

同步碎石集料粒径与沥青混合料配伍性研究

王海朋^{1,2,3}, 张蓉^{1,2,3}, 张晓华^{1,2,3}, 何平芝^{1,2,3}(1.四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院, 四川 成都 611130; 2.四川省路面结构材料与养护工程实验室;
3.交通运输部公路建养技术行业研发中心)

摘要: 为了评价同步碎石应力吸收层集料粒径与沥青混合料的配伍性,在采用数字图像处理技术进行碎石撒布量标定后,采用静压法和轮碾法两种方式,成型不同粒径沥青混合料、不同规格粒径同步碎石应力吸收层组合试件,通过拉拔和斜剪试验分析了同步碎石集料粒径及沥青混合料最大粒径对拉拔和斜剪破坏应力的影响,采用试件的剖面状态分析及碎石与下承层的接触分析,分析了产生同步碎石集料粒径与沥青混合料配伍性规律的机理。结果表明:沥青混合料最大粒径越大,与同步碎石应力吸收层的结合越差。确定了5~10 mm 碎石应力吸收层与沥青混合料的配伍性较好。

关键词: 同步碎石应力吸收层; 沥青混合料; 拉拔; 斜剪; 数字图像处理; 配伍性

当前,中国高等级公路多采用半刚性基层沥青路面,半刚性基层具有板体性强、抗永久变形能力强,较适应重交通等优势。但是,半刚性基层具有干燥收缩和温度收缩大,易产生干缩裂缝和温缩裂缝等缺陷,同时,半刚性基层的抗冲刷能力也很差。在半刚性基层上设置同步碎石应力吸收层,既可以防止半刚性基层开裂向沥青面层反射,又可以防止水分渗入半刚性基层导致半刚性基层冲刷。然而,当前同步碎石应力吸收层的碎石规格选取十分随意。很多工程项目采用既有集料进行同步碎石应力吸收层的碎石撒布,由于碎石与上层沥青混合料配伍性差,导致沥青面层与同步碎石封层之间的结合较差,出现了脱层等层间问题。该文研究沥青混合料面层与同步碎石封层之间的配伍性,分析不同沥青面层混合料与两种规格碎石封层形成的试件对拉拔剪切应力的影响,同时考虑两种成型方式的影响,通过机理分析,确定推荐碎石粒径。

1 原材料及试验方法

1.1 原材料

(1) 沥青。同步碎石封层采用 SBS 改性沥青,上层沥青混合料采用 70[#] 沥青,两种沥青的基本性质如表 1 所示。

表 1 沥青的技术性质

技术指标	单位	SBS 改性沥青	70 [#] 沥青
针入度(25 ℃, 100 g, 5 s)	0.1 mm	53.0	69.4
软化点 $T_{R\&B}$	℃	73.2	48.6
延度(5 ℃, 5 cm/min)	cm	29.4	—
延度(10 ℃, 5 cm/min)	cm	—	25.0

(2) 沥青混合料。沥青混合料分别采用 AC-10、AC-13、AC-16 和 AC-20 的中值,级配曲线如图 1 所示。油石比分别采用 5.6%、5.3%、4.4% 和 4.2%,目标空隙率为 4.0%。

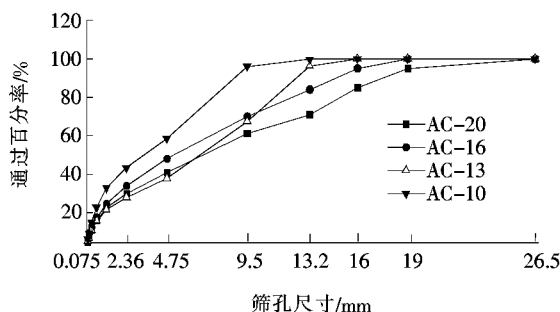


图 1 级配曲线

(3) 碎石。同步碎石封层撒布碎石采用卵碎石,两种规格分别为 5~10 mm 和 10~15 mm,卵碎石的级配组成如表 2 所示。

收稿日期:2018-05-11

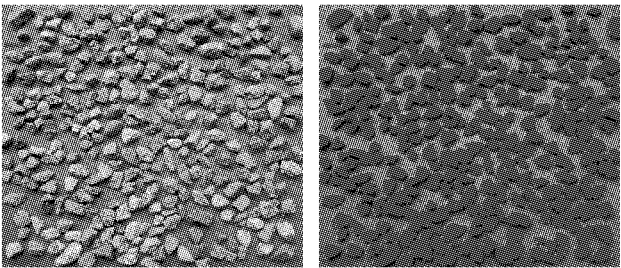
基金项目:四川省交通科技项目(编号:2017-A-03)

作者简介:王海朋,男,博士,高级工程师. E-mail:wanghaipeng1@126.com

表 2 碎石的级配

碎石规格/ mm	不同筛孔尺寸(mm)下的通过百分率/%			
	16	13.2	9.5	4.75
5~10(细)	—	100	88.5	0.7
10~15(粗)	100	69.2	18.6	4.6

(4) 碎石撒布量标定。为了确定碎石撒布质量与覆盖率的关系,将不同质量(100、150、200、250、300 g)的碎石均匀撒布到尺寸为 15 cm×15 cm 的蓝色方形纸上,拍摄高清晰度的数字图像,将图像导入到 Image-Pro Plus 6.0 软件中,提取集料覆盖面积,与方形纸的面积比,即为覆盖率。集料的数字图像处理如图 2 所示。覆盖率的标定结果如图 3 所示。



(a) 处理前 (b) 处理后

图 2 集料的数字图像处理

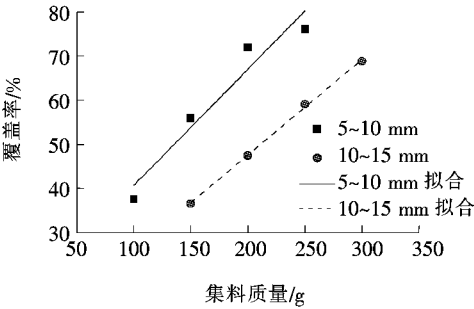


图 3 覆盖率标定结果

1.2 试验方法

SBS 改性沥青的洒布量为 2.0 kg/m²,碎石的撒布量均按照覆盖率为 65% 控制。进行 30 ℃ 下的拉拔和剪切试验。试件控温时间不小于 4 h。试件的成型分为静压法和轮碾法两种方式,成型方法如下:

(1) 静压法成型。首先,采用截面为 10 cm×10 cm、厚为 5 cm 的水泥混凝土块,放入到 140 ℃ 的烘箱中预热 1 h;然后,将加热的 SBS 改性沥青 20 g 均匀涂抹于水泥混凝土表面,均匀撒布碎石,5~10 mm 规格的碎石撒布质量为 85.6 g 或 10~15 mm 规格的碎石撒布质量为 124.7 g,用重物压按,直至冷却;最后,在

其上采用静压法分别成型 AC-10、AC-13、AC-16 或 AC-20 沥青混合料层,冷却至室温。

(2) 轮碾法成型。首先,采用截面为 30 cm×30 cm、厚为 5 cm 的水泥混凝土板,放到 30 cm×30 cm×10 cm 的车辙模中,置入 140 ℃ 的烘箱中控温 1 h;然后,将加热的 SBS 改性沥青 180 g 均匀涂抹于水泥混凝土板表面,均匀撒布碎石,5~10 mm 规格的碎石撒布质量为 770.1 g 或 10~15 mm 规格的碎石撒布质量为 1 121.9 g,用重物压按,直至冷却;接着,在其上采用轮碾法成型 AC-10 或 AC-20 沥青混合料层,冷却至室温;最后,将试件脱模,切割成尺寸近似于 10 cm×10 cm×10 cm 的立方体试件。

拉拔试验和剪切试验采用 JC/T 975—2005《道桥用防水涂料》中 50 ℃ 剪切强度和黏结强度试验规定的试验方法进行。其中黏结强度试验采用 30 ℃ 的温度环境。

2 试验结果及分析

2.1 静压法试验结果

采用静压法成型的不同最大粒径上层沥青混合料与同步碎石应力吸收层结合试件的拉拔试验结果如图 4 所示。

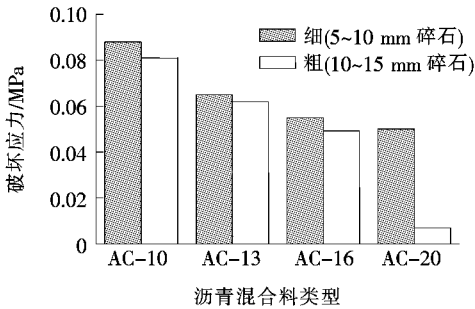


图 4 不同最大粒径上层混合料的拉拔试验结果

由图 4 可以看出:① 随着上层沥青混合料最大粒径的增大,拉拔试验的破坏应力逐渐减小,规律性显著。可见,同步碎石应力吸收层上层沥青混合料的最大粒径越大,二者结合获得的抗拉拔破坏能力越差;② 采用 10~15 mm 的粗规格碎石相对 5~10 mm 的细规格碎石的应力吸收层与上层沥青混合料结合能力较弱,当 AC-20 沥青混合料与 10~15 mm 碎石结合时,拉拔应力急剧减小。因此,最大粒径较大的沥青混合料不宜与粒径较大的同步碎石应力吸收层组合。

采用静压法成型的不同最大粒径上层沥青混合料与同步碎石应力吸收层结合试件的斜剪试验结果如图

5 所示。由图 5 可以看出:① 随着上层沥青混合料最大粒径的增大,斜剪试验的破坏应力呈现逐渐减小的趋势,上层沥青混合料的最大粒径越大与应力吸收层结合获得的抗斜剪破坏能力同样越差;② 采用 10~15 mm 的粗规格碎石相对 5~10 mm 的细规格碎石的应力吸收层与上层沥青混合料结合抵抗斜剪的能力同样较弱,AC-20 沥青混合料与同步碎石应力吸收层结合获得的斜剪破坏应力最小。

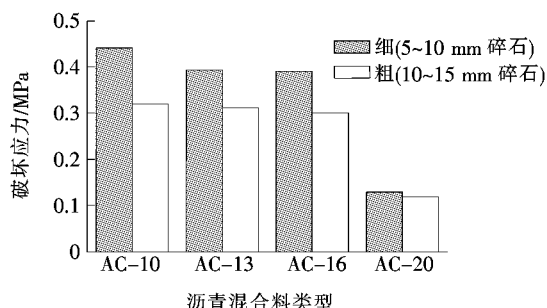


图 5 不同最大粒径上层混合料的斜剪试验结果

2.2 轮碾法与静压法成型试件试验结果对比分析

为了分析静压法试验规律的准确性,采用轮碾法成型 AC-20 及 AC-10 两种上层沥青混合料与应力吸收层结合的试件,进行对比分析,试验结果如图 6、7 所示。

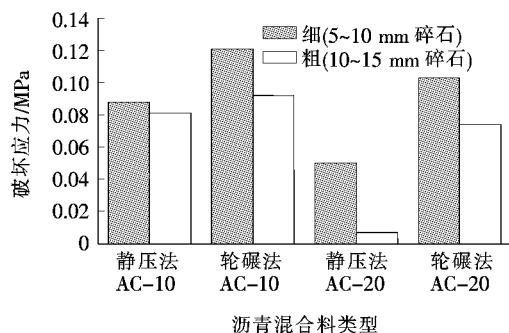


图 6 轮碾法与静压法成型拉拔试验结果对比

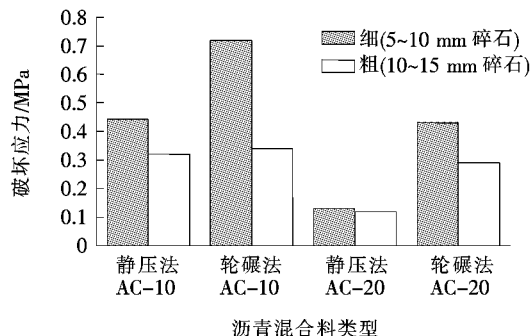


图 7 轮碾法与静压法成型斜剪试验结果对比

由图 6、7 可以看出:① 在采用相同沥青混合料成

型试件的情况下,轮碾法成型试件获得的拉拔和剪切破坏应力都远远高于静压法成型试验结果;② 轮碾法成型试件与静压法试验获得的试验结果规律一致,即上层混合料的最大粒径越大,与应力吸收层的结合越差。上层沥青混合料粒径较大不宜与较大粒径同步碎石应力吸收层组合。

3 机理分析

3.1 沥青混合料与同步碎石界面状态分析

为了分析不同成型方式、不同粒径上层沥青混合料以及不同规格粒径同步碎石应力吸收层下,沥青混合料与同步碎石界面状态,将所成型的 10 cm×10 cm×10 cm 立方体试件锯开,其剖面状态如图 8 所示。

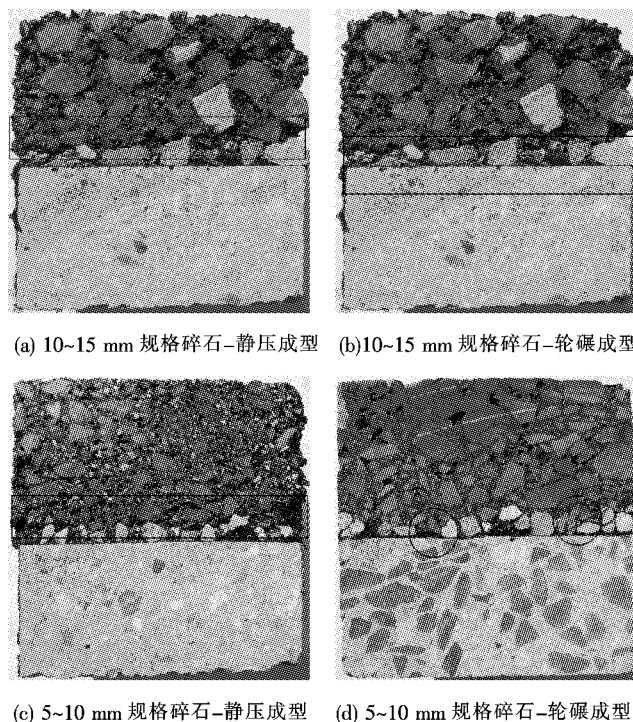


图 8 同步碎石封层与上下层的结合状态

由图 8 可以看到:图 8(a)和图 8(c)采用静压法成型试件,同步碎石与上层沥青混合料有一条明显的分层缝隙,而图 8(b)和图 8(d)采用轮碾法成型试件无此分层缝隙,表明轮碾成型试件获得的同步碎石与沥青混合料的结合相对较好,因此获得的拉拔和斜剪破坏应力较高。同时,对比图 8(b)和图 8(d)可以看到:由于 AC-20 沥青混合料中的粗玄武岩碎石(深色)与粗同步碎石的卵碎石颗粒(浅色)搭接,无法嵌入,容易形成间隙。当采用细同步碎石时,AC-20 中的玄武岩

集料很容易嵌入卵碎石应力吸收层中,获得较好的界面黏结状态。

3.2 碎石与下承层接触状况分析

为分析 5~10 mm 规格碎石应力吸收层的抗斜剪能力优于 10~15 mm 应力吸收层的机理,试验发现,斜剪破坏常发生在同步碎石应力吸收层与水泥混凝土块表面之间,因此,分析了碎石与下承层的表面接触状况。将同等覆盖率的两种规格碎石分别撒布在放有复写纸的白纸上,白纸放在水泥混凝土板上,分别压按每颗集料,然后将碎石和复写纸去掉,获得图 9(a)和图 10(a)的压痕原始图像,导入到图像处理软件中,识别原始图像中的压痕如图 9(b)和图 10(b)所示,得到识别点编号,如图 9(c)和图 10(c)所示,同时,计算压痕面积。接触点数目和压痕总面积如表 3 所示。

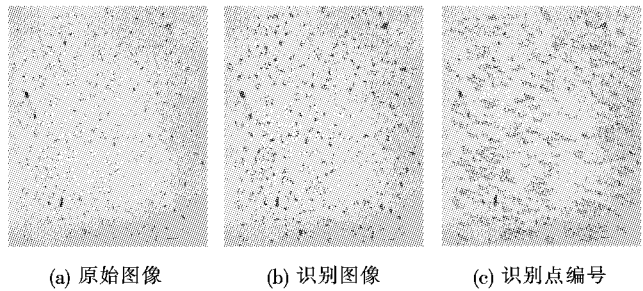


图 9 粒径 5~10 mm 集料与铁盘接触点的描述

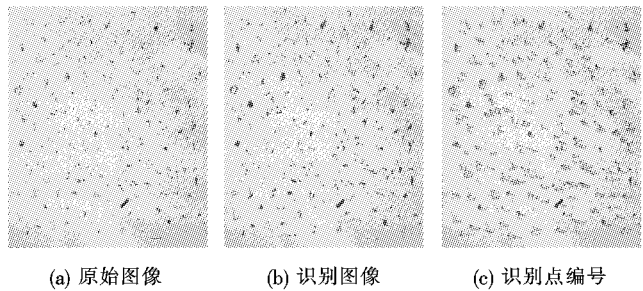


图 10 粒径 10~15 mm 集料与铁盘接触点的描述

表 3 接触统计计算结果

碎石规格/mm	接触点数/个	接触面积/mm ²
5~10	464	919.71
10~15	261	817.15

从表 3 可以看出:5~10 mm 碎石与下承层的接触点数和接触面积均大于 10~15 mm 碎石。由于胶结料采用的一致,假定两种碎石应力吸收层斜剪试验中沥青对抗剪能力的贡献一致,根据摩擦力产生的原理,摩擦力等于摩擦系数乘以接触面积,5~10 mm 规

格碎石的接触点数较 10~15 mm 碎石的接触点数多 203 个,其接触面整体就相对粗糙,摩擦系数较大。同时,接触面积较 10~15 mm 碎石的接触面积大 102.56 mm²,因此摩擦力较大,抗斜剪能力较强。因此,5~10 mm 同步碎石应力吸收层的路面结构抗斜剪效果更好。

4 结论

(1) 应力吸收层上层沥青混合料的最大粒径越大,获得的拉拔和剪切破坏应力越小。沥青混合料的最大粒径较大时,不宜与规格较粗的同步碎石应力吸收层组合。相对 10~15 mm 规格碎石,5~10 mm 碎石应力吸收层与沥青混合料的配伍性更好。

(2) 静压法与轮碾法成型试件获取的同步碎石集料粒径与沥青混合料配伍性试验规律一致,轮碾法测得的拉拔和剪切破坏应力较静压法成型试件测试结果大,同步碎石应力吸收层与上下层的结合受压实条件影响较大。

(3) 静压法压实成型的应力吸收层与上层沥青混合料存在分层缝隙,轮碾法成型试件的应力吸收层与沥青混合料的结合更好,粗型集料应力吸收层与较粗沥青混合料的粗集料容易搭接,混合料中集料无法嵌入应力吸收层,而采用细型集料应力吸收层,沥青混合料的集料较容易嵌入,形成的结合状态更好。

(4) 相同覆盖率下,5~10 mm 碎石相对 10~15 mm 碎石与下承层的接触点数和接触面积更大,更容易产生较大的摩擦力,路面结构的抗斜剪能力更好。

参考文献:

[1] Hughes J J, Somers E., Geogrid Mesh for Reflective Crack Control in Bituminous Concrete Overlays[R], Pennsylvania Dept of Transportation, Harrisburg, Bureau of Construction and Materials, Report: PA-2000-013-86-001, 2000.

[2] 覃峰,包惠明,董开亮.同步碎石应力吸收层特性研究[J].中外公路,2007(5).

[3] 谢祥根.同步碎石封层技术和 SBS 改性沥青防水层的应用研究[J].湖南交通科技,2007(1).

[4] 刘丽,郝培文.沥青路面下封层材料试验研究及技术性能比较[J].中外公路,2011(4).

[5] JC/T 975-2005 道桥用防水涂料[S].