

Application of MLS66 Accelerated Loading Equipment in China

Jing Tan*, Haojie Cai, Bufan Wang

Civil Engineering College, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: In recent years, with the development of China's transportation construction industry, the number of new, rebuilt, and expanded pavements has increased, and various combinations of pavement structures have appeared. Most pavement structures are designed according to the mechanics-empirical method, and the design parameters of pavement structure and design road performance are designed based on experience. Therefore, various scientific research and testing institutions of higher education institutions and MLS66-type accelerated loading equipment imported from abroad have done a lot of research on the durability evaluation of China's pavement structure. The main research directions are: the mechanical response research of steel bridge deck paving, the pavement structure strain research, and the pavement structure performance research of overlay pavement. These research results have important application value.

Keywords: Pavement structure; Mechanics-empirical method; MLS66 equipment; Durability; Rutting

MLS66 型加速加载设备在我国的应用

谭静*, 蔡豪杰, 王不凡

重庆交通大学, 重庆, 中国, 400074

摘要: 近年来随着我国的交通建设事业的发展, 新建、改建、扩建的路面的增加, 出现各种路面结构组合形式。大部分的路面结构是依据力学-经验法进行设计, 其路面结构设计参数及设计路用性能均根据经验设计。因此, 各个科研、检测机构高等院校和从国外引进 MLS66 型加速加载设备, 对我国的路面结构耐久性评价做了大量的研究。主要的研究方向是: 钢桥面铺装的力学响应研究、路面结构的应变研究、加铺罩面的路面结构性能研究等成果, 这些研究成果都具有重要的应用价值。

关键词: 路面结构; 力学-经验法; MLS66 设备; 耐久性; 车辙

1 引言

加速加载试验设备^[1]应用于中国的足尺路面试验始于 1983 年重庆市公路科学研究所引入的环形加载加速加载设备, 开启了我国足尺路面试验的先河。交通运输部公路科学研究所于 1986 年从澳大利亚引入 ALF 直线式加速加载试验系统, 对我国的路面结构设计、材料参数研究、路面评价做了大量的研究。长沙理工大学于 1996 年从澳大利亚引入了 HVS 直线式双向加速加载系统, 通过足尺试验提出了“厚基、薄面、强土基”的路面设计原则。长安大学于 2007 年引入 MLS1/3 小型直线式加速加载设备, 可以模拟真实路面荷载响应。2019 年底我国高速公路里程达

13.65 万公里, 如此大的高速公路里程给我国的道路建、管、养机构提出了巨大的挑战。为验证公路沥青路面的耐久性能, 并提高科研效率, 各研究机构相继从南非引进大型足尺可移动直线式路面加速加载试验系统 MLS66。中国的 MLS66 加速加载设备始于辽宁省于 2010 年从南非引入的 MLS66 加速加载设备, 使我国足尺路面加速加载试验进入一个新的发展时期。2013 年同济大学和 2017 年东南大学相继从南非引入 MLS66 加速加载试验设备, 使我国的路面耐久性研究进入一个高效且高速的发展时期。

因此本文全面总结了 MLS66 设备引进至今所做的成果及其应用。



Figure 1. Curve: Distribution of MLS66 equipment in China
图 1. MLS66 设备在我国的分布

Table 1. Summary of MLS66 equipment research projects
表 1. MLS66 设备部分研究项目汇总

购置时间	机构	研究项目
2008	辽宁省交通科学研究院	滨海路辽河特大桥钢桥面铺装加速加载试验
		辽宁省高速公路橡胶沥青路面加速加载试验
		辽宁省高速公路沥青路面典型结构加速加载试验
		微表处加速加载试验
2013	同济大学道路工程中心	细砂路基路面结构加速加载试验研究
		大型 MA 类钢桥面铺装高温性能加速加载试验研究
		倒装式基层沥青路面养护结构加速加载试验研究
2014	大连理工大学	沥青路面结构与材料
2016	江苏交通科学研究院股份有限公司	基于加速加载试验的钢桥面铺装性能研究
		高速公路路面结构长期保存技术及智能养护

2 MLS66 加速加载设备概况

2.1 加载设备简介

MLS66 加速加载试验系统如图 2. 其由刚性主框架、6 组轮架及内部双轮胎 (305/70R22.5) 组成。外形尺寸为 15m×2.85m×3.5m, 6 组加载轮依次对路面 6.6m 长的有效加载段施加荷载, 形成单向作用的重复加载模式, 加载速度为 0~22km/h。该试验可

以在短时间内模拟足尺路面在实际交通荷载状态下的破坏作用。设备加载效率高, 但荷载间歇时间要小于实际道路车辆间隔时间, 而且机械结构复杂, 故障率高, 维修维护成本高, 冲击噪音大, 电效率低, 输入电功率高达其中发热, 因此该设备必须增加一套复杂的散热系统。

MLS66 的整个核心系统是其半轴双轮式加载单元如图 3., 通过调整液压泵可以调节加载的轴载大

小,轴载可以通过把称重板的置入加载轮下方,调节液压阀使得轴载在 40KN~75KN 间转换。通过控制轴载—加载速度—胎压的条件下进行加速加载试验可以反映不同轴载作用下路面的结构动力响应。包括在不同轴载作用下导致路面结构应力、应变的大小,通过研究不同结构层的应力应变大小可以分析出结构中不同沥青层的功用,设计出更符合路面结构形式的配合比设计,以减少路面出现的结构性破坏。

轮胎压力调整可以依据试验要求在 0.4Mpa~0.7Mpa,通过手持压力计,对轮胎的气孔加压泄压来控制胎压,常用加载胎压在 0.7Mpa。通过控制胎压的加速加载试验能够反映出在一定轴载、不同胎压作用下的路面车辙的变化情况,建立轴载-胎压-车辙间的关系。更进一步在高温加载条件下可以反映出路面结构在温度-轴载-不同胎压的加载条件下建立该结构形式路表面的车辙发展规律^[2]。

MLS66 设备可以在前后千斤顶位置上加装导轨,通过千斤顶左右移动控制机体的左右移动来完成横向轮迹分布的加载试验,横向轮迹分布的范围在±0.5m 的范围内。

沥青路面是由沥青混凝土铺筑而成,沥青混凝土材料是温度敏感性材料,在高温高湿条件下会发生温度变形,容易出现车辙。MLS66 设备能够通过加热装置、洒水装置对加载带进行高温、高湿加载试验,通过加装试验对路面结构的抗车辙、抗水损坏能力验证。高温、高湿加载试验能有效的模拟南方地区路面高温天气、雨天等不利的环境。研究路面结构在南方地区环境下的车辙、裂缝等发展规律,设计出更符合南方的抗弯沉路面结构、抗车辙沥青混合料。



Figure 2. Curve: MLS66 accelerated loading equipment
图 2. MLS66 加速加载设备



Figure 3. Curve: MLS66 half-axis double-wheel loading unit
图 3. MLS66 半轴双轮式加载单元

2.2 基于 MLS66 试验设备试验方案设计需要考虑的因素

基于 MLS66 加速加载设备进行的加速加载试验是一个系统性工程,制定加速加载试验方案^[5]时要依据加载设备的性能和试验指标来制定。对路面结构进行加载试验一般考虑的是加载次数对路面车辙、弯沉、路面结构层的应力应变、温度、湿度、路面材料的模量衰减的相关性。通过综合考虑这些因素预估路面结构的使用寿命、大中修养护的时机、路面结构在不同使用期间的破坏情况进行全面的研究。

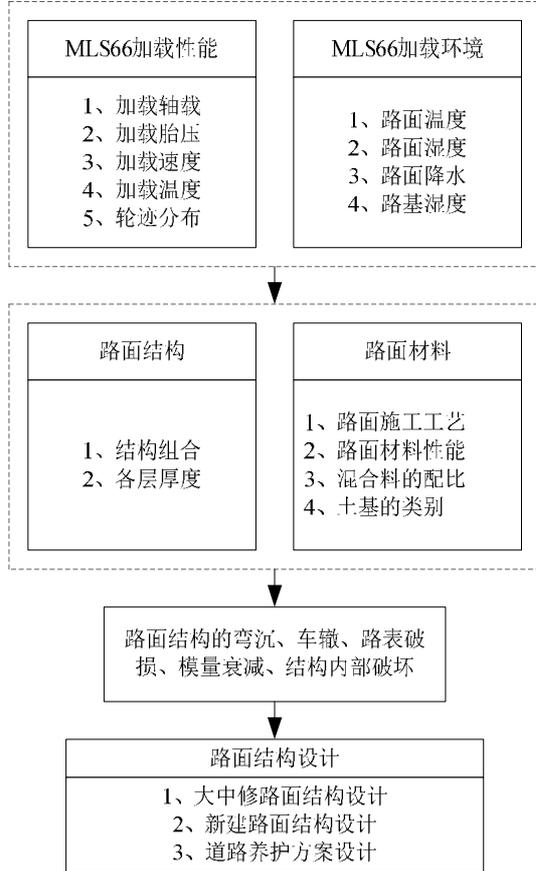


Table 2. Deck pavement structure of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge
表 2. 港珠澳大桥桥面铺装结构

结构形式	上面层	下面层	防水粘层	桥面钢板
结构一: GMA+SMA 结构, (总厚度 70mm)	改性沥青 SMA-13 厚度: 40mm, 长 8m, 宽 3.3m	浇筑式沥青 GMA-10, 厚度: 30mm, 长 4m, 宽 3.3m	沥青基热熔粘结层, 总用量为 150~200 g/m ² ; 甲基丙烯酸树脂(两层), 厚度为 2mm; 底漆, 用量为 150~200g/m ² , 厚度为 50~100μm	喷砂除锈, 清洁度为 Sa2.5 级; 粗糙度为 50~100μm
结构二: MA+SMA 结构, (总厚度 70mm)		浇筑式沥青 MA-10, 厚度: 30mm, 长 4m, 宽 3.3m		

加速加载试验在同等的条件下分为 2 次加载, 对二种结构在不同加载次数下采用断面仪测定其车辙深度。2 次加载轮迹带的车辙发展规律如图 5-7。试验结果表明两次加速加载试验车辙发展规律相似, 从图 5、6 中可以看出两种结构在加载初期 (即 0-20000 次

Figure 4. Curve: tfactors to be considered in accelerated loading test protocol

图 4. 加速加载试验方案应考虑的因素

3 MLS66 在我国的部分研究成果

3.1 钢桥面铺装抗车辙性能分析

港珠澳大桥的桥面结构的形式是钢箱梁正交异性桥面板, 张肖宁^[3]等人推荐桥面铺装结构形式是: 浇筑式沥青混合料下面层+沥青玛蹄脂混合料上面层。针对钢箱梁桥面板与推荐的桥面铺装组合的结构形式在珠江口高温多雨气候条件下的使用情况。需要基于 MLS66 加速加载设备对桥面铺装组合结构进行加速加载试验并进行耐久性分析。耐久性分析主要包括高温、多雨条件下的抗车辙分析, 以及室内试验与实验室试验结果相关性的对比, 验证桥面结构的使用性能是否和实验室结果相符合。该加速加载试验结果对浇筑式沥青混合料下面层+沥青玛蹄脂混合料上面层的桥面铺装应用于港珠澳大桥提供了决策依据。

区间内) 车辙发展的非常迅速, 这表明两种结构都存在初期压密的现象。在加载后期 (即 20000 次—50000 次区间内) 车辙的发展相对于加载初期增加不迅速。2 次试验结果表明: 结构一的抗车辙性能优于结构二的抗车辙性能。

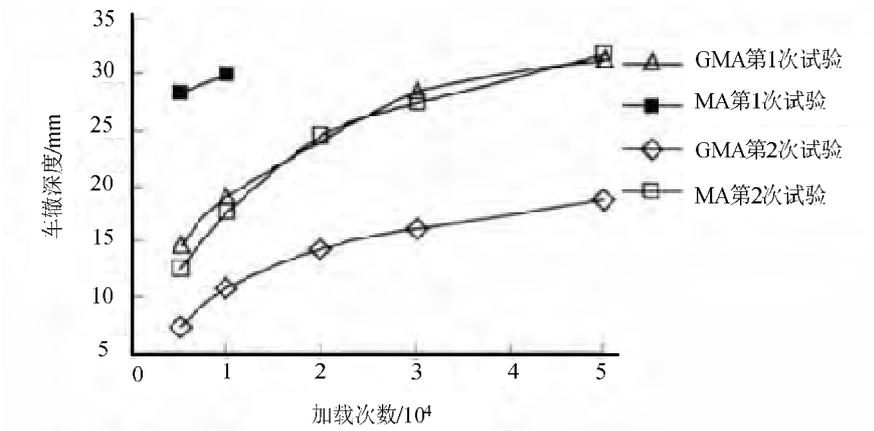


Figure 5. Curve: development rule of rut on left wheel track
图 5. 左侧轮迹带车辙发展规律

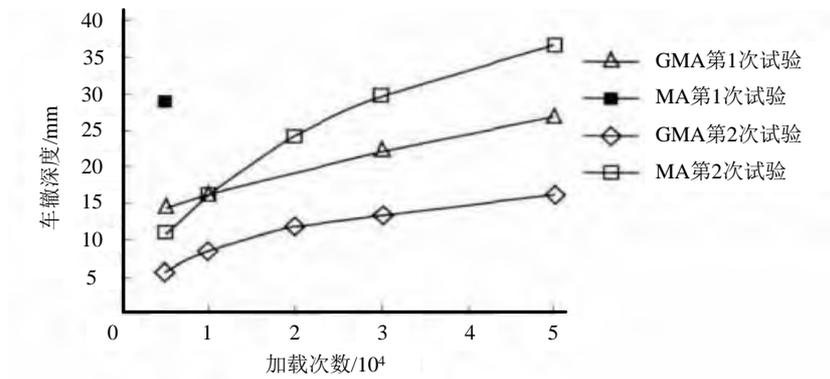


Figure 6. Curve: development of rut on right wheel track
图 6. 右侧轮迹带车辙发展规律

3.2 微表处养护沥青路面加速加载试验

辽宁省交通科学研究院张书立^[4]依托 MLS66 加速加载试验设备,对路面上摊铺微表处混合料后的高速公路沥青路面试验段进行加速加载试验。主要测定车辙断面深度,构造深度,渗水系数等指标。图 7 表明在 0-125000 次区间内的车辙发展深度:加铺微表处材料>半刚性基层沥青路面,在 125000 万次后的车辙发展深度:加铺微表处材料<半刚性基层沥青路面。表明在路面的长期抗车辙性能微表处材料>半刚

性基层沥青路面。图 8 表明在 300000 加载次数下,路表面的构造深度从 0.9mm 降到 0.55mm 分为两个阶段:第一阶段是在 0-125000 次区间内的构造深度下降较快。第二阶段是在 125000-300000 次区间内的构造深度下降缓慢。图 9 表明在加载次数的增加渗水系数也逐渐的增加。基于 MLS66 加速加载设备的试验结果表明加铺微表处材料能够有效的提升路面的耐久性。

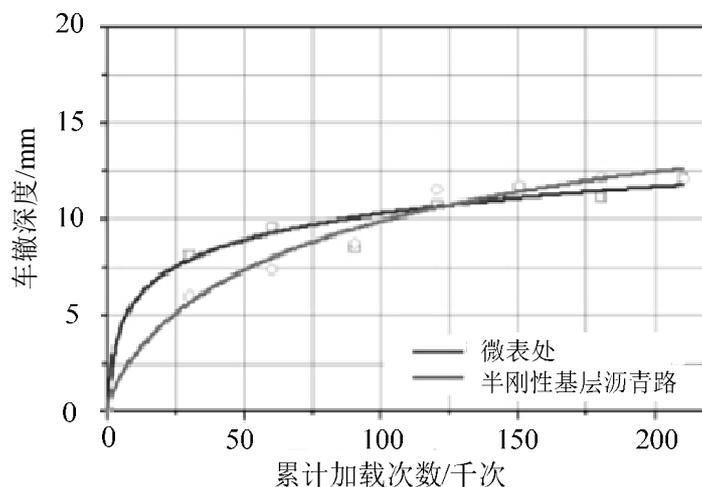


Figure 7. Curve: trend of rut depth before and after paving at micro surface with loading times
 图 7. 微表处摊铺前后车辙深度随加载次数变化趋势

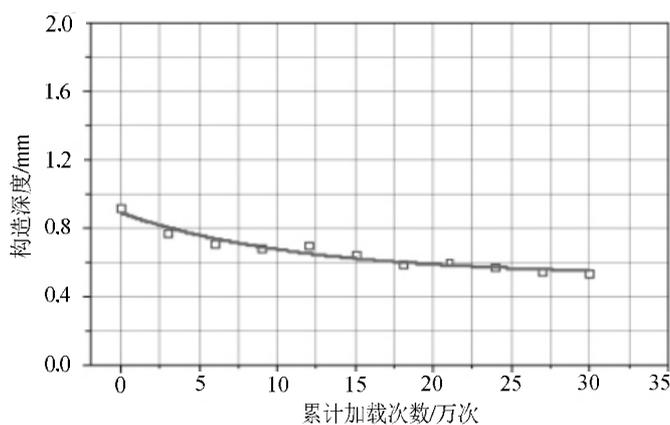


Figure 8. Curve: trend of structural depth at micro surface with load times
 图 8. 微表处构造深度随加载次数变化趋势

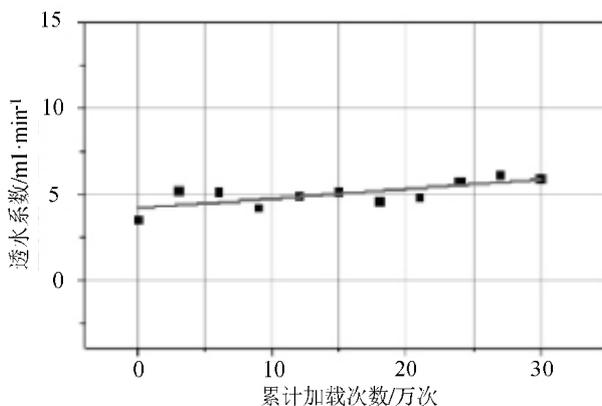


Figure 9. Curve: trend of permeability coefficient at micro surface with load times
 图 9. 微表处透水系数随加载次数的变化趋势

4 结论

自首台 MLS66 加速加载设备自引进中国，承担了诸多的科研任务，对我国的交通事业起到了巨大的帮助。从本文看 MLS66 加速加载对我国的交通事业起到了以下几个作用：一是验证了新建、改建、扩建路面结构的耐久性能。二是为我国的钢桥面铺装技术提供了有益的宝贵试验经验。三是验证了路面结构的辙槽形成机理。四是为路面结构的设计参数提供了有益的补充。

参考文献

- [1] Li Lin, Meng Shutao, Xu Quanliang. Application of full-scale pavement accelerated loading test system in China. Highway Communications Science and Technology (Application Technology Edition). 2010, (12), 169-172.
- [2] 李琳, 孟书涛, 徐全亮. 足尺路面加速加载试验系统在我国的应用. 公路交通科技(应用技术版). 2010, (12), 169-172.
- [2] Zhu Tianming. Research and numerical simulation of rutting development of asphalt pavement based on accelerated loading test. Harbin Institute of Technology. 2014, (03), 1-15.
- [3] 朱天明. 基于加速加载试验的沥青路面辙槽发展规律研究与数值模拟. 哈尔滨工业大学. 2014, (03), 1-15.
- [3] Rong Hongliu. Experimental study on accelerated loading of MA-type cast asphalt steel deck pavement of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge. South China University of Technology. 2018, (09), 80-85.
- [4] 容洪流. 港珠澳大桥 MA 类浇注式沥青钢桥面铺装加速加载试验研究. 华南理工大学. 2018, (09), 80-85.
- [4] Zhang Shuli. Application of full-scale pavement accelerated loading Device MLS66 in Liaoning Province. North Traffic. 2012, (03), 1-7.
- 张书立. 足尺路面加速加载设备 MLS66 在辽宁省的应用. 北方交通. 2012, (03), 1-7.