

# 全厚式沥青路面材料抗疲劳性能及疲劳预估模型

王其峰<sup>1</sup>, 吴文娟<sup>2</sup>, 申全军<sup>3</sup>, 徐钦升<sup>2\*</sup>, 齐辉<sup>1</sup>

1. 山东高速集团有限公司, 山东 济南 250101; 2. 山东省交通科学研究院, 山东 济南 250102;

3. 山东高速集团创新研究院, 山东 济南 250000

**摘要:**为延长沥青路面的运营寿命,改善路面材料的抗疲劳性能,通过四点弯曲疲劳试验分析评价全厚式沥青路面各结构层材料的抗疲劳性能,并结合试验数据修正基于沥青饱和度、应变和劲度模量的疲劳预估模型,建立适用于全厚式沥青路面的疲劳预估模型。研究表明:相同试验条件下,不同类型沥青混合料的抗疲劳性能及其对应变的敏感性存在明显差异;沥青混合料的抗疲劳性能与沥青种类、沥青混合料的最大粒径有关,对比同粒径 AC-25(选用 70# 沥青,空隙率为 4.3%)和 LSPM-25(选用 SBS 改性沥青,空隙率为 15.3%),不同应变下,AC-25 的疲劳寿命比 LSPM-25 分别约降低 38.4%、28.8%、15.1%、39.5%,SBS 改性沥青可有效提升粗粒式混合料的抗疲劳性能;修正后疲劳预估模型的预估疲劳寿命与试验实测结果的相关系数为 0.991 6,疲劳预估模型能较准确地预测全厚式沥青路面的疲劳寿命。因此,可为有效提升沥青路面的抗疲劳性能提供可靠的理论依据。

**关键词:**全厚式沥青路面;四点弯曲;抗疲劳性能;疲劳预估模型

**中图分类号:**U414

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-0032(2022)03-0102-07

**引用格式:**王其峰,吴文娟,申全军,等.全厚式沥青路面材料抗疲劳性能及疲劳预估模型[J].山东交通学院学报,2022,30(3):102-108.

WANG Qifeng, WU Wenjuan, SHEN Quanjun, et al. Fatigue performance and prediction model of full-thickness asphalt pavement materials[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2022, 30(3):102-108.

## 0 引言

社会经济的飞速发展使得道路交通环境和交通荷载的复杂性加剧,沥青路面疲劳损坏和永久变形问题日益严重,极大地缩短了路面使用寿命。20 世纪以来,研究人员开始设计长寿命沥青路面结构<sup>[1-4]</sup>,多年的应用实践证明,全厚式沥青路面的路用性能和经济社会效益较好,应用广泛。

全厚式沥青路面是路床顶面以上各结构层(垫层除外)均采用沥青混合料铺筑的路面,研究人员从全厚式沥青路面的结构、技术体系、力学性能、综合评价等方面分析如何提高全厚式沥青路面的抗疲劳性能<sup>[5-6]</sup>。郑健龙等<sup>[7]</sup>研究长寿命路面的技术体系及关键问题;温丽娟<sup>[8]</sup>对重载交通环境下长寿命沥青材料的组成及路面性能进行试验研究;赵向敏<sup>[9]</sup>研究长寿命沥青路面结构设计的方法;张坤<sup>[10]</sup>研究全厚式沥青路面材料与力学性能的关系;郭立成等<sup>[11]</sup>基于法国路面设计方法分析全厚式沥青路面的结构性能;李涛等<sup>[12]</sup>研究了全厚式高模量沥青混凝土路面结构并进行力学分析;徐希忠<sup>[13]</sup>研究了全厚式高模量沥青路面结构与材料设计。对全厚式沥青路面的研究集中在结构设计和材料综合性能方面,因全厚式沥青路面结构组合的特殊性,其疲劳寿命是整个路面结构服役、使用年限的瓶颈,如何确保全厚式沥青路面结

收稿日期:2022-01-12

基金项目:山东省交通运输厅科技计划项目(2020B28)

第一作者简介:王其峰(1966—),男,山东夏津人,工程硕士,主要研究方向为交通运输工程,E-mail:1171913791@qq.com。

\*通信作者简介:徐钦升(1992—),男,山东寿光人,工程师,工学硕士,主要研究方向为道路工程,E-mail:956438206@qq.com。

构在复杂恶劣的交通荷载重复作用下不产生疲劳裂缝,对选取室内沥青混合料疲劳试验参数提出了更高要求<sup>[14-17]</sup>。

本文采用室内四点弯曲疲劳试验研究全厚式沥青路面各结构层沥青混合料的抗疲劳性能,并借鉴典型疲劳预估模型,建立全厚式沥青路面的疲劳预估模型,实现对全厚式沥青路面疲劳寿命的准确评价和预估,以期为该路面结构设计及后期应用提供理论支持。

## 1 试验方案

### 1.1 全厚式沥青路面结构设计

本文依托当前高速公路中常用的、典型的全厚式沥青路面结构设计形式<sup>[18-19]</sup>,采用 UTM-100 万能试验机,设计不同的应变,对全厚式沥青路面各结构层混合料进行四点弯曲疲劳试验(每个应变下采集至少 3 个合适的试验数据),分析评价材料的抗疲劳性能,并结合试验数据对疲劳预估模型进行修正,建立适用于全厚式沥青路面各结构层材料的疲劳预估模型。全厚式沥青路面结构组合方案如表 1 所示。

表 1 全厚式沥青路面结构组合

结构层	材料类型	设计厚度/cm	沥青类型	沥青质量分数/%
	SMA-13	4	SBS(I-D)	6.0
	HMAC-20	8	SBS(I-D)+改性剂	4.4 <sup>①</sup>
面层	AC-25	10	70-A	4.0
	LSPM-25	10	SBS(I-D)	3.1
	AC-13F 抗疲劳功能层	4	SBS(I-D)	5.2
基层	级配碎石	15		

注:1) SMA(stone mastic asphalt)为碎石玛蹄脂沥青混合料;2) HMAC(high modulus asphalt concrete)为高模量沥青混合料;3) AC(asphalt concrete)一般为连续级配的沥青混合料;4) LSPM(large stone porous asphalt mixes)为大粒径透气性沥青混合料;5) SBS(styrene-butadiene-styrene)为苯乙烯-丁二烯-苯乙烯。

①添加占沥青混合料质量 0.7%的改性剂。

### 1.2 原材料

#### 1) 沥青胶结料

按照文献[20]要求,对全厚式沥青路面结构层 SMA-13、HMAC-20、LSPM-25、AC-13F 选用的 SBS(I-D)改性沥青和 AC-25 选用的 70-A 基质沥青进行性能检验,结果如表 2 所示,检测结果均满足文献[21]的性能指标要求。

表 2 沥青胶结料性能检测结果

沥青	针入度/ (0.1mm)	软化 点/℃	延度/cm		0℃动 力黏度/ (Pa·s)	135℃ 运动黏度/ (Pa·s)	弹性 回复/%	离析 (软化 点差)/℃	闪点/ ℃	老化后指标		
			5℃	10℃						质量 变化/%	残留针 入度比/%	残留延度/cm 5℃ 10℃
70-A	67.0	47.6	52	232				298	-0.056	72.0	8	
SBS(I-D)	57.9	88.0	33.5		2.1	86	1.1	336	0.020	82.1	24.5	

#### 2) 集料

HMAC-20、LSPM-25、AC-25、AC-13F 的集料选用优质石灰岩,SMA-13 的集料选用玄武岩,矿粉为

优质石灰岩磨细加工而成,粗、细集料主要技术指标均满足文献[21]要求,结果如表3、4所示。

表3 粗集料主要技术指标检测结果

类型	表观相对密度	吸水率/%	压碎值/%	坚固性/%	针片状质量分数/%	<0.075 mm 颗粒 <sup>①</sup> 质量分数/%	洛杉矶磨耗损失/%	与沥青的黏附性
玄武岩	2.962	0.52	13.6	3.7	6.3	0.6	13.8	5级
石灰岩	2.763	0.42	19.2	6.5	10.3	0.8	16.8	5级

①采用水洗法。

表4 细集料主要技术指标检测结果

类型	表观相对密度	坚固性 <sup>①</sup> /%	砂当量/%	细集料棱角性/s	亚甲蓝值/(g·kg <sup>-1</sup> )
玄武岩	2.893	13.4	71	33.6	7.5
石灰岩	2.685	12.9	65	35.2	7.0

①大于0.3 mm 部分。

### 3) 改性剂

改性剂选用 PR Module 高模量改性剂,为黑色、扁平颗粒状聚合物,粒径为 1~4 mm,密度为 0.912~0.965 g/cm<sup>3</sup>,熔点为 140~160 ℃。

## 1.3 各结构层沥青混合料合成级配

按照文献[21]要求进行全厚式沥青路面各结构层混合料级配设计,并经马歇尔击实试验验证,确定 SMA-13、HMAC-20、AC-25、LSPM-25 及 AC-13F 各结构层沥青混合料合成级配及沥青质量分数,结果如表5所示( $\varphi$  为筛孔直径)。

表5 全厚式沥青路面各结构层合成级配及沥青质量分数

材料	级配/%													沥青质量分数/%
	$\varphi=31.5$ mm	$\varphi=26.5$ mm	$\varphi=19$ mm	$\varphi=16$ mm	$\varphi=13.2$ mm	$\varphi=9.5$ mm	$\varphi=4.75$ mm	$\varphi=2.36$ mm	$\varphi=1.18$ mm	$\varphi=0.6$ mm	$\varphi=0.3$ mm	$\varphi=0.15$ mm	$\varphi=0.075$ mm	
SMA-13				100	94.7	55.0	26.1	21.4	18.0	15.6	13.7	12.1	10.8	6.0
HMAC-20		100	93.2	80.4	67.7	53.6	33.8	24.5	18.1	12.4	7.6	6.4	5.0	4.4 <sup>①</sup>
AC-25	100	98.2	80.0	66.6	60.1	45.5	32.4	24.7	16.4	11.4	7.0	5.9	5.1	4.0
LSPM-25	100	98.9	66.4	56.1	46.1	35.2	19.1	9.9	6.8	5.3	3.8	2.8	2.3	3.1
AC-13F				100	99.3	78.4	49.2	38.8	28.8	19.6	11.8	9.8	7.6	5.2

①添加占沥青混合料质量 0.7% 的改性剂。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 疲劳寿命分析

按照文献[20]的要求,采用四点弯曲疲劳寿命试验,在 20 ℃、10 Hz 条件下,应变分别为 0.000 2、0.000 4、0.000 6、0.000 8 时验证全厚式沥青路面混合料抗疲劳性能的优劣,分析评价各结构层沥青混合料的抗疲劳性能,根据试验数据建立疲劳预估模型,并修正疲劳预估模型的参数,确立适用于全厚式沥青路面的疲劳预估模型。全厚式沥青路面各结构层沥青混合料疲劳试验结果如表6所示。

为了直观分析评价不同应变下全厚式沥青路面各结构层材料的疲劳寿命,将试验数据进行对数处理,绘制沥青混合料疲劳寿命与应变的关系曲线,并通过数据拟合得到不同类型沥青混合料疲劳寿命与

应变的关系,如图1所示。

表6 全厚式沥青路面各结构层沥青混合料疲劳寿命

材料	沥青饱和度 $V_{FA}/\%$	应变 $\varepsilon$	初始劲度模量 $S_m/\text{MPa}$	疲劳寿命 $N_f/\text{次}$			$N_f$ 标准差/次
				试验 1	试验 2	试验 3	
SMA-13	77.0	0.000 2	8 435.53	6 860 840	7 003 885	6 653 680	143 767
		0.000 4	9 063.66	273 310	286 970	242 625	18 543
		0.000 6	8 233.69	42 020	44 120	41 915	1016
		0.000 8	7 691.50	9950	10 440	9925	237
HMAC-20	71.2	0.000 2	10 780.27	3 686 940	3 921 280	3 775 225	96 633
		0.000 4	10 091.91	198 380	188 300	193 885	4123
		0.000 6	9 429.48	28 790	33 730	32 845	2151
		0.000 8	7 793.41	8020	8420	8000	193
AC-25	65.1	0.000 2	8 936.49	546 430	573 755	515 065	23 979
		0.000 4	10 478.36	23 240	22 400	21 280	803
		0.000 6	9 668.60	6230	6040	5715	213
		0.000 8	7 999.35	830	872	828	20
LSPM-25	27.2	0.000 2	3 793.26	912 000	857 600	884 720	22 209
		0.000 4	5 120.20	30 820	32 365	30 745	747
		0.000 6	4 552.31	7020	7370	6800	235
		0.000 8	4 064.82	1400	1470	1315	63
AC-13F	87.2	0.000 2	7 991.19	9 233 170	9 694 830	9 010 085	285 146
		0.000 4	6 954.82	791 240	805 800	789 010	7445
		0.000 6	8 532.63	47 130	49 485	46 315	1344
		0.000 8	7 736.87	16 850	17 690	16 410	531

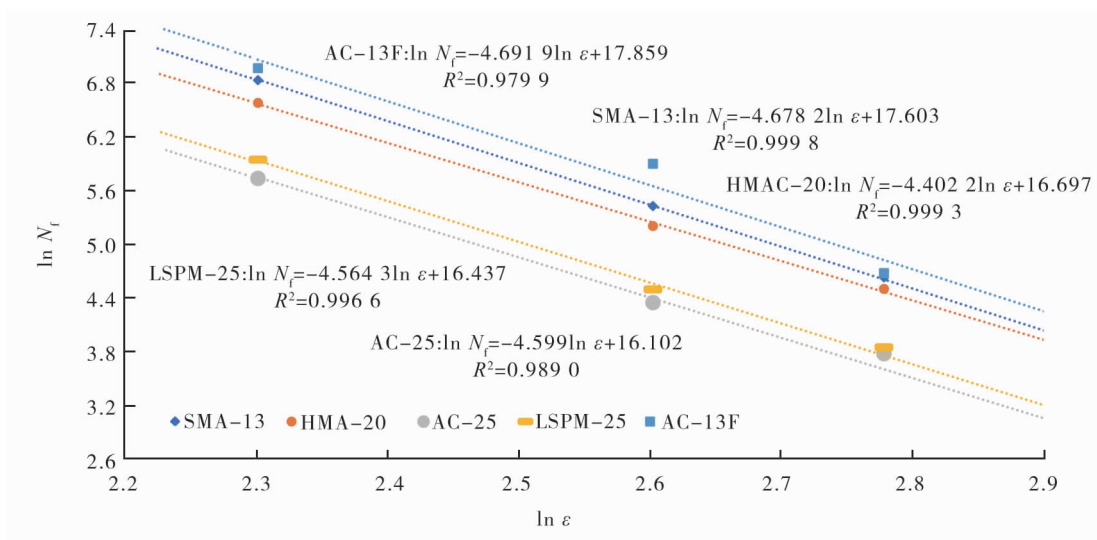


图1 全厚式沥青路面各结构层沥青混合料疲劳寿命与应变的关系曲线

由图1可知:各结构层沥青混合料的疲劳寿命按由高到低的顺序依次为 AC-13F、SMA-13、HMAC-20、LSPM-25、AC-25,表明 AC-13F 型沥青混合料的抗疲劳性能最好,可满足全厚式沥青路面抗

疲劳功能层结构设计要求。AC-25 型沥青混合料(采用 70# 沥青,空隙率为 4.3%)的抗疲劳性能相对较差,与同粒径 LSPM-25 型沥青混合料(采用 SBS 改性沥青,空隙率为 15.3%)相比,在应变为 0.000 2 时,前者的疲劳寿命约降低 38.4%;在应变为 0.000 4 时,前者的疲劳寿命约降低 28.8%;在应变为 0.000 6 时,其疲劳寿命约减小 15.1%;在应变为 0.000 8 时,其疲劳寿命约降低 39.5%。由图 1 可知:混合料的抗疲劳性能不仅与沥青种类有关,还与混合料的最大粒径有关,SBS 改性沥青在提高粗粒式沥青混合料的抗疲劳性能方面更具优势。不同类型沥青混合料的疲劳寿命对应变变化的敏感性程度不同,HMAC-20 高模量沥青混合料的斜率最小,AC-13F 和 SMA-13 次之,AC-25 和 LSPM-25 相对较大,表明 HMAC-20 型沥青混合料的疲劳寿命对应变变化的敏感性最小。

## 2.2 疲劳预估模型及其修正

根据沥青路面各结构层应变和路面结构发生破坏时荷载作用次数的关系,建立沥青混合料的基础疲劳预估模型,并将混合料模量参数、体积指标参数等因素引入模型加以修正改进。基础疲劳预估模型为

$$N_f = 1.509 \times 10^{16} \varepsilon^{-3.973} S_m^{-1.589} V_{FA}^{2.720} \quad (1)$$

选取  $\varepsilon$ 、 $S_m$ 、 $V_{FA}$  及沥青混合料调整系数  $A$  为全厚式沥青路面疲劳预估模型参数,将表 6 数据带入式(1),预估全厚式沥青路面各结构层沥青混合料的疲劳寿命,并将预估疲劳寿命与试验实测疲劳寿命比较,结果如图 2 所示。

由图 2 可知:基础疲劳模型预估的沥青混合料疲劳寿命与室内试验实测疲劳寿命回归的相关系数较高( $R^2=0.9076$ ),但预估结果明显比实测结果低,表明全厚式沥青路面模型的预估精度不能满足路面设计要求,主要原因是该预测模型中涉及的沥青混合料性能各参数基于常规路面混合料测试。

全厚式沥青路面结构需修正模型系数( $\varepsilon$ 、 $S_m$ 、 $V_{FA}$  对应系数分别为 -3.973、-1.589、2.720),对试验数据进行非线性回归分析,确定 3 个拟合参数,并在基础疲劳预估模型上添加沥青混合料调整系数  $A$ ,调整沥青混合料间的差异性<sup>[22]</sup>,全厚式沥青路面各结构层沥青混合料疲劳预估模型最终拟合结果如表 7 所示。

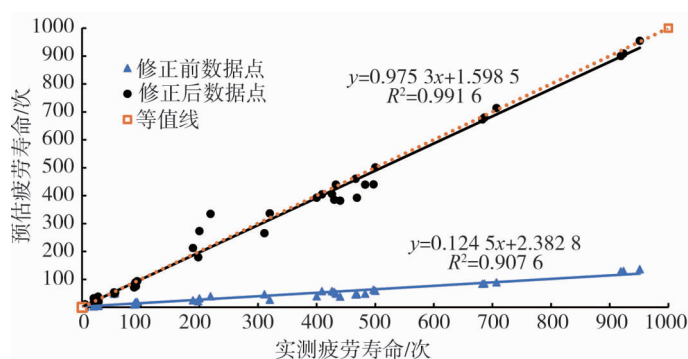


图 2 修正前、后疲劳预估模型的预估疲劳寿命与实测疲劳寿命对比

表 7 全厚式沥青路面各结构层沥青混合料疲劳预估模型最终拟合结果

沥青混合料	$A$	调整后的疲劳预估模型	$R^2$
SMA-13	1.000	$N_{f1} = 1.472 \times 10^{16} \varepsilon^{-4.591} S_m^{-1.206} V_{FA}^{3.132}$	0.962 0
HMAC-20	0.526	$N_{f2} = 0.775 \times 10^{16} \varepsilon^{-4.591} S_m^{-1.206} V_{FA}^{3.132}$	0.927 0
AC-25	0.167	$N_{f3} = 0.245 \times 10^{16} \varepsilon^{-4.591} S_m^{-1.206} V_{FA}^{3.132}$	0.883 0
LSPM-25	1.530	$N_{f4} = 2.250 \times 10^{16} \varepsilon^{-4.591} S_m^{-1.206} V_{FA}^{3.132}$	0.900 0
AC-13F	1.020	$N_{f5} = 1.509 \times 10^{16} \varepsilon^{-4.591} S_m^{-1.206} V_{FA}^{3.132}$	0.933 0

根据拟合结果确定全厚式沥青路面疲劳预估模型

$$N_f' = 1.472 \times 10^{16} A \varepsilon^{-4.591} S_m^{-1.206} V_{FA}^{3.132} \quad (2)$$

由修正后的疲劳预估模型预估全厚式沥青路面疲劳寿命,并与实测寿命比较,结果如图 2 所示。由图 2 可知:通过式(2)计算的疲劳寿命预估结果与室内试验实测结果吻合度较高,二者的相关系数  $R^2=0.9916$ ,修正后的疲劳预估模型预测精度较高。因此全厚式沥青路面可采用式(2)预估疲劳寿命,可按表 7 选取各结构层沥青混合料的修正系数。

### 3 结论

1)采用沥青混合料四点弯曲疲劳寿命试验,研究分析全厚式沥青路面材料的疲劳性能和疲劳预估模型,可知全厚式沥青路面各结构层沥青混合料的抗疲劳性能按从高到低的顺序依次为AC-13F、SMA-13、HMAC-20、LSPM-25、AC-25;沥青混合料对应变变化的敏感性按从低到高的顺序为HMAC-20、SMA-13、AC-13F、LSPM-25、AC-25,HMAC-20高模量沥青混合料可有效改善其对应变变化的敏感程度。

2)沥青混合料的抗疲劳性能与沥青种类和混合料的最大粒径有关,对比同粒径AC-25(70<sup>#</sup>沥青,空隙率为4.3%)和LSPM-25(SBS改性沥青,空隙率为15.3%)沥青混合料,在低应变(0.000 2)条件下,AC-25的预估疲劳寿命比LSPM-25约降低38.4%,而在高应变(0.000 8)条件下,AC-25的疲劳寿命比LSPM-25约降低39.5%,SBS改性沥青可有效改善粗粒式沥青混合料的抗疲劳性能。

3)结合室内实测疲劳寿命,修正现有疲劳预估模型,建立预测精度更高的全厚式沥青路面疲劳预估模型,修正后的疲劳预估模型预估的混合料疲劳寿命与实测疲劳寿命的相关系数 $R^2=0.991 6$ ,吻合程度较高,可用来预估全厚式沥青路面的疲劳寿命。

#### 参考文献:

- [1]张起森.永久性路面与结构材料性能[R/OL].(2021-01-08)[2021-12-20].<https://www.doc88.com/p-90259501009290.html>.
- [2]MARTIN J S, HARVEY J T, LONG F, et al. Long-life rehabilitation design and construction: I-710 freeway, long beach, California[C]. Transportation Research Circular,2003(503):50-65.
- [3]KUENNEN T. Perpetual pavement: designed to be fail safe[J]. Better roads, 2009, 79(5):26-28.
- [4]WATSON D E, ZHANG J, POWELL R B. Analysis of temperature data for the national center for asphalt technology test track [R]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2004, 1891:68-75.
- [5]易向阳.长寿命柔性路面技术的探讨与应用[J].公路交通科技,2015,32(6):25-31.  
YI Xiangyang. Discussion and application of long-life flexible pavement technology[J]. Journal of Highway and Transportation and Development, 2015,32(6):25-31.
- [6]孙策.长寿命沥青路面疲劳模型及设计指标分析[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2015.  
SUN Ce. The analysis of long life asphalt pavement fatigue model and design index [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology,2015.
- [7]郑健龙,吕松涛,刘超超.长寿命路面的技术体系及关键科学问题与技术前沿[J].科学通报,2020,65(30):3219-3227.  
ZHENG Jianlong, LÜ Songtao, LIU Chaochao. Technical system, key scientific problems and technical frontier of long-life pavement[J]. Chinese Science Bulletin, 2020,65(30):3219-3227.
- [8]温丽娟.重载交通长寿命沥青材料组成及路面性能试验研究[J].工程与建设,2017,31(6):814-817.
- [9]赵向敏.长寿命沥青路面结构设计的方法[J].中国公路,2019(1):104-105.
- [10]张坤.全厚式沥青路面材料与力学性能研究[D].重庆:重庆交通大学,2007.  
ZHANG Kun. Study on the material and mechanics performance of full depth asphalt pavement [D]. Chongqing: Chongqing University,2007.
- [11]郭立成,徐希忠,曾国东,等.基于法国路面设计方法的全厚式沥青路面结构性能分析[J].中外公路,2021,41(6):90-94.
- [12]李涛,刘宁,张涛.全厚式高模量沥青混凝土路面结构设计及力学分析[J].公路,2013(4):90-94.  
LI Tao, LIU Ning, ZHANG Tao. Structural design and mechanical analysis of full-depth high modulus asphalt concrete pavement [J]. Highway,2013(4):90-94.
- [13]徐希忠.全厚式高模量沥青路面结构与材料设计研究[D].重庆:重庆交通大学,2020.  
XU Xizhong. Study on the structure and material design of full-depth high modulus asphalt pavement [D]. Chongqing: Chongqing University,2020.
- [14]崔树华.长寿命沥青路面设计及应用研究综述[J].公路交通科技(应用技术版),2017,13(10):45-47.
- [15]唐健娟.全厚式长寿命沥青路面基层材料疲劳性能研究[D].南京:东南大学,2008.

- TANG Jianjuan. Research on base materials' fatigue performance of full-depth perpetual pavement [D]. Nanjing: Southeast University, 2008.
- [16] 李小勇. 全厚式沥青路面疲劳性能研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2021.
- [17] 平树江, 申爱琴, 李鹏. 长寿命路面沥青混合料疲劳极限研究[J]. 中国公路学报, 2009, 22(1): 34-38.  
PING Shujiang, SHEN Aiqin, LI Peng. Study of fatigue limit of asphalt mixture for perpetual pavement [J]. China Journal of Highway and Transport, 2009, 22(1): 34-38.
- [18] 房辰泽, 郭乃胜, 尤占平, 等. 基于能量耗散历史的沥青混合料疲劳损伤特性研究[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2021, 51(6): 1018-1024.  
FANG Chenze, GUO Naisheng, YOU Zhanping, et al. Fatigue damage characteristics for asphalt mixture based on energy dissipation history [J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2021, 51(6): 1018-1024.
- [19] 王毅. 沥青混合料微观疲劳机制与疲劳预估模型研究[D]. 西安: 长安大学, 2015.  
WANG Yi. Study on mesoscopic fatigue mechanism and fatigue prediction model for asphalt mixture [D]. Xi'an: Chang'an University, 2015.
- [20] 公路工程沥青及沥青混合试验规程: JTG E20—2011 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [21] 公路沥青路面施工技术规范: JTG F40—2004 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [22] 肖满哲. 高RAP掺量热再生沥青混合料路用性能实验及疲劳预估模型研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2019.  
XIAO Manzhe. Road performance test of high RAP content thermal reclaimed asphalt mixture and its fatigue prediction model research [D]. Xiangtan: Xiangtan University, 2019.

## Fatigue performance and prediction model of full-thickness asphalt pavement materials

WANG Qifeng<sup>1</sup>, WU Wenjuan<sup>2</sup>, SHEN Quanjun<sup>3</sup>, XU Qinsheng<sup>2\*</sup>, QI Hui<sup>1</sup>

1. Shandong Hi-speed Group Co., Ltd., Jinan 250101, China; 2. Shandong Transportation Institute, Jinan 250102, China;

3. Shandong Hi-speed Group Innovation Research Institute, Jinan 250000, China

**Abstract:** In order to prolong the life span of asphalt pavement and improve the anti-fatigue performance of pavement materials, the fatigue performance of each structural layer material of full-thickness asphalt pavement is analyzed and evaluated through four-point bending fatigue test. Combined with the test data, the fatigue prediction model based on asphalt saturation, strain level and stiffness modulus is modified, and a fatigue prediction model suitable for full-thickness asphalt pavement is established. The research results show that under the same test conditions, there are obvious differences in the fatigue resistance of different types of asphalt mixtures and their sensitivity to the change of strain level. The fatigue performance of asphalt mixture is related to the type of asphalt and the maximum particle size of asphalt mixture. Compared AC-25 (70# asphalt with a void ratio of 4.3%) with LSPM-25 (SBS modified asphalt with a void ratio of 15.3%) with the same particle size, under the same strain level, the fatigue life of AC-25 is about 38.4%, 28.8%, 15.1%, and 39.5% lower than that of LSPM-25, respectively. SBS modified asphalt can effectively improve the fatigue resistance of coarse-grained mixture. The correlation coefficient between the estimated fatigue life of the revised fatigue prediction model and the test results is 0.9916. Fatigue prediction model can more accurately predict the fatigue life of full-thickness asphalt pavement and provide a reliable theoretical basis for asphalt pavement design.

**Keywords:** full-thickness asphalt pavement; four-point bending fatigue test; anti-fatigue performance; fatigue prediction model

(责任编辑:王惠)