定
系统研究[D].西安:长安大学,2008.
- [7] 周勇军,田俊,蒋姣,等.铺装层工作机理的模型试验
分析[J].公路交通科技:应用技术版,2012(8):294-
297.
- [8] 叶见曙.结构设计原理[M].北京:人民交通出版社,
2007.
- [9] 周勇军,孙婧.公路桥梁设计荷载基本组合的分项
系数值及其效应对比[J].公路,2012(1):103-107.
- [10] 周勇军,梁玉照,贺拴海.公路桥梁汽车荷载标准值
对比分析[J].建筑科学与工程学报,2010,27(3):102-
108.
- [11] 党栋,贺拴海,周勇军,等.基于车辆统计数据的汽
车荷载标准值取值与评估[J].长安大学学报:自然
科学版,2012,32(6):44-51.
- [12] 石雄伟,王开明,蒋姣,等.基于新旧设计规范的桥
梁荷载试验加载效率研究[J].公路交通科技:应用
技术版,2012(9):263-266.
- [13] 周枚,贺拴海,宋一凡.基于挠度试验的梁式结构评
估[J].长安大学学报:自然科学版,2004,24(5):40-47.
- [14] 王建华,胡大琳,白鹏翔.桥梁静动载试验应变测量
新技术[J].重庆交通学院学报,2006,25(2):16-19.

Research on the Effect of Considering Guardrail on Transverse Distribution of Bridge

XING Fuwei, WANG Ye, LIU Ji

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: In order to study the effect of guardrail on the main girder of bridge structure, relying on the simply supported beam load test, the deflection of main girder is measured in different working conditions, then whether the guardrail is involved in the stress of the main girder is analyzed and researched theoretically. It is concluded that the guardrail in stress is closer to the actual stress of bridge, and effects on stiffness of the main girder are different when it distributes lateral along the bridge. Four hypotheses are proposed based on this, and the situation that the guardrail along the bridge transverse and triangular distribution to the 14% deck is in good agreement with the actual situation according to the equivalent height.

Key words: guardrail; simply supported beam; load test; transverse distribution