

2015 浙江省公路学会

学术论文集

Zhejiang Sheng Gonglu Xuehui Xueshu Lunwenji

浙江省公路学会 编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

2015 浙江省公路学会学术论文集

浙江省公路学会 编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

图书在版编目(CIP)数据

2015 浙江省公路学会学术论文集/浙江省公路学会
编. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016.4

ISBN 978-7-114-12908-7

I. ①2… II. ①浙… III. ①道路工程—文集 IV.
①U41-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 064998 号

书 名:2015 浙江省公路学会学术论文集

著 作 者:浙江省公路学会

责任编辑:赵瑞琴

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:880×1230 1/16

印 张:18.25

字 数:500 千

版 次:2016 年 4 月 第 1 版

印 次:2016 年 4 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12908-7

定 价:80.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

《2015 浙江省公路学会学术论文集》

编 委 会

郭剑彪 陈利幸 李良福 任 忠 李志胜
洪秀敏 张治中 卞钧霁 李雪平

编 委

唐锡军 陈允法 邵银泉 韩海航 钱立高
叶卫军 孙校伟 寿 华 楼晓寅 朱汉华
邵 宏 文 斌 邵文年 吴德兴 杨 健
张征文 金小平 李宏伟 梁成初 连真毅
金晓平 方建义 徐伟国 徐晓和 郑文俊
叶郑献 袁国清 苗成武 鲍江富 汪银华
曹德洪 汪会邦 单光炎 韩联农

目 录

AC 和 SMA 沥青混合料在重载高速公路养护工程中的应用对比研究	张 靖 周海东(1)
雷诺锋技术在高速公路沥青路面预防性养护中的应用	吴仁平(5)
山区沿溪公路路基、挡土墙稳定性数值分析与注浆加固研究	梁根才 叶建胜(10)
浙江省 42 省道磐安县下葛至潘潭段滑坡治理措施	毛彩霞 贺海波(16)
环太湖公路沿湖路基设计	王建锋(21)
纤维封层在 G320 国道常山段预防性养护工程的应用	王安东(27)
杭新景高速公路岩溶路段处治分析	蔡小明(32)
浒溪线冷水孔边坡虹吸排水应用	郑嫦月 潘 攀 高志勇(36)
基于流固耦合分析的库水位变化对公路挡土墙稳定性影响研究	梁根才 叶建胜(40)
浅析城镇过境公路畸形交叉口改造	周 胤(46)
薄壁空心墩翻模法设计与施工	祝志华 彭熙建(50)
桥梁伸缩缝病害分析及防治	赵涵秀(57)
火灾受损桥梁检测评估与加固处理	周 琦(61)
预应力 CFRP 板组合 CFRP 布加固桥梁的研究	郑 辉 谢海周(66)
重力式桥台开裂加固技术浅析	徐洪科 王剑琳(70)
建设大陈海峡大桥之研究	陈伟康(74)
高桥分离立交中对于异形斜交 T 形梁的应用	凌 康 李梦越(79)
高速公路桥梁养护常见问题及对策研究	黄胜军 江 甫(85)
拱桥服役吊杆高强度钢丝拉伸性能研究	
..... 孙文智 谢 旭 潘骁宇 李晓章 肖质江 胡建明 张志宏 钱利琴(91)	
海上独立钢支点移动模架浮吊拼装施工技术	李建生(101)
老桥河床回填地基满堂支架的设计验算	胡云峰 周一勤(106)
六工段互通方案设计与分析	梁 斌(113)
地震作用下桥梁墩柱易损性对比分析研究	冯 杰 徐 敏(117)
三塔协作桥合理成桥状态的确定在 ANSYS 中的实现	刘丰洲(123)
三塔悬索桥竖向刚度分析	刘丰洲(130)
弹性支撑型钢混凝土横梁法处治装配式空心板桥梁单板受力的应用探讨	应 伟(139)
先简支后结构连续梁桥的受力分析与施工技术	赵雪均(145)
现役钢筋混凝土拱桥在荷载试验下的评估	李士友 陈凌云(147)
浅谈下承式钢管混凝土劲性骨架系杆拱桥整体吊装	朱红亮 张伟良 张秀国(153)

DXZ40/1500 型下行式后悬挂自行移动模架施工工艺探讨	吴晓磊(159)
城市道路穿越既有路堤形式高速公路工程方案比选	麻元晓(163)
杭新景高速公路衢州段西岙岭隧道斜井施工方法的探究	张招金 方树君(168)
隧道二次衬砌病害成因及加固方案的探讨	吕建伟(179)
蟹钳式自锁三角钢管支架现浇箱梁施工技术	郑竞友 刘燕燕 叶水标 芦博文(185)
岩溶地区桩基施工处理技术的探讨	梅 芳(190)
隧道洞渣制备砂石料在山区高速公路中的综合应用	蔡小明 张建军(195)
临近既有隧道近距离新建隧道设计体会	王元吉 沈维达(199)
高速公路隧道危险化学品运输现状与对策探讨	杨东锋(204)
杭州大江东新城交通发展策略刍议	顾 侃 李震宇(208)
浙西地区路基隐伏岩溶发育特征及塌陷模式分析	陈 飞(213)
新型智能照明节电器在高速公路配电系统中的探讨与实践	杜 逸 罗 清(220)
计重收费设备精确计量在金丽温高速公路的应用	包伟江(230)
自密实混凝土在桥梁防撞护栏上的应用	裘松立(236)
高速公路 LED 隧道照明智能控制系统创新技术的探讨	杜 逸 李 群(241)
基于梁-弹簧法的衬砌裂缝对结构安全性影响分析	何明磊(245)
浙江省物流站场规模与货运量的适应度分析	袁 佳(249)
浅论代建 + 监理管理模式的运用	季媛媛(253)
浅谈县域智慧交通在嘉善的应用	钱 岷 屠伟平 毛颖玉 冯 丹 郭 奕(257)
山区小流域暴雨洪峰流量计算方法	郑嫦月 魏振磊 施勇斌(262)
信息化设计在浙江开化 205 国道滑坡治理中的应用	毛彩霞 贺海波(267)
岩质边坡绿化防护设计研究	徐 俊(272)
增设支撑加固简支梁法在大件运输中的应用	傅长荣 雷洪立(275)
主动式柔性防护网工程质量控制要点	傅长荣 叶瑜娟 周金琳(281)

AC 和 SMA 沥青混合料在重载高速公路 养护工程中的应用对比研究

张 靖 周海东

(浙江金丽温高速公路股份有限公司)

摘 要 本文以金丽温高速路面专项养护工程为依托,主要对目前高速公路养护工程中的 AC-13 改性沥青混凝土和 SMA-13 改性沥青玛蹄脂碎石混合料进行性能上的比较,充分体现两者之间的差异,比较两者哪个更适合金丽温高速公路路面情况。从工程应用情况表明,SMA-13 改性沥青玛蹄脂碎石混合料在重载高速公路养护工程中的应用效果更佳。本研究对 SMA 改性沥青玛蹄脂碎石混合料在重载高速公路养护工程中的运用起到了推广作用。

关键词 重载高速 沥青混合料 级配 路用性能 施工工艺

1 引言

近年来,随着交通量的持续增加,超载重载、交通渠化等对高等级公路沥青路面提出了越来越高的要求。运营多年的道路也出现了大小各种各样问题,路面专项养护工程量也逐年增加。为了提高沥青路面质量,延长沥青路面使用寿命,各种新材料、新工艺在高速公路沥青路面建设中的应用层出不穷。经过多年的运营,历年来路面专项养护上面层使用的材料,也由最初的 SBS 改性 AK-13,逐渐转化成使用 AC-13 改性沥青混凝土、SMA-13 改性沥青玛蹄脂、橡胶沥青、Novachip 等新材料。随着新材料的出现和新工艺的发展和引入,虽然每年能够使用的材料的范围和种类以及每年投入改善道路状况的资金不断加大,但依然没能很好地使道路的使用性能有更大的提升。对材料的不够理解和对新材料的认知度不足,没能很好地发挥每一种材料的路用性能,和新旧材料的混用与缺少合理的规划都造成了在人力、物力资源方面的浪费。

2 项目背景

金丽温高速公路起自金华二仙桥杭金衢高速公路(K313+369)处,终于温州南白象与甬台温高速公路(K1756+300),全长 234km,是浙江省交通建设规划中“两纵两横十八连三绕三通道”的重要一环,全线分多期建设,工程建设历时多年,于 2005 年 12 月 23 日全线建成通车。

金丽温高速公路跨越山岭众多,丽水青田段更是沿江而建,全线桥隧、涵洞、路堤、路堑连片,其地处夏炎热冬潮湿气候区,最热月平均最高气温达到 41~42℃,沥青路面路表温度更是达到了 70~75℃。雨量充沛,年平均降雨量在 1 800mm 以上。路段车流量较大,以小客车为主,大货、集装箱车较多,货车比例较大(图 1)。随着浙江经济的发展,交通量逐年增加,路面养护受限,全线出现了不同程度的损坏,主要病害类型为坑槽、车辙等。为此金丽温高速公路有限公司自 2005 年开始,根据路况分年份、路段进行路面养护专项工程处治。

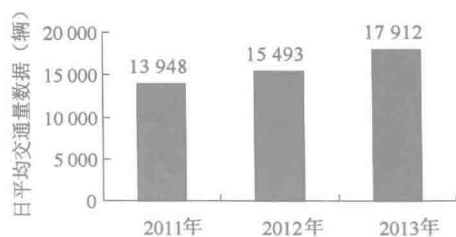


图1 丽水段日平均交通量

3 AC、SMA 材料介绍

3.1 AC 沥青混凝土

AC(Asphalt Concrete)俗称沥青混凝土混合料,是一种由沥青、矿粉及集料组成的沥青混凝土结合料。AC-13C 改性沥青混凝土是近年来常用的高等级路面上面层材料。混合料依密实连续级配原理构成,压实成型的混合料呈现出密实悬浮结构。其结构强度以沥青与集料碎石之间的黏结力为主,以集料颗粒间的嵌挤力和内摩阻力为辅构成的,具有较好的密实性和耐久性,其强度高、空隙率小、水稳定性好、耐久性及整体性好。

3.2 SMA 沥青玛蹄脂碎石

沥青玛蹄脂碎石混合料(Stone Matrix Asphalt,简称 SMA)是一种由沥青(通常采用 SBS 改性沥青)、纤维稳定剂、矿粉及少量细集料组成的沥青玛蹄脂结合料,填充间断级配的粗集料骨架间隙而组成的沥青混合料。沥青玛蹄脂碎石混合料的强度是依靠粗集料在沥青混合料中的骨架嵌挤作用和沥青玛蹄脂胶结料的黏结裹覆作用形成的,因而它更具有很好的耐久性、抗高温稳定性、抗低温开裂性、抗滑性能。

4 SMA 与 AC 的比较

4.1 沥青混合料矿料级配

表 1 通过对混合料级配的分析我们可以明显地发现,SMA-13 的细集料和粗集料的含量偏多,而改性 AC-13 沥青混合料级配的粒径是从小到大逐渐变化分布均匀,SMA-13 改性沥青玛蹄脂碎石混合料的仓料掺比 1 号(11-18mm):2 号(6-11mm):3 号(4-6mm):4 号(0-4mm):矿粉=40%:28%:11%:10%:11%,AC-13 的仓料掺比 1 号:2 号:3 号:4 号:矿粉=25%:26%:13%:31%:5%^[2]。

金丽温上面层罩面各混合料所用级配

表 1

组 别		SMA-13 改性 沥青生产配合比	SMA-13 改性 沥青目标配合比	改性 AC-13 沥青 混凝土生产配合比	改性 AC-13 沥青 混凝土目标配合比
筛孔尺寸 (mm)	16	100	100	100	100
	13.2	92.6	96.2	94.6	94.6
	9.5	60.2	61.7	96.2	73.0
	4.75	27.7	27.8	41.3	41.9
	2.36	20.9	20.8	29.9	29.7
	1.18	17.8	17.6	20.9	19.7
	0.6	15.5	14.0	13.1	12.1
	0.3	13.7	12.3	9.1	9.1
	0.15	12.4	11.0	7.5	7.6
	0.075	9.5	9.5	5.9	6.1

改性 AC-13 沥青混合料压实形成的是密实悬浮型结构,而 SMA-13 改性沥青玛蹄脂碎石混合料压实形成的是骨架密实型结构。路面压实后的 SMA-13 改性沥青玛蹄脂碎石混合料骨架结构性更强,对粗集料要求更为严格。其所用粗集料应是高质量的轧制碎石,应坚韧、粗糙、耐磨,具有较高的强度和刚度,同时应严格控制集料的形状接近立方体,有棱角、有纹理,如此形成的路面会有较大构造深度,使路面面层具有良好的抗滑性和耐磨性能,还能减少溅水、减小噪声,提高道路行驶质量。

4.2 沥青的用量和材料路用性能试验

AC-13 改性沥青混合料和 SMA-13 改性沥青玛蹄脂碎石混合料,在使用相同的 SBS 改性沥青的情况下,沥青使用量的多少影响了两者的高温稳定性和抵抗车辙、变形等方面的差异。通过金丽温高速公路两种上面层路面材料在最佳油石比的情况下测得马歇尔试验参数进行比较(表 2)。

金丽温路用材料马歇尔试验参数 表 2

混合料类型	油石比 (%)	马歇尔指标						
		理论密度 (g/cm ³)	实测密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	矿料间隙率 (%)	饱和度 (%)	稳定度 (kN)	流值 (0.1mm)
AC-13	4.9	2.568	2.449	4.6	14.7	68.8	14.85	35.4
标准		—	—	4.0~6.0	—	65~75	≥8	15~40
SMA-13	6.2	2.514	2.407	4.3	16.7	74.1	10.52	31.3
标准		—	—	3.0~4.5	≥16.5	75~85	≥6.0	—

沥青在沥青混合料中的用量通常有两种表示方法,即油石比(沥青与矿料的质量比)和沥青含量(沥青质量占沥青混合料总质量的百分比)。AC-13 改性沥青混合料是密实悬浮结构,矿料空隙小,级配连续,所用沥青就相对较少。而 SMA-13 改性沥青玛蹄脂碎石混合料是骨架密实型结构,配合比设计时最主要的一环就是控制 VMA、VCA 两者的量,使其有足够的孔隙率来填充沥青材料,对沥青的需求量较大。同时从马歇尔的沥青饱和度的标准控制范围也能明显发现沥青混合料的用量上的差异(表 3)。

沥青混合料的路用性能检测 表 3

项 目	SMA-13 改性沥青玛蹄脂碎石		改性 AC-13 沥青混合料	
	实测	标准	实测	标准
空隙率 (%)	4.3	3.0~4.5	4.6	4.0~6.0
浸水残留稳定度 (%)	89.7	≥85	88.3	≥85
冻融劈裂强度 (%)	88.6	≥80	76.8	≥75
构造深度 (%)	1.35	—	0.81	—
动稳定度 (%) (车辙)	6 889	≥3 000	3 953	≥2 800
渗水系数 (mL/min)	15	—	60	—

采用室内试验检测 SMA-13 改性沥青路面和改性 AC-13 沥青路面的性能。试验结果表明,SMA-13 改性沥青路面抗滑和抗车辙性能明显优于改性 AC-13 沥青路面。同是采用细粒式的级配,沥青填充后的 SMA 其空隙率和渗水系数更小。SMA-13 改性沥青路面路用性能优于改性 AC-13 沥青路面。SMA 更稳定、耐久、更适合高温、重交通路段。

4.3 施工工艺

选择不同的材料,其施工工艺、生产和施工方法上都存在不同。根据不同的材料选用合理、恰当的施工工艺才能最大限度地发挥材料的性能和充分地利用材料。在控制合理的生产配合比和各类材料的用量的情况下,从混合料的生产到完成,包括:生产拌和→运输→摊铺→碾压→冷却→开放交通,首先是把握拌和进料的速度、温度、时间和拌和的功率,从而控制材料在恰当的比例和温度下使集料能够充分、均匀拌和,发挥材料的性能。在控制其他变量的情况下,对比温度对 AC-13 改性沥青混合料和改性 SMA-13 沥青混合料的区别(表 4)^[1]。

改性 AC-13 和改性 SMA-13 在温度方面的控制

表 4

项 目	AC-13 改性沥青混合料	改性 SMA-13 沥青混合料
沥青加热温度(℃)	165 ~ 175	160 ~ 170
集料温度(℃)	180 ~ 190	180 ~ 190
混合料出厂温度(℃)	正常范围 170 ~ 185, 超过 190 废弃	170 ~ 180, 超过 190 废弃
运到现场温度(℃)	不低于 165	不低于 165
摊铺温度(℃)	不低于 160	不低于 160, 低于 140 作为废料
初压开始温度(℃)	不低于 150	不低于 150
复压最低温度(℃)	不低于 130	不低于 130
碾压终了温度(℃)	不低于 90	不低于 110

相比 AC-13 改性沥青混合料,改性 SMA-13 沥青混合料对温度的要求和控制更为严格,对沥青的加热、拌和温度控制上差异不大,但在生产后对沥青混合料的保温和摊铺有更高的要求,特别是对摊铺温度,尤为重要。

沥青混合料的压实是保证沥青面层质量的重要环节,不同的混合料材料使用的压实方法也不同。AC-13 改性沥青混合料的压实分三个过程,初压通常采用足够吨位的钢轮压路机静压 2 ~ 3 遍;复压和终压采用重型的轮胎压路机,碾压带应有 1/3 ~ 1/2 的重叠,碾压 4 ~ 5 遍至无明显轮迹为止。改性 SMA-13 沥青混合料的碾压不宜采用轮胎压路机,以防沥青胶结料搓揉挤压上浮。SMA 路面也要进行初压、复压、终压三个步骤,且还要符合“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。

5 结语

通过从矿料级配、配合比、路用性能试验及施工工艺等方面比较,采用 SMA-13 改性沥青玛蹄脂碎石混合料的路用性能比采用改性 AC-13 沥青混凝土路面材料的路面性能要好,更适合高温、高荷载、重交通量的地区。SMA 沥青玛蹄脂碎石混合料具有比 AC 更小的空隙率和更优越的水稳定性及耐久性,同时也具有与 AM 及 AK 混凝土性能的抗滑性和抗磨性能,同时又克服了 AC 的高温稳定性能不足,和 AM 及 AK 的不耐抗老化、抗水损害的缺点,因而是一种比较理想的混合料结构。

雷诺锋技术在高速公路沥青路面预防性养护中的应用

吴仁平

(浙江省交通集团检测科技有限公司)

摘 要 雷诺锋技术是一种新型的高速公路路面预防性养护技术,具有良好的渗透性,能够显著降低路面的渗水系数,提高路面的黏结能力,延长路面使用寿命,降低养护费用。浙江金丽温高速公路路面专项养护工程,对雷诺锋(雾封层)技术进行了试验段应用,并总结了其技术特点及施工工艺,对雷诺锋技术的推广应用积累了经验。

关键词 预防性养护 雷诺锋技术 路面性能 试验段

1 概述

沥青路面预防性养护作为一个完整的概念于 20 世纪 80 年代提出,是一种周期性的强制保养措施,是在路面结构强度充足,仅表面功能衰减的情况下,为恢复路面表面服务功能而采取的一种养护措施。基本出发点是通过早期养护,延缓路面的病害发展过程,从而推迟了后期进行维修重建时间,延长了路面使用寿命,最终获得更高的费效比。

当沥青路面正常使用几年后,路面开始出现轻微疲劳龟裂、损失细骨料的现象,并且其渗水性大大提高,路面水会经过裂缝或细骨料损伤处(露骨处)进入到沥青混合料中,进一步加速了路面的损坏。在这一时期,路面还基本处于完好状态,如果不及时进行处理,会导致网裂、龟裂、坑洞等路面破坏。对上述缺陷进行处理的方法很多,有微表处、薄罩面等。所有处理方法各有优缺点,但总结起来,在这一阶段最有效的方法是“雾封层技术”。雾封层技术作为一种有效的预防性养护手段,能够起到封闭路面表面微裂缝、阻止路面表面渗水、防止路面表面松散、延缓路面沥青老化和改善路面外观的作用。

雷诺锋(Rhinophalt)是一种新型的有机渗透型的路面养护雾封层材料,具有良好的渗透性,能够显著降低路面的渗水系数,恢复路面的抗滑性能,提高行车的舒适性和安全性,延长路面使用寿命,降低养护费用。2012 年 10 月,金丽温高速公路路面专项养护工程在金华方向 K32+100—K33+504 段进行雷诺锋 Rhinophalt 试验路施工。

2 雷诺锋材料及特性

雷诺锋是一种渗透型的高速公路路面养护封层材料,它完全由有机化工材料组成,并富含天然岩沥青,用沥青洒布车常温喷洒,并同步用沥青砂封层,可渗入路面表层以下,加固骨料,激活原有的沥青质,从而改善沥青质的针入度、软化点、黏接性。它与以往所用的水基的改性乳化沥青的雾封层和表处完全不同,其主要由石油沥青、加氢裂化石油等基材构成,富含天然岩沥青,喷洒后能较好地渗入上面层内,使骨料的外包裹力和骨料之间的黏接力得到增强,流失的沥青质得到补充,细小的裂缝(3mm 之内)得到封闭。路面抗紫外线、氧化老化的性能大为提高,从而使路面的使用寿命得到延长,增加大修的间隔期,以达到节约养护成本的目的。

施工主要所需材料为雷诺锋黏接剂和 Black Rhino 砂砾。雷诺锋黏胶剂主要参数指标如表 1 所示,Black Rhino 砂砾参数表如表 2 所示。

雷诺锋黏胶剂主要参数指标

表 1

物 理 状 态	黏 性 液 体
状态/颜色	液体/黑色
气味	淡淡的石油溶剂的气味
Flash Point (闪点)	>24℃ (3 级)
Boiling Point (沸点)	130 ~ 166℃
Vapour Pressure (气体压力)	38.05mm of Hg at 77°F (25℃)
Vapour Density (气体密度)	0.995
水溶性	不溶于水
比重	0.84at 室温下 (20℃)
挥发量	55% ~ 70%
蒸发率	0.35 (Butyl acetate (醋酸丁酯) = 1)

Black Rhino 砂砾参数表

表 2

物 理 状 态	固体, 无定形角度
状态/颜色	发亮, 黑色或棕色
气味	无
氧化铝	22 ~ 31
熔点 (℃)	1 260
密度 (t/m ³)	2.4
堆积密度 (t/m ³)	1.3 ~ 1.4
硬度	莫氏 7

3 施工工艺

3.1 雷诺锋施工工艺流程图

雷诺锋施工工艺流程图如图 1 所示。

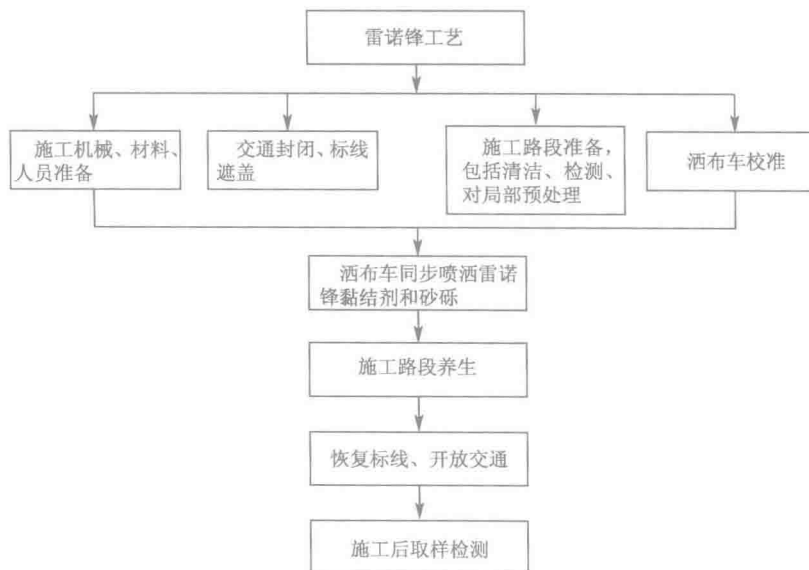


图 1 雷诺锋施工工艺流程图

3.2 施工前的准备工作

对原路面进行路况调查,对裂缝、坑槽、泛油、车辙等病害,根据严重程度,采取适当的方法加以处理。做好施工前原沥青路面性能检测,包括渗水系数、表观评估。将雷诺锋及砂砾装入同步洒布车,调试好喷洒用量符合要求。

3.3 雷诺锋黏结剂和 Black Rhino 砂砾同步洒布

喷洒车进行封道区内,达到工作运行速度(5.5~6.0km/h)后,进入施工区域,打开泵和砂砾撒布器,确认洒布车正常工作,如图2所示。

以均匀的速度缓慢行驶,开始同步撒布砂砾与洒布雷诺锋,行进中注意控制路线及行驶速度,如图3所示。

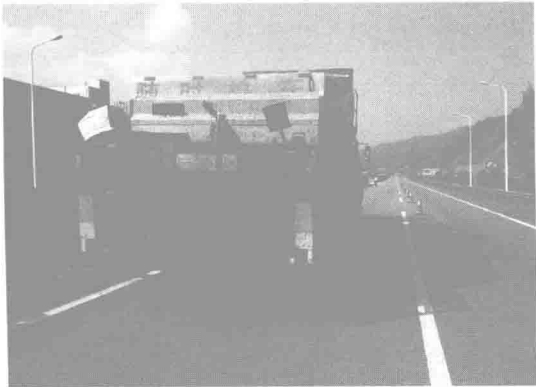


图2 法国西格玛喷洒车



图3 同步撒布砂砾与洒布雷诺锋

3.4 路面养生

严禁踩踏刚刚施工过的区域,禁止一切车辆进入,严格按照规定养生时间内养生,在雷诺锋成型后方可开放交通。

雷诺锋黏结剂在不同温度下的收干时间 表3

施工温度(℃)	收干所需时间(min)
20~25	60
25以上	45

4 质量控制

4.1 施工准备

根据原路面病害的严重程度,采取适当的方法加以处理,具体处理措施如表4所示。在施工前应对施工路段进行清扫、保证施工路段的清洁,避免杂物混入路面。

路面病害处理措施 表4

病害类型	处理方式
已灌缝未开裂的裂缝	不做处理
裂缝(小于5mm)	专业灌封胶进行灌缝
裂缝(5~20mm)	进行开槽灌缝
裂缝(大于20mm,支缝较多,缝壁散落)	铣刨上中面层,下面层顶部采用聚酯纤维布贴缝,再分层回填沥青混合料

续上表

病 害 类 型	处 理 方 式
坑槽、龟裂、唧浆	对于个别不连续的坑槽、唧浆进行小范围的挖补回填
	对于轻微的龟裂、纵横缝交叉裂缝铣刨上中面层,用改性热沥青做黏层,再回填沥青混合料
	对于严重的坑槽和唧浆,铣刨至基层顶面,用改性热沥青做黏层,再回填沥青混合料

4.2 设备校核

施工前,应对各种施工机械进行全面检查,对储料设备和喷洒系统及控制系统进行认真仔细地检查、标定,雷诺锋黏接剂和 Black Rhino 砂砾分批次进行,车速控制在 5.5 ~ 6km/h,保证施工过程的顺利进行和喷洒量的精确控制。根据表 5 内的数据进行校对。

校 准 表

表 5

材 料	洒 布 装 置	平均量(m^2)
雷诺锋黏结剂	雷诺锋喷头	0.5L/ $\pm 10\%$
Black Rhino 砂砾	砂砾撒布器	0.5kg/ $\pm 10\%$

4.3 现场喷洒

雷诺锋采用洒布车冷洒布,无须加热,现场喷洒前打开喷洒车气动阀门,使其处于管路循环状态。在沥青结合料稳控器上标定用量和行驶速度,行车速度一般设定为 5.5km/h。

洒布过程中,洒布车要行驶平稳、匀速;雷诺峰应以喷洒流畅、扇面打开为宜;从左向右进行雷诺锋沥青路面施工第一幅时,应在左侧集料洒布器上加上夹板,防止砂砾飞溅,施工最后一幅时,在右侧采用同样方法;洒布中间路幅时,要保持右侧雷诺锋黏结剂喷洒宽度比砂砾的撒布宽度多 8 ~ 10mm。

当发现洒布结束后路面有空白时,应及时进行人工补洒,当有雷诺峰积聚时应刮除防止因沥青结合料的不均匀喷洒导致的剥落、斑纹、泛油。当发现有油条时,应及时关闭喷洒嘴和料门,检查喷油嘴的压力是否符合要求,料门是否被堵塞;发现有泛油时,应在泛油处撒嵌缝料^[1]。

5 试铺路面试验检测

施工后路面的性能检测主要是处治前和处治后路面的抗滑性能和渗水系数对比,检测数据表明路面的抗滑性能较处治前相当,略有下降。渗水系数有所下降,从平均值 40mL/mm 降低到 14mL/mm,部分测试点不渗水。路面检测对比数据如表 6 所示。

路面检测对比数据

表 6

路 面 状 况	渗水系数(mL/mm)	摩 擦 系 数
处治前	40	0.51
处治后	14	0.47

6 结语

作为一种新型的路面预防性养护技术,雷诺锋技术有别于一般的养护材料仅仅依靠覆盖、补强来完成路面维护,通过其与沥青的化学反应来改善原沥青的性能,延长整个沥青混合料的耐久性,延长路面的使用寿命。据国外研究表明,在使用雷诺锋一次后,路面寿命在同等条件下比未经处治的路面可延长 3 ~ 5 年,大大延长了路面使用年限,延缓路面铣刨和罩面等大中修时间,节约路面大中修养护成本,具有较好的经济性。同时雷诺锋施工不止快速和简单,它也是一种非常环保的材料,整个处理程序不产生

剩余材料,所以不存在路面铣刨和罩面所造成的材料回收和浪费等问题,也不需要添加新的材料,节约了路面材料资源,积极响应了国家节能减排和节能降耗等要求,具有较大的经济效益和社会效益,有一定的推广价值。

鉴于雷诺锋技术属于国外先进技术引入,目前国内应用较少,其长期效能还需后期的跟踪观测。对其的特性、机械设备、施工工艺及后期效果有待作进一步的深入研究。

参 考 文 献

- [1] 楼晓明,候芸,等.雷诺锋沥青路面养护材料的应用研究报告[R].宁波交通工程建设集团有限公司,2012.

山区沿溪公路路基、挡土墙稳定性数值分析与注浆加固研究

梁根才 叶建胜

(浙江佳途勘测设计有限公司)

摘 要 在分析沿溪浸水路基失稳机理的基础上,采用 FLAC3D 建立流固耦合数值分析模型,研究了水位快速下降对路基稳定性的影响,并讨论了注浆加固的作用机理和注浆参数的影响。研究表明,水位快速下降会使路基挡土墙总侧向压力增加,路基安全系数降低;注浆加固不会改变路基的应力应变状态,但可以提高路基的安全系数,且路基安全系数随加固范围的增加而增大,随注浆结石体强度的提高而增大;路基注浆加固存在一个合理的加固范围和强度提高倍数。

关键词 山区公路 浸水路基 稳定性 注浆加固 数值分析

1 引言

随着社会能源需求的不断增加,许多山区河流被截流蓄水发电,使得河道水位上升,一些依山傍水的公路路基,由非浸水路基变成了浸水路基,荷载条件发生重大变化,路基的安全运营出现新的隐患。如何保证这些路基的稳定性是山区水电事业和交通运输业和谐发展的重要课题。

通过注浆改变路基填土性质、提高路基稳定性是蓄水前路基预加固的主要措施之一。国内外的许多学者都对注浆加固的机理和施工技术进行了研究。徐志永^[1]对高压注浆的作用机理进行了分析,认为高压注浆加固土体有渗透、压密和劈裂等三方面作用,可以有效提高土体的抗剪强度和整体性。葛家良^[2]通过注浆模拟试验,分析了被注浆介质的结构特征、浆液水灰比、注浆压力等因素对浆液扩散半径和结石体强度的影响规律。阮文军^[3]通过试验研究了影响浆液扩散性能的因素。朱赤^[4]、韩顺学^[5]、郭建新^[6]等沿河浸水挡土墙加固实践。笔者在沿瓯江的 330 国道、333 国道也进行了多次加固实践。

为了进一步探索注浆加固对沿溪库公路的作用效果,本文以 FLAC^{3D} 为研究平台,建立数值加固模型,对路基挡土墙注浆加固的作用机理、加固设计参数的影响进行流固耦合分析,获得了一些有益结论。

2 水位变化对山区公路路基的影响与加固

由于地形复杂多变,山区公路一般都是依山傍水而行,路基多采用半挖半填结构,以重力式挡墙支挡。设计时主要考虑永久荷载和基本可变荷载,对动水压力、流水压力等可变荷载考虑较少。当河道被截流蓄水后,受山洪影响,水位极易出现暴涨暴落,使路基挡土墙的荷载条件发生重大改变。当河道水位升高时,墙前水压力增大会使挡土墙受到的总侧向压力减小,但路基填料会因含水率增加、饱和而软化,抗剪强度降低,使路基沉降增大;当河道泄水排洪时,库水位将快速下降,使挡土墙内外形成水力梯度,产生的非稳定渗流场^{[7]~[10]}不仅增加了挡土墙的侧向土压力,还易造成路堤滑塌、挡墙倾覆失稳。而且渗透水压还会造成墙后填土内细颗粒填料不断流失,引起路堤沉降。

尽管挡土墙加固的方法很多,但注浆加固的优点最明显。当将预配的胶凝浆液通过加压方式注入土体并固化后形成结石体,不仅可以使浆液与土体颗粒相结合,将土体黏固成一个整体,改变土体的物理力学性质,提高 c 、 φ 值,同时达到增加土体的密实性、降低土体的渗透性。当用于公路路基加固时,浆液通过渗透、挤压作用,对注浆点周围土体施加复杂的三向应力作用,使得土体中的水和气泡被挤出,最

终会形成压缩模量小、凝聚力大、孔隙比、压缩系数显著降低的结石体,提高墙后土体自稳能力,降低作用在挡土墙上的侧向土压力,从而提高挡土墙的稳定性的。

3 分析方法与模型

3.1 分析方法

墙前水位变化将使土体内孔压变化,引起非稳态渗流,故浸水挡土墙稳定性分析应进行流固耦合分析。本文采用 FLAC^{3D} 建模,并基于达西定律和强度折减法进行流固耦合分析。

FLAC^{3D} 计算岩土体的流固耦合效应时,将岩土体视为多孔介质,流体在孔隙介质中的流动方程依据 Darcy 定律^[11]:

$$v = ki \quad (1)$$

式中: i ——水力梯度;

v ——层流状态下的流速;

k ——渗透系数。

路基的稳定性计算采用强度折减法,以计算不收敛作为安全系数的判定准则。强度折减法的基本原理^[12]是将材料的抗剪强度参数 $c, \tan\varphi$ 同时除以一安全系数 F ,得到一组新的抗剪强度参数 c', φ' ,即:

$$c' = c/F \quad (2)$$

$$\varphi' = \arctan(\tan\varphi/F) \quad (3)$$

3.2 分析模型

计算以 330 国道丽青复线 K60+879 断面为依托。路基断面设计如图 1 所示,路基宽度为 12m,采用衡重式浆砌片挡土墙支挡,墙高 13m,路基右侧为河流。因建设水电站需要,对河流进行截流蓄水,蓄水后常水位水深 6m。据此,建立如图 2 所示的数值模型,模型宽 24m,高 21m,沿线路方向取 4m。计算时约束底部全方向的位移、模型左右两侧 x 向的位移和模型 y 方向的位移。结合《公路路基设计规范》(JTG D30—2004)要求,在路面施加 $q = 10 \text{ kN/m}^2$ 的简化车辆荷载。模型各部分的力学参数见表 1。

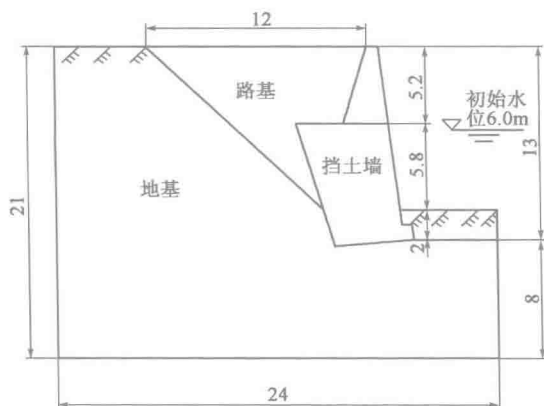


图1 断面图(尺寸单位:m)

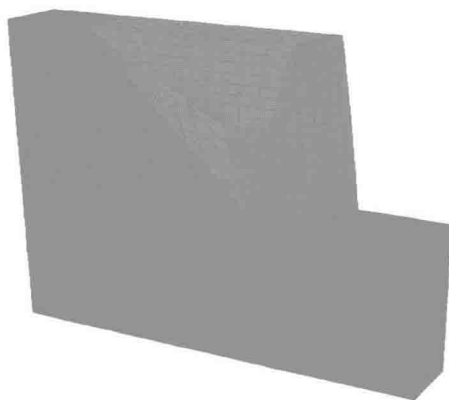


图2 分析模型

注浆前后土体参数对比

表1

土样	弹性模量 E (GPa)	泊松比 μ	内摩擦角 ($^{\circ}$)	黏聚力 c (kPa)	干密度 ρ_d (g/cm^3)	孔隙率 n	渗透系数 k ($\text{m}^2/\text{Pa} \cdot \text{s}$)
路基注浆前	0.1	0.25	19.8	13.85	1 850	0.45	1.23×10^{-8}
路基注浆后	0.25	0.25	27.8	26.54	1 950	0.35	1.23×10^{-9}