

快速同步施工型超薄沥青磨耗层层间黏结强度试验分析

兰波¹, 高源²

(1. 内蒙古自治区乌兰察布市公路工程质量监督站, 内蒙古 乌兰察布 012000; 2. 内蒙古自治区交通建设工程质量监督局)

摘要: 快速同步施工型超薄沥青磨耗层作为一种新型的道路预防性养护技术, 其与下层的黏结强度决定着使用性能的好坏。该文采用5种成型方法、4种乳化沥青和3种混合料组合测试混合料类型、乳化沥青对层间黏结强度的影响。试验结果表明: 公称粒径、成型方法、上层样品的温度以及养生温度都对层间黏结强度有着不同程度的影响; STCbond 乳化沥青的测试结果要优于普通乳化沥青, 故快速同步施工型超薄沥青磨耗层采用高黏度改性乳化沥青效果最好。

关键词: 快速同步施工; 超薄沥青磨耗层; 黏结强度; 乳化沥青; 混合料类型

快速同步施工工艺是近几年来养护施工中应用最广泛的一种技术。这种工法具有快捷、方便等优点, 同时又能起到封层的效果, 而超薄磨耗层具有抗滑、抗车辙、抗磨耗等优良性能。将二者有效地结合, 采用独特的混合料设计方法, 使得快速同步施工型超薄沥青磨耗层具有同步施工碎石封层的所有优势。近几年随着高速公路交通量的迅速增加, 给路面施工组织管理带来了更大的难度, 低效率的施工使路面维修费用明显增加, 同步施工的技术是解决这些问题的最佳选择。

目前, 快速同步施工型超薄沥青磨耗层主要用于旧路的维修与加铺。对于旧路加铺, 由于旧路处理不干净、黏层油洒布不均匀等施工因素, 使得新加铺的超薄磨耗层与原有的旧路路面接触处形成薄弱环节, 从而导致超薄磨耗层在水平荷载作用下产生推移、拥包或局部开裂现象, 且超薄磨耗层也易出现最大剪应力导致路面 TOP-DOWN 开裂。又由于超薄磨耗层摊铺厚度较薄, 所以其与下承层的层间黏结显得更为重要, 尽可能地提高超薄磨耗层与下承层的黏结能力具

有重要的工程价值。有众多学者针对层间黏结强度和相关黏结材料进行了研究。谭忆秋等结合飞散试验和冻融劈裂试验验证了将冻融劈裂强度比和冻融劈裂强度结合起来可以很好地评价超薄磨耗层材料的抗水损害能力; 赵艳玲等采用车辙试验分析了层间结合条件对路面使用性能的影响; 刘定清等采用拉拔试验探讨了界面处理方式和层间黏结材料对层间黏结强度的影响; 乔维等采用直剪、斜剪试验以及拉拔试验分析了 SBS 改性沥青用量对层间黏结强度的影响; 李亚非等采用自主研发的扭剪仪对层间的抗剪切性能进行了评价。此外, 孙雅珍等采用自主研发的层间剪切试验仪研究了乳化沥青用量、黏度和固含量对层间抗剪切强度的影响; 王燕婷等通过试验确定了最佳乳化因素方案; 曹芳等通过老化试验得到 SBS 复合改性沥青老化后的韧性最高; 李伟等通过对比试验研究了两种温拌剂对 SBS 沥青混合料路用性能的影响; 李永振等通过动态剪切流变仪研究了稳定剂和软化剂对 SBS 改性沥青性能的影响。以上学者研究层间黏结强度时仅考

- *****
- [14] 宋杨, 王诚杰, 孙文君, 等. 超大粒径块石在土石混填路基中稳定性数值模拟研究[J]. 中外公路, 2018(5).
- [15] 张宏博, 孙润生, 董行, 等. 黄泛区粉土冲击碾压动力特性研究[J]. 中外公路, 2018(4).
- [16] 房建宏, 王振, 徐安花, 等. 青海黄土工程特性及公路修筑对策研究[J]. 中外公路, 2017(6).

- [17] 朱彦鹏, 朱鋈川, 杨校辉, 等. 山区机场高边坡不同方位原状土强度试验研究[J]. 中外公路, 2016(2).
- [18] 杨三强, 刘娜, 李志农, 等. 荷载、速率效应对路基受力变形的影响研究[J]. 中外公路, 2016(4).
- [19] 程培峰, 王锐, 韩春鹏. 大兴安岭人工冻土抗压抗剪强度试验研究[J]. 中外公路, 2016(5).

虑了层间材料对黏结性能的影响,并没有考虑各层间黏结材料的最优组合。因此,该文为了尽可能地避免由于大吨位汽车紧急刹车造成的层间剥离现象,对于快速同步施工型超薄沥青磨耗层,拟采用5种成型方法、3种混合料类型、4种乳化沥青进行组合测试,确定层间黏结性能的影响因素。

1 原材料与矿料级配

1.1 试验原材料

在超薄磨耗层技术中,乳化沥青黏结层主要起到黏结与封水的作用,是影响超薄磨耗层路面使用寿命

的关键因素。试验选用4种乳化沥青作为黏结层沥青,其相关性能指标如表1所示。

超薄磨耗层的粗集料选用玄武岩,细集料为玄武岩反复破碎制成的机制砂,所用填料为性质均匀、干净的干燥矿粉,为了增加沥青与集料的黏附能力,在其中掺加30%~40%的消石灰或水泥。

1.2 矿料级配

为了比较不同混合料类型对超薄磨耗层的层间黏结性能的影响,同时考虑超薄沥青磨耗层的级配要求,选用最大公称粒径不同的AC-16、AC-20、AC-25和STC-10共4种混合料,级配曲线如图1所示。

表1 4种乳化沥青性能指标

试验方案及有关指标		单位	Polymer	Latex	Kcqs	STC Bond	试验方法
赛波特黏度试验(25℃)		Pa·s	22	22	33	40	T0623-1993
筛上剩余量试验(850筛)		%	0.010	0.030	0.010	0.002	ASTM D244
蒸发残留物含量		%	63.10	61.90	61.70	67.70	T0651-1993
储藏稳定性试验(24 h)		%	0.80	0.70	0.40	0.21	T0655-1993
储藏稳定性试验(5 d)		%	3.50	4.60	0.40	0.21	T0655-1993
微粒带电			阳离子	阳离子	—	正电	T0653-1993
破乳速度			—	慢裂	—	—	—
与矿物裹附面积			—	>2/3	—	—	—
针入度(25℃,100 g,5 s)		0.1 mm	92.0	103.0	97.0	86.0	T0604-2000
蒸发残留物性能试验							
软化点		℃	48.0	56.5	47.0	55.6	T0606-1993
延度(25℃,5 cm/min)		cm	57.0	>150.0	>150.0	59.0	T0605-1993
弹性恢复(10℃)		%	83.0	—	—	75.0	T0662-2000
三氯乙烯溶解度		%	—	99.0	—	—	—

2 试件制备

2.1 试验温度

沥青材料的弹塑性对温度的敏感性较高。在环境温度较低时,沥青混合料一般不会出现层间剪切破坏,因此该文着重研究高温下沥青混合料的层间剪切破坏即层间黏结强度。中国地域宽广,气温差距较大,无法进行综合评定,根据AASHTO规范建议,高温试验温度选择为40℃。

2.2 乳化沥青喷洒量

根据经验,STC-10混合料所需的乳化沥青理想喷洒量为0.7~0.9 L/m²。在施工温度条件基本相同

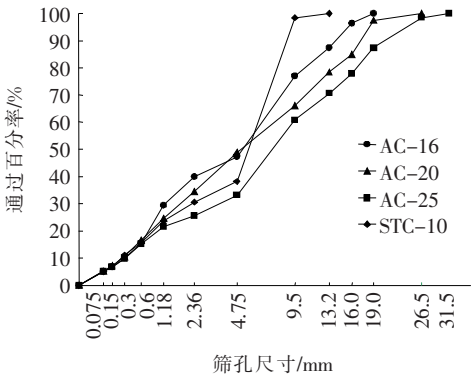


图1 超薄磨耗层级配曲线

的情况下,对于同一种类型的沥青混合料,单位面积路表面的用量基本稳定,因此乳化沥青用量和空隙率的

关系可用下式表示：

$$\xi=\alpha+\beta V \tag{1}$$

式中： α 和 β 均为常量系数； V 为混合料的空隙率。

对于 STC-10 混合料： $\alpha=0.071\ 4$ ， $\beta=0.047\ 6$ ，最佳油石比条件下的空隙率为 15%。由此可知乳化沥青理想喷洒量为 0.79 L/m²。

2.3 组合结构类型

黏结力测试的样品组合结构分为 3 种，分别为：STC-10+AC-16、STC-10+AC-20、STC-10+AC-25。每组试样条件分别制作若干试件。

2.4 试件成型方法

室内样品(选用组合试件 STC-10+AC-16)通过旋转压实机来成型，成型高度为 5.0 cm，直径为 101.6 mm 的试样。

第 1 种成型方法：首先将制作好的 AC-16 试件放在钢制试模中，待其完全冷却后，在其表面刷涂规定量的乳化沥青，并将 AC-16 试件放入高温试模中，接着将拌制的热 STC-10 沥青混合料倒入试模中，旋转压实至规定高度，脱模进行冷却。最后养生到完全破乳后进行黏结强度测试。

第 2 种成型方法：首先将制作好的 AC-16 试件放在钢制试模中，待其完全冷却后，在其表面刷涂规定量的乳化沥青。先将试件在阳光下晒到乳化沥青破乳，再将 AC-16 试件放入高温试模中，接着将拌制的热 STC-10 沥青混合料倒入试模中，旋转压实至规定高度，脱模进行冷却后即可进行黏结强度测试。

第 3 种成型方法：首先将 AC-16 试件和 STC-10 试件制作好并冷却，在 AC-16 试件表面刷涂规定量的乳化沥青，接着将 STC-10 试件加热到 110 ℃直接粘贴到 AC-16 试件上，当复合试件冷却至 90 ℃后施加 2 MPa 的恒压，一直持续到复合试件完全冷却，脱模后即可进行黏结强度测试。

第 4 种成型方法：首先将 AC-16 试件和 STC-

10 试件制作好并冷却，在 AC-16 试件表面刷涂规定量的乳化沥青，在室温下将 STC-10 试件直接粘贴到 AC-16 试件上，施加 2 MPa 的恒压一直持续到复合试件完全冷却，脱模后即可进行黏结强度测试。

第 5 种成型方法：首先将 AC-16 试件和 STC-10 试件制作好并冷却，在 AC-16 试件表面刷涂规定量的乳化沥青，在室温下将 STC-10 试件直接粘贴到 AC-16 试件上，施加 2 MPa 的恒压并在 110 ℃条件下养生，冷却脱模后即可进行黏结强度测试。

3 试验方案

试验参考 ASTM C1583/C1583M-13 和 ASTM C882/C882M-13 进行。选用 Bondtest 黏结力试验仪测试组合试样层间黏结强度，试验仪剪切速率为 6 mm/min。黏结力试验仪通过外置(也可直接读数)设备连接到计算机，直接采集与时间对应的剪力和位移试验数据。该仪器本身不具备温度控制功能，因此需要试件在烘箱内养生，一般情况下在试验温度下养生 4 h，可进行试验。具体试验内容如下：

(1) 首先对 STC-10+AC-16 组合试件，涂抹 STCBond 乳化沥青，采用 5 种成型方法分别进行试验，确定最佳成型方法。

(2) 采用最佳成型方法，对 4 种组合试样分别进行 4 种乳化沥青的试验，测定组合试件的黏结强度，确定影响黏结强度的因素。

4 试验结果与分析

通过剪切试验，研究成型方法与乳化沥青类型对层间黏结强度的影响。对于 STC-10+AC-16 样品，分别采用第 1、2、3、4、5 种方法成型，涂抹乳化沥青为 STCBond，测试温度为 40 ℃，试验结果如表 2 所示。

表 2 不同成型方法下 STC-10+AC-16 黏结强度测试结果 MPa

项目	第 1 种	第 2 种	第 3 种	第 4 种	第 5 种	
					室温养生 10 h	110 ℃养生 10 h
1	0.460	0.680	0.040	0.020	0.050	0.150
2	0.390	0.700	0.110	0.010	0.045	0.170
3	0.550	0.740	0.030	0.030	0.040	0.175
平均	0.470	0.710	0.060	0.020	0.045	0.165

由表 2 可知:在第 2 种热压成型方法下超薄沥青磨耗层与下层的黏结效果最好。出现这种现象的原因可能是高温旋转压实使骨料互相嵌入,使层间黏结更加牢固。第 1 种成型方法层间黏结强度也较高,但是相比于热压成型的方法,其是在常温下旋转压实,这就导致骨料的嵌入程度不如热压成型。同时对比第 3、4 种成型方法可知,控制上层样品的温度比较关键,温度越高,获得的黏结强度越大。两组在室温下粘贴的样品(第 5 种成型方法)试验结果可以说明在室温下即使放置 10 h 也只有部分乳化沥青破乳,黏结强度较小,但是经过高温(110 ℃)进行养生后,可获得足够的黏结强度。比较以上结果可知:无论是加热上层样品还是旋转压实成型后直接脱模,均可通过一定温度下的养生增加超薄沥青磨耗层的黏结强度。

为探究混合料类型与乳化沥青对层间黏结强度的影响规律,3 种组合结构均采用第 2 种方法成型,测试温度为 40 ℃。试验结果如表 3 所示。

表 3 不同乳化沥青黏结强度测试结果 MPa

结构类型	Polymer	Latex	Kcqs	STCbond
STC-10+AC-25	0.50	0.52	0.52	0.60
STC-10+AC-20	0.58	0.58	0.57	0.66
STC-10+AC-16	0.62	0.61	0.63	0.71

由表 3 可知,对于同一种乳化沥青,公称粒径较小的混合料获得的黏结力要略优于公称粒径较大的混合料。通过 4 种乳化沥青对比可发现改性乳化沥青对层间黏结强度的增强最为明显,说明对于快速同步施工型超薄沥青磨耗层,采用快裂的 SBS 改性乳化沥青是一种必然选择。根据目前的试验结果可判断,改性乳化沥青测试结果要优于普通乳化沥青,快速同步施工型超薄沥青磨耗层的高黏度改性乳化沥青效果最好。

5 结论

研究基于 5 种成型方法、3 种混合料类型和 4 种乳化沥青进行组合测试,得到以下结论:

- (1) 在黏结两层之前进行乳化沥青破乳可以明显提高层间黏结强度;高温养生也可增加层间黏结强度;上下两层样品的温度越高,获得的层间黏结强度越大。
- (2) 现场拌制热沥青比预制块先加热再进行黏结可以获得更大的黏结强度;公称粒径较小的混合料在

黏结时可以更好地获得层间黏结力。

(3) 热压成型下更多地反映出骨料本身嵌入形成黏结,乳化沥青的作用体现得不明显。STCbond 乳化沥青的测试结果要优于普通乳化沥青,故快速同步施工型超薄沥青磨耗层采用高黏度改性乳化沥青效果最好。

参考文献:

[1] 曹卫东,沈建荣,韩恒春.超薄沥青混凝土面层技术研究及应用简介[J].石油沥青,2005(4).

[2] 姚飞.高速公路沥青路面的预防性养护技术研究[D].长沙理工大学硕士学位论文,2010.

[3] 罗幸平.超薄磨耗层(NovaChip)在京珠北高速公路预防性养护中的应用[D].华南理工大学硕士学位论文,2010.

[4] 李波,杨小龙,李晓辉.沥青超薄磨耗层材料回收再利用及其性能评价[J].中外公路,2014(3).

[5] 焦继成.超薄磨耗层在高速公路养护中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2007(11).

[6] 胡志涛,牛晓霞.Novachip 超薄磨耗层在高速公路沥青路面预防性养护工程中的应用[J].广东公路交通,2009(3).

[7] 侯芸,王效杰,贾非.超薄沥青混凝土磨耗层层间剪切应力状态与抗剪指标分析[J].公路交通科技(应用技术版),2010(1).

[8] 赵艳玲,李庆杰,刘永超.层间结合条件对半刚性基层沥青路面路用性能的影响研究[J].中外公路,2017(5).

[9] 谭忆秋,姚李,王海朋,等.超薄磨耗层沥青混合料评价指标[J].哈尔滨工业大学学报,2012(12).

[10] 刘定清,何立平,刘姝麟,等.薄层复合式路面层间粘层技术研究[J].西部交通科技,2015(6).

[11] 乔维.超薄沥青路面层间粘结强度试验分析[J].黑龙江交通科技,2015(5).

[12] 李亚非,陈景,郭朝阳.沥青面层与半刚性基层层间抗剪切性能评价[J].中外公路,2016(4).

[13] 孙雅珍,郭政,王金昌,等.乳化沥青砂封层层间抗剪性能研究[J].中外公路,2016(5).

[14] 王燕婷,董元帅,侯芸,等.SBS 改性乳化沥青最佳乳化因素及性能研究[J].中外公路,2018(6).

[15] 曹芳.SBS 复合改性沥青抗老化性能指标研究[J].中外公路,2018(6).

[16] 李伟.两类温拌剂 SBS 沥青混合料路用性能研究[J].中外公路,2016(1).

[17] 李永振,武世超,高涵,等.添加剂对 SBS 改性沥青性能的影响[J].中外公路,2016(1).