

隧道路面抗滑能力研究

韩 刚

广西路桥工程集团有限公司 广西南宁 530000

摘要: 广西某隧道于施工阶段铺设水泥混凝土路面, 2001年开放通车后, 由于雨季期间雨水容易被车流带入隧道内, 造成隧道口路面潮湿, 原水泥混凝土路面扫纹遭车辆轮胎磨除且沾染油污, 造成抗滑度降低, 影响行车。养护单位采用横向锯槽、细纹刨除及加铺开放级配摩擦层(OGFC)等三阶段工法整修方式, 收集并研究最近10年的路面抗滑值(BPN)检测结果。横向锯槽约2年后的BPN值明显降低, 无法有效维持抗滑效果; 细纹刨除于初期的BPN值改善, 服务4年后宏观和微观逐渐磨损, 抗滑力降低; OGFC具有改善BPN的成效, 后续仍需持续观察。

关键词: 隧道路面; 抗滑值; 检测

Study on skid resistance of tunnel pavement

Gang Han

Guangxi Road and Bridge Engineering Group Co., Ltd. Nanning 530000, Guangxi

Abstract: A tunnel in Guangxi has been paved with cement concrete pavement at the construction stage. After it was opened to traffic in 2001, the rain was easy to be brought into the tunnel during the rainy season, resulting in the wet pavement at the tunnel entrance. The original cement concrete pavement was abraded by vehicle tires and contaminated with oil, resulting in reduced skid resistance and affecting driving. The maintenance unit adopts three-stage construction methods, such as horizontal sawing, fine grain removal, and paving open-graded friction layer (OGFC), to collect and study the test results of pavement skid resistance value (BPN) in the last 10 years. The BPN value decreased significantly after 2 years of transverse sawing, and the anti-sliding effect could not be effectively maintained. The BPN value of fine grain shaving improved at the initial stage, and the macro and microwear gradually and the sliding resistance decreased after 4 years of service. OGFC has the effect of improving BPN and it still needs continuous observation in the future.

Keywords: tunnel pavement; Anti sliding value; testing

引言:

广西某隧道地处山区, 雨季期间下雨天数较多, 雨水容易被车流带入隧道内, 造成隧道口路面潮湿, 且原水泥混凝土路面扫纹遭车辆轮胎磨除且沾染油污, 加以雨水使表面潮湿, 造成抗滑度降低, 影响行车安全。养护单位经过后续养护阶段的横向锯槽、细纹刨除、和铺设开放级配沥青混凝土(OGAC)等整修历程, 并透过一系列评估, 分析抗滑能力变化趋势, 研究长期路面服务水平, 提出了一些值得推广的经验。

1 现状隧道路面病害情况

1.1 施工阶段

作者简介: 韩刚, 男, 出生年月:(1983年-), 籍贯: 内蒙古赤峰市, 职称: 工程师, 研究方向: 主要从事高速公路施工管理。

某隧道于2001年通车, 位于里程K292+880-K294+134间, 总长1.2km, 为典型砂泥岩地层隧道工程, 全线地质状况可归类为软弱泥岩及砂泥岩互层, 覆土范围可达80m厚, 其地下水位线高于隧道顶拱上方约10~20m。隧道双孔隧道方向各三车道隧道, 各孔的长、宽、高分别约1.2km、1.7m及12.6m。隧道路面结构包含厚度20cm碎石级配底层, 浇置15cm低强度水泥混凝土后, 面层则铺设30cm水泥混凝土路面, 提供承载力。

1.2 养护阶段

该隧道服务多年后, 受到长时间荷载、胎屑和细粒等粉尘累积, 影响路面纹理深度, 于2011年8月局部区域进行横向锯槽, 评估锯槽效果; 为避免因清洗隧道墙面时, 水分漫流导致路面湿滑, 影响行车安全, 于2013年7月完成全面水泥混凝土路面细纹刨除, 改善路面摩擦力。横向锯槽和细纹刨除阶段, 分别称为第1次整修

及第2次整修。

但原有细纹刨除水泥混凝土服务5年后,于2018年8月于原有路面加铺开放级配摩擦层(OGAC),为第3次整修。隧道路面从2001年开放通车,历经三次不同工法整修,面层从水泥混凝土路面发展至柔性路面^[1]。

1.3 检测点位

根据与交通管理部门协商后,拟选取部分易施工进行检测,经过初步筛查,最终选取北上和南下车道合计6处,共18个点位。

2 检测方法

本研究依路面服务水平进行长期效果评估,安全性为量测路面抗滑能力。检测路面抗滑性质,乃依据ASTM E303(采用英国摆锤冲击试验机测量表面摩擦性能的标准试验方法)以英式摆锤试验数值(British Pendulum Number)呈现^[2]。该实验用于量测模拟潮湿路面的抗滑能力,利用英国摆锤试验仪测量出的表面抗滑性质值,简称BPN,用以评估雨天时路面与车轮的间的摩擦力,避免雨天行车产生打滑现象。目前国内标线标准BPN值要求高于45。BPN值检测滑垫接触处面积小且摆动速度约为10km/hr,因此BPN值代表行车速度较缓的细质纹理;由于BPN值试验方便易操作,目前仍为世界各国采用。

3 试验方案及成果分析

3.1 隧道路面整修状况

改隧道原水泥混凝土完成状况如图1所示,宏观和微观纹理明显。水泥混凝土路面服务118个月后,路面粗质和细质纹理较为光滑,如图2所示。2011年8月针对隧道内水泥混凝土路面局部进行横向锯槽施工,视为「第1次整修」,如图3所示。整修2年后因沟槽较平顺,进而针对水泥混凝土进行全面细纹刨除整修工作,并于隧道入口处铺筑PAC减少水分带入隧道路面,视为「第2次整修」,如图4所示。但细刨后5年,于此将原有的水泥混凝土路面上加铺2cm的开放级配沥青混凝土即「第3次整修」,本研究将根据微观和宏观纹理特性,评估检测结果,研究整修方式对提升路面摩擦力影响^[3]。

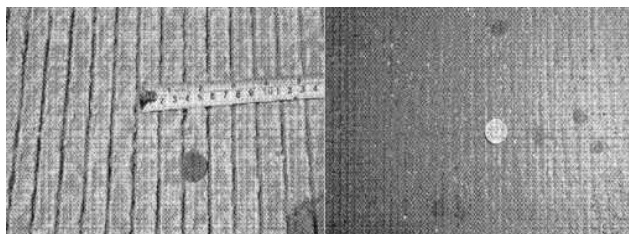


图1 水泥混凝土路面
刚完工状态

图2 水泥混凝土路面
服役118个月后

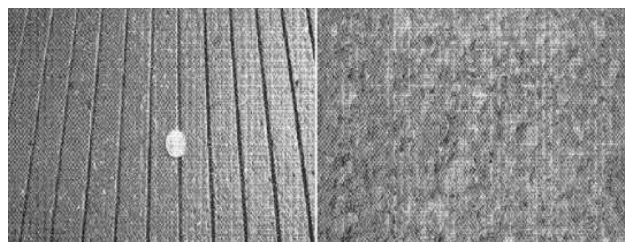


图3 横向锯槽

图4 细纹刨除表面

3.2 抗滑值(BPN)的变化

本研究研究隧道经历水泥混凝土路面、横向锯缝、细纹刨除和开放级配摩擦层(OGAC)等维护整修方式,隧道路面抗滑值(BPN)变化状况,评估如下。

3.2.1 横向锯缝后的BPN值

隧道于2001年通车使用后,水泥混凝土路面历经10年服务后,路面BPN值降至51,如图6所示,于是采用横向锯槽提升其抗滑值,锯槽宽度4mm、深度为4mm、间距38mm,如图6所示。锯槽的凹缝主要目的为产生粗质纹理,提供排水通路,但锯槽表面的细质纹理仍与原水泥混凝土路面相似,旧有微观纹理已磨损,穿透水膜效果有限。如图5显示,锯槽后BPN值增加为63,细刨施工后6个月后检测相同点位,再行施测所得平均值为58,锯槽后24个月后的BPN值稍低,横向锯槽工法似乎无法有效长久维持抗滑力,尤其BPN值乃是代表微观纹理特性,锯槽工作对于提升粒料表面细质纹理的改善似乎不显著^[4]。

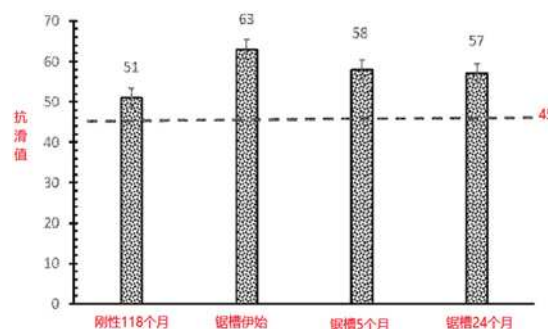


图5 锯槽后BPN平均

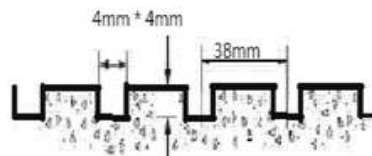


图6 横向锯槽纹理

图7显示各点位锯缝前后BPN值变化,说明隧道内路面完工后,可维持10年的抗滑效果,方采用横向锯槽;锯槽初期的凹凸表面似乎有助于BPN值,但24个月后的BPN值呈现下降状态,下降主因为横向沟槽虽提升排水通路,但细质纹理有限,故抗滑值BPN无明显的差

异。锯槽24个月后的BPN值高于45，虽然保有安全路面特质，为改善隧道清洗时，流至路面水量所带来的困扰，于是进行细纹刨除。

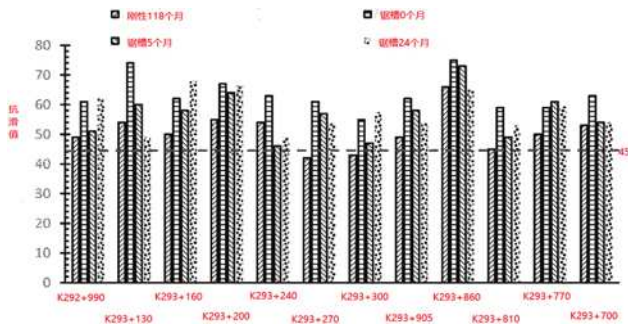


图7 各点锯槽后BPN值比较

3.2.2 细纹刨除后的BPN值

显示细纹刨除前的BPN平均值为57，进行第二次整修后，细纹刨除后BPN值提升为77，BPN值代表路面微观纹理特性，细刨明显增加路面粒料粗糙度。持续监测48个月后检测BPN值下降为48，BPN值缓慢下降，微观纹理减少，导致BPN值下降的原因可能为灰尘或胎屑等堆积与纹理磨损所致。国内路面BPN值目前没有明确规范值，参考一般地方规定，BPN值需大于45，细刨后48个月仍符合要求；由于逐年BPN值下降，此时则须提升抗滑能力^[5]。

代表各测试点的BPN平均值和标准差，细刨后BPN值明显增加，细纹刨除施工后宏观和微观纹理成效明显，BPN值逐年呈现下降，整体来说BPN值仍大于45，显示路面提供足够抗滑值。隧道的路面不受大自然风吹雨打，细纹刨除约可维持4年摩擦效果；事实上路面刨除后，如可开放通车一段时间，有助于消除刨松路面，亦可提升抗滑效果，数据说明水泥混凝土路面可先采用细纹刨除改善落差和摩擦力，提升平坦度，再进行加铺开放级配摩擦层。

3.2.3 开放级配摩擦层后的BPN值

为提升隧道服务水平，于2018年6月铺设开放级配摩擦层OGAC，进行第三次整修，因开放级配其粒料具有耐磨和OGAC棱角的特点，在路面表面产生粗糙的宏观和微观纹理，如图8所示，改善隧道内路面抗滑力，经现场量测BPN值提升到74。

经OGAC「第3阶段整修」12个月后，现场量测BPN值为74，抗滑力显著提升，与「第2阶段整修」细纹刨除后的抗滑值相似，说明路面在初期细刨和OGAC

后，具有足够的宏观和微观纹理，提供良好摩擦力，如图12所示。细刨可维持约48个月的抗滑能力，但需刨除1~2cm的水泥混凝土路面厚度，OGAC的长期效果仍需持续评估。

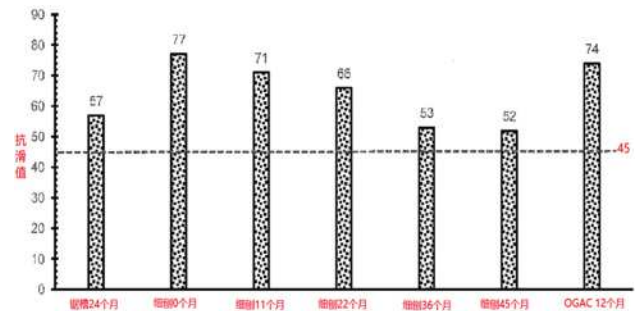


图8 全周期BPN平均值

4 结论

本研究针对广西某隧道经历水泥混凝土路面横向锯槽、细纹刨除、铺设开放级配摩擦层OGAC等三种整修方式，收集分析抗滑能力BPN值试验结果，评估讨论后，得到以下结论与建议。

1) 横向锯槽的BPN值经24个月明显降低，无法有效长久维持BPN值；细纹刨除后BPN值随服务时间增加而逐年下降，服务期间受限；铺设OGAC后BPN值提升到74，宏观和微观纹理明显，提供良好摩擦力。

2) 开放级配摩擦层改善抗滑值的效果最显著，横向锯槽后的BPN值提升有限；细纹刨除后的有助于摩擦力增加，但可能导致行车舒适性受影响。

3) 目前隧道铺设OGAC后，因路面潮湿造成车辆打滑事故量及车行噪音皆明显降低，将持续检测路面效果，评估OGAC于隧道内的长期效果。

参考文献:

- [1]王骁.公路隧道水泥混凝土路面施工技术和质量控制分析[J].城市建设, 2012, 000(022): 1-5.
- [2]吴远志, 张国权.城市隧道防汛应急系统分析与技术研究[J].城市道桥与防洪, 2022(3): 5.
- [3]蒙凯.隧道洞口OGFC排水路面施工技术要点分析[J].工程技术研究, 2021, 6(9): 2.
- [4]夏理秀.隧道群水泥混凝土路面破损修复技术研究[J].公路交通科技: 应用技术版, 2020(9): 8.
- [5]吴越江.浅析高速公路隧道水泥混凝土路面施工技术及其病害预防[J].西部探矿工程, 2010, 22(001): 124-126.