

MRS 在桂柳高速公路隧道路面防滑改造中的应用

满新耀¹, 王强林², 吴迪³

(1.广西交通投资集团有限公司, 广西南宁 530001; 2.广西柳桂高速公路运营有限责任公司;
3.广东建科交通工程质量检测中心有限公司)

摘要:为改善桂柳高速公路隧道路面的防滑性能,提出在隧道原水泥路面上进行薄层环氧罩面(MRS)的改造方案,并跟踪观测工程应用效果。结果表明:对隧道路面进行薄层环氧罩面改造后,路面防滑性能得到明显提升,薄层环氧面层与原水泥路面黏结性能良好,交通事故数量明显下降。

关键词: MRS; 隧道; 防滑; 交通事故

由于通风效果差、标高受限,隧道内水泥路面的抗滑性能一旦出现衰减,养护维修将十分困难,选择既能满足安全需求又适用于隧道特殊使用环境的铺装材料成为道路管养部门的一大技术难题。近年来,因薄层环氧罩面(MRS)具有抗滑性能好、铺装厚度薄、可常温施工等特点,在隧道路面和桥面铺装中应用较多,能够显著提高隧道路面的防滑性能、交通事故率明显下降,是一种可有效改善隧道路面抗滑性能的铺装材料。

桂(林)柳(州)高速公路大端隧道、潮水隧道于2016年11月采用24 cm厚钢纤维混凝土板进行了全面改造,但因交通流量大,且均位于长大纵坡路段,水泥混凝土路面磨损严重,通行安全性变差。2017年10月调查发现,两座隧道原水泥混凝土路面虽有明显防滑刻槽,但整体较为光滑,摩擦力相对较小,存在较大安全隐患。为保障广大司乘人员的安全,急需对隧道路面进行防滑改造。经调研论证,决定采用薄层环氧罩面(MRS)对隧道路面进行处治,以解决隧道路面防

滑性能不足的问题。

该文以桂柳高速公路大端、潮水隧道路面抗滑性能提升所使用的薄层环氧罩面(MRS)为研究对象,对MRS的材料性能、工程应用和使用效果进行全面评价,可为同类工程提供相应的参考和借鉴。

1 MRS 材料性能研究

1.1 原材料性能评价

MRS的材料特点决定了它需要使用小粒径的耐磨骨料和高黏结能力的胶结料。受大端、潮水隧道内净空限制,铺装厚度选择5 mm。胶结料选择MRS-21型环氧树脂胶黏剂,是一种无溶剂环保型环氧类胶黏剂,由广东省建筑科学研究院集团股份有限公司自主研发,具体技术指标见表1。耐磨骨料粒径为1.18~4.75 mm,是一种特制骨料,且要求干净、干燥、表面粗糙、无杂色,具体技术指标见表2。

表1 MRS-21型胶黏剂主要技术指标

性能指标	单位	试验结果	参照标准
拉伸强度(50 mm/min)	MPa	20.3	GB/T 1040.3-2006
黏结强度(2.0 mm/min)	MPa	≥2.5(混凝土破坏)	GB/T 16777-2008
断裂延伸率(2 mm厚, 23℃)	%	49.2	GB/T 1040.3-2006
钢-钢黏结强度(2.0 mm/min)	MPa	19.5	GB/T 6329-1996
钢-钢拉伸抗剪强度(2.0 mm/min)	MPa	17.8	GB/T 124-2008
适用温度	℃	10~40	—

收稿日期:2018-12-04

作者简介:满新耀,男,硕士,高级工程师.E-mail:29414894@qq.com

表 2 耐磨骨料技术指标

指标	单位	技术要求	测试结果	测试方法
密度	g/cm^3	≥ 2.5	2.7	T0328—200
含水率	%	≤ 1.0	0.6	酒精燃烧法
莫氏硬度		≥ 7	9	莫氏硬度计法
磨光值		≥ 65	73	T0321—1994
粒度	mm	1.18~4.75	1.18~4.75	筛分法
压碎值	%	≤ 12	7	T0322—2000

1.2 骨料粒径对抗滑性能的影响

骨料粒径的大小直接影响路面的宏观构造,路面“凸起”颗粒与轮胎接触,导致轮胎橡胶变形而紧密接触甚至局部包裹,宏观构造深度越大,则轮胎嵌入越深,所能提供的水平抗滑力越大。但对于超薄抗滑层,骨料粒径受薄层厚度限制,通常有 1~3 mm(2~3

mm 占 60%以上),2~4 mm(3~4 mm 占 60%以上),3~5 mm(4~5 mm 占 60%以上)3 种粒径规格,为满足不同等级的抗滑要求,需研究不同粒径规格的集料所对应的抗滑性能。

图 1 为不同骨料粒径 MRS 工后摆值和构造深度随通车时间的衰变曲线。由图 1 可知:MRS 的抗滑性能前期衰减较快,之后逐渐趋于稳定。其中,骨料粒径为 1.18~2.36 mm 的 MRS 工后摆值 BPN 为 86,构造深度为 2.23 mm,通车 7 周后摆值 BPN 为 63.7,构造深度为 1.59 mm;骨料粒径为 2.36~3.36 mm 的 MRS 工后摆值 BPN 为 88.3,构造深度为 2.42 mm,通车 7 周后摆值 BPN 为 66.5,构造深度为 1.81 mm;骨料粒径为 3.36~4.75 mm 的 MRS 工后摆值 BPN 为 90.7,构造深度为 2.68 mm,通车 7 周后摆值 BPN 为 70,构造深度为 1.88 mm。

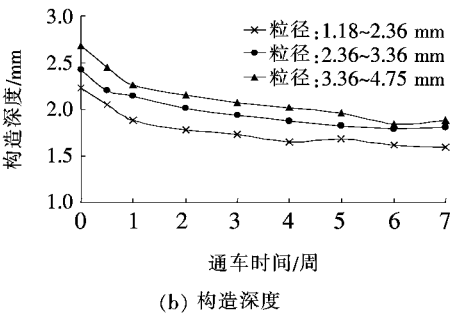
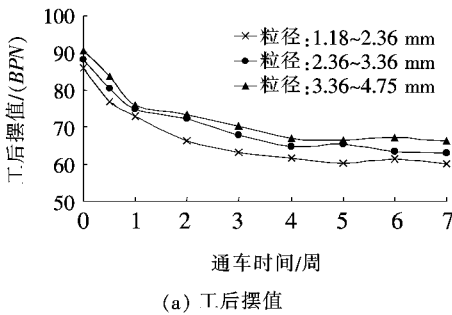


图 1 不同粒径 MRS 的抗滑性能随时间的衰变曲线

1.3 胶黏剂混合料力学性能

表 3 为混合料与水泥混凝土基面的黏结强度。从表 3 中可以看出:混合料与混凝土的黏结强度最小值为 3.3 MPa,平均值为 3.5 MPa,且破坏形式均为混凝土破坏。可见,混合料对水泥混凝土基面具有优良的黏结性能,其黏结强度甚至大于水泥混凝土本体抗拉强度。

表 3 混合料与水泥混凝土基面黏结强度

各试样黏结强度/MPa			平均值/MPa
1	2	3	MPa
3.5	3.3	3.6	3.5
(混凝土破坏)	(混凝土破坏)	(混凝土破坏)	(混凝土破坏)

合方案为:首先采用改性环氧树脂快速修复技术(MRK)对路面混凝土破损进行修补,通过预埋横管引流解决渗水问题;之后采用 MRS 对隧道路面进行罩面,以解决路面抗滑性能不足问题。MRS 铺装结构层如图 2 所示。

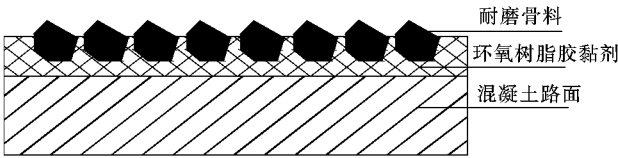


图 2 MRS 结构断面示意图

薄层环氧主要技术指标见表 4。

2.2 工程实施情况

2017 年 11—12 月对桂柳高速大端、潮水两座隧道路面进行了薄层环氧罩面施工,所使用的耐磨骨料具有一定的级配,粒径为 2~4 mm(3~4 mm 占 60%以上)。主要施工工艺为:

(1) 基面处理:采用 MRK 对破损路面进行修补,

2 MRS 在桂柳高速隧道路面中的应用

2.1 工程应用方案

桂柳高速大端、潮水隧道路面抗滑性能提升的综

表 4 MRS 面层技术要求

指标		技术要求	测试方法
抗滑性能	横向力系数 <i>SFC</i>	≥ 54	JTG E60—2008
	构造深度	$\geq 0.8\text{ mm}$	
黏结性能	拉拔强度	$\geq 1.7\text{ MPa}$ 或 混凝土破坏	ASTM C1583—2013
	高温稳定性	$\geq 8\,000\text{ 次/mm}$	JTG E20—2011
开放时间		3~8 h(常温)	—
厚度		5~8 mm	—

渗水位置则先在底层填筑透水 MRK 后再用普通 MRK 填平。

(2) 基面清洁:对原隧道水泥路面进行抛丸处治,清除表面松散混凝土及污染物,并采用高压风吹扫,确保路面干净干燥。

(3) MRS 摊铺:采用多功能摊铺车进行机械化摊铺,如图 3 所示。摊铺车首先根据设计剂量称取合适重量的环氧树脂胶黏剂,之后采用喷洒装置洒布 MSR,然后撒铺具有一定级配的耐磨骨料,完成同步摊铺工序。

(4) 石料回收及养护:待胶液固化后,对多余松散石料进行回收,常温养护 3~8 h,恢复路面标线后开放交通。

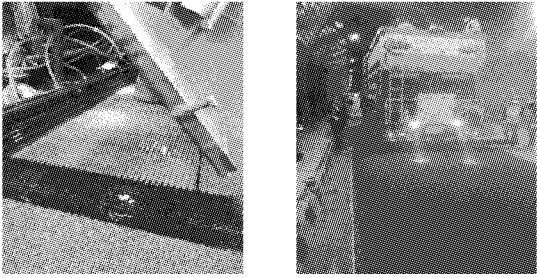


图 3 多功能摊铺车施工照片

从 MRS 的材料性能试验和工程应用情况来看,其构造深度较大、抗滑性能明显优于水泥混凝土路面和沥青混凝土路面,而且单层厚度约 0.5 cm、对隧道净空影响小,同时具有良好的防水性能、可有效防止地表水渗入基层;此外,由于施工简便,全过程常温施工,固化时间短,对高速车辆通行影响小,是一种十分适合隧道路面的铺装材料。

3 MRS 应用效果

完成 MRS 施工后,对实际应用效果进行了不定期跟踪监测。截至 2018 年 9 月底,除路面缩缝处有局部破损外,未出现脱落、磨损、掉粒等病害,对 MRS 的构造深度、摆值、拉拔强度进行了检测,结果见表 5~7。

表 5 MRS 面层构造深度

隧道名称		构造深度/mm				规范要求
		竣工时	竣工 1 个月	竣工 3 个月	竣工 9 个月	
潮水隧道	柳州方向	1.48	1.20	1.25	1.18	≥ 0.8
	桂林方向	1.35	1.29	1.29	1.23	
大端隧道	柳州方向	1.38	1.36	1.26	1.21	
	桂林方向	1.29	1.27	1.20	1.19	

由 MRS 面层构造深度跟踪检测情况可知,刚竣工时,MRS 面层构造深度可达到 1.3 mm 以上。路面

构造深度随使用时间的增加逐渐下降并趋于稳定,但明显高于规范所要求的 0.8 mm。

表 6 MRS 面层摆值

隧道名称		摆值 <i>BPN</i> ₂₀				规范要求
		竣工时	竣工 1 个月	竣工 3 个月	竣工 9 个月	
潮水隧道	柳州方向	95(72)	82(69)	79(65)	78(66)	≥ 45
	桂林方向	93(74)	77(69)	76(67)	80(65)	
大端隧道	柳州方向	88(78)	85(73)	80(70)	78(69)	
	桂林方向	92(76)	84(75)	78(72)	81(70)	

注:括号内为潮湿状态下测试结果。

由表 6 可看出,摆值也呈现出与构造深度类似的变化趋势。刚竣工时,干燥与潮湿状态下的摆值分别为 90 与 75 左右。在使用 1 个月后,干燥与潮湿状态下的摆值分别为 80 与 70 左右,随后趋于稳定。

表 7 MRS 面层拉拔强度

隧道名称		拉拔强度(破坏形式)/MPa			
		竣工时	竣工 1 个月	竣工 3 个月	竣工 9 个月
潮水隧道	柳州方向	1.78(混凝土破坏)	1.68(混凝土破坏)	1.70(混凝土破坏)	1.66(混凝土破坏)
	桂林方向	1.82(混凝土破坏)	1.73(混凝土破坏)	1.71(混凝土破坏)	1.68(混凝土破坏)
大端隧道	柳州方向	1.90(混凝土破坏)	1.84(混凝土破坏)	1.88(混凝土破坏)	1.85(混凝土破坏)
	桂林方向	1.77(混凝土破坏)	1.67(混凝土破坏)	1.69(混凝土破坏)	1.70(混凝土破坏)

注:括号内表示破坏形式。

由表 7 可知:刚竣工时,两座隧道的拉拔强度均为 1.77 MPa 以上,且破坏形式为混凝土破坏。在开放交通 9 个月后,面层的拉拔强度仍为 1.66 MPa 以上,破坏形式仍为混凝土破坏。

2017 年 1 月至 2018 年 9 月桂柳高速公路隧道交通事故次数见表 8。

表 8 大端、潮水隧道 2017 年 1 月至 2018 年 9 月交通事故统计

年度/ 年	交通事故/起				
	1—3 月	4—6 月	7—9 月	10—11 月	12 月
2017	0	2	3	2	1
2018	0	0	0	—	—

由表 8 可知:2017 年 1 月至 12 月总共发生交通事故 8 起,其中,1 月至 11 月发生单方交通事故 7 起,12 月进行 MRS 罩面后发生 1 起两车追尾事故。截至 2018 年 9 月底,两座隧道内未发生一起交通事故。可见,采用 MRS 对隧道路面进行改造后,车辆通行的安全性得到了有力的保障。

4 结语

该文针对桂柳高速公路大端隧道、潮水隧道路面

的实际情况,为改善其防滑性能,提出在隧道原水泥路面上进行薄层环氧罩面的改造方案,并跟踪观测工程应用效果。对隧道路面进行薄层环氧罩面改造完成 9 个月后,路面防滑性能明显高于规范要求,薄层环氧罩面的构造深度约为 1.2 mm,干燥和潮湿状态下摆值分别为 80、70 左右;薄层环氧面层与原水泥路面黏结性能良好,面层的拉拔强度为 1.66 MPa 以上,且破坏形式均为混凝土破坏;交通事故数量明显下降,改造后至 2018 年 9 月底仅发生一起交通事故。薄层环氧罩面在桂柳高速公路隧道的成功应用,可为其他公路隧道路面防滑改造提供参考。

参考文献:

[1] 关甫洋.隧道沥青路面混合料阻燃降粘技术研究[D].长安大学硕士学位论文,2015.

[2] 周磊,王康,姜旭,等.改性环氧薄层材料在道路维修中的应用研究[J].建材世界,2017(5).

[3] 吴俊明,王伟,李少芳,等.环氧薄层铺装材料路用性能研究[J].公路,2016(10).

[4] 钟鸣.改性环氧树脂薄层铺装桥面养护中的应用[J].中外公路,2013(6).

[5] 谭利,易文,何贤锋,等.防滑降噪沥青路面施工工艺及质量控制[J].中外公路,2017(2).

[6] 邵明利,陈秀荣.石崖坞隧道水害治理方案研究[J].中外公路,2018(2).