

文章编号:1671-6833(2012)04-0005-04

单双圆荷载作用下沥青路面受力特性对比研究

郑元勋¹, 蔡迎春¹, 张亚敏²

(1. 郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001; 2. 郑州大学 图书馆, 河南 郑州 450001)

摘要:为研究沥青路面在单圆和双圆荷载作用下的受力及变形的异同,验证用单元均布荷载等效双圆均布荷载的有效性.首先分析了双圆均布荷载下沥青路面弯沉及受力性能变化情况,然后分别进行了弹性层状理论下单圆和双圆作用下沥青路面受力性能对比研究及单圆和双圆动力加载作用下沥青路面力学性能对比数值模拟研究.结果表明:在动、静加载模式下,沥青路面在单、双圆均布荷载作用下的弯沉及应力除在路表处存在一定的差异外,随路面结构深度的增加,弯沉及应力变化趋势和大小均趋于一致,表明用单圆均布荷载等效双圆均布荷载进行设计及相关检测是可行有效的.

关键词:沥青路面;单圆荷载;双圆荷载;对比分析

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2012.04.002

0 引言

我国现行规范所采用的设计指标为双圆荷载图式,设计参数的确定为单圆荷载图式^[1-2],作为现代路面检测主流设备的落锤式弯沉仪也是单圆加载,因此有必要研究单圆和双圆荷载作用下路面受力及弯沉之间的相互关系,以验证单元均布荷载等效双圆均布荷载的可行性.早期相关文献^[3-4]就均质体与层状体两种情况下单圆和双圆荷载弯沉盆的关系进行了一定的探讨,但研究主要针对静载作用下展开,对动载情况下的情形研究不足^[3-10].针对该研究现状,笔者首先研究基于弹性层状理论的单、双圆均布荷载作用下沥青路面受力及变形特性,然后基于有限元软件 ANSYS 建立路面三维数值模型,并依据实测数据对

其进行修正,进而研究了动力加载情况下单圆和双圆均布荷载作用下沥青路面受力性能的异同.

1 试验设计

为研究单、双圆均布荷载作用下沥青路面受力特性的异同,选取一条典型半刚性基层沥青路面作为试验路段,依据文献[1-2]相关规定,试验加载情况如表1所示.具体路面结构如表2.

表1 试验加载

Tab. 1 The loading of experiment

标准轴载	BZZ-100	标准轴载	BZZ-100
标准轴载 P/kN	100	单轮传压 当量圆直径 d/cm	21.3
均布荷载压强 p/MPa	0.70	两轮中心距 $/\text{cm}$	1.5d

表2 试验路段结构

Tab. 2 The structures of experiment pavement

材料参数	厚度 $/\text{cm}$	弹性模量 $/\text{MPa}$	泊松比	内摩擦角 $/(^{\circ})$	黏聚力 $/\text{kPa}$	密度 $/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
面层						
细粒式沥青混凝土	5	1 400	0.25	60	350	2 500
中粒式沥青混凝土	10	1 200	0.25	60	350	2 500
上基层						
5%水泥稳定碎石	15	1 500	0.25	40	250	2 400
下基层						
3%水泥稳定碎石	15	1 500	0.25	40	250	2 400
底基层						
水泥石灰砂砾土	20	700	0.25	40	250	2 300
路基						
土基	—	60	0.40	22	55	1 900

收稿日期:2011-12-20;修订日期:2012-04-20

基金项目:中国博士后面上基金资助项目(20110491008);港口海岸及近海工程国家重点实验室开放基金(LP1113)

作者简介:郑元勋(1978-),男,郑州大学讲师,工学博士,博士后在读,主要从事道桥方向的教学及科研工作,E-mail:yxzheng@zzu.edu.cn.

2 单、双圆荷载下沥青路面受力特性比较

2.1 双圆均布荷载下沥青路面弯沉及受力分析

我国路面结构设计采用双圆均布垂直荷载作用下的弹性层状连续体系理论进行计算^[1-2,5],图1为设计指标计算图式。

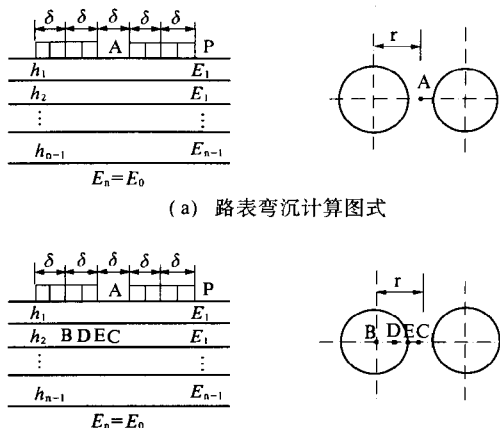


图1 沥青路面设计指标计算图式

Fig.1 The design index of calculation graphic for AC pavement

如图1所示,A点是路表弯沉的计算点,位于双圆均布荷载的轮隙中间,验算沥青混凝土层底部拉应力时,应力最大点在B和C两点之间,层间接触条件设定为完全连续体系。为了比较弹性层状体系下双圆均布荷载沥青路面各测点(A、B、C、D、E)弯沉及受力情况,用弹性层状体系计算程序 BISAR(壳牌)对双圆均布荷载下各测点的弯沉值及受力情况进行计算,结果如图2、3所示。

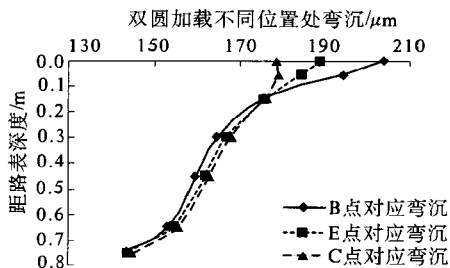


图2 双圆加载作用下各测点弯沉比较

Fig.2 The deflection comparison for AC pavement

图2为B、C、E3点处的计算弯沉值,由图2可以发现:在路表处3测点弯沉值存在一定的差异,究其原因,主要是因为沥青路面实际结构形式与弹性层状理论存在一定差异,且荷载加载接触形式也与实际存在一定的差异,因此在路表处3测点的弯沉值存在一定的差别。但随着路面深度

的增加,各测点弯沉值之间的差异呈减小趋势,在基层及底基层深度处各测点的弯沉趋于一致。

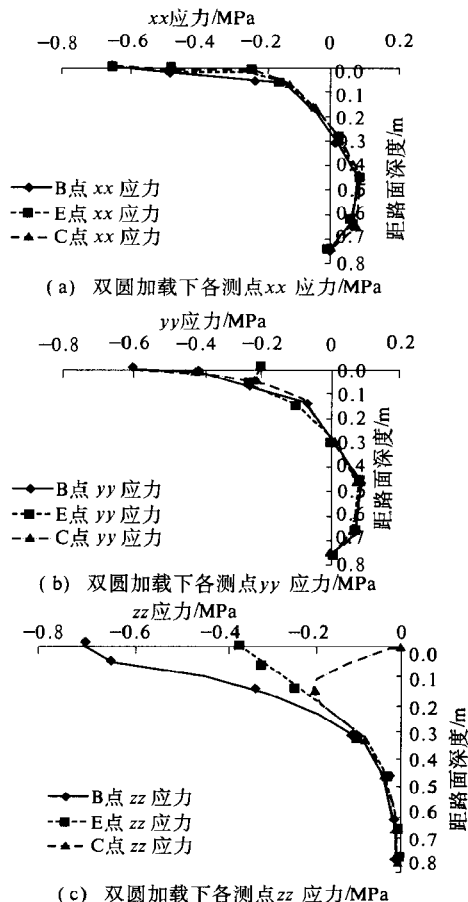


图3 双圆加载作用下各测点应力比较

Fig.3 The stresses comparison for AC pavement

如图3所示,3个应力中xx(拉应力)应力最大,因此要作为设计时的控制应力。通过对比不同测点下沿路面深度处应力变化情况可以发现:xx、yy应力在面层为压应力,随深度增加,压应力呈逐渐减小的趋势,在面层底部附近变为拉应力,并随深度的增加在上、下基层交界处达到最大值,然后随深度的继续增加而逐渐减少,在一定深度处减少至零。因此,上、下层交界处的xx(拉应力)应力应作为路面结构设计的控制应力。

2.2 基于弹性层状理论的单双圆均布荷载作用下沥青路面受力性能比较

为了研究双圆均布荷载和等效单圆均布荷载作用下沥青路面受力性能的差异,用 BISAR 程序(壳牌)计算双圆加载和单圆加载情况下沥青路面的变形及受力性能,比较测点为单圆圆心和双圆圆心距中心处,计算结果如图4、图5所示。

图4显示,在路表处单圆均布荷载作用下的

路面计算弯沉大于双圆均布荷载作用下的计算弯沉,随着距加载中心处距离及结构深度的增加,单、双圆荷载作用下的弯沉及应力变化趋势和大、小趋于相同。

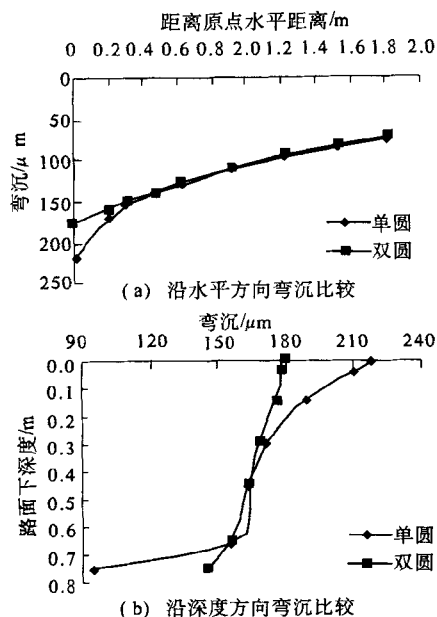


图4 双圆和单圆加载作用下沥青路面结构弯沉比较
Fig.4 The comparison of deflection between single circle and double circle loading for AC pavement structure

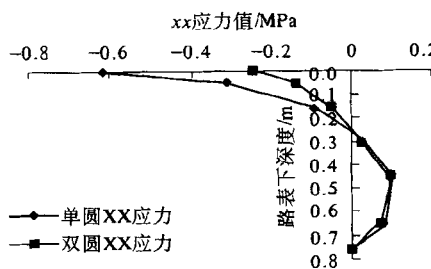


图5 单双加载作用下沥青路面结构沿垂直方向应力比较
Fig.5 The comparison of stress vertical along with horizontal direction between single circle and double circle loading

由图5可以看出,与弯沉值相似,沥青路面在单、双圆均布荷载作用下的应力除在路面处存在一定的差异外,随路面结构深度增加,变化趋势及大小趋于一致,如单圆和双圆均布荷载作用下沥青路面均在25 cm深度处呈受拉状态,该现象说明用单元均布荷载等效双圆均布荷载是可行的,利用重力式落锤弯沉仪(FWD)对路面强度及受力性能进行检测和评价是科学的。

2.3 沥青路面在单圆荷载和双圆荷载动力加载下力学性能比较

利用ANSYS有限元软件建立试验路段的三维有限元模型,模型尺寸9.300 m×5.235 m×

2.500 m,笔者选取SOLID45八节点实体单元进行建模,该单元能够较好地模拟沥青混凝土和土体的力学性能。

首先利用实测弯沉及受力值验证了数值模型,然后基于有限元模型分别分析了沥青路面在单、双圆荷载动态加载下的受力变化情况,对于模拟车辆的动载,采用阶跃载荷进行加载。施加于一个当量车轮面积上的轮载持续时间为 $t = 0.213/V$, V 表示车辆行驶速度。以车速为60 km/h时的情况进行比较,分析结果如图6、图7所示^[10]。

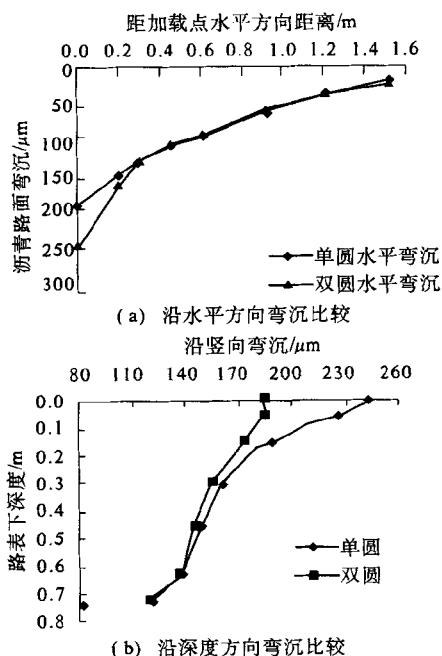


图6 单双圆加载作用下沥青路面结构计算弯沉值比较
Fig.6 The comparison of deflection between single circle and double circle loading for AC pavement structure

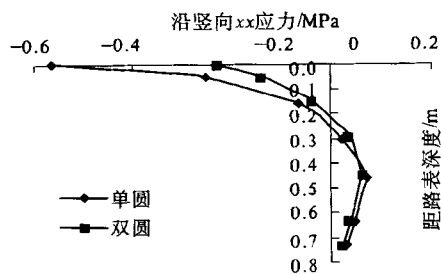


图7 单双加载作用下沥青路面结构应力
Fig.7 The comparison of stress between single circle and double circle loading for AC pavement structure

与静力加载相似,动力加载下沥青路面在单、圆均布荷载和双圆均布荷载下沿水平方向弯沉值除在加载点处存在一定的差异外(25%),变化趋势和大小趋于相同。

同理,与静力加载相似,沥青路面在单、双圆均布荷载动力加载下沿沥青路面结构深度方向的弯沉及应力除在路表处存在一定的差异外,随路面结构深度的增加,弯沉及应力变化趋势和大小均趋于一致.再次验证了用单元均布荷载等效双圆均布荷载是可行的,这亦证明自动落锤式动态弯沉检测设备 FWD 利用单圆均布加载等效双圆均布加载进行路面弯沉检测是科学合理的.

3 结论

(1) 基于弹性层状理论的计算结果表明,沥青路面在单、双圆均布荷载静力加载下的应力及弯沉值仅在加载点附近存在一定的差异,随结构层深度的增加,弯沉及应力值的变化趋势及数值大小相近.

(2) 利用有限元模型对单、双圆动态加载作用下沥青路面受力性能研究发现:同静力加载相似,两者仅在加载点附近(由于应力集中现象)存在一定的差异外,基本吻合较好.

(3) 研究结果验证了用单元均布荷载等效双圆均布荷载的有效性,表明用单圆均布荷载等效双圆均布荷载进行设计及相关检测是科学合理的.

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通部. JTJ E60-2008 公路路基路面现场测试规程[S]. 北京:人民交通出版社,

2008.

- [2] 中华人民共和国交通部. JTJ D50-2006 公路沥青路面设计规范[S]. 北京:人民交通出版社,2007.
- [3] 熊焕荣. 落锤式弯沉仪在路基和柔性路面性能评定中的应用[J]. 公路交通科技,1992,9(1):16-25.
- [4] 唐伯明,邓学钧,李一鸣. 落锤式弯沉仪(FWD)与贝克曼(BB)梁式弯沉仪的对比试验研究[J]. 中国公路学报,1990,3(3):37-43.
- [5] 邓学钧. 路面工程[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [6] ZHENG Yuan-xun, KANG Hai-gui, CAI Ying-chun, et al. Effects of temperature on the dynamic properties of asphalt mixtures [J]. Journal of Wuhan University of Technology - Mater. Sci. Ed., 2010,25(3):534-537.
- [7] XU Bing, RANJITHAN S R, KIM Y R. New relationships between falling weight deflectometer deflections and asphalt pavement layer condition Indicators [J]. Journal of the Transportation Research Board, 2002(6):48-56.
- [8] 陆辉,孙立军. 轮载作用下沥青路面三维非线性有限元分析[J]. 土木工程学报,2004,37(7):64-67.
- [9] 偶昌宝. 沥青路面动力响应分析[D]. 杭州:浙江大学土木水利学院,2005.
- [10] 郑元勋. 沥青路面动态弯沉及其反算模量的温度修正研究[D]. 大连:大连理工大学土木水利学院,2010.

Comparative Study of Asphalt Pavement Force Under Single and Double-round Loads

ZHENG Yuan-xun¹, CAI Ying-chun¹, ZHANG Ya-min²

(1. School of Water Conservancy and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Library of Zhengzhou University, Zhengzhou University Zhengzhou 450001, China)

Abstract: To study the similarities and differences of force and deformation of asphalt pavement under single round and two round loads, and to verify the effectiveness of using single round uniformly distributed load equivalent two-round uniformly distributed load. Firstly, the deflection and stress of asphalt pavement under two-round uniform distributed load were studied, and then the comparative stress analysis of asphalt pavement under single round and two round loads based on elastic layer theory and numerical simulation study by dynamic loading of double-and single-round were carried out. The results show that: both in the static and dynamic load mode, except some differences existing in the road surface, with the increase in the depth of the pavement structure, deflection and stress trends and size are consistent for single round and two round loads, which means that with a single round uniformly distributed load equivalent to two-round to design and testing is feasible and effective.

Key words: asphalt pavement; single round loading; two-round load; comparative analysis