

超薄磨耗层路面使用性能与层间剪切试验研究

王丽¹, 李文凯², 齐力源³

(1.河南高速公路发展有限责任公司 周口分公司, 河南 周口 466000; 2.河南交院工程技术有限公司, 河南 郑州 450000;
3.武汉理工大学, 湖北 武汉 430063)

摘要: NovaChip[®] 超薄磨耗层不仅可改善路面抗滑性能, 提高路面平整度, 同时具有降低路面噪声的效果。文中设计半开级配沥青混合料 NovaChip[®] Type C、密级配沥青混合料 AC-13C 及开级配沥青混合料 OGFC-13 3 种超薄磨耗层混合料, 通过试验分析评价了 3 种沥青混合料的路用性能及路面结构层间的力学性能。

关键词: 公路; 超薄磨耗层; 层间粘结; 路用性能; 路面结构层

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)01-0102-04

1 超薄磨耗层混合料设计

1.1 原材料性能

密级配 AC-13C 沥青混合料采用壳牌 SBS I

-D 改性沥青, OGFC-13 沥青混合料采用高粘度改性沥青, 半开级配沥青混合料 NovaChip[®] Type C 采用改性沥青 NovabinderTM, 其技术要求与试验结果见表 1。

表 1 各沥青主要指标检测结果

| 指标 | SBS I-D 改性沥青 | | 高粘度改性沥青 | | Novabinder TM 改性沥青 | | 试验方法 |
|---------------------------------|--------------|--------|---------|-------|-------------------------------|------|-------|
| | 技术指标 | 实测值 | 技术指标 | 实测值 | 技术指标 | 实测值 | |
| 针入度 (25 ℃, 5 s, 100 g)/(0.1 mm) | 40~60 | 55.00 | ≥40 | 44.00 | ≥50 | 55.0 | T0604 |
| 针入度指数 | ≥0 | 0.20 | ≥0 | 0.12 | — | — | T0604 |
| 延度 (5 ℃)/cm | ≥20 | 31.00 | ≥20 | 28.50 | ≥20 | 33.0 | T0605 |
| 软化点 $T_{R\&B}$ /℃ | ≥70 | 72.00 | ≥80 | 91.00 | ≥65 | 79.5 | T0606 |
| 运动粘度 (135 ℃)/(Pa·s) | ≤3 | 1.28 | ≤3 | 1.90 | ≤3 | 2.5 | T0625 |
| 闪点/℃ | ≥230 | 305.00 | ≥230 | 310 | — | — | T0611 |
| 弹性恢复 (25 ℃)/% | ≥75 | 79.00 | ≥90 | 93.80 | ≥75 | 81.0 | T0662 |

1.2 超薄磨耗层配比设计

沥青混合料级配类型选取主要参考施工现场环境条件、交通量及原路面状况。采用开级配 OGFC-13、密级配 AC-13C、半开级配 NovaChip[®] Type C 3 种沥青混合料对超薄磨耗层的使用性能进行分

析评价, 其中 NovaChip[®] Type C 型主要适用于重轴载及交通量较大的高等级公路。3 种沥青混合料的级配范围及设计级配见表 2。

双面击实各 50 次制作马歇尔试件, 确定最佳油石比, 并进行马歇尔试验, 试验结果见表 3。

表 2 沥青混合料的设计级配

| 混合料类型 | 级配类型 | 通过下列方孔筛 (mm) 的质量百分数/% | | | | | | | | | |
|---------|------|-----------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | | 16 | 13.2 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| AC-13C | 上限 | 100 | 100.0 | 74.0 | 46.0 | 36.0 | 26.0 | 20.0 | 16.0 | 12.0 | 8.0 |
| | 下限 | 100 | 90.0 | 60.0 | 32.0 | 24.0 | 16.0 | 12.0 | 8.0 | 6.0 | 4.0 |
| | 设计级配 | 100 | 91.6 | 70.8 | 38.3 | 28.4 | 21.1 | 16.0 | 12.0 | 9.4 | 6.2 |
| OGFC-13 | 上限 | 100 | 100.0 | 80.0 | 30.0 | 22.0 | 18.0 | 15.0 | 12.0 | 8.0 | 6.0 |
| | 下限 | 100 | 90.0 | 60.0 | 12.0 | 10.0 | 6.0 | 4.0 | 3.0 | 3.0 | 2.0 |
| | 设计级配 | 100 | 94.7 | 71.1 | 22.1 | 16.8 | 12.9 | 9.8 | 7.4 | 5.8 | 3.8 |

| | | 续表 2 | | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 混合料类型 | 级配类型 | 通过下列方孔筛(mm)的质量百分数/% | | | | | | | | | |
| | | 16 | 13.2 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| NovaChip® | 上限 | 100 | 100.0 | 80.0 | 38.0 | 32.0 | 23.0 | 18.0 | 13.0 | 10.0 | 7.0 |
| | 下限 | 100 | 85.0 | 60.0 | 28.0 | 25.0 | 15.0 | 10.0 | 8.0 | 6.0 | 4.0 |
| TypeC-13 | 设计级配 | 100 | 86.1 | 67.9 | 33.6 | 25.8 | 18.7 | 13.7 | 9.7 | 7.3 | 4.5 |

| 表 3 3 种沥青混合料的最佳油石比及马歇尔试验结果 | | | | | | | |
|----------------------------|---------|---------|-------|----------|----------|-----------|-------|
| 混合料类型 | 最佳油石比/% | 毛体积相对密度 | 空隙率/% | 矿料间空隙率/% | 沥青饱和度和/% | 马歇尔稳定度/kN | 流值/mm |
| AC-13C | 5.00 | 2.438 | 5.2 | 14.6 | 66.1 | 14.41 | 3.9 |
| NovaChip® Type C-13 | 5.04 | 2.189 | 13.8 | 22.6 | 39.2 | 9.15 | 4.2 |
| OGFC-13 | 5.40 | 2.035 | 19.5 | 29.0 | 32.6 | 6.68 | 3.3 |

2 超薄磨耗层使用性能分析

2.1 高温稳定性

影响沥青混合料高温性能的因素有多种,主要包括原材料的材质、矿料级配类型、沥青种类、沥青含量、现场交通量等。分析沥青混合料高温稳定性的室内试验也有多种,包括车辙试验、无侧限抗压强度、蠕变试验、马歇尔稳定度试验等,这里采用车辙试验和马歇尔稳定度试验进行评价。3 种混合料的试验结果见图 1、图 2。

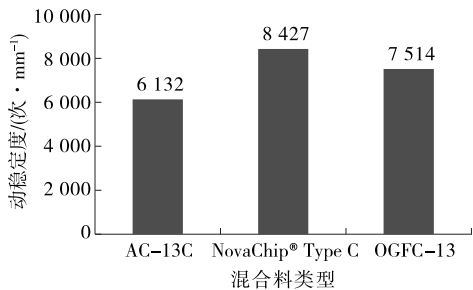


图 1 3 种沥青混合料动稳定度对比

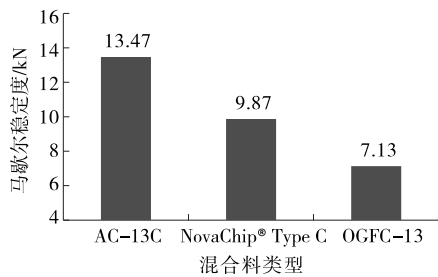


图 2 3 种沥青混合料马歇尔稳定度对比

由图 1、图 2 可知:3 种沥青混合料的动稳定度都满足相关规范要求,NovaChip® Type C 沥青混合

料的动稳定度最优;AC-13C 沥青混合料的马歇尔稳定度最优,NovaChip® Type C 沥青混合料的马歇尔稳定度也满足相关规范要求。

2.2 水稳定性

沥青与矿料之间的粘结性能用水稳定性来表征,反映沥青混合料抵抗水冲刷的能力。工程实践中通常从沥青粘裹集料的能力、沥青混合料整体水稳定性两方面评价沥青混合料的水稳定性。通过对 3 种沥青混合料进行浸水马歇尔试验及冻融劈裂试验评价其水稳定性能,试验结果见图 3、图 4。

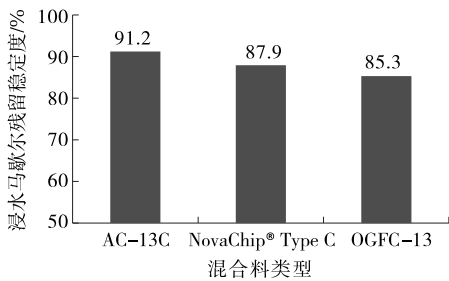


图 3 3 种沥青混合料浸水马歇尔残留稳定度对比

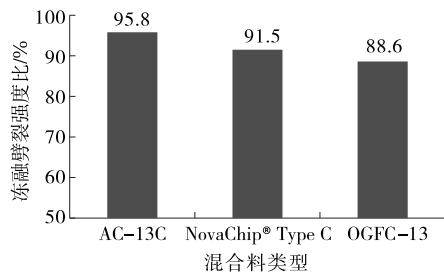


图 4 3 种沥青混合料冻融劈裂强度比对比

由图 3 可知:3 种沥青混合料的残留稳定度都满足相关规范的要求,其中 AC-13C 型沥青混合

料的残留稳定度最优,说明密级配沥青混合料的水稳定性最好;由于开级配沥青混合料孔隙率最大,OGFC-13型沥青混合料的水稳定性最差。

由图4可知:3种沥青混合料的冻融劈裂强度比都满足相关规范的要求,且试验结果与沥青混合料的空隙率关系密切。

2.3 低温性能

沥青混合料中的沥青对于环境温度有较高的敏感性,随着温度的降低,沥青的延度降低,当温度下降到极限容许值时,沥青会变得硬而脆,故低温开裂是沥青路面破坏的主要形式。通过最大弯拉应变及弯曲劲度模量评价3种沥青混合料的低温稳定性,结果见图5、图6。

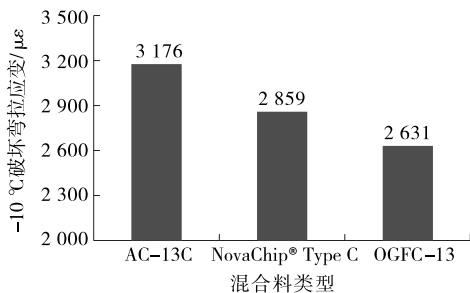


图5 3种沥青混合料破坏弯拉应变对比

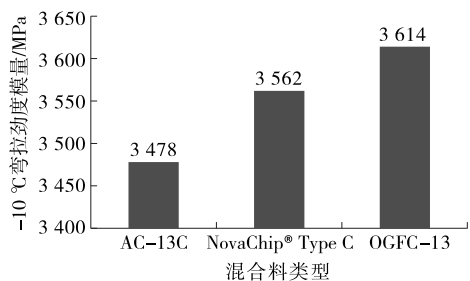


图6 3种沥青混合料弯拉劲度模量对比

由图5、图6可知:3种沥青混合料的破坏弯拉应变都满足相关规范的要求,其中SBS改性沥青可改善沥青混合料的高、低温稳定性;Novabinder™具有较高的粘结性能,能大大减少NovaChip® Type C混合料的低温开裂;木质素纤维能增强沥青混合料间的连接性能,减少开级配OGFC-13沥青混合料的低温开裂。

2.4 抗滑及渗水性能

采用摆式摩擦系数测定仪、渗水系数仪评价沥青混合料的抗滑及渗水性能,3种沥青混合料的摩擦系数及渗水系数试验结果见图7、图8。

由图7可知:3种沥青混合料的摆值均大于规

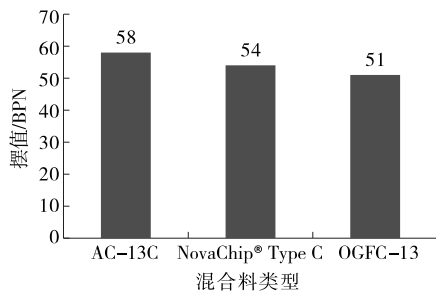


图7 3种沥青混合料摩擦系数对比

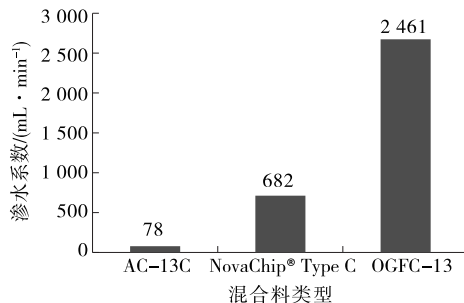


图8 3种沥青混合料渗水系数对比

范要求45 BPN,且三者之间相差很小,说明3种沥青混合料都具有较好的抗滑性能。

由图8可知:3种沥青混合料之间的渗水性能相差很大,半开级配Novachip® Type C、开级配OGFC-13沥青混合料的渗水系数分别是密级配AC-13C沥青混合料的8.7和31.6倍,Novachip® Type C、开级配OGFC-13沥青混合料具有很好的排水性能,适合降雨较多的地区。

2.5 路面结构层力学性能

沥青砼路面是一种粘弹性综合体,其路用性能随着环境温度的变化而改变。对3种沥青混合料分别在15和20℃下进行抗压强度、抗压回弹模量试验及劈裂抗拉强度、劈裂破坏拉伸应变试验,结果见图9~12。

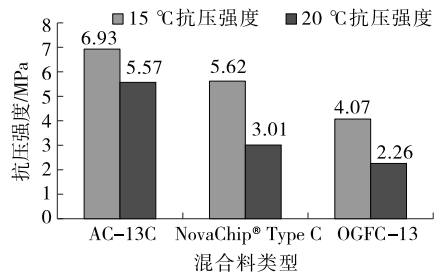


图9 3种沥青混合料抗压强度对比

由图9、图10可知:3种沥青混合料的抗压强度和回弹模量都随着温度的升高而降低,OGFC-13型沥青混合料的抗压强度和抗压回弹模量最低,AC

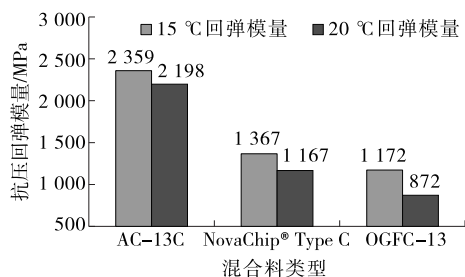


图 10 3种沥青混合料抗压回弹模量对比

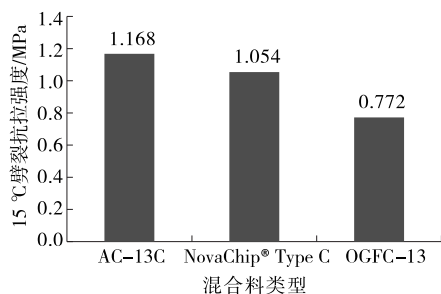


图 11 3种沥青混合料劈裂抗拉强度对比

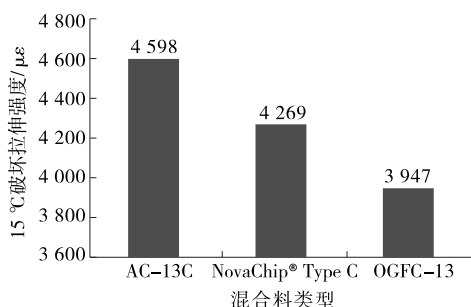


图 12 3种沥青混合料劈裂破坏拉伸应变对比

—13C型沥青混合料的最高,沥青混合料类型对路面结构抗压强度及抗压回弹模量的影响较大。

由图11、图12可知:AC—13C型沥青混合料的劈裂抗拉强度最优,是OGFC—13型沥青混合料的1.35倍;AC—13C型沥青混合料的破坏拉伸应变最大,OGFC—13型混合料的最小;3种沥青混合料都表现出较高的韧性。

3 结论

(1) 密级配 AC—13C、开级配 OGFC—13、半开级配 NovaChip® Type C 3 种沥青混合料的动稳定度都满足相关规范的要求,都具有较高的高温稳

定性能;沥青混合料的空隙率对其水稳定性有明显的影响,随着空隙率的增大,其抗水损能力降低。

(2) 密级配 AC—13C、开级配 OGFC—13、半开级配 NovaChip® Type C 3 种沥青混合料的低温抗裂性能都满足相关规范的要求,高粘度改性沥青及改性 Novabinder™ 能改善大空隙沥青砼的低温开裂性能。

(3) 密级配 AC—13C、开级配 OGFC—13、半开级配 NovaChip® Type C 3 种沥青混合料的摆值都满足相关规范的要求,且三者之间相差较小,其中 NovaChip® Type C、开级配 OGFC—13 沥青混合料具有很好的排水性能,比较适合降雨较多的地区;3 种混合料的抗压强度和回弹模量都随着温度的增高而减小;AC—13C 型沥青混合料的破坏拉伸应变最大,OGFC—13 型沥青混合料的最小,3 种沥青混合料都表现出较高的韧性。

参考文献:

- [1] 姚飞.高速公路沥青路面的预防性养护技术研究[D].长沙:长沙理工大学,2010.
- [2] 陆键,张国强,项乔君,等.高等级公路综合养护评价与预测技术[M].北京:科学出版社,2010.
- [3] 吕胜.温拌橡胶沥青 OGFC 混合料路用性能研究[D].大连:大连海事大学,2014.
- [4] 何锐,武书华,管勤,等.沥青路面层间粘结性能影响因素试验研究[J].中外公路,2015,35(2).
- [5] 杨彦海,沈阳,高镜雄,等.空隙率、路面构造深度对超薄磨耗层粘层油洒布量的影响[J].中外公路,2014,34(2).
- [6] 孙强,明璐飞,王光男.沥青路面层间粘结性能试验研究[J].石油沥青,2015,29(3).
- [7] 李亚明.超薄磨耗层的研究与应用[D].长沙:长沙理工大学,2012.
- [8] 杨易,陈华鑫,宋莉芳,等.超薄磨耗层层间粘结效果影响因素研究[J].广西大学学报:自然科学版,2015,40(1).
- [9] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].

收稿日期:2017—05—02

(上接第 101 页)

应用[D].天津:天津大学,2012.

[4] 左军军.建筑在雨季施工的问题和技术措施初探[J].建

材与装饰,2015(49).

收稿日期:2017—09—17