

高频低振幅共振破碎关键技术分析

陈杰宏¹, 李雪萍², 李文凯³

(1.河南省豫晋高速公路建设有限公司, 河南 三门峡 472000; 2.河南化工研究所有限责任公司, 河南 郑州 450000;

3.河南交院工程技术有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要:以福州市东二环路鳌峰大桥北桥头 K8+394—648 作为试验路段, 采用 GZL-600 型全浮动式共振机对其水泥砼路面实施破碎, 通过测定振动速率及主频值的变化评价振源对观测区域的影响; 以 19、20 和 21 MPa 3 种振动力, 分别对应 3、2.5 和 3.5 km/h 3 种行进速度对砼板进行共振破碎, 挖坑检测破碎效果, 并分析了破碎后颗粒级配特点、MHB 和 RPB 两种破碎方式对基层顶面回弹模量和基层承载力的影响。

关键词:公路; 高频低振幅共振破碎; 道路维修; 反射裂缝

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)04-0090-03

随着公路行业的迅速发展, 交通量和重载现象的增加使早期水泥路面发生不同程度的破坏, 尤其是城市道路、水泥路面病害的出现, 很大程度上影响了人们的交通出行, 给生活带来不便。传统的“白改黑”道路修补技术虽然可在一定程度上缓解前期的影响, 但在施工过程中必须采取灌缝、封缝、粘贴防裂层等措施预防反射裂缝, 不仅施工周期长, 给现场带来巨大交通压力, 而且有效施工时间短暂, 工程质量难以保证。从近几年“白改黑”道路的使用寿命来看, 其耐久性并不理想。在水泥砼路面大中修中应用高频低振幅共振破碎技术能达到破碎水泥砼路面, 将传统刚性路面优化成沥青砼柔性路面的效果, 解决“白改黑”路面养护中的反射裂缝问题, 可减少防裂处理工序, 节省施工成本, 提高机械化施工速度, 在水泥路面养护中具有广阔的应用前景。

1 路面破碎技术发展现状

目前主要有两种路面破碎工艺, 即 MHB 多锤头破碎技术和 RPB 共振破碎技术。MHB 技术由美国威斯康星州公路 Antigo 设备有限公司研发, 在 20 世纪中期应用于路面破碎中, 其主要由前后按照一定间距设置的 8 或 6 个锤头组成。1986 年, 美国工程师 John Brizzell 对该技术进行改良, 研发出新型 RPB 共振破碎机。随着科技的发展, 目前国外 RPB 共振破碎机已更新到 PB500 型。在学习美国领先技术的基础上, 中国科研人员通过努力研发出属于自己的 GZL-600 全浮动式共振机, 该机器在操作过程中紧贴水泥路面传输共振能量, 破碎效果

更明显, 功能更先进。

2 共振破碎试验分析

选取福州市东二环路鳌峰大桥北桥头 K8+394—648 作为试验路段(共 254 m), 采用 GZL-600 型全浮动式共振机进行水泥路面高频低振幅共振破碎试验, 在距离振源 0.3 和 5.0 m 处安装地震监控设备探头, 实时监测破碎过程中沿行车方向、垂直行车方向、竖直深度方向的振速及主频值的变化, 评价振源对观测区域的影响。

2.1 距振源 0.3 m 处的检测结果

调整好破碎机各参数, 将监控设备探头的位置设置在距离振源 0.3 m 处, 检测破碎过程中沿行车方向、垂直行车方向、竖直深度方向的振速及主频值随时间的变化, 测试结果见表 1 和图 1~3。

表 1 距振源 0.3 m 处的测试结果

方向	振速最大值/ ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	主频/ Hz	时刻/ s	量程/ ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	灵敏 度
行车方向	-24.263	0.919	1.376	40.816	24.5
垂直行车方向	-25.538	1.431	1.478	44.444	22.5
竖直深度方向	-22.913	1.998	1.304	33.333	30.0

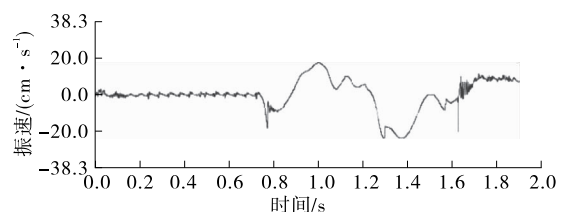


图 1 距振源 0.3 m 处行车方向振速与时间的关系

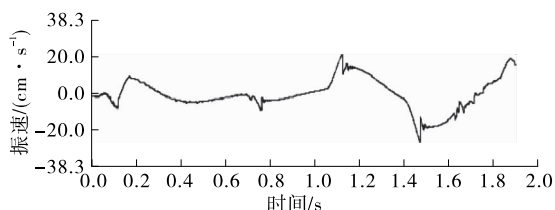


图 2 距振源 0.3 m 处垂直行车方向振速与时间的关系

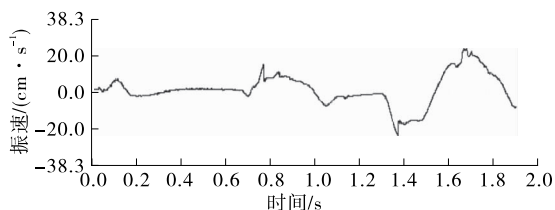


图 3 距振源 0.3 m 处竖直深度方向振速与时间的关系

由表 1 和图 1~3 可知:距离振源 0.3 m 处,行车方向和垂直行车方向的最大振幅为 25.538 cm;深度方向的最大振幅为 22.913 cm。水平方向的高强度振动破坏超出了建筑行业安全规定值,足以将水泥板振裂并破碎掉。考虑到中国城市道路规划建设两旁 5 m 以外,水泥砼板共振破碎施工对周边建筑物的破坏并不大。

2.2 距振源 5 m 处的检测结果

将监控设备探头的位置设置在距离振源 5 m 处进行测试,测试结果见表 2 和图 4~6。

表 2 距振源 5 m 处的测试结果

方向	振速最大值/ (cm·s ⁻¹)	主频/ Hz	时刻/ s	量程/ (cm·s ⁻¹)	灵敏 度
行车方向	-0.126	19.608	1.709	40.816	24.5
垂直行车方向	-0.085	95.237	0.736	44.444	22.5
竖直深度方向	-0.231	17.857	1.692	33.333	30.0

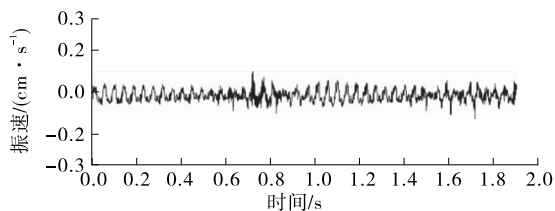


图 4 距振源 5 m 处行车方向振速与时间的关系

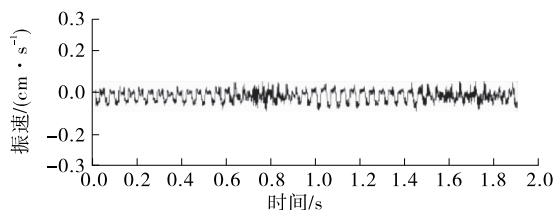


图 5 距振源 5 m 处垂直行车方向振速与时间的关系

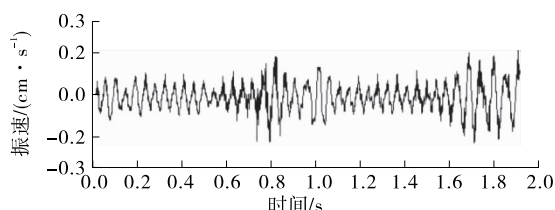


图 6 距振源 5 m 处竖直深度方向振速与时间的关系

由表 2 和图 4~6 可知:距振源 5 m 处,水平方向和垂直方向的最大振幅不到 0.2 cm,深度方向的最大振幅不到 0.3 cm。中国城市建筑物的抗震等级往往超过 6 级,水泥砼板共振破碎施工中产生的振动不会对周边建筑物产生危害,比较安全。

3 破碎效果分析

为保证新建路面的强度及整体稳定性满足相关规范要求,共振破碎后碎石的粒径需满足相应级配要求。为此,在相同振动频率(44 Hz)下,采用 19、20 和 21 MPa 3 种振动力,分别对应 3、2.5 和 3.5 km/h 3 种行进速度对砼板进行共振破碎。挖坑检测破碎效果,其中:试坑 1 的激振力为 21 MPa,行进速度为 3.5 km/h;试验坑 2 的激振力为 20 MPa,行进速度为 3.0 km/h;试验坑 3 的激振力为 19 MPa,行进速度为 2.5 km/h。

3.1 破碎效果检测

共振破碎后,水泥砼表层以下碎石化深度均在 8 cm 左右;8 cm 以下部位振裂但未松散,基层完整性较好,仍具有较好的承载能力。

3.2 破碎后颗粒级配特点

从各试验段随机挖取破碎碎石进行标准筛分试验,结果见图 7。

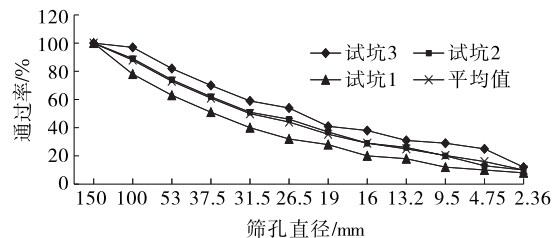


图 7 不同激振力下的破碎情况

由图 7 可知:虽然试坑 1 的激振力较大,但由于行进速度较快,得到的碎石颗粒较粗;试验坑 2 的激振力和行进速度均小于试坑 1,得到的碎石颗粒明显减小;试验坑 3 由于行进速度较小,碎石颗粒最小。说明在振动频率确定时,共振破碎效果与振动力和行进速度关系密切。

为预防反射裂缝的发生,同时保证路基的稳定性,水泥砼板以下8 cm范围内破碎碎石粒径在5 cm范围内达到50%,8 cm以下碎而不裂、密实镶嵌的状态是最理想的效果。实际生产过程中,为满足水泥砼路面的破碎效果,同时获得较高的生产效率,激振力控制在20~21 MPa、行进速度设置为3.0~3.5 km/h较理想。

3.3 不同破碎方式对基层顶面回弹模量的影响

因为水泥砼板在破碎过程中会对基层顶面承载能力产生较大破坏,在分析MHB和RPB碎石方式的碎化能力时,基层顶面承载能力变化情况是重要考虑因素。对破碎后基层顶面回弹模量进行检测,得到不同碎石化形式对基层顶面回弹模量的影响(见图8、图9)。

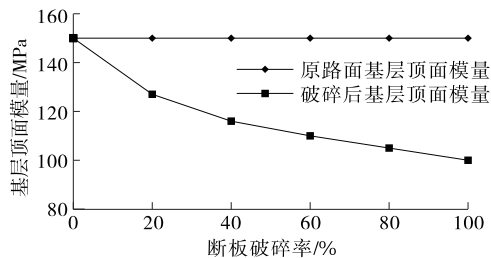


图8 MHB破碎后基层模量变化情况

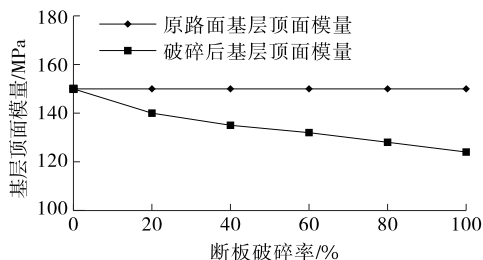


图9 RPB破碎后基层模量变化情况

由图8和图9可知:不同破碎形式对碎化后基层顶面强度的影响较大,MHB和RPB设备破碎后基层顶面强度都随着断板破碎率的增加而减小;相对而言,RPB碎石方式对基层顶面强度的影响比MHB方式小得多。

3.4 不同破碎方式基层承载力

在采用不同破碎设备碎化的位置随机抽取3个测点进行基层承载力试验,检测不同破碎设备所对应的回弹模量,检测结果见表3。

由表3可知:两种设备破碎后的基层回弹模量都满足加铺施工的要求;相对而言,RPB设备碎化后的基层回弹模量明显优于MHB设备,RPB设备破碎后基层强度离散性更小。

表3 不同破碎方式回弹模量检测结果

测点编号	测点桩号	破碎方式	回弹模量/MPa	
			检测结果	平均值
1	K8+402	MHB	218.9	232.4
2	K8+442	MHB	245.2	
3	K8+482	MHB	233.2	
4	K8+522	RPB	267.1	
5	K8+562	RPB	282.4	
6	K8+602	RPB	274.5	

4 结论

(1) 水泥砼路面高频低振幅共振破碎技术不仅结合了当代实际需要,对施工现场周边环境的影响较小,还能有效预防反射裂缝的发生,保证改造后的工程质量。

(2) 不同破碎形式对基层顶面强度都会产生影响,基层顶面强度随着断板破碎率的增加而减小;相对而言,RPB设备对基层顶面强度的影响比MHB设备小。

(3) 两种设备破碎后的基层回弹模量都满足加铺施工要求;RPB设备碎化后的基层回弹模量优于MHB设备,且基层强度的离散性更小。

参考文献:

- [1] 张娜.基于MHB碎石化技术的沥青碎石封层试验研究[D].重庆:重庆交通大学,2009.
- [2] 共振碎石化法破碎旧水泥混凝土路面在国内的应用[EB/OL].中国混凝土搅拌站网,2013-06-17.
- [3] 胡昌斌.冲击压路机破碎改建旧水泥混凝土路面技术[M].北京:人民交通出版社,2007.
- [4] 王根松.旧水泥混凝土路面破碎技术应用指南[M].北京:人民交通出版社,2007.
- [5] 上海市市政工程管理局.水泥路面共振碎石化加铺技术研究与应用研究报告[R].上海:上海市市政工程管理局,2007.
- [6] 石素燕.水泥混凝土路面碎石化施工工艺[J].交通世界,2012(7).
- [7] 王运武,张平.共振碎石化技术在水泥路面改建中的应用研究[J].公路与汽运,2016(5).
- [8] 员建斌.水泥混凝土路面高频低振幅共振破碎技术参数研究[J].山西建筑,2014,40(35).