文章编号：1000-8608(2018)04-0385-07

# 贫沥青碎石缓解层抗裂效果与路用性能研究

彭　波*[1]，童晓莹[1]，曹　宁[2]，范学勇[3]，田宇航[1]

（1.长安大学 公路学院，陕西 西安　710064；
2.山东省路桥集团有限公司，山东 济南　250021；
3.中交第四航务工程勘察设计院有限公司，广东 广州　510220）

**摘要：**采用新型材料贫沥青碎石(LAG)作为缓解层以有效解决半刚性基层路面易产生反射裂缝的问题.为研究其抗裂效果，通过模拟实际道路中车轮作用，开发出一种简单易行的抗裂性能试验方法.以开裂寿命、断裂寿命和裂缝发展速率作为抗反射裂缝能力评价指标，分析不同沥青用量的贫沥青碎石和其他3种不同抗裂材料的抗裂效果，进一步选取抗变形、渗水性能和抗冲刷能力进行路用性能验证.结果表明：材料开裂后，在开裂和断裂寿命基础上采用裂缝发展速率评价抗裂效果更直观合理；贫沥青碎石在最佳沥青用量下抗反射裂缝能力最优，6种材料抗裂效果依次为LAG2＞LAG3＞LAG1＞ATB-25＞ATPB-25＞AC-25；贫沥青碎石各项路用性能指标均符合要求，可作为半刚性路面缓解层来延长道路使用寿命.

**关键词：**贫沥青碎石；半刚性路面；反射裂缝；抗裂试验；评价指标；路用性能
**中图分类号：**U416.217　　**文献标识码：**A　　**doi：**10.7511/dllgxb201804008

## 0　引　言

近年来，半刚性路面因具有高强度和良好承载能力而被大规模使用，但是半刚性材料自身的干缩与温缩特性使基层在温度与荷载作用下容易开裂，并逐渐扩展至面层形成反射裂缝，破坏路面结构的完整性.

为解决上述难题，国内外学者进行了一定的研究.Zofka等[1-2]采用玻璃纤维和碳纤维土工格栅加筋沥青混合料，能有效减轻裂缝的产生，但是大面积铺筑造价太高.一些学者将级配碎石作为在旧水泥混凝土路面上加铺沥青层的防裂层进行研究，缓裂效果明显，但是级配碎石又存在回弹模量小、施工性较差等缺陷[3-4].在半刚性路面的抗裂性能试验与评价方法研究中，国外主要是通过模拟结构层的拉伸、弯曲和剪切疲劳开裂分析路面结构层的开裂过程，研究产生裂缝的原因，评价其抗裂效果，但结构类型不同采用的相应模拟试验方法也不同，测定的试验结果差距较大；还有一些学者模拟加铺层反射裂缝的产生过程进行大型足尺试验，但该试验比较繁琐，对试验设备的要求高，试验周期长，作为理论研究尚可，不能作为一般试验广泛采用[5-7].

基于此，本文提出一种新型防反射裂缝材料贫沥青碎石(lean asphalt gravel，LAG)，这种材料是在级配碎石的基础上添加少量沥青使结合料刚好能够黏结，改善表面松散和施工性能差等缺点，同时能够提高级配碎石的模量，起到增强其抵抗荷载、抗反射裂缝的能力.鉴于目前国内对贫沥青碎石层抗裂效果和性能评价尚属于空白阶段[8-9]，本文在贫沥青碎石原材料性能和配合比设计基础上，通过模拟实际路面受力状况提出一种简单易行的试验方法研究其抗裂效果，并对贫沥青碎石缓解层进行抗裂性能评价和路用性能验证，为解决半刚性基层反射裂缝问题提供参考.

**收稿日期：**2017-12-05；　**修回日期：**2018-05-28.
**基金项目：**陕西省自然科学基金资助项目(2011JM7001)；陕西省交通厅科技计划项目(15-08K)；甘肃省交通运输厅科研项目(201227).
**作者简介：**彭　波*(1970-)，男，教授，E-mail：pengb8888@126.com.

## 1 贫沥青碎石原材料及配合比

沥青选自克拉玛依油田90#A级道路石油沥青,粗集料选用石灰岩碎石,细集料为洁净的机制砂,矿粉由石灰岩磨细而成.根据规程[10]验证原材料各项性能均符合要求.

### 1.1 粗、细集料配合比

采用逐级填充法和I法分别对贫沥青碎石粗、细集料级配进行设计;采用矿料间隙率VCA和承载比CBR表征粗集料的结构稳定性和强度;采用插捣间隙率表征细集料的密实度.通过上述各种粗、细集料的填充,选取在粗集料VCA最小、CBR最大,细集料插捣间隙率最小情况下组成的最佳比例进行合成换算.优选出满足各指标条件下的组合比例,结果见表1.

表1 粗、细集料的比例

Tab.1 The proportion of coarse aggregate and fine aggregate

| 粗集料 | | 细集料 | |
|---|---|---|---|
| 粒径/mm | 比例/% | 粒径/mm | 比例/% |
| 19 | 20.6 | 2.36 | 28.2 |
| 16 | 13.7 | 1.18 | 20.1 |
| | | 0.6 | 14.2 |
| 13.2 | 14.7 | 0.3 | 10.5 |
| 9.5 | 21.0 | 0.15 | 7.6 |
| | | 0.075 | 5.4 |
| 4.75 | 30.0 | 0 | 14.0 |

以关键筛孔4.75的质量通过率40%为基础,即粗细集料质量比60∶40为基准,以5%为步长,向粗集料中填充细集料.粗选出60∶40、65∶35、70∶30、75∶25、80∶20及85∶15共6种级配.本文主要研究贫沥青碎石抗反射裂缝能力,反射裂缝主要包括由抵抗拉伸作用造成的张开型裂缝和抵抗剪切作用而形成的剪切型裂缝[11].故采用劈裂试验来反映贫沥青碎石抵抗拉伸性能的好坏;采用单轴贯入试验来反映贫沥青碎石抗剪切性能.在各级配最佳沥青用量下通过劈裂强度和单轴贯入强度优选出具有良好抗反射裂缝能力的粗细集料质量比见表2.综合两项指标,优选粗细集料质量比70∶30、75∶25和80∶20分别为贫沥青碎石级配上限、中值和下限,分别用编号LAG1、LAG2、LAG3表示,具体见表3.

表2 劈裂试验和单轴贯入试验数据

Tab.2 Split test and uniaxial penetration test data

| 粗细集料质量比 | 劈裂强度/MPa | 贯入强度/MPa |
|---|---|---|
| 60∶40 | 0.595 | 1.614 |
| 65∶35 | 0.612 | 1.611 |
| 70∶30 | 0.638 | 1.651 |
| 75∶25 | 0.642 | 1.679 |
| 80∶20 | 0.690 | 1.788 |
| 85∶15 | 0.678 | 1.579 |

表3 贫沥青碎石级配

Tab.3 Lean asphalt gravel gradation

| 级配类型 | 质量通过百分率/% | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 26.5 mm | 19 mm | 16 mm | 13.2 mm | 9.5 mm | 4.75 mm | 2.36 mm | 1.18 mm | 0.6 mm | 0.3 mm | 0.15 mm | 0.075 mm |
| LAG1 | 100 | 85.6 | 76.0 | 65.7 | 51.1 | 30.1 | 21.6 | 15.6 | 11.3 | 8.1 | 5.8 | 4.2 |
| LAG2 | 100 | 84.5 | 74.2 | 63.2 | 47.5 | 25.0 | 18.0 | 13.0 | 9.4 | 6.7 | 4.8 | 3.5 |
| LAG3 | 100 | 83.5 | 72.5 | 60.7 | 43.9 | 19.9 | 14.3 | 10.3 | 7.5 | 5.4 | 3.9 | 2.8 |

### 1.2 贫沥青碎石主要技术参数

贫沥青碎石是一种新型抗裂材料,所以在确定贫沥青碎石最佳沥青用量时以传统马歇尔试验作为参考,在其最小与最大沥青用量的基础上,取$a_1$、$a_2$、$a_3$和$a_4$分别作为毛体积密度最大值、孔隙率中值、稳定度最大值和流值最小值所对应的沥青用量,取四者的平均值作为$OAC_1$;选取$a_5$和$a_6$分别作为劈裂强度的最大值和单轴贯入强度的最大值所对应的沥青用量,取二者的平均值作为$OAC_2$,最终求出贫沥青混合料各级配的最佳沥青用量OAC.贫沥青碎石的主要技术参数见表4.

表4 贫沥青碎石的主要技术参数

Tab.4 Major technical parameters of lean asphalt gravel

| 级配类型 | 最佳沥青用量/% | 毛体积密度/(g·cm$^{-3}$) | 孔隙率/% |
|---|---|---|---|
| LAG1 | 2.70 | 2.371 | 10.5 |
| LAG2 | 2.55 | 2.357 | 11.7 |
| LAG3 | 2.45 | 2.331 | 12.9 |

## 2　贫沥青碎石抗裂性能试验研究

### 2.1　抗裂性能试验模型与方法

通过单轴压缩试验，验证贫沥青碎石强度满足规范要求. 为了进一步验证贫沥青碎石材料的抗裂性能，参考往返轮载试验方法，采用全自动车辙试验仪作为加载设备模拟实际道路中车轮作用于测试复合板结构试件. 试验步骤如下：按照规范成型 C30 的水泥稳定碎石车辙板试件，切成均等的两块，成型面层和抗裂层的车辙板试件；用 SBS 改性沥青加热后按顺序将面层、抗裂层和水泥稳定碎石板黏结起来，两块水泥稳定碎石板间留有 1 cm 的缝隙；将粘贴好的复合板放置于车辙仪上、下方，铺筑橡胶垫块，测试不同抗裂材料复合板试件的疲劳寿命.

试验的轮载大小为 0.7 MPa，轮载碾压频率为 42 次/min，控制本试验在室温下 15 ℃左右进行，试验模型和试验结果如图 1、2 所示.

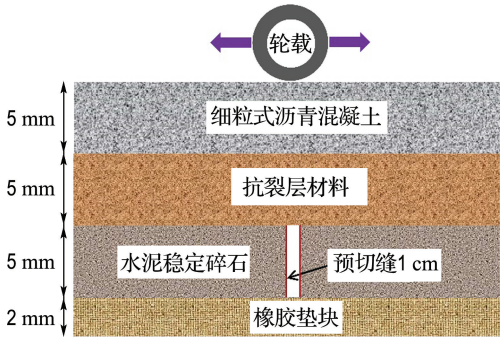



图 1　抗裂模拟试验模型

Fig. 1　Crack resistance simulation test model



图 2　抗裂试验结果

Fig. 2　Crack resistance test results

### 2.2　试验数据分析

(1)对不同沥青用量下贫沥青碎石抗裂效果研究

在进行抗裂性能试验中，试件经过不断碾压达到开裂寿命后，不会马上破坏，仍然具有很好的抗裂性能，直至裂缝贯穿抗裂层. 故提出评价材料的抗裂性能指标包括①开裂寿命 $m$：抗裂层材料产生裂缝时的试验轮加载次数. ②断裂寿命 $n$：产生的裂缝贯穿抗裂层的试验轮加载次数. 试验中发现使同一条裂缝完全贯穿抗裂层具有一定难度，以此来判定断裂寿命会导致试验误差较大，故在本试验中采用较近位置处的裂缝长度之和达到抗裂层试件厚度时的试验轮加载次数为试件的断裂寿命. ③裂缝发展速率 $k$：反射裂缝缓解层的厚度和反射裂缝开裂寿命与断裂寿命时间差值的比值，以“mm/h”计. 表征材料初始开裂后，单位时间内裂缝向上扩展的高度. $k=(h\times 42\times 60)/(m-n)$.

为研究不同沥青用量 $c$ 对贫沥青碎石(LAG)抗裂性能的影响，对 3 种级配 LAG 分别在 2.2%、2.4%、2.6%、2.8%、3.0%的沥青用量下成型试件，进行抗裂性能试验，所得开裂寿命、断裂寿命、裂缝发展速率结果分别如图 3、4、5 所示.

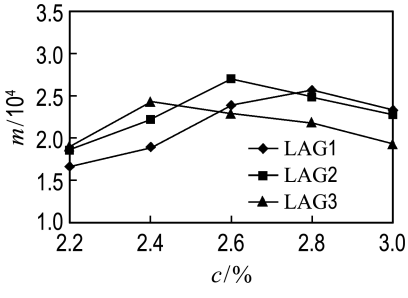



图 3　3 种级配 LAG 在不同沥青用量下的开裂寿命

Fig. 3　The cracking life of LAG of three grades with different asphalt amounts

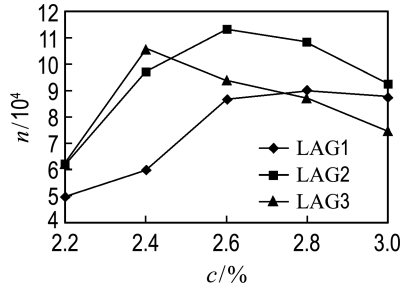



图 4　3 种级配 LAG 在不同沥青用量下的断裂寿命

Fig. 4　Fracture life of LAG of three grades with different asphalt amounts

由图3、4可知，贫沥青碎石的开裂寿命均达到$1.5\times10^4$次，断裂寿命超过$4.5\times10^4$次，且两种寿命随着沥青用量的增加均先增大后减小. 当沥青含量较少时，沥青用量增加使得混合料黏聚力提高，劈裂强度及疲劳寿命随着沥青用量的增加而增加，抗裂性能随之增加. 在各自最佳沥青用量下，相应级配的疲劳寿命达到最大值，且大小依次为LAG2＞LAG3＞LAG1. 当添加的沥青远大于最佳沥青用量时，疲劳寿命反而随着沥青用量的增加而减少，这是由于集料孔隙间存在多余的自由沥青，导致集料间黏结力变小，当荷载应力过大时容易造成沥青膜开裂，导致疲劳寿命下降；另一方面，贫沥青碎石的大孔隙率(均超过10%)保证其具有良好的应力奇化能力，能有效降低半刚性基层裂缝尖端的应力强度因子，但是沥青用量过多会导致混合料的孔隙率降低，从而阻碍了应力奇化，造成混合料承受较大的拉应力，最终导致疲劳寿命降低. 故可用开裂寿命和断裂寿命指标进行粗略的抗裂性能评价.

在图4中，由于贫沥青碎石粗颗粒含量较多，孔隙率较大，在试件开裂后，其断裂寿命仍然不断增长，断裂寿命远大于开裂寿命，表明材料开裂后依然具有良好的抗裂能力. 此时单一地采用开裂或断裂指标评价不能完全反映材料的抗裂性能好坏，裂缝发展速率$k$可以直观反映出裂缝发展的快慢. 裂缝发展速率越小，表明材料层产生裂缝越缓慢，结构层抗裂性能越稳定，抵抗反射裂缝的能力越好.

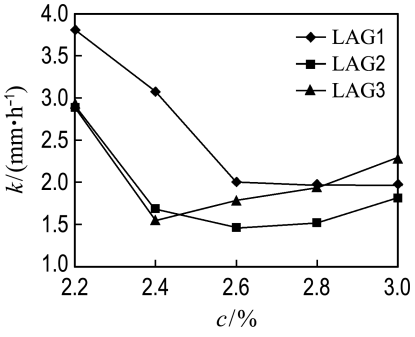



图5 3种级配LAG在不同沥青用量下的裂缝发展速率

Fig. 5 The crack development rate of LAG of three grades with different asphalt amounts

在图5中，贫沥青碎石开始出现裂缝后，随着沥青用量从2.2%增加到2.4%，裂缝发展速率的大小是LAG1＞LAG2＞LAG3，表明当沥青用量较少时，LAG3的疲劳寿命最大，抗裂能力最好，LAG1抗裂能力最差. 当沥青用量从2.4%增加到2.8%时，裂缝发展速率大小为LAG1＞LAG3＞LAG2，表明此沥青用量范围内LAG2的抗反射裂缝效果最明显，不仅保证各粒径集料能够有效地黏结在一起，使得混合料既能形成稳定的骨架结构，又有足够的孔隙来消散裂缝向上扩展时产生的应力，所以此时裂缝发展速率小，疲劳寿命高，抗反射裂缝能力最优.

综上所述，不同沥青用量对贫沥青碎石抗裂效果有明显影响. 在各自最佳沥青用量下，3种级配抗裂效果达到最优，其中LAG1细集料偏多，孔隙率偏小，劈裂强度和单轴贯入强度偏小；LAG3材料组成过粗、孔隙率过大，故选择材料组成相对偏粗，孔隙率为11.7%、沥青用量为2.55%的LAG2作为裂缝缓解层，可以有效减缓基层裂缝扩展速率，提高沥青路面结构的抗裂性能.

(2)对不同抗裂材料的抗裂效果研究

为进一步检验贫沥青碎石的抗裂效果，将贫沥青碎石3种级配与其他抗裂材料进行对比分析，研究贫沥青碎石LAG、密级配沥青混凝土AC-25、密级配沥青稳定碎石ATB-25、开级配沥青稳定碎石ATPB-25在各自最佳沥青用量下分别作抗裂层的疲劳寿命和裂缝发展速率，试验结果见图6、7.

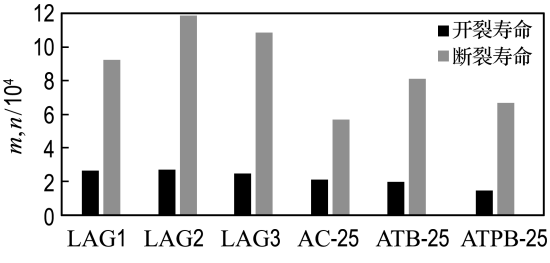



图6 不同抗裂材料的疲劳寿命对比

Fig. 6 Fatigue life comparison of different crack resistance materials

由图6可知，不同抗裂材料在各自最佳沥青用量下产生的疲劳寿命差异较大. AC-25材料层的加载次数最少，断裂寿命不足$6\times10^4$次；贫沥青碎石中LAG2的加载次数最多，断裂寿命超过$10\times10^4$次. 按照设置的抗裂层AC-25为基准，

LAG1 断裂加载次数提高了 1.63 倍，LAG2 提高了 2.1 倍，LAG3 提高了 1.91 倍，ATB-25 提高了 1.43 倍，ATPB-25 提高了 1.18 倍. 说明在道路结构中增加中间层能有效提高沥青路面抗反射裂缝的能力，且 6 种材料的断裂寿命大小顺序是 LAG2＞LAG3＞LAG1＞ATB-25＞ATPB-25＞AC-25.

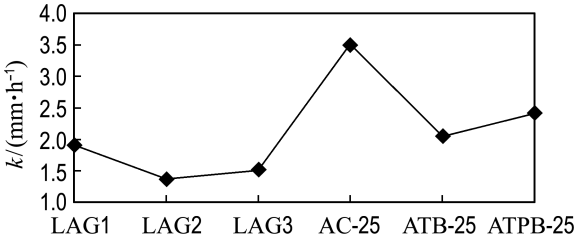



图 7　不同抗裂材料的裂缝发展速率对比

Fig. 7　Crack development rates comparison of different crack resistance materials

图 7 所示试验结果表明，6 种材料的裂缝发展速率由大到小顺序是 AC-25＞ATPB-25＞ATB-25＞LAG1＞LAG3＞LAG2. 对于大粒径混合料而言，大颗粒集料构成稳定骨架情况下密级配 ATB 中细集料较开级配 ATPB 多，产生的沥青胶浆黏结力大，劈裂强度大，车轮荷载下抗裂性能较好；而密级配沥青混凝土 AC 虽然密实，但其粗颗粒含量较少，不能形成稳定的骨架结构，抗裂性能较差；对于加铺集料的粗细比例偏粗，孔隙率大于 10%，最佳沥青用量低于 3%的贫沥青碎石裂缝缓解层的沥青路面，LAG2 的裂缝发展速率最小，疲劳寿命明显高于其他材料层，所以加铺贫沥青碎石裂缝缓解层对反射裂缝抑制效果有明显优越性.

## 3　路用性能

贫沥青碎石不仅是抗裂缓解层，也是一种道路结构功能层，除了达到抗裂性能要求外，也需要满足作为结构层的基本路用性能要求. 根据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)进行贫沥青碎石的抗变形、渗水性能、抗冲刷能力等路用性能试验，提出贫沥青碎石路用性能评价指标要求，对贫沥青碎石 3 种级配在各自的最佳沥青用量下成型试件进行车辙试验和渗水试验，在不同沥青用量下进行冲刷试验. 试验结果分别见图 8、9.

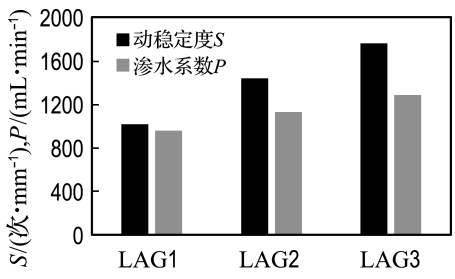



图 8　不同级配下动稳定度和渗水系数

Fig. 8　Dynamic stability and water permeability coefficient for different gradations

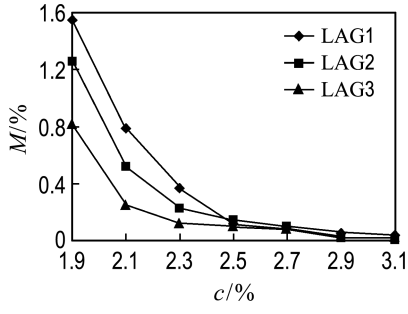



图 9　冲刷质量损失率 $M$ 随沥青用量的变化

Fig. 9　Change in the loss rate $M$ of scouring mass with the amount of asphalt

由图 8 可知，级配组成对贫沥青碎石的动稳定度有较大影响，3 种级配稳定度的大小顺序是 LAG3＞LAG2＞LAG1，且 3 种级配的动稳定度均大于 1 000 次/mm. 其中 LAG1 细集料偏多，孔隙率较小，稳定度偏低，表明混合料的密实度较好，高温稳定性较差；LAG3 粗集料比例高，易形成骨架，孔隙率大，当外部荷载作用时产生的变形就减小，所以动稳定度增高. 根据规范对各气候分区普通沥青混合料动稳定度要求中最小值不小于 1 000 次/mm[12]，鉴于贫沥青碎石层位于沥青面层之下，受外界温度变化的影响比与外界直接接触的沥青面层小，对其动稳定度的要求可以适当降低，但其动稳定度仍然满足规范中对普通沥青混合料的要求，表明贫沥青碎石具有良好的高温抗变形性能. 级配组成对贫沥青碎石的渗水能力也有明显影响，3 种级配渗水系数大小顺序是 LAG3＞LAG2＞LAG1，且 3 种级配的渗水系数均大于 900 mL/min. 其中 LAG1 细集料多，将骨架间空隙填充，透水能力偏小，从 LAG1 到 LAG3，随着粗集料含量越来越多，试件孔隙率增大，故渗水系数也越来越大. 贫沥青碎石混合料的渗水系数较大，作为沥青面层与半刚性基层之间

的中间层,能够有效排出从面层渗透下来的积水,减小水对路面结构的破坏,提高路面使用品质,表明贫沥青碎石有良好的渗水能力.

由图9可知:贫沥青碎石的冲刷质量损失率$M$与沥青用量和级配关系密切,3种级配冲刷质量损失顺序是LAG1>LAG2>LAG3.在同一级配下,沥青用量增加,集料间的黏结力增加,冲刷质量损失率随着沥青用量的增加而减小;在相同沥青用量条件下,从LAG1到LAG3粗集料含量越来越多,细集料越来越少,比表面积减小,覆盖在集料表面的沥青膜较厚,集料间黏聚性增强,在动水作用下,质量损失率较小.当沥青用量较少时,由于集料间黏聚力不足,少量细集料被冲走,随着沥青用量不断增加,试件被冲刷掉的质量减少.当3种级配的沥青用量达到2.5%时,继续增加沥青用量,贫沥青碎石混合料间的胶结力增加,试件冲刷质量损失率几乎不发生变化.同时验证了前文中最佳沥青用量的正确性,也表明贫沥青碎石作为缓解层具有良好的抗冲刷能力.

## 4 结 论

(1)采用逐级填充法和Ⅰ法分别对贫沥青碎石粗、细集料配合比进行设计,以劈裂强度和贯入强度为指标进行粗细集料比例的确定,得出满足要求的贫沥青碎石级配范围,并进一步确定贫沥青碎石主要技术参数.

(2)通过模拟实际路面受力状况,开发出一种简单易行的抗裂性能试验方法,在采用开裂寿命、断裂寿命指标基础上,进一步提出以裂缝发展速率为抗裂指标,并对不同材料进行抗裂性能试验.

(3)抗裂性能试验表明不同沥青用量对贫沥青碎石抗裂效果有明显影响,在各自最佳沥青用量下,3种级配抗裂效果达到最优;6种抗裂材料中,贫沥青碎石LAG2的裂缝发展速率最小,疲劳寿命明显高于其他材料层,结果验证加铺贫沥青碎石层对反射裂缝抑制效果有明显优越性.

(4)贫沥青碎石除了满足抗裂性能,也需要满足作为结构层的基本路用性能要求.故从抗变形性能、渗水性能、抗冲刷性能方面对其进行路用性能试验,结果表明贫沥青碎石具有良好的抗变形、渗水及抗冲刷性能,可作为中间结构层来缓解半刚性基层路面反射裂缝问题.

## 参考文献:


[1] ZOFKA A, MALISZEWSKI M, MALISZEWSKA D. Glass and carbon geogrid reinforcement of asphalt mixtures [J]. **Road Materials and Pavement Design**, 2017, **18**(s1):471-490.

[2] NORAMBUENA-CONTRERAS J, GONZALEZ-TORRE I, FERNANDEZ-ARNAU D, *et al*. Mechanical damage evaluation of geosynthetics fibres used as anti-reflective cracking systems in asphalt pavements [J]. **Construction and Building Materials**, 2016, **109**:47-54.

[3] 常艳婷,陈忠达,张 震,等. 不同成型方法级配碎石的抗变形性能[J]. 武汉大学学报(工学版), 2017, **50**(2):251-256.
CHANG Yanting, CHEN Zhongda, ZHANG Zhen, *et al*. Study of anti-deformation properties of grade macadam with different molding methods [J]. **Engineering Journal of Wuhan University**, 2017, **50**(2):251-256. (in Chinese)

[4] 蒋应军,李思超,王天林. 级配碎石动三轴试验的数值模拟方法[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2013, **43**(3):604-609.
JIANG Yingjun, LI Sichao, WANG Tianlin. Numerical method of dynamic triaxial test on graded crushed rock [J]. **Journal of Dongnan University (Natural Science Edition)**, 2013, **43**(3):604-609. (in Chinese)

[5] 冯新军,郝培文,查旭东. 沥青稳定碎石基层抗反射裂缝能力评价方法[J]. 中国公路学报, 2011, **24**(2):6-11.
FENG Xinjun, HAO Peiwen, ZHA Xudong. Evaluating method on resisting reflective cracking ability of asphalt stabilized macadam base [J]. **China Journal of Highway and Transport**, 2011, **24**(2):6-11 (in Chinese)

[6] 郭红兵,赵亚兰,陈拴发. 开级配大粒径沥青碎石防裂层沥青路面疲劳寿命与抗裂机理数值分析[J]. 武汉理工大学学报, 2014, **36**(10):52-56.
GUO Hongbing, ZHAO Yalan, CHEN Shuanfa. Numerical analysis on fatigue life and anti-cracking mechanism of open-graded large stone asphalt mixes (OLSM-25) cracking relief layer in asphalt pavement [J]. **Journal of Wuhan University of Technology**, 2014, **36**(10):52-56. (in Chinese)

[7] YOON Y, PATEL S, JI R, *et al*. Current state of

reflective cracking in the United States [J]. **Journal of Construction Engineering and Management**, 2017, **143**(3):04016099.

[8] 李凯峰. 微沥青碎石配合比设计方法研究[D]. 西安:长安大学, 2014.
LI Kaifeng. Study on the mixture design of micro asphalt gravel [D]. Xi′an: Chang′an University, 2014. (in Chinese)

[9] 彭　波,巩　伟,孟宪光,等.微沥青碎石过渡层混合料级配设计方法研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2015(2):259-263.
PENG Bo, GONG Wei, MENG Xianguang, *et al*. A study on gradation design method of micro asphalt gravel middle layer mixtures [J]. **Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering)**, 2015(2): 259-263. (in Chinese)

[10] 中华人民共和国交通运输部. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程: JTG E20—2011 [S]. 北京:人民交通出版社, 2011.
Ministry of Transport of the People′s Republic of China. Standard Test Methods of Bitumen and Bituminous Highway Engineering: JTG E20-2011 [S]. Beijing: China Communications Press, 2011. (in Chinese)

[11] 王雪莲,黄晓明,卞国剑. LSPM 对防治半刚性基层沥青路面反射裂缝机理分析[J]. 公路交通科技, 2016, **33**(7):12-18.
WANG Xuelian, HUANG Xiaoming, BIAN Guojian. Analysis on mechanism of using LSPM for preventing reflective cracks in asphalt pavement with semi-rigid base [J]. **Journal of Highway and Transportation Research and Development**, 2016, **33**(7):12-18. (in Chinese)

[12] 中华人民共和国交通运输部. 公路沥青路面设计规范: JTG D50—2017 [S]. 北京:人民交通出版社, 2017.
Ministry of Transport of the People′s Republic of China. Specification for Design of Highway Asphalt Pavement: JTG D50-2017 [S]. Beijing: China Communications Press, 2017. (in Chinese)

# Research on anti-cracking and road performance of lean asphalt gravel intermediate structural layer

PENG Bo*[1], TONG Xiaoying[1], CAO Ning[2], FAN Xueyong[3], TIAN Yuhang[1]

(1. School of Highway, Chang′an University, Xi′an 710064, China;
2. Shandong Luqiao Group Co., LTD, Jinan 250021, China;
3. CCCC-FHDI Engineering Co., LTD, Guangzhou 510220, China)

**Abstract**: To effectively solve the semi-rigid pavement prone to reflective cracking problems, a kind of new material lean asphalt gravel (LAG) was proposed as the intermediate structural layer. In order to study its anti-cracking effect, a simple test method was developed by simulating the wheel function on the actual road. As the evaluation index of anti-reflection crack ability with cracking life, fracture life and crack development rate, the anti-cracking effects under different asphalt contents of lean asphalt gravel and other three crack resistance materials were analyzed, furthermore, the anti-deformation, water seepage performance and anti-scour ability were selected for road performance verification. The results show that after the material cracks, it′s more intuitive to use the crack development rate to evaluate the effect based on cracking and fracture life. The anti-reflective crack ability of lean asphalt gravel is optimal in the optimum asphalt content, and the anti-reflective crack abilities of six materials in turn are LAG2＞LAG3＞LAG1＞ATB-25＞ATPB-25＞AC-25. The road performance indexes of lean asphalt gravels are all in accordance with the requirements, so they can be used as intermediate structural layer of semi-rigid pavement to prolong the life of the road.

**Key words**: lean asphalt gravel; semi-rigid pavement; reflective crack; crack resistance test; evaluation index; road performance