

针片状含量对混合料性能影响及基于破碎特性的 针片状含量控制

甘新立, 张文利

(贵州理工学院 交通工程学院, 贵州 贵阳 550003)

摘要: 为研究集料针片状含量对沥青混合料路用性能的影响,以及分析母岩特性对集料加工过程中的针片状含量的影响,该文首先在不同针片状含量下测定了沥青混合料的路用性能指标,继而建立了石料母岩的破碎模型,对母岩体积、破碎率等特性对集料针片状含量的影响情况进行了分析。结果表明:随着针片状含量的增加,沥青混合料的各项路用性能均降低,且当针片状含量为10%~20%时,路用性能下降最为迅速;通过采用接近正六面体或球形的母岩、提高母岩磨碎率或采用体积较小的母岩可降低所生产集料的针片状含量。

关键词: 集料; 针片状含量; 路用性能; 破碎模型; 破碎率

目前,沥青路面已经成为中国城市道路和高等级公路的主要形式,而集料作为沥青混合料的主要组成部分,其颗粒特性也对沥青路面的使用性能有着至关重要的影响。集料颗粒通过互相填充和嵌挤形成了强度,承受着交通荷载的反复作用,而不同形状的集料颗粒由于相互之间的受力状态不同,其对荷载的承受能力也有所差异。针片状集料由于在荷载作用下出现断裂,同时也难以和其他集料颗粒形成嵌挤,其含量对混合料有着不利影响。因此,探明针片状颗粒含量对混

合料性能的影响情况,以及在集料生产中进行必要的质量控制,减少产出的针片状集料,对提高沥青路面性能具有重要的意义。在针片状颗粒对沥青混合料性能的影响方面,国内外学者已经进行了一些研究和探索,也取得了一定的成果,但还缺乏更为系统的研究成果,而对集料破碎工艺及标准的研究则很少涉及。高强等对现有的石料破碎理论和破碎机械进行了分析和总结,并对现有石料破碎机械的优缺点进行了分析;黄冬明等通过建立挤压类破碎机层压破碎过程操作模型,

降低沥青黏度减少乳化难度且不会对沥青基本性能造成过多影响。

(2) 与常规 SBS 改性乳化沥青相比,SBS 复合改性乳化沥青各项性能指标均较好,综合考虑各项因素,以配方 C 作为最优配方。

(3) SBS 复合改性乳化沥青混合料早期可较快形成强度,且强度较高,其综合路用性能需在后续研究中进一步评价。

参考文献:

[1] 张芹芹,范维玉,王铁柱,等. SBS 改性 AH-70 沥青乳化前后性能及微观结构研究[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2011(5).
[2] 黄小胜,才洪美,张玉贞. 复配型乳化剂对 SBS 乳化性能影响的研究[J]. 炼油技术与工程,2010(3).

[3] 弓锐,弥海晨. 乳化剂用量对 SBS 改性乳化沥青性能的影响研究[J]. 公路工程,2013(6).
[4] 毛宇,王虹桥,徐春梅,等. 胶乳改性乳化沥青性能试验研究[J]. 石油沥青,2010(3).
[5] 任玉飞,刘金景,张玉贞,等. SBS 改性乳化沥青研究进展[J]. 化工新型材料,2016(3).
[6] 吴旷怀,杨奇竹,杨海清. 新型乳化 SBS 改性沥青的研制与评价[J]. 中外公路,2007(1).
[7] 陈立宇,张秀成. 试验设计与数据处理[M]. 西安:西北大学出版社,2014.
[8] 张肖宁,王绍怀,吴旷怀,等. 沥青混合料组成设计的 CAVF 法[J]. 公路,2001(12).
[9] 张俊,楚好,逯艳华,等. 乳化沥青冷补料成型、养生和试验方法研究[J]. 中外公路,2014(4).
[10] 交通部阳离子乳化沥青课题协作组. 阳离子乳化沥青路面(修订版)[M]. 北京:人民交通出版社,1998.

收稿日期:2020-01-18(修改稿)

作者简介:甘新立,男,博士,讲师. E-mail:ganxinli2007@126.com

对经挤压类破碎机破碎的石料粒度进行了分析。

该文通过在不同针片状含量下测定沥青混合料的路用性能指标,对针片状含量对沥青混合料路用性能的影响进行研究;建立石料母岩的破碎模型,对母岩体积、破碎率等因素对破碎后集料针片状含量的影响情况进行分析。

1 原材料和混合料设计

试验所用沥青为 SBS I-C 改性沥青,技术指标如表 1 所示。

试验所用集料为石灰岩集料,将 4.75~9.5 mm

表 1 沥青技术指标

针入度 (25 °C, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	针入度指数	延度 (5 cm/min, 5 °C)/cm	运动黏度 (135 °C)/(Pa·s)	软化点/°C	弹性恢复/%
75.9	1.007	53.4	1.405	61.2	97.5

以及 9.5~13.2 mm 中针片状颗粒选出,分别测定其技术指标,其中 4.75 mm 以上粒径的技术指标如表 2

所示。

设计混合料为 AC-13,级配如表 3 所示。

表 2 粗集料技术指标

颗粒形状	磨损失/ %	黏附性/级	表观相对密度		毛体积相对密度		集料吸水率/%	
			4.75~9.5 mm	9.5~13.2 mm	4.75~9.5 mm	9.5~13.2 mm	4.75~9.5 mm	9.5~13.2 mm
针片状	19.4	4	2.917	2.912	2.872	2.877	0.61	0.58
非针片状	6.5	4	2.914	2.911	2.876	2.881	0.57	0.51

表 3 设计混合料级配

筛孔孔径/mm	通过率/%	筛孔孔径/mm	通过率/%
16	100	1.18	18
13.2	98	0.6	12
9.5	81	0.3	9
4.75	60	0.15	6
2.36	36	0.075	4

表 4 不同针片状含量下混合料路用性能指标

针片状含量/%	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	浸水残留稳定度比/%	冻融劈裂强度比/%	低温破坏应变/με
0	1720	97.5	96.8	3 654
10	1 654	94.7	95.4	3 540
20	1 548	89.1	89.6	3 308
30	1 521	87.5	86.3	3 185

2 针片状含量对混合料性能的影响

通过调配,控制混合料针片状含量分别为 0%、10%、20%和 30%,其中 4.75~9.5 mm 和 9.5~13.2 mm 的针片状比例为 1:1,在各自最佳油石比下测定混合料的动稳定度、浸水残留稳定度比、冻融劈裂强度比和低温破坏应变,结果如表 4 所示。

从表 4 可以看出:随着针片状含量的增加,混合料的各项性能均出现降低,且在针片状含量为 10%~20%时,混合料的路用性能降低最快。这是由于当针片状集料含量较多时,一方面,针片状集料本身强度较低,在受力状态下易从其较薄处断裂,致使混合料试件

在车辙试验和低温弯曲试验中更易发生破坏;另一方面,针片状集料的断裂将会使混合料的级配变细,丧失部分嵌挤能力,这也是导致针片状含量较大的混合料路用性能降低的重要原因。此外,针片状集料在混合料试件成型过程中同样容易断裂,而集料的断裂面由于无沥青膜裹附,在浸水作用下,水将更容易从断裂面处渗入到沥青-集料黏附体系中,并对黏附体系造成破坏,从而致使混合料的水稳定性降低。

3 母岩破碎性能研究

由于集料的针片状含量对沥青混合料的各项路用性能都产生着不利的影响,在集料的加工过程中也应

对针片状含量进行控制。

针片状集料的含量一方面与集料的破碎工艺有关,且以往的研究和实践也多是这一角度对针片状集料的含量进行控制;另一方面,由于集料是由母岩经破碎得到的,其破碎后针片状集料的含量也必然与母岩有着密不可分的关系。当母岩形状不同时,其在破碎机械中的受力特点也存在差异:接近圆形的母岩,其受力将更为均匀,其破裂面的产生将更加随机;接近于片状的母岩,则在破碎机械中更易在薄弱环节和尖锐部位发生破裂。此外,母岩的大小也直接影响其在集料生产过程中的被破碎次数,越大的母岩,相应的被破碎的次数也越多。

文献[10]认为,母岩破碎的充分与否可以用破碎率表征,其计算公式如式(1)所示:

$$E = \left(1 - \frac{D_p}{D_0}\right) \times 100 \quad (1)$$

式中: E 为破碎比; D_0 为石料破碎前的粒径; D_p 为石料破碎后的粒料群的平均粒径。

其中,石料的粒径采用调和粒径,即石料颗粒3个互相垂直方向的长为 l 、宽为 b 、高为 h ,则调和平均粒径为:

$$D = \frac{3}{\frac{1}{l} + \frac{1}{b} + \frac{1}{h}} \quad (2)$$

假定母岩和破碎后集料颗粒的形状可近似地分为正四面体、正六面体、正八面体和球形,破碎后粒料群的平均粒径采用下式计算:

$$D_p = \frac{100}{\frac{x_1}{D_1} + \frac{x_2}{D_2} + \dots + \frac{x_n}{D_n}} \quad (3)$$

式中: D_p 为粒料群的平均粒径; $D_1 \sim D_n$ 为各类型集料的调和粒径; $x_1 \sim x_n$ 为各类集料的比例。

取各粒径中值为正四面体、正六面体和正八面体颗粒的棱长或球形颗粒的直径,则通过计算可知,各档集料各颗粒形状的调和平均粒径如表5所示。

假设母岩的体积为 V_0 ,而破碎后各种集料颗粒的体积之和等于母岩体积。在各颗粒形状中,正八面体最接近于针片状,故以正八面体颗粒含量为针片状颗粒含量。不同形状母岩的调和粒径如表6所示,假定正八面体颗粒比例为 x ,其余各形状颗粒的比例均为 $(1-x)/3$,则各粒径范围集料的调和平均粒径如表7所示。

按式(1)计算各母岩形状和粒径范围集料颗粒的

破碎率,结果如表8所示。

表5 各档集料各颗粒形状的调和平均粒径计算结果

粒径范围/mm	棱长或直径/mm	不同母岩形状的调和平均粒径/mm			
		正四面体	正六面体	正八面体	圆
3~5	4.0	3.552	4.0	4.432	4.0
5~10	7.5	6.660	7.5	8.310	7.5
10~15	12.5	11.100	12.5	13.850	12.5
10~20	15.0	13.320	15.0	16.620	15.0
20~30	25.0	22.200	25.0	27.700	25.0

表6 各形状母岩的调和粒径

正四面体	正六面体	正八面体	圆
$1.81V_0^{1/3}$	$V_0^{1/3}$	$1.42V_0^{1/3}$	$1.24V_0^{1/3}$

表7 各粒径范围集料颗粒的调和平均粒径

粒径范围/mm	调和平均粒径
3~5	$1/(0.261 - 0.035x)$
5~10	$1/(0.139 - 0.019x)$
10~15	$1/(0.083 - 0.011x)$
10~20	$1/(0.069 - 0.009x)$
20~30	$1/(0.042 - 0.006x)$

通过换算可以得到各母岩形状和粒径范围的集料针片状含量,其形式可以用式(4)表示,得到各母岩形状及粒径范围下集料的针片状含量如表9所示。

$$x = a - \frac{1}{bV_0^{1/3}(1-E)} \quad (4)$$

式中: V_0 为母岩体积; E 为破碎率; a 、 b 为系数。

从表9可以看出:①在相同破碎率和粒径范围下,母岩为接近正六面体和球形的,其系数 a 相同,系数 b 较小,表明破碎后集料中的针片状含量相对较低,而正四面体和正八面体母岩破碎后的针片状含量相对较高;②各母岩形状及粒径范围下,针片状含量均随破碎率升高而降低;③采用较小体积的母岩,其破碎后集料的针片状含量较小。

4 结论

(1)随着集料针片状含量的增加,混合料的各项路用性能均出现降低,且当针片状含量为10%~20%时,混合料的性能降低最快。

表 8 各母岩形状及粒径范围下集料的破碎率

粒径范围/ mm	不同母岩形状的破碎率			
	正四面体	正六面体	正八面体	圆
3~5	$1-1/[1.81V_0^{1/3}(0.261-0.035x)]$	$1-1/[V_0^{1/3}(0.261-0.035x)]$	$1-1/[1.42V_0^{1/3}(0.261-0.035x)]$	$1-1/[1.24V_0^{1/3}(0.261-0.035x)]$
5~10	$1-1/[1.81V_0^{1/3}(0.139-0.019x)]$	$1-1/[V_0^{1/3}(0.139-0.019x)]$	$1-1/[1.42V_0^{1/3}(0.139-0.019x)]$	$1-1/[1.24V_0^{1/3}(0.139-0.019x)]$
10~15	$1-1/[1.81V_0^{1/3}(0.083-0.011x)]$	$1-1/[V_0^{1/3}(0.083-0.011x)]$	$1-1/[1.42V_0^{1/3}(0.083-0.011x)]$	$1-1/[1.24V_0^{1/3}(0.083-0.011x)]$
10~20	$1-1/[1.81V_0^{1/3}(0.069-0.009x)]$	$1-1/[V_0^{1/3}(0.069-0.009x)]$	$1-1/[1.42V_0^{1/3}(0.069-0.009x)]$	$1-1/[1.24V_0^{1/3}(0.069-0.009x)]$
20~30	$1-1/[1.81V_0^{1/3}(0.042-0.006x)]$	$1-1/[V_0^{1/3}(0.042-0.006x)]$	$1-1/[1.42V_0^{1/3}(0.042-0.006x)]$	$1-1/[1.24V_0^{1/3}(0.042-0.006x)]$

表 9 各母岩形状及粒径范围下集料的针片状含量

粒径范围/ mm	不同母岩形状下集料的针片状含量			
	正四面体	正六面体	正八面体	圆
3~5	$7.46-1/[0.063V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.46-1/[0.035V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.46-1/[0.050V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.46-1/[0.043V_0^{1/3}(1-E)]$
5~10	$7.32-1/[0.034V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.32-1/[0.019V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.32-1/[0.027V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.32-1/[0.024V_0^{1/3}(1-E)]$
10~15	$7.55-1/[0.020V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.55-1/[0.011V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.55-1/[0.016V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.55-1/[0.014V_0^{1/3}(1-E)]$
10~20	$7.67-1/[0.016V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.67-1/[0.009V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.67-1/[0.013V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.67-1/[0.011V_0^{1/3}(1-E)]$
20~30	$7.00-1/[0.011V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.00-1/[0.006V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.00-1/[0.009V_0^{1/3}(1-E)]$	$7.00-1/[0.007V_0^{1/3}(1-E)]$

(2) 建立了采用母岩体积及破碎率表征的石料破碎模型。

(3) 通过采用接近正六面体或球形的母岩,增大破碎率以及减小母岩体积的方法可以减小破碎后集料的针片状颗粒含量。

参考文献:

- [1] 沙庆林. 改革开放 30 年公路及路面技术的快速发展[J]. 公路交通科技, 2008(12).
- [2] 彭勇, 范亮平, 周建华, 等. 集料分布状态及其与沥青混合料性能研究进展[J]. 中外公路, 2014(4).
- [3] 谢兆星, 李鼎乐, 韩森, 等. 针片状颗粒含量对沥青混合料性能的影响[J]. 建筑材料学报, 2007(6).
- [4] 毕林昌, 申爱琴, 郭寅川, 等. 针片状颗粒含量对沥青混合料高温稳定性的影响[J]. 公路, 2011(7).
- [5] CHEN J S, WONG S Y, LIN K Y. Quantification of Movements of Flat and Elongated Particles in Hot Mix Asphalt Subject to Wheel Load Test[J]. Materials and Structures, 2005, 38(3):395-402.
- [6] 卢亮, 王端宜, 詹小丽, 等. 针片状颗粒含量对沥青混合料性能的影响及其降低途径[J]. 公路, 2007(5).
- [7] 颜赫, 薛跃武, 贾广平, 等. 材料性状对排水沥青混合料性能的影响[J]. 中外公路, 2013(3).
- [8] GaoQiang, Zhang Jianhua. Current Status and Prospects on the Study of Crush Theory and Crusher[J]. Journal of Machine Design, 2009, 26(10):72-75.
- [9] 黄冬明, 范秀敏, 武殿梁, 等. 挤压类破碎机破碎产品粒度分析[J]. 机械工程学报, 2008(5).
- [10] 张宜洛, 邵长柱, 孟浩, 等. 基于集料破碎面模型的母岩分档破碎[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2012(2).