

不同纹理混凝土路面的噪声特性

刘亚敏¹, 韩 森¹, 陶志金², 郭知涛³

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064; 2. 甘肃路桥公路投资有限公司, 甘肃 兰州 730000; 3. 中交公路规划设计院有限公司, 北京 100088)

摘 要:为了深入研究不同纹理混凝土路面的噪声特性,通过改变刻槽参数(槽宽、槽间距),得到具有不同纹理特征的混凝土板件;利用简单可行的加速度法,对混凝土板件进行噪声水平测试和噪声频谱分析。试验结果表明:横向刻槽混凝土路面的噪声水平最高,其次为光面混凝土路面、纵向刻槽混凝土路面,多孔混凝土路面的噪声水平最低;对于横向刻槽混凝土路面,噪声水平随槽宽的增大而增大,纵向刻槽混凝土路面则呈相反趋势;当噪声频率大于 1 600 Hz 时,多孔混凝土路面对噪声具有较强的减弱能力,在整个噪声频率范围内,横向刻槽混凝土路面对噪声的减弱能力最差。

关键词:道路工程;混凝土路面;刻槽;噪声;加速度法

中图分类号:U414.3

文献标志码:A

Noise evaluation of concrete pavements with different texture

LIU Ya-min¹, HAN Sen¹, TAO Zhi-jin², GUO Zhi-tao³

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of the Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Road Investment Co Ltd of Gansu Road and Bridge Group, Lanzhou 730000, Gansu, China; 3. CCCC Highway Consultants Co Ltd, Beijing 100088, China)

Abstract: In order to evaluate the noise characteristics of concrete pavements with different texture, the specimens were prepared carefully by varying groove parameters, such as groove width and distance between grooves. The noise level and noise spectrum of different pavements were analyzed with the tire impact. The results indicate that the noise level of transverse grooved concrete pavement is the greatest, and the followings are glossy concrete pavement and longitudinal grooved concrete pavement, the porous concrete pavement has the lowest noise level. The noise level of transverse grooved concrete pavement becomes greater with the groove width increases, for the longitudinal grooved pavement, there is a contrary tendency. The noise reduction ability of longitudinal grooved concrete pavement is strong when the noise frequency is larger than 1 600 Hz. In the whole frequency range, the noise reduction ability of transverse grooved concrete pavement is the worst. 1 tab, 4 figs, 16 refs.

Key words: road engineering; concrete pavement; grooving; noise; tire impact method

0 引 言

随着交通量的不断增加,道路交通噪声已逐渐成为环境噪声污染的最主要来源,这不仅给人们的正常生活带来困扰,而且长期的噪声污染还会使人产生不同的疾病^[1]。因此,道路交通噪声问题引起了人们的广泛关注,许多国家和地区纷纷开展研究工作,取得了丰硕的研究成果。瑞典工程师 Sandberg 等进行了大量的轮胎/路面噪声研究,对路面噪声机理和测试方法等方面进行了深入研究,编著了《轮胎/路面噪声参考手册》^[2];普渡大学“安全、安静、耐用”公路研究中心认为,改进路面纹理的降噪效果要优于改进轮胎花纹的降噪效果^[3];欧洲学者认为,露石混凝土路面相比刻槽水泥混凝土路面,可提供较好的噪声品质,同时具有良好的抗滑和耐久特性^[4-6];交通运输部公路科学研究院对低噪声水泥混凝土路面的“轮胎/路面”噪声发生机理、评价和测试方法以及水泥混凝土路面降噪关键技术进行了系统研究,并重点分析了多孔水泥混凝土路面构造深度与吸声系数之间的关系^[7];长安大学新型路面研究所对露石水泥混凝土路面的噪声特性进行了分析,认为表面纹理较发达的露石水泥混凝土路面可以有效降低路面噪声^[8]。

由此可见,中国对轮胎/路面噪声的研究起步较晚,且多集中于路面材料性能对噪声的影响,在纹理对噪声的影响方面研究较少。中国为了提高水泥混凝土路面的抗滑性能,多采用刻槽方式对路面进行纹理处理^[9-11];但是,国外有研究表明,横向刻槽混凝土路面的噪声较大^[12-13]。近年来,有学者提出采用纵向刻槽的方式,但是对于刻槽路面噪声特性的研究,中国基本上处于空白。基于以上情况,本文采用加速度法对不同刻槽参数的混凝土路面进行噪声测试,并对其机理进行了分析。

1 机理分析

众所周知,轮胎在路面表面滚动接触产生的噪声,主要源于高速行驶中的轮胎与路面间的空气泵吸作用和轮胎的振动作用。轮胎滚动时,轮胎与路面之间的作用面会产生空气从狭缝中挤出、在接触处封闭和半封闭空腔中空气的压缩、压缩空气的喷射等作用,被称为轮胎的空气泵吸效应,此泵吸过程中产生的噪声称为泵吸噪声。轮胎在高速滚动过程中,路面对轮胎胎面和胎侧产生振动作用,包括刚接触时的振动、接地面内的橡胶花纹块和路面发生相

对滑移,从而使橡胶花纹块的局部振动以及轮胎滚离地面时轮胎胎面变形复原所产生的振动,这些振动产生的噪声称为轮胎的振动噪声。

2 试验方案

2.1 原材料

成型尺寸为 400 mm×400 mm×50 mm 的混凝土板件,对其进行噪声测试。为了研究不同纹理对噪声的影响,调整混凝土板的刻槽参数,获得不同纹理的混凝土板件,板件刻槽参数见 1。

表 1 不同纹理混凝土板件刻槽参数
Tab. 1 Groove parameters for concrete specimens with different texture

试件编号	槽宽/mm	槽间距/mm
H1	5	15
H2	5	20
H3	5	25
H4	5	30
H5	7	15
H6	9	15
H7	11	15
Z1	5	15
Z2	5	20
Z3	5	25
Z4	5	30
Z5	7	15
Z6	9	15
G1、G2、G3、G4		
D1、D2、D3、D4、D5、D6、D7、D8		

注: H 为横向刻槽混凝土; Z 为纵向刻槽混凝土; G 为光面混凝土; D 为多孔混凝土。

2.2 噪声测试方法

本研究所采用的测试方法——加速度法,是对文献^[8]中所提到的轮胎落下法的改进^[14]。如下页图 1 所示,测试时轮胎沿光滑轨道滑行,俯冲到路面板,冲击路面板产生声音,对于冲击过程当中的轮胎/路面噪声信号,使用数字信号采集仪记录,分析轮胎冲击路面板瞬间的噪声特性,进行 A 计权声压级和频谱分析。轨道长 6 m,与水平方向成 30°角,底端为悬空段,距地面 65 cm,轮胎起始点距路面板垂直距离为 3.65 m。轮胎接触路面板瞬间,水平速度为 26 km/h,垂直速度为 15 km/h。在路面板两侧放置传声器,其中传声器的水平距离为向外离开轮胎与测试试件落下接触点 80 cm,高度为 65 cm。

通过“印迹法”测试发现,轮胎接触测试板瞬间

形成的印迹与实际车辆行驶在路表面时产生的印迹基本相似,如图 2 所示。说明该方法可以很好地模拟轮胎与路面之间的相互作用。

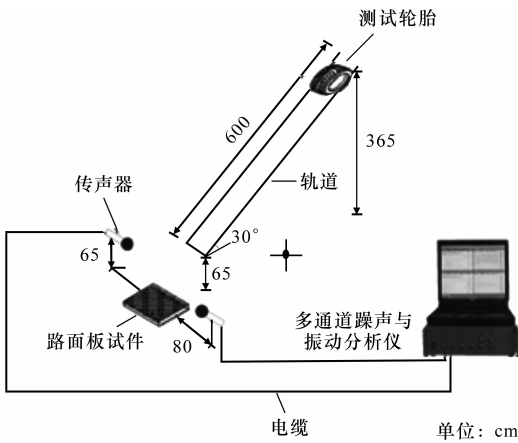


图 1 加速度法测试系统
Fig. 1 Tire impact method testing system

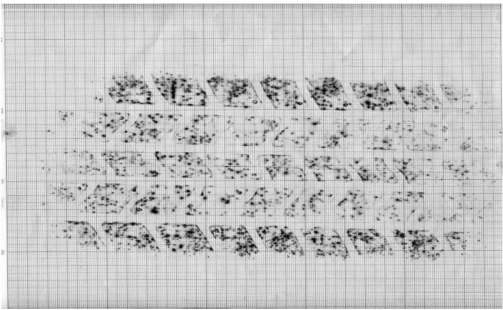


图 2 轮胎冲击路面板时的胎印
Fig. 2 Tire print when the tire impact pavement board

加速度法通过模拟噪声的产生机理,使标准的测试轮胎从一定高度俯冲至待测试件表面,轮胎与路面接触时,会产生垂直于路面的速度和向前的水平速度,类似于行驶的车辆轮胎作用于路面表面。轮胎与试件表面接触时,即产生空气挤出、压缩及释放等作用,由此形成泵吸噪声;同时,俯冲的轮胎有垂直向下的速度,对试验板有冲击作用,类似于车辆自重作用于轮胎,使轮胎产生相应的振动噪声;2 种作用产生的噪声接近于实际车辆行驶在道路表面上产生的轮胎/路面噪声。通过室内评价与实际路面表面特性相同的试板,即可完成实际道路轮胎/路面噪声的评价。

3 测试结果与分析

3.1 路面噪声水平分析

利用加速度法对不同纹理的混凝土板件进行噪声水平测试,测试结果如图 3 所示。

由图 3 可以得出以下结论。

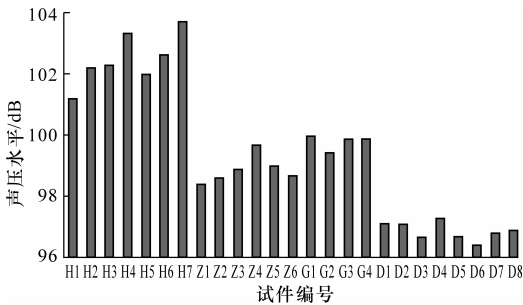


图 3 不同纹理的混凝土路面噪声测试结果
Fig. 3 Noise testing results for concrete pavements with different texture

(1)横向等间距刻槽混凝土路面的噪声水平最高,与相同刻槽参数的纵向刻槽混凝土路面相比,噪声水平高 2.6~4.3 dB。究其原因,主要是由于横向刻槽与行车方向垂直,且槽间距相等,以固定的规律重复出现,使得轮胎与刻槽路面之间产生重复性的撞击,形成振动作用噪声,再加上空气流在轮胎与路面形成的空腔内流进与流出,形成了泵吸噪声,故噪声水平最高;而纵向刻槽与行车方向一致,不仅可以避免轮胎与路面之间撞击而产生的振动噪声,并且纵向刻槽为空气流提供了良好的空气流通通道,减弱了泵吸噪声^[15-16]。

(2)光面混凝土路面的噪声水平其次,低于横向刻槽混凝土路面 1.6~3.1 dB,高于纵向刻槽混凝土路面约 1 dB。

(3)多孔混凝土路面噪声水平最低,约为 96.9 dB,低于纵向刻槽混凝土路面 1.5~2.8 dB。这主要归功于其表面及内部丰富的连通空隙,起到了良好的吸声效果。

(4)对于横向刻槽混凝土路面,当槽宽一定时,随着槽间距的增大,路面的噪声水平呈现增大趋势;同样地,当槽间距一定时,路面的噪声水平随槽宽的增加,也逐渐增大。

(5)对于纵向刻槽混凝土路面,当槽宽一定时,槽间距的增大,路面的噪声水平也增大;当槽间距一定时,路面的噪声水平随槽宽的增大而减低。这可能是由于加大槽宽可以减弱空气的泵吸效应和共振效应,从而降低噪声。

3.2 路面噪声频谱分析

虽然使用声压级评价噪声具有简便直观的特点,但是测试结果中不提供频率成分的信息。当噪声的频谱形状不同时,计算得到的声压级完全可能相同,而人们对于声压级相等但频谱形状不同的噪声,主观感觉是不一样的。因此单纯使用声压级进

行噪声评价具有局限性。

图4为利用加速度法对4种类型混凝土路面进行噪声1/3倍频程频谱试验的测试结果。由图4可以发现,当噪声频率小于250 Hz时,纵向刻槽混凝土路面的噪音水平最低,即表明在此频率范围内,纵向刻槽混凝土路面对噪声的减弱能力最强。另外,当噪声频率大于1 600 Hz时,多孔混凝土路面的噪声水平最低,说明其对于高频声音的声压水平具有较强的减弱能力。这主要是由于多孔混凝土表面和内部丰富的连通空隙使轮胎与路面之间的空气流可以保持一定的畅通,从而有效地降低了泵吸噪声。

在整个噪声频率范围内,横向刻槽混凝土路面的噪声一直保持最高水平,表明其对噪声的减弱能力最差,这与前面得到的规律一致。

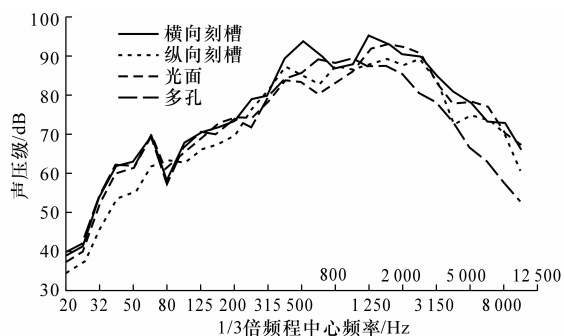


图4 不同纹理的混凝土路面噪声1/3倍频程频谱分析

Fig. 4 One third octave band spectrums analysis of noise for concrete pavements with different texture

4 结 语

(1)采用加速度法对混凝土路面进行噪声测试,通过“印迹法”试验,证明该方法简单可行,可以很好地模拟轮胎与路面之间的相互作用。

(2)噪声测试结果表明,噪音水平由高到低依次排序为:横向刻槽混凝土大于光面混凝土大于纵向刻槽混凝土大于多孔混凝土,因此,对于刻槽形式的选择,应根据实际情况进行合理选择。

(3)路面噪声1/3倍频程频谱分析结果表明,当噪声频率小于250 Hz时,纵向刻槽混凝土路面对噪声的减弱能力最强;当噪声频率大于1 600 Hz时,多孔混凝土路面对噪声具有较强的减弱能力;在整个噪声频率范围内,横向刻槽混凝土路面对噪声的减弱能力最差。

(4)根据研究成果,推荐混凝土路面采用纵向刻槽形式,并建议选择较大的槽宽和较小的槽间距。

参考文献:

References:

- [1] Kuemmel D A, Sontag R C, Crovetti J A, et al. Noise and texture on PCC pavements[R]. Milwaukee: Marquette University, 1999.
- [2] Sandberg U, Ejsmont J A. Tyre/road noise reference book [M]. Sweden: Informex, 2002.
- [3] Olek J, Weiss W J, Neithalath N, et al. Development of quiet and durable Portland cement concrete paving materials[R]. West Lafayette: Purdue University, 2003.
- [4] Hoerner T E, Simth K D, Larson R M, et al. Current practice of Portland cement concrete pavement texturing[J]. Transportation Research Record, 2003, 1860: 178-186.
- [5] Cackler E T, Harrington D S, Ferragut T. Evaluation of U. S. and European concrete pavement noise reduction methods[R]. Ames: Iowa State University, 2006.
- [6] Descornet G, Conbert L. Noise classification of road pavements: task1: technical background information-draft report[R]. Wokingham: Transport Research Laboratory, 2006.
- [7] 牛开民, 田波, 谭华, 等. 低噪声水泥混凝土路面研究[R]. 北京: 交通运输部公路科学研究院, 2007. NIU Kai-min, TIAN Bo, TAN Hua, et al. Study on low-noise cement concrete pavement[R]. Beijing: Research Institute of Highway of Ministry of Transport, 2007. (in Chinese)
- [8] 韩森, 董雨明, 陈海峰, 等. 露石水泥混凝土路面降噪特性[J]. 交通运输工程学报, 2005, 5(2): 32-34. HAN Sen, DONG Yu-ming, CHEN Hai-feng, et al. Noise reduction performance of exposed-aggregate cement concrete pavement [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005, 5(2): 32-34. (in Chinese)
- [9] 刘清泉. 路面防滑机理研究与应用[D]. 南京: 东南大学, 2000. LIU Qing-quan. Study on skid-resistance mechanism of pavement and its application [D]. Nanjing: South-east University, 2000. (in Chinese)
- [10] 郭知涛, 赵江涛, 李扬. 水泥混凝土路面表面纹理技术[J]. 公路与汽运, 2008(3): 102-104. GUO Zhi-tao, ZHAO Jiang-tao, LI Yang. Surface texture technique of cement concrete pavement [J]. Highway and Automotive Applications, 2008(3): 102-104. (in Chinese)
- [11] 万希存, 齐诚. 刻槽工艺在跑道道面施工中的应用

- [C]//中国公路学会. 第四届中国道路和机场路面技术大会论文集. 北京:人民交通出版社,2001:354-358.

WAN Xi-cun, QI Cheng. Application of grooving technique on runway pavement[C]//China Highway Society. The 4th Highway and Airport Pavement Technique Conference Committee. Beijing: China Communications Press,2001:354-358. (in Chinese)

[12] Hibbs B O, Larson R M. Tire pavement noise and safety performance[R]. Washington DC: FHWA, 1996.

[13] Wayson R L. Relationship between pavement surface texture and highway traffic noise[R]. Washington DC: TRB, 1998.

[14] 陶志金. 水泥混凝土路面轮胎/路面噪声与交通噪声评价方法研究[D]. 西安:长安大学, 2009.

.....

(上接第 15 页)

[4] 李平, 芦军, 张争奇, 等. 沥青混合料用矿粉性能指标研究[J]. 中国公路学报, 2008, 21(4): 6-11.

LI Ping, LU Jun, ZHANG Zheng-qi, et al. Research on performance index of mineral filler used in asphalt mixture[J]. China Journal of Highway and Transport, 2008, 21(4): 6-11. (in Chinese)

[5] 彭波, 丁智勇, 戴经梁. 不同类型沥青胶浆路用性能对比[J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(3): 61-65.

PENG Bo, DING Zhi-yong, DAI Jing-liang. Road performance comparison of different asphalt mastics[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2007, 7(3): 61-65. (in Chinese)

[6] 刘丽, 郝培文, 肖庆一, 等. 沥青胶浆高温性能及评价方法[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2007, 27(5): 30-34.

LIU Li, HAO Pei-wen, XIAO Qing-yi, et al. High temperature properties and evaluation method of asphalt mortar[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2007, 27(5): 30-34. (in Chinese)

[7] 李平, 张争奇, 孙鸿伟, 等. 沥青胶浆粘度特性研究

TAO Zhi-jin. Study on the tire/road noise characteristics of PCC pavement[D]. Xi'an: Chang'an University, 2009. (in Chinese)

[15] 郭知涛. 刻槽水泥混凝土路面抗滑降噪特性研究[D]. 西安:长安大学, 2009.

GUO Zhi-tao. Study on the skid-resistance and low-noise characteristics of grooved Portland cement concrete pavement[D]. Xi'an: Chang'an University, 2009. (in Chinese)

[16] 郭知涛, 韩森. 水泥混凝土路面刻槽对轮胎/路面噪声影响分析[J]. 公路, 2008(11): 217-220.

GUO Zhi-tao, HAN Sen. Analysis of impact of cement concrete pavement grooving on tire/road noise[J]. Highway, 2008(11): 217-220. (in Chinese)

[J]. 交通运输工程学报, 2008, 8(2): 49-52.

LI Ping, ZHANG Zheng-qi, SUN Hong-wei, et al. Research on viscosity property of asphalt mortar[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2008, 8(2): 49-52. (in Chinese)

[8] 李平. 基于胶浆特性的沥青混合料设计[D]. 西安:长安大学, 2008.

LI Ping. Design of hot mixture asphalt based on mortar character[D]. Xi'an: Chang'an University, 2008. (in Chinese)

[9] JTG E20-2011, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

JTG E20-2011, Standard test methods of bitumen and bituminous mixtures for highway engineering[S]. (in Chinese)

[10] 李祖仲. 应力吸收层沥青混合料组成设计及抗裂性能研究[D]. 西安:长安大学, 2009.

LI Zu-zhong. Research on material of stress absorbing layers asphalt mixture and anti-cracking performance[D]. Xi'an: Chang'an University, 2009. (in Chinese)