

铺装层工作机理的模型试验分析

周勇军¹, 田俊¹, 蒋姣², 袁卓亚³, 徐万平⁴, 秦军⁵

(1. 长安大学, 陕西 西安 710064; 2. 陕西高速集团西铜改扩建管理处, 陕西 西安 710054;

3. 西安公路研究院, 陕西 西安 710054; 4. 汉中市交通基本建设工程质量监督站, 陕西 汉中 723000;

5. 汉中公路管理局, 陕西 汉中 723000)

摘要: 为了研究混凝土桥面铺装层对桥梁结构校验系数的影响, 以简支混凝土空心板室内缩尺模型为对象, 在不同试验工况下, 测试并得到了空心板的应变、挠度值, 然后通过理论分析分别研究了桥面不参与受力、全部参与受力、部分参与受力等多种情况下的空心板的理论值, 并将其与试验测试值进行对比分析, 结果发现在模型桥梁中有约 2/3 的桥面铺装层参与了结构的整体受力。表明桥面铺装层对空心板的校验系数影响显著, 其结论可为梁桥荷载试验中校验系数的取值范围提供理论依据。

关键词: 空心板; 桥面铺装层; 校验系数; 模型试验

中图分类号: U443.33

文献标识码: B

荷载试验是新建桥梁质量评定和已建桥梁承载力评定最直接最有效的方法与手段。在评定新建和已有桥梁的实际承载能力、建立和积累桥梁技术资料、推动和发展旧桥评定理论及新桥设计理论等方面有着重要的意义。在荷载试验中, 校验系数是其承载力评价的重要指标。检验系数的计算精度直接决定了桥梁承载力的可靠程度。

在公路桥梁主梁结构内力计算时, 一般把桥面铺装、栏杆与防撞墙等均作为外部荷载即二期恒载施加在主梁结构上, 不考虑它们参与主梁结构的受力。实际上, 对于新建桥梁, 随着钢筋混凝土铺装层厚度及铺装层含筋量的增加, 桥面铺装与主梁结构之间的粘接很好, 则混凝土桥面铺装层实际上是参与了主梁结构的受力, 此外, 当桥下净空受到限制的旧桥加固时, 在保证桥面铺装与主梁有较好的连接措施(如剪力键)时将桥面铺装作为持力层结构来提高桥梁承载能力。即桥面铺装具备了与主梁结构共同工作的条件, 并且能对车辆轮重的集中荷载起到分布的作用。而目前, 我们所做的大量荷载试验的理论计算都没考虑桥面铺装对荷载试验结果的影响, 导致校验系数偏低, 但桥面铺装在整个结构中受力的贡献程度多大, 近些年来一直困扰着广大科研工作者, 尚未有定论。

基于以上这种情况, 本文以简支空心板模型试验为例, 通过实测应变、挠度值与理论计算应变、挠度

值进行对比分析了桥面铺装对校验系数的影响。

1 模型试验

选用 13m 跨径的混凝土简支空心板梁桥作为研究对象, 由相似性分析选取相似参数。综合考虑实验室可能提供的空间、材料的规格、加工制造条件、加载能力、测点布置及测试精度等因素, 确定采用 1/4 的缩尺比, 即模型与原型的几何相似常数 $C_1 = 1/4$ 。模型采用与原型相同的材料(混凝土、钢筋), 即物理相似常数 $C_E = 1.0$, $C_\mu = 1.0$ 。桥面铺装和主梁采用 C25 混凝土, 铰缝采用 C30 混凝土。

最终模型梁采用 325cm 钢筋混凝土空心板, 空心板高 20cm, 横向由 3 片梁组成, 桥面铺装层由 3cm 的水泥混凝土铺筑而成。其立面构造如图 1 所示, 横向一般布置如图 2 所示。

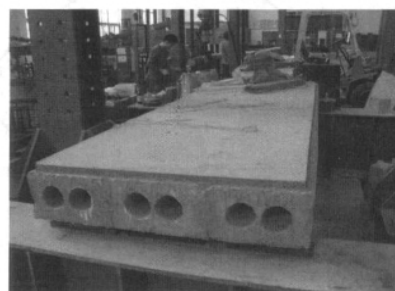


图 1 钢筋混凝土简支空心板梁立面构造图

基金项目: 陕西省交通科技项目(10-39K); 云南省交通运输厅科技项目(2011-2(B)05); 中央高校基本科研业务专项基金项目(CHD2012JC030)。

作者简介: 周勇军(1978-), 男, 湖北孝感人, 工学博士, 副教授, 从事桥梁结构研究。

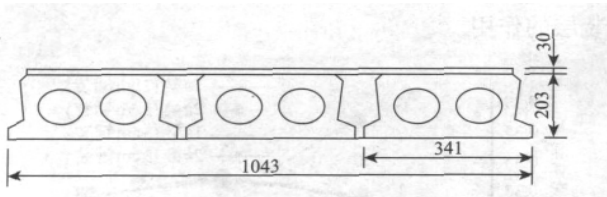


图2 钢筋混凝土简支空心板梁横向一般布置图/mm

1.1 试验工况

模型试验采用集中力进行加载形式，共分为六种荷载工况，各工况加载示意如图3所示。

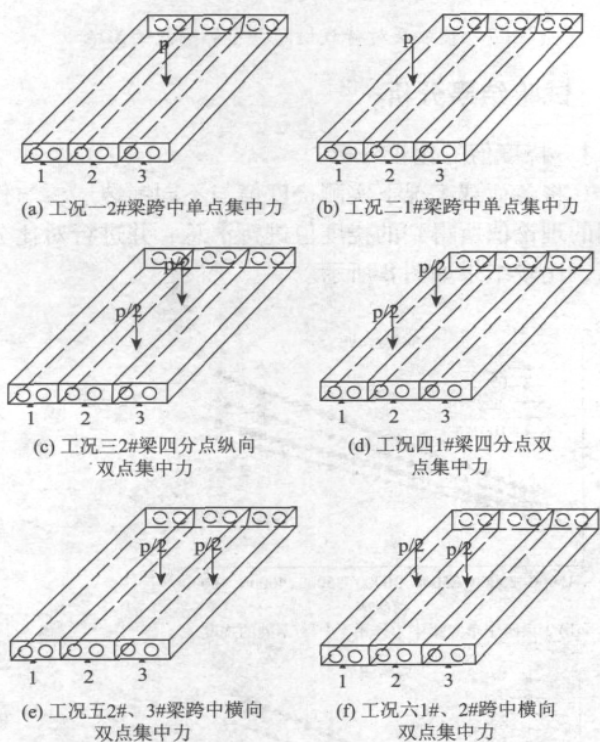


图3 试验工况示意

1.2 测点布置

静载试验的测试内容主要包括挠度测量和应变测量。在各片梁 $L/4$ 、 $L/2$ 、 $3L/4$ 三个截面布置应变片，测量各片主梁在荷载作用下的应变。在各片梁两端支点、 $L/4$ 、 $L/2$ 、 $3L/4$ 截面布设机电式百分表，量测各片梁在荷载作用下的挠度。静力测点布置如图4。

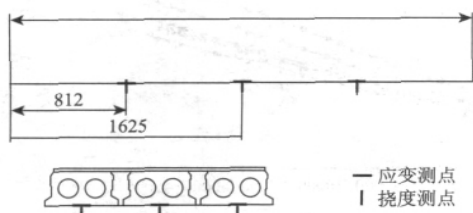


图4 试验测点布置示意/mm

2 理论计算分析

在评定桥梁结构承载能力时，若不考虑桥面铺装层参与主梁结构受力时，理论计算结构应变和挠度值一般都会偏大，而实测结果为整体结构的受力状态，因此桥面铺装层在实际过程中与主梁结构参与了受力，这样就夸大了结构的实际承载力。但是，桥面铺装层又是与主梁结构不同的一种构件，且两者之间存在不连续的界面，必然导致两者不能像单一构件那样整体受力，这就说明桥面铺装层不一定是100%与主梁结构参与受力，那么究竟桥面铺装层对主梁结构的承载能力有多大贡献，需要进行合理的分析研究。

通过实测应变和挠度值与理论计算应变和挠度值进行对比分析，讨论在实际运营的过程中桥面铺装层对桥梁结构承载能力的贡献大小。在理论计算时，人为地将桥面铺装层分成不同的厚度，分别考虑0cm、1cm、2cm、3cm理论计算所得的结果与实测3cm的实测数据进行对比分析，即考虑4种不同情况下桥面铺装层参与结构受力情形：桥面完全不受力、33%参与受力、67%参与受力以及桥面全部参与受力。即本文通过模型试验实测数据来反演理论计算模型，求得桥面铺装层对主梁结构承载能力贡献大小。

2.1 有限元建模分析

利用桥梁空间分析程序 Midas Civil 进行建模分析，梁的一端约束 x 、 y 、 z 方向的位移和 x 、 z 方向的转动，另一端约束 y 、 z 方向的位移和 x 、 z 方向的转动。建模时共采用10个梁单元，结构离散模型见图5所示，不同厚度桥面铺装参与作用空心板桥横截面如图6所示。

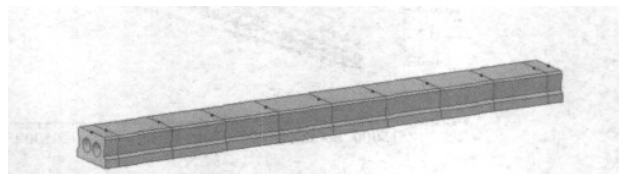


图5 有限元分析模型

2.2 横向分布系数的计算

简支空心板模型试验的桥面铺装层为水泥混凝土，其厚度为3cm。由于整个桥面被桥面铺装层均匀分布，所以铰缝受力特性对桥面铺装层参与主梁结构的受力影响不大。因此本文采用铰接板法进行横向分布系数的计算。在理论计算时分别考虑0cm、1cm、2cm、3cm的铺装层厚度参与主梁结构受力，在计算横向分布系数时也按照这四种情况进行计算，计算结果如图7所示。

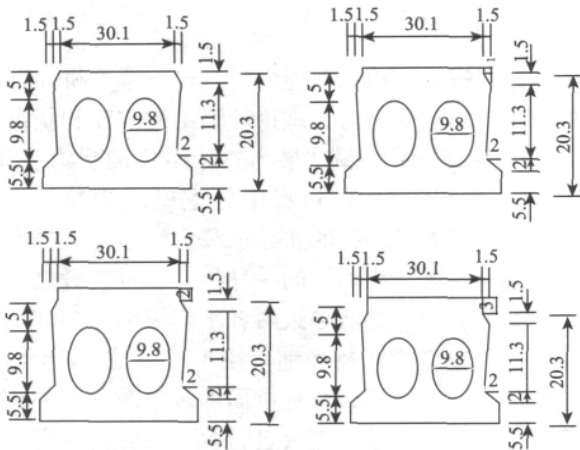


图6 不同厚度桥面铺装参与作用空心板桥横截面/cm

由此可见,铺装层对横向分布影响线的影响很小,可以预见,是否考虑铺装层对横向分布系数的影响也很小,即在横向分布系数计算时也可以不考虑铺装层的作用。

铺装层的作用。

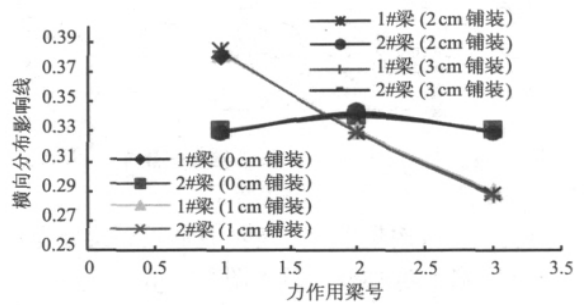


图7 铺装层对荷载横向分布影响线的影响

3 试验结果分析

3.1 挠度值的比较分析

将各荷载工况下实测挠度值与不同铺装层参与作用的理论值所得到的挠度值进行汇总,并进行对比分析,比较结果如图8所示。

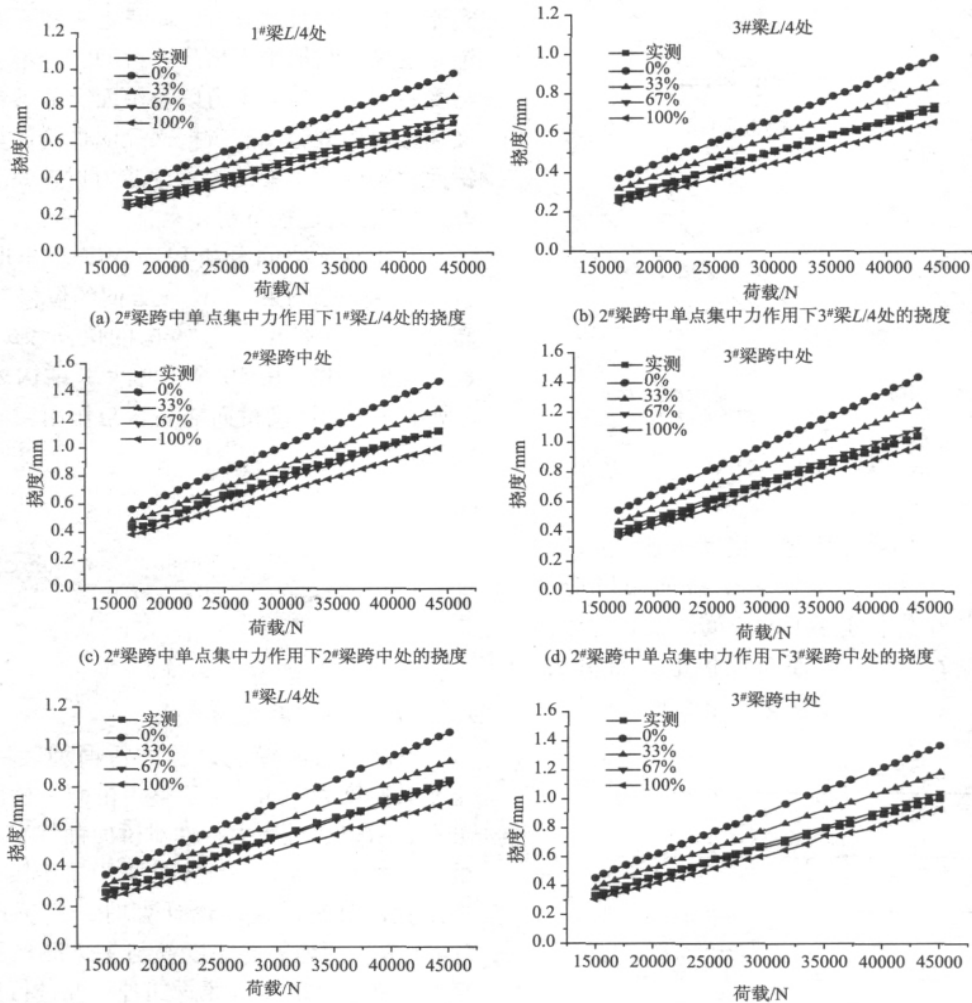


图8 实测结果与理论计算值的对比分析

由图 8 可以看出:

(1) 在各个荷载工况下, 不同厚度桥面铺装层参与作用时, 理论计算的挠度值变化趋势是相同的。

(2) 不同厚度的桥面铺装层参与结构受力时, 随着荷载的增大, 挠度值也在增大; 但是, 随着桥面铺装层参与作用的比例增加, 理论计算的挠度值在减小。由此可见, 主梁结构的承载能力随着桥面铺装层厚度的增加而提高, 桥面铺装层对桥梁结构的承载能力的影响比较显著。如果铺装层与主梁联结良好, 那么在评定桥梁结构承载能力的过程中桥面铺装的作用是不能忽视的。

(3) 对实测挠度值与不同程度桥面铺装层参与

作用所得到的挠度值进行对比分析得出, 在不同荷载工况下, 大部分实测的挠度值与理论计算 67% 桥面铺装层参与作用得到的挠度值非常接近, 也就是说, 在实际桥梁中有 67% 左右的桥面铺装层对主梁的承载能力做出了贡献; 但是由于实测数据存在误差, 有一部分数据与理论计算挠度值相差甚远, 还有一部分实测挠度值随着荷载的增大, 出现了拐点, 不是线性增加的。

3.2 应变值的比较分析

将各荷载工况下实测应变值与不同铺装层参与作用的理论值所得到的应变值进行汇总, 比较结果如图 9 所示。

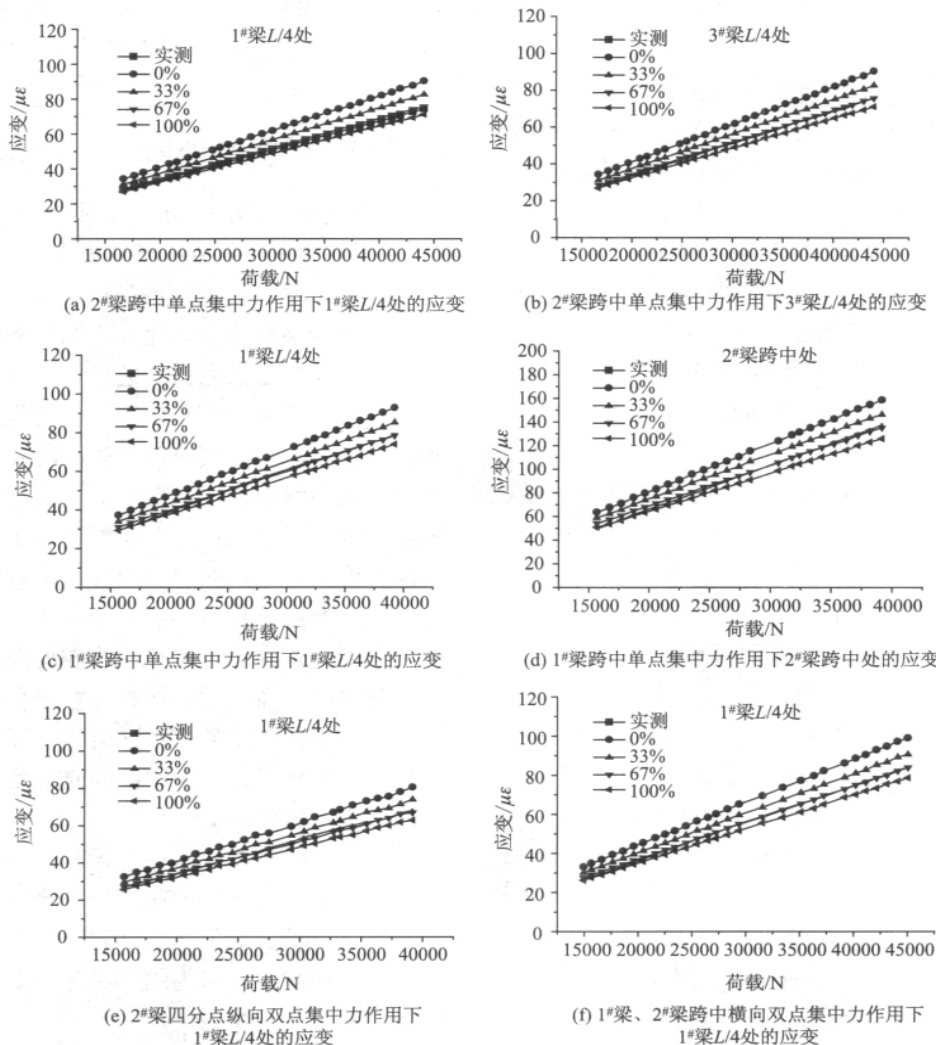


图 9 实测结果与理论计算值的对比分析

由图 9 可以看出:

(1) 应变同挠度有着类似的变化趋势和分布规律。

(2) 对实测应变值与不同程度桥面铺装层参与作用所得到的应变值进行对比分析得出, 在不同荷载 (下转第 309 页)

排泄平衡后,保持了一个相对稳定的高地下水位;同时隧道从出口端开挖,EK18+215掌子面处标高位于地下水位以下,因此掌子面处所承受的压力水头较高,同时爆破后可靠隔水层的厚度被削弱,致使隔水层在地下水的高压力下被压裂,地下水并携带被风化岩体形成的细粒粘土矿物冲出,形成涌水突泥。经现场观察洞内数日后日涌水明显减小且稳定后,施工人员行进至已浇筑二衬段边缘,采用大功率探照灯照射掌子面发现,掌子面附近约60m为泥夹石堆积填塞了隧道截面下半部,突泥处仅为掌子面上台阶右侧1/3区域。

5 结语

研究与应用表明,针对隧道工程的特点,本文在介绍三维地质建模基础上,利用离散光滑插值技术对多种地质信息综合处理的灵活性和适应性,有效地突破了复杂地质体和地下隧道三维建模表达的限制,提供了表达精确的地质模型及隧道开挖模型,达到了实

际工程要求。针对隧道工程中遇到的地质体结构的复杂性和不确定性,可以精确表达,并建立了完善的三维可视化模型,为隧道工程的设计、施工、勘探布置等提供模型资料,为地质人员的分析判断提供综合信息,为设计人员提供可视化参考和分析。

参考文献:

- [1] J. L. Mallet, Geomodeling, Oxford University Press, New York, 600 p, 2002.
- [2] J. L. Mallet. Discrete Smooth Interpolation in Geometric Modeling. ACM-Transactions on Graphics, 8(2): 121-144, 1989.
- [3] J. L. Mallet. Discrete Smooth Interpolation, Computer Aided Design Journal, 24(4): 263-270, 1992.
- [4] Houlding S. W. 3D Geosciences Modeling: Computer Techniques for Geological characterization, Berlin: Springer - Verlag, 131 - 147, 1994.
- [5] Mortenson M. E. Geometric modeling, Wiley, New York, 763p, 1985.
- [6] Roland Pusch. Practical visualization of rock structure. Engineering Geological, 1998.

(上接第297页)

工况下,大部分实测的应变值与理论计算67%桥面铺装层参与作用得到的应变值非常接近,也就是说,在实际桥梁中有67%左右的桥面铺装层对主梁的承载能力做出了贡献;但是由于实测数据存在误差,有一部分数据与理论计算应变值相差甚远,还有一部分实测应变值随着荷载的增大,出现了拐点,不是线性增加的。

4 结语

(1) 对于空心板桥,桥面铺装与主梁结构共同受力,承担了部分荷载。

(2) 是否考虑桥面铺装层对桥梁结构横向分布系数的影响较小。

(3) 经过对实测挠度、应变值与理论不同程度的桥面铺装层参与作用所得到的挠度、应变值进行对比分析可知,桥面铺装层在实际桥梁运营中并不是100%的对主梁结构的受力有贡献,而是大概有67%

左右的桥面厚度对主梁结构的受力做出了贡献。

参考文献:

- [1] 张劲泉.我国公路桥梁承载能力检测评定技术的现状与发展.公路交通科技,2006(S1): 53-55.
- [2] 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.上海:同济大学,2009.
- [3] 陈宜言,许有胜,左小刚,等.基于静动力测试的多跨预应力连续梁桥承载力评估.福州大学学报(自然科学版),2006,34(4): 583-588.
- [4] 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.西安:长安大学,2008.
- [5] 李树言,张国.检测工作在公路工程中的重要意义.黑龙江交通科技,2004(9).
- [6] 柴广,孙建民,郑杰.新型铰缝在重载交通道路桥梁设计中的应用.内蒙古公路与运输,2005(4): 20-22.
- [7] 胡耀辉.桥面铺装结构的受力特性分析.平顶山工学院学报,2008,17(3): 71.
- [8] 郑淳.桥梁荷载试验理论分析准确性的影响因素分析.建筑监督检测与造价,2009,2(9): 22-25.