

粗集料针片状含量对沥青混合料性能影响研究

王金生 应军志 奚 进

(杭州绕城高速公路西复线杭绍段工程建设指挥部 杭州 310000)

[摘要] 粗集料的针片状含量对沥青混合料的高温、抗水损害性能均有较大的影响,但是目前《沥青路面施工技术规范》(JTC F40-2004)中针对针片状的含量要求技术指标过低。文章结合 G25 长深高速德清至富阳扩容杭州段工程当地实地的施工情况,并结合本地气候状况和荷载特点,利用自主研发的数字化集料针片状快速检测设备实现对针片状的含量实时反馈,对工程自加工石灰岩设计 AC-16 和 SMA-16 沥青混合料,对不同试件高温稳定性、水稳定性相关性能进行分析,得出 AC-16 沥青混合料针片状含量不宜高于 12%,SMA-16 沥青混合料针片状含量不宜高于 8% 的结论。

[关键词] 道路工程;针片状含量;路用性能;粗集料;沥青路面

0 引言

在沥青混合料中,集料的质量占比约为混合料的 90%~95%,其性能状况显著影响着沥青路面的建设质量,集料针片状含量对沥青混合料性能有着很大的影响^[1]。集料针片状颗粒是指用游标卡尺测量的粗集料颗粒最大长度方向(或宽度)与最小厚度方向(或直径)尺寸比大于 3:1 的颗粒,它在施工和使用过程中容易破碎一直以来被认为是不良材料^[2]。而不同国家对于集料的评价也不相同,美国将骨料分为三个等级,分别是最长端与最薄部分的比例为 2:1、3:1 和 5:1 来确定不规则颗粒。欧标有着更严格的要求,当颗粒的厚度小于其粒度级平均筛孔直径的 0.6 倍时,该颗粒属于片状,当颗粒长度(最大尺寸)大于粒度级平均筛孔尺寸的 1.8 倍时,该颗粒属于针状颗粒^[3-4]。

浙江是我国公路运输大省,横跨华东、东南两大地区,包含夏热冬冷和夏炎热冬冷两个沥青路用性能气候分区,并且具备地下水位高、整体降水量充沛且沿海地区更为明显的特征。根据气候特点分析,通过以上分析,浙江省高速公路所处的外部条件—气温、湿度、交通量

与荷载是非常严酷的,可以概括为“高温多、降雨多、病害多和超载多”的四多现象^[5-7]。

根据相关研究结果和工程实际调研,粗集料针片状对沥青路面直接或间接产生不利影响。因此,本文将基于数字图像处理技术,通过不同级配(AC-16、SMA-16)不同针片状含量分析对沥青混合料性能的变化影响,并提出新的集料针片状评价标准和相应的质量控制体系。

1 原材料及试验方案

1.1 原材料

试验所用沥青为 SK-70# 基质沥青,主要技术指标及试验结果如表 1 所示,集料为自采加工的石灰岩,粗集料主要技术指标试验结果如表 2 所示,细集料主要技术指标如表 3 所示,矿粉主要技术指标如表 4 所示。

表 1 SK-70# 基质沥青技术指标及试验结果

指标	单位	高速、一级公路	试验结果
针入度	25℃, 100g, 5s	60-80	67
延度	5cm/min, 15℃	≥40	28
软化点(环球法)	℃	≥46	51.5
密度(15℃)	g/cm ³	≥1.01	1.031

收稿日期:2021-07-01

作者简介:王金生(1984-),男,高级工程师,主要从事路基路面养护研究和工程管理工作。

表2 自采加工石灰岩粗集料技术指标及试验结果

指标	单位	高速公路及一级公路		试验结果
		表面层	其他层次	
石料压碎值	%	≤26	≤28	13.0
洛杉矶磨耗损失	%	≤28	≤30	18.9
表观相对密度	-	≥2.60	≥2.50	2.830
吸水率	%	≤2.0	≤2.5	0.61
坚固性	%	≤12	≤12	4
软石含量	%	≤3	≤5	1.6
<0.075mm 颗粒含量	%	≤1	≤1	0.5
混合料针片状颗粒含量	%	≤15	≤18	4.8
>9.5mm 颗粒针片状颗粒含量	%	≤12	≤15	8.8
<9.5mm 颗粒针片状颗粒含量	%	≤18	≤20	8.8

表3 细集料主要技术指标及试验结果

指标	单位	高速、一级公路	试验结果
表观相对密度	-	≥2.50	2.805
坚固性	%	≤12	8
砂当量	%	≥60	66
亚甲蓝值	%	≤2.5	2.5
棱角性	s	≥30	33.2

表4 矿粉主要技术指标及试验结果

技术指标	单位	高速、一级公路	试验结果
表观密度	g/cm ³	≥2.50	2.701
含水量	%	≤1	0.5
外观	-	无团粒结块	干燥、无结块

1.2 试验方案

基于数字图像处理技术原理，自主研发粗集料针片状含量快速检测设备，可以实现针片状颗粒的快速挑选，如图1所示，不同比例条件下的针片状颗粒含量的结果如表5所示。由表5结果可知，按照1:3评价针片状颗粒含量，基本都能满足规范要求，尤其1#和2#两种石料理论上说形状应该非常好，但是形状差距表现的非常明显，这是因为评价方法还存在一定的问题，因此严格试验方法，按照2.5:1进行针

片状判别^[8]。

具体试验方案流程如下：试验前先将粗集料中针片状颗粒全部挑出分级存放，将剔除的针片状颗粒按级称重，选取AC-16和SMA-16级配中值，如表6所示，分别以每级针片状颗粒含量为0%、4%、8%、12%、16%、20%的比例掺入到相应粒级的已挑出针片状的试验备用粗集料中，制成所需不同针片状颗粒含量的集料，并进行各项性能指标检测。

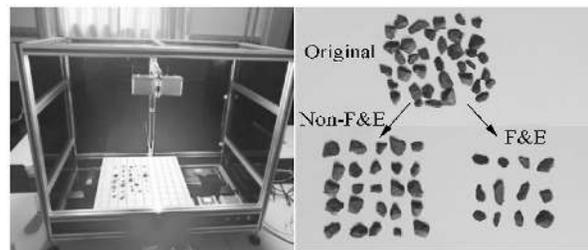


图1 针片状含量快速检测设备

表5 不同比例判别针片状颗粒含量的结果

集料编号	目测评价	1:3 比例	1:2.5 比例	1:2 比例
		含量	含量	含量
1#	形状好	5.8	8.8	11.2
2#	形状较差	10.8	32.5	68.2
3#	形状差	17.0	46.2	88.2

表6 AC-16、SMA-16级配表

级配类型	通过下列筛孔（方孔筛，mm）的质量百分率/%										
	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-16 100	95	84	71	50	37	26.5	18.5	12.5	9.5	6.5	
SMA-16 100	95	76.5	55	26	19.5	18	15	12.5	11.5	10	

2 针片状颗粒含量对路用性能影响

2.1 针片状颗粒含量对高温性能影响

针片状颗粒含量对高温稳定性的影响采用车辙试验来进行评价，采用自动车辙仪测定混合料的高温性能。试验时，试验温度为60℃，施加的总荷载大小为780N左右，此时试验轮的轮压力为0.7±0.05MPa^[9]。在车辙试验时，车辙仪能自动采集并记录试验数据，并在试验完成后能自动计算试件的动稳定度，试验结果见表7、图2。

表7 动稳定度随针片状含量变化图

针片状含量 (%)	0	4	8	12	16	20
动稳定度 AC-16 (次/mm)	1400	1320	1250	1170	1000	950
SMA-16	1600	1550	1490	1350	1300	1220

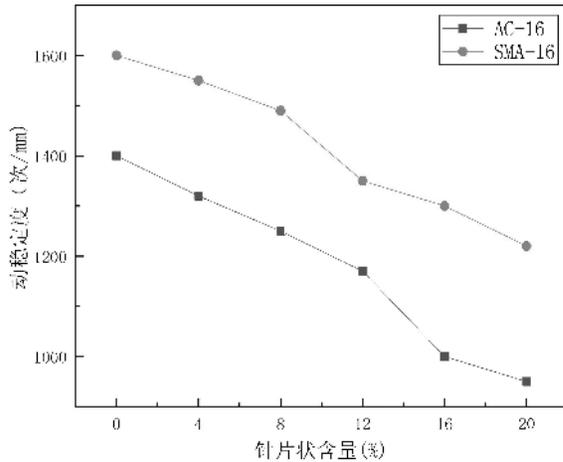


图2 动稳定度随针片状含量变化图

对车辙试验结果进行分析可知：随着针片状含量增加，混合料的动稳定度减小。其原因有以下几方面：首先，针片状颗粒细长且薄，其强度较低，从而导致混合料的抗剪强度降低；其次，在碾压成型和车辙试验过程中，针片状颗粒会产生不同程度的破损，使级配细化，嵌挤能力降低；再次，针片状含量越大，混合料压实越困难，剩余空隙率越大，较大的空隙率可引起压密型车辙；另外，针片状颗粒易平躺状在混合料中分布嵌挤效果较差，且集料易沿集料间接触面滑动，以上因素综合作用导致混合料抗车辙能力下降。

针片状颗粒含量增加 12% 时，对连续级配沥青混合料的高温抗车辙能力影响不大，车辙基本上在同一水平上，但是对骨架结构级配的高温稳定性影响比较大，当针片状颗粒含量大于 8% 时，骨架结构级配动稳定度次数急剧下降。主要原因是，对于 AC 类沥青混凝土来说，集料与集料之间属于面接触，但是 SMA 类沥青混凝土属于点点接触，针片状颗粒含量大，容易破碎，造成骨架破坏，导致动稳定度下降比较快。

2.2 针片状颗粒含量对水稳定性影响

冻融劈裂试验评价混合料水稳定性的指标是冻融劈裂试验强度比，其值越大表明混合料的水稳定越好。冻融劈裂试验采用标准马歇尔试件，试件采用自动马歇尔击实仪双面击实 50 次成型^[10]。试验时，将每种类型的马歇尔试件分成两组，其中一组试件需要在真空干燥器中进行真空饱水，试验结果见表 8、图 3。

表8 劈裂强度比随针片状含量变化图

针片状含量 (%)	0	4	8	12	16	20
劈裂强度比 AC-16 (%)	1400	1320	1250	1170	1000	950
SMA-16	1600	1550	1490	1350	1300	1220

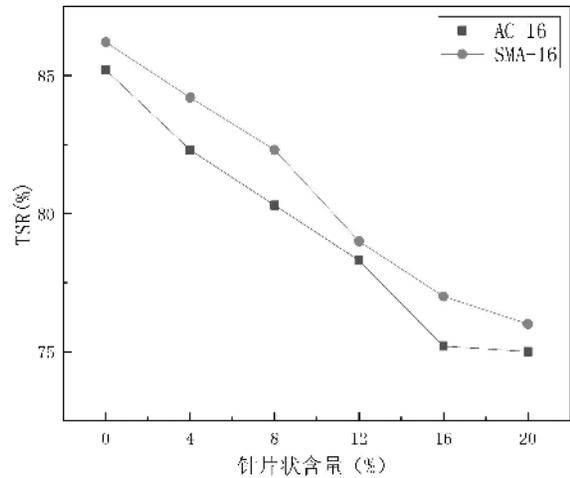


图3 劈裂强度比随针片状含量变化图

分析可知，随着针片状含量增大，混合料的冻融劈裂试验强度比都减小。对于密级配沥青混合料 AC-16，针片状含量在 12%~16% 时，混合料冻融劈裂试验强度比减小幅度明显；对于骨架密实结构沥青混合料 SMA-16，针片状含量在 8%~12% 左右时，混合料冻融劈裂试验强度比明显减小。其原因可能在于，随着针片状含量增加，混合料空隙率增大，大的空隙率增加了水进入混合料的机会，也增加了水对混合料的影响；另外，随着针片状含量增加，集料的破碎率增大，在集料颗粒的破裂面上没有沥青裹覆，沥青与集料粘结的界面直接暴露在外，容易被水逐渐侵蚀而导致沥青膜剥落，使混合

料水稳定性变差。

骨架密实结构沥青混合料 SMA-16 的水稳定性较好,密级配沥青混合料 AC-16 较差。其原因可能在于, SMA-16 混合料为间断级配,粗集料颗粒之间的空隙由沥青、矿粉和纤维所形成的马蹄脂填充,在针片状含量相同的条件下, SMA-16 混合料的空隙率比 AC-16 的空隙率小,小的空隙率减少了水进入混合料的机会,从而降低水对混合料的影响;另外, SMA-16 混合料使用了木质素纤维,纤维分散在沥青中,其巨大的表面积成为浸润界面,在界面层中,沥青和纤维之间会产生物理和化学作用形成结合力牢固的结构沥青界面层,从而增加了沥青与矿料间粘附性。

3 结论

(1) 目前规范按照 1:3 评价针片状颗粒含量的评价方法还存在一定的问题,建议严格试验方法,按照 2.5:1 进行针片状颗粒判别。

(2) 针片状颗粒对沥青混合料性能影响显著,随着针片状含量的增大, AC-16 和 SMA-16 混合料性能的高温性能和水稳定性下降,并且骨架结构级配混合料的高温性能和水稳定性比连续级配混合料优越。

(3) 根据区域特征以及工程特点,建议 SMA-16 级配混合料针片状含量不超过 8%, AC-16 级配混合料针片状含量不超过 12%。

参考文献

- [1] 李晓燕,卜胤,汪海年等.粗集料形态特征的定量评价指标研究[J].建筑材料学报,2015,18(03):524-530.
- [2] 纪伦,刘海权,张磊等.粗集料针片状含量对沥青混合料结构影响[J].哈尔滨工业大学学报,2018,50(09):40-46.
- [3] Li B, Zhang C, Xiao P, et al. Evaluation of coarse aggregate morphological characteristics affecting performance of heavy-duty asphalt pavements [J]. Construction and Building Materials, 2019, 225: 170-181.
- [4] Liu Y, Gong F, You Z, et al. Aggregate Morphological Characterization with 3D Optical Scanner versus X-Ray Computed Tomography [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2018, 30(1).
- [5] 刘汉华,张子涵.1951年至2013年浙江省高温气候特征分析[C].中国气象学会.第31届中国气象学会年会——S3短期气候预测理论、方法与技术.中国气象学会,2014:728-736.
- [6] 周奇.浙江省山区高速公路长上坡路段抗车辙沥青路面应用技术研究[D].长安大学,2019.
- [7] 杨诗芳,石蓉蓉,毛裕定.浙江省近50年气温变化及四季划分[C].中国气象学会.中国气象学会2006年年会“气候变化及其机理和模拟”分会场论文集.中国气象学会,2006:1390-1397.
- [8] 陈杰,李红杰,万成.基于数字图像技术的集料针片状量测方法[J].中国公路,2013(08):124-125.
- [9] 彭波.沥青混合料集料几何特性与结构研究[D].长安大学,2008.
- [10] 赵振军.粗集料棱角性的评价方法及对混合料性能影响研究[D].长安大学,2018.