

# 集料指标波动对高模量沥青混合料路用性能的影响研究

刘海婷

(江苏中路工程技术研究院有限公司, 江苏 南京 21000)

**摘要:** 为了分析集料指标波动对高模量沥青混合料(HMM-13)路用性能的影响规律,分别制备了10%、15%、18%三种针片状含量,10.5%、12.5%、15%、18%四种粉尘含量(占0~3 mm料比例)与55%、60%、70%三种砂当量的HMM-13沥青混合料,测试其高、低温性能及水稳定性能。试验结果显示:针片状含量的增加会导致HMM-13混合料的水稳定性能衰减1.60%,高温性能衰减30.47%,低温性能衰减6.59%;粉尘含量的增加会导致HMM-13混合料的水稳定性能增加3.20%,高温性能增加20.19%,低温性能衰减4.96%;砂当量的降低会导致HMM-13混合料的水稳定性能增加1.80%,高温性能增加12.23%,低温性能衰减5.98%。

**关键词:** 针片状含量;粉尘含量;砂当量;高模量沥青混合料;路用性能

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)03-0280-04

## Study on Effect of Aggregate Index Fluctuation on Pavement Performance of High-modulus Asphalt Mixture

LIU Haiting

(Jiangsu Zhonglu Engineering Technology Research Institute Co., Ltd., Nanjing 21000, China)

**Abstract:** In order to analyze the influence of aggregate index fluctuations on the pavement performance of high-modulus asphalt mixture (HMM-13), HMM-13 asphalt mixtures with three needle flake contents of 10%, 15% and 18%, four dust contents of 10.5%, 12.5%, 15% and 18% (accounting for 0~3 mm material proportion), and three sand equivalents of 55%, 60% and 70% are prepared respectively to test the high-temperature, low-temperature and water stability performances. The experimental results show that the increase of needle flake content will lead to a 1.60% decrease of water stability performance of HMM-13, its high-temperature performance decreases by 30.47% and its low-temperature performance decreases by 6.59%. The increase of dust content will lead to a 3.20% increase of water stability performance, a 20.19% increase of high-temperature performance and a 4.96% decrease of low-temperature performance of HMM-13 mixture. The decrease of sand equivalent will lead to a 1.80% increase of water stability performance, a 12.23% increase of high-temperature performance and a 5.98% decrease of low-temperature performance of HMM-13 mixture.

**Keywords:** needle flake content; dust content; sand equivalent; high-modulus asphalt mixture; pavement performance

## 0 引言

近年来,随着高速公路的新建以及改扩建规模的增加,对集料的需求量进一步增加,市场供不应求,造成劣质集料进入市场,导致集料的质量在供应过程中会出现一定的波动。通过对江苏省高速公路用集料指标的波动情况进行调研,结果表明,近年来得到的实测范围与10 a前相比,石灰岩集料的针片

状含量、粉尘含量、砂当量波动幅度增大,测试结果向《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2018)<sup>[1]</sup>中要求的控制标准的临界值靠近,甚至有超标情况出现。10 a前石灰岩集料的针片状含量平均值为5.7,而近年来石灰岩集料的针片状含量平均值为7.9,波动幅度达38.60%,颗粒形状及针片状含量在逐渐上升;10 a前石灰岩集料的粉尘含量小于12.5的占比99.99%,而近年来石灰岩集料的粉尘含量小于12.5的占比60.99%,波动幅度达到了39.00%;10 a前石灰岩集料的砂当量平均值在84.0左右,而近年来石灰岩集料的砂当量平均值在63.4左右,波动幅

收稿日期: 2024-07-11

作者简介: 刘海婷(1993—),女,硕士,工程师,从事道路工程方向工作。

度为24.52%;10 a前石灰岩集料的砂当量大于80的占比85.00%,而近年来石灰岩集料的砂当量均小于80,这些指标的波动不同程度地影响着沥青混合料的质量。

王斌等<sup>[2-3]</sup>研究发现细集料粉尘含量的增加会降低混合料的抗水损害能力;谢兆星等<sup>[4]</sup>研究发现针片状颗粒含量的增加、集料颗粒形状的扁平化都会导致混合料的高、低温性能大幅降低,缩短路用使用寿命;崔君毅等<sup>[5]</sup>通过室内试验发现粗集料洁净程度的降低会导致沥青混合料的抗水损害能力变差。而近两年,HMM-13沥青混合料是江苏省高速公路建设过程中全面推广应用的新型沥青混合料,但集料指标的波动对HMM-13沥青混合料路用性能的影响程度与影响规律尚未可知。

鉴于此,为了分析集料指标波动对HMM-13沥青混合料性能的影响,制备了不同针片状含量、粉尘含量、砂当量的HMM-13混合料,测试其高温、低温及水稳性能的变化。

## 1 原材料及配合比设计

### 1.1 原材料

沥青采用江苏亿虎公司生产的SBS改性沥青,PG等级为76-22;集料采用江苏溧阳公司生产的石灰岩集料,指标测试结果均满足规范要求。

### 1.2 配合比设计

HMM-13混合料的最佳油石比为4.3%,高模量剂为矿料质量的1%,合成级配如表1所列。

表1 HMM-13矿料级配

筛孔尺寸/mm	通过率/%	筛孔尺寸/mm	通过率/%
16	100	1.18	23.3
13.2	97.4	0.6	15.0
9.5	72.9	0.3	9.4
4.75	41.2	0.15	7.9
2.36	31.5	0.075	6.4

## 2 试验方案

课题组分别制备了不同针片状含量、不同粉尘含量、不同砂当量的HMM-13沥青混合料,用于测试其高温性能、水稳性能及低温性能,具体试验方案如表2所列。

## 3 试验结果与分析

### 3.1 水稳性能

(1)测试针片状含量对HMM-13混合料水稳性

表2 试验方案

指标	试验参数/%	试验项目	技术要求
针片状含量	10、15、18	1.冻融劈裂试验 2.浸水马歇尔试验	≤15
粉尘含量	10.5、12.5、15、18	3.60℃动稳定度	≤15(宜≤12.5)
砂当量	55、60、70	4.小梁弯曲试验	≥60

能的影响,试验结果如图1所示。

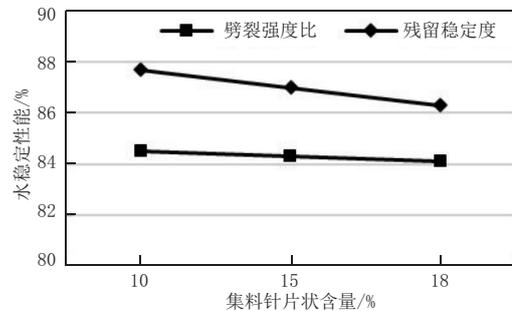


图1 针片状含量对HMM-13混合料水稳性能的影响

由图可知:

- 随着针片状含量的增加,混合料的水稳性能呈线性衰减趋势;
- 当针片状颗粒比例由10%提高到15%时,HMM-13混合料的劈裂强度比下降0.23%,残留稳定度下降0.79%;
- 当针片状颗粒比例由10%提高到18%时,HMM-13混合料的劈裂强度比下降0.47%,残留稳定度下降1.60%,但水稳性能仍满足规范要求。

综上可见,针片状含量对HMM沥青混合料的水稳性能影响较小。这主要是由于HMM-13混合料突破了传统骨架密实级配的局限,不强求混合料是骨架型,从而降低了混合料性能对集料针片状含量的敏感性。

(2)测试粉尘含量对HMM-13混合料水稳性能的影响,试验结果如图2所示。

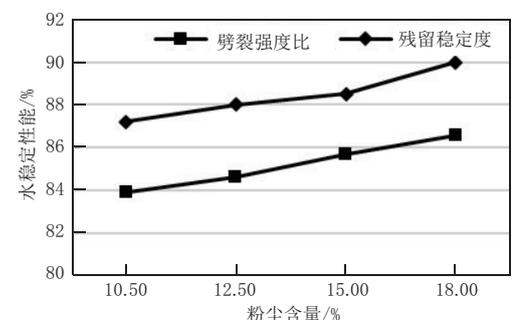


图2 粉尘含量对HMM-13混合料水稳性能的影响

由图可知:

- 随着粉尘含量的增加,混合料的水稳性能呈线性增加趋势,粉尘含量的增加对HMM-13沥青混合料的水稳性能有积极的影响;

b. 当粉尘含量由 10.5% 提高到 15% 时, HMM-13 混合料的劈裂强度比的上升幅度为 2.1%, 残留稳定度上升幅度为 1.5%;

c. 当粉尘含量由 10.5% 提高到 18% 时, HMM-13 混合料的劈裂强度比、残留稳定度上升幅度均为 3.2%。

综上所述, 由于 HMM-13 混合料在设计时适当增加了沥青用量, 粉尘含量的增加导致沥青胶浆数量增加, 填充了空隙, 进一步降低了混合料空隙率, 增加了混合料的密水性, 进而提升了混合料的水稳定性能。

(3) 测试砂当量对 HMM-13 混合料的水稳性能的影响, 试验结果如图 3 所示。

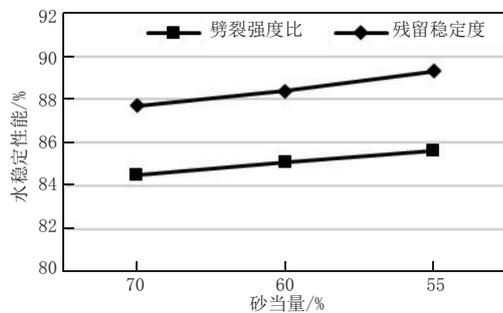


图3 砂当量对HMM-13混合料水稳性能的影响

由上图可知:

a. 随着砂当量的下降, 混合料的水稳定性能呈线性增加趋势, 砂当量的下降对 HMM-13 沥青混合料的水稳定性能有积极的影响;

b. 当砂当量由 70% 下降到 60% 时, HMM-13 混合料的劈裂强度比增加 0.71%, 残留稳定度增加 0.80%;

c. 当砂当量由 70% 下降到 55% 时, HMM-13 混合料的劈裂强度比增加 1.3%, 残留稳定度增加 1.8%。

上述结果主要是由于 HMM-13 混合料的空隙率在 2% 以内, 施工空隙率与设计空隙率一致, 有较好的密水性。

### 3.2 高温性能

(1) 测试针片状含量对 HMM-13 混合料高温性能的影响, 试验结果如图 4 所示。

由图可知:

a. 随着针片状含量的增加, 混合料的高温性能呈线性衰减趋势;

b. 当针片状含量由 10% 提高到 15% 时, HMM-13 混合料的动稳定度下降 15.12%;

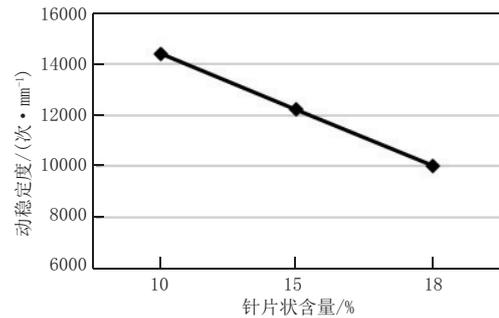


图4 针片状含量对HMM-13混合料高温性能的影响

c. 当针片状含量由 10% 提高到 18% 时, HMM-13 混合料的动稳定度下降 30.47%。

上述结果主要是由于针片状含量会在施工碾压过程中被压碎, 降低了混合料结构的稳定性, 因而需严格控制针片状含量。

(2) 测试粉尘含量对 HMM-13 混合料高温性能的影响, 试验结果如图 5 所示。

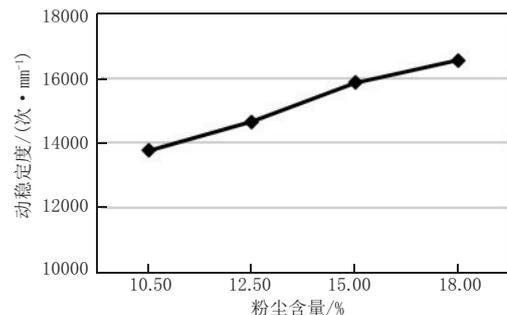


图5 粉尘含量对HMM-13混合料高温性能的影响

由图可知:

a. 随着粉尘含量的增加, 混合料的高温性能呈线性增长趋势;

b. 当粉尘含量由 10.5% 提高到 15% 时, HMM-13 混合料的动稳定度上升 15.28%;

c. 当粉尘含量由 10.5% 提高到 18% 时, HMM-13 混合料的动稳定度上升 20.19%。

上述结果主要是由于 HMM-13 混合料主要依靠沥青胶浆的性能, 而粉尘含量的增加会导致沥青胶浆数量的增加, 进而提升了混合料的高温性能。

(3) 测试砂当量对 HMM-13 混合料的高温性能的影响, 试验结果如图 6 所示。

由图可知:

a. 随着砂当量的增加, 混合料的高温性能呈线性增加趋势;

b. 当砂当量由 70% 减少到 60% 时, HMM-13 混合料的动稳定度增长 4.50%;

c. 当砂当量由 70% 减少到 55% 时, HMM-13 混

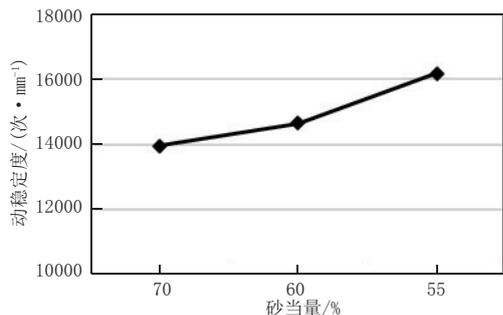


图6 砂当量对HMM-13混合料高温性能的影响

合料的动稳定度增长12.23%。

上述结果主要是由于HMM-13沥青混合料的性能不过分依赖于集料质量。

### 3.3 低温性能

(1)测试针片状含量对HMM-13混合料的低温性能的影响,试验结果如图7所示。

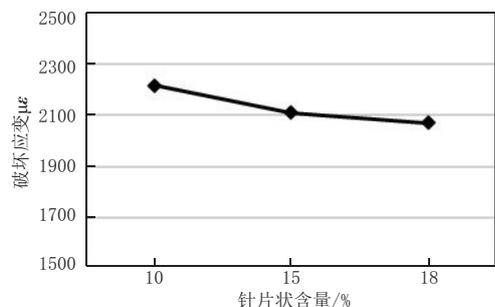


图7 针片状含量对HMM-13混合料低温性能的影响

由图可知:

- 随着针片状含量的增加,混合料的低温性能呈线性衰减趋势;
- 当针片状含量由10%增加到15%时,HMM-13混合料的破坏应变下降4.81%;
- 当针片状含量由10%增加到18%时,HMM-13混合料的破坏应变下降6.59%。

上述结果主要是由于HMM-13混合料模量高,低温抗裂能力较传统的改性沥青混合料略差。

(2)测试粉尘含量对HMM-13混合料低温性能的影响,试验结果如图8所示。

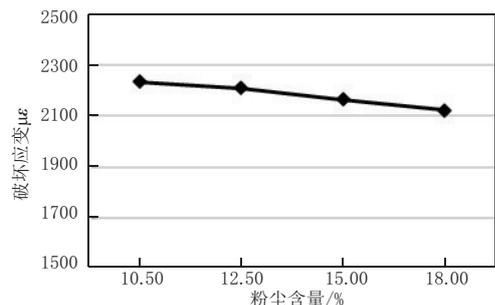


图8 粉尘含量对HMM-13混合料低温性能的影响

由图可知,随着粉尘含量的增加,混合料的低温性能呈线性衰减趋势,当粉尘含量由10.5%提高到18%时,HMM-13混合料的破坏应变下降4.96%。

(3)测试砂当量对HMM-13混合料的低温性能的影响,试验结果如图9所示。

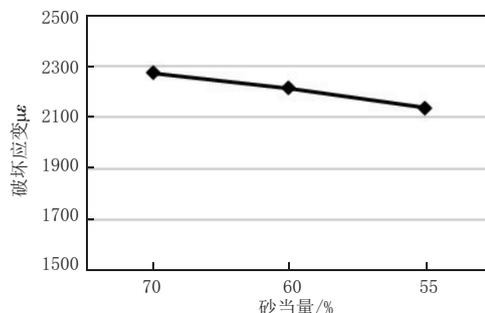


图9 砂当量对HMM-13混合料低温性能的影响

由图可知,随着砂当量的降低,混合料的低温性能呈线性衰减趋势,当砂当量由70%降低到55%时,HMM-13混合料的破坏应变下降5.98%。

## 4 结语

本文为了对比分析集料指标波动对HMM-13混合料性能的影响规律,制备了不同针片状含量、粉尘含量、砂当量的HMM-13混合料,测试其高温、低温及水稳性能,得到主要研究结论如下:

(1)针片状含量的增加会导致HMM-13混合料的路用性能线性衰减,水稳性能的衰减幅度为1.60%,高温性能的衰减幅度为30.47%,低温性能的衰减幅度为6.59%,这主要是由于HMM-13混合料突破了传统骨架密实级配的局限,不强求混合料是骨架型,从而降低了混合料性能对集料针片状含量的敏感程度,但针片状含量在施工碾压过程中被压碎,仍会降低混合料结构的稳定性,因而施工中需严格控制针片状含量;

(2)粉尘含量的增加会导致HMM-13混合料的水稳性能及高温性能线性增加,水稳性能的增加幅度为3.20%,高温性能的增加幅度为20.19%,这主要是由于HMM-13混合料主要是依靠沥青胶浆的性能,而粉尘含量的增加会导致沥青胶浆数量增加,填充了空隙,增加了混合料的密水性,进而提升了混合料的水稳性能和高温性能,但会导致混合料的低温性能衰减,衰减幅度为4.96%;

(3)砂当量的降低会导致HMM-13混合料的水稳性能及高温性能线性增加,水稳性能的增加幅度为1.80%,高温性能的增加幅度为12.23%,这主

(下转第288页)