



第三届全国公路科技创新高层论坛论文集

The 3rd China National Forum on Innovative Highway Technology Compositions Collection

(上卷)

人民交通出版社
China Communications Press

第三届全国公路科技创新高层论坛

The 3rd China National Forum on Innovative Highway Technology

论文集

Compositions Collection

(上册)

中国公路学会

人民交通出版社

北京·2006

内 容 提 要

本书为2006年第三届全国公路科技创新高层论坛论文集,是近来广大公路交通科技工作者科研实践经验的总结。全文分为公路工程篇、桥梁工程篇、隧道工程篇和综合篇。

本书可供公路工程行业的工程技术人员参考,亦可供相关专业高校师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

第三届全国公路科技创新高层论坛论文集/中国公路学会编. —北京:人民交通出版社,2006.4

ISBN 7-114-05982-5

I. 第… II. 中… III. 道路工程-科学技术-学术会议-文集 IV. U4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 034127 号

书 名:第三届全国公路科技创新高层论坛论文集(上册)

著 作 者:中国公路学会

责任编辑:师 云 李松山等

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)85285656,85285838,85285995,0571-85302086

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

印 刷:北京高迪印刷有限公司

开 本:850×1230 1/16

印 张:62

字 数:1950 千

版 次:2006年4月第1版

印 次:2006年4月第1版 第1次印刷

书 号:ISBN 7-114-05982-5

定 价:200.00元(全2册)

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

进入 21 世纪以来,随着我国社会经济的健康快速发展,科学技术的决定性作用和巨大能量日益为人们所认识和接受。2006 年 1 月,在新世纪首次召开的全国科学技术大会上,胡锦涛总书记提出:到 2020 年,使我国的自主创新能力显著增强,科技促进经济社会发展和保障国家安全的能力显著增强,基础科学和前沿技术研究综合实力显著增强,取得一批在世界具有重大影响的科学技术成果,进入创新型国家行列,为全面建设小康社会提供强有力的支撑。党中央、国务院做出的一系列决策,无疑是事关社会主义现代化建设全局的重大战略部署,标志着科技进步和自主创新将成为我国新一轮经济发展的重要支撑。

创新是交通行业发展的灵魂、动力和源泉,是我国实现由交通大国迈进交通强国目标的先决条件。科技社团对科技创新与进步、科技人才成长和提高起着重要的催化和促进作用,中国公路学会作为交通部最早成立的社团,长期以来致力于公路交通行业科技进步与创新工作,在行业内具有广泛的影响和良好的声誉,对于培养具有创新精神的优秀人才,造就有利于人才成长的良好环境,充分发挥科技人才的积极性、主动性、创造性具有不可替代的重要作用。

全国公路科技创新高层论坛是中国公路学会学术交流活动的品牌项目。2002 年和 2004 年举办的前两届高层论坛,均取得了巨大成功,合计参会代表近 3000 人,学术报告近 200 场,收到了近 2000 篇较高水平的学术论文,已成为公路交通行业技术交流的重要平台。高层论坛也得到了各级主管部门的高度重视和支持,得到了全行业的广泛关注。

第三届全国公路科技创新高层论坛主题为“科技进步,建设创新型行业”;宗旨为:展示公路新技术成果,推动公路科技进步与应用,促进公路交通又快又好发展。与前两届相比,本届高层论坛更加重视技术创新的应用与实践,更加突出工程项目中的科技创新,更加重视发挥公路学会整体优势,更加具有国际视野和交流的意义,是进入“十一五”以来公路交通界的一次科技盛会,是落实建设创新型行业、贯彻科学发展观的重要举措。

本届高层论坛紧紧围绕上述主题和宗旨,向全国广大公路交通科技工作者征集论文,并经过论文评审委员会评审,由人民交通出版社出版了这本论文集。论文集出版工作有如下几个特点:第一,作者分布的范围广。全国各省、自治区、直辖市都有作者投送论文;第二,文章的数

量多。在前两届成功举办的基础上,高层论坛拥有越来越广泛的影响力,对科技工作者的吸引力和凝聚力也大为增强,具体体现是,本届高层论坛共收到近 1000 篇论文投稿;第三,论文的成果新。大部分论文都是第一次发表,属于原创性论文,符合本届高层论坛主题精神;第四,评审的标准严。论文集最终收录论文 173 篇,按投稿量计算,录用率仅为 15%,评审专家对大部分来稿都进行了点评;第五,首次设立优秀论文奖。15 篇论文因对本学科发展具有较突出的学术价值和实践意义或具有一定的推广价值被评为优秀论文。需要强调指出的是,综合考虑特殊地区的实际情况、允许存在技术分歧、提高更多作者的参与热情与能力等因素,部分理论观点不够成熟或尚未得到实践检验的论文也被收录到论文集中,需要读者有鉴别地加以阅读和借鉴。

论文集的出版,是广大公路交通科技工作者科研实践经验的总结和智慧的结晶,相信会给高层论坛的学术交流提供良好的参考和借鉴作用。

由于编辑出版时间紧迫,水平有限,未能与论文作者进行更充分的沟通和修改等原因,论文集难免会出现错讹之处,敬请作者和读者见谅,并提出宝贵意见。同时,感谢各省、自治区、直辖市公路学会、各分会、论文评审委员会各位专家以及人民交通出版社为论文集出版所付出的心血和努力。

第三届全国公路科技创新高层论坛
组委会论文集编辑工作委员会
2006 年 4 月

目 录

上册

一、公路工程篇

上海市沥青混凝土路面预防性养护对策研究.....	朱建东(3)
公路二灰稳定类基层抗冻性能试验研究.....	陈志国 曹春梅 任宏贺 张士祥(8)
基于国道 213 建设工程的 EDTA 法测定水泥或石灰剂量新探索.....	赵仕华 李全文(13)
拌和厂沥青混合料 VMA 快速检测方法.....	李闯民 汪志勇(17)
旧水泥混凝土路面加铺连续配筋混凝土复合式路面结构设计.....	刘朝晖 李宇峙 李 健 胡 伟(21)
我国高速公路水泥混凝土路面建造新技术.....	傅 智(27)
膨胀土路堤分层交错填筑处治效果原位试验研究	孔令伟 张世颢 郭爱国 郭 刚 胡明鉴 王 庆(37)
基于应力吸收层的旧水泥混凝土路面沥青加铺层结构研究.....	廖卫东(44)
干振复合桩复合地基的应用研究.....	谷林涛 殷永高 丁祖武 张慕寿(53)
公路高路堤互锚式薄壁支挡新结构试验与仿真研究.....	宋官保 周昌栋 李家泰 杜支森 黄 艳(59)
层状岩体路堑边坡锚固间距的断裂力学探讨.....	钟为民 唐树名 王 成(64)
高性能混凝土在路面工程中的应用.....	甄京山 王向荣(70)
基于可拓方法的连续配筋混凝土路面裂缝宽度评价.....	张建仁 查旭东 王文强(75)
层间接触条件对沥青路面极限轴载的影响.....	曾梦澜 马正军 龚 平 李 洁(80)
炎热潮湿山区水泥稳定碎石配合比设计优化研究.....	资建民 邓海龙 王海军 周 伟(87)
硅藻土改性沥青及其混合料性能与应用.....	刘大梁 刘清华 李祖荣 吴阳辉 罗立武(92)
沥青混合料图像分割方法研究.....	英 红 凌天清 赵 勇(97)
集料级配组成与沥青混合料动稳定度的灰熵关联分析.....	陈建民 刘晓昌(102)
法国半刚性基层沥青路面结构设计方法.....	秦禄生(106)
基于损伤断裂的混凝土路面结构设计方法研究.....	梁军林(114)
旧水泥路面碎石化改造的路面结构试验研究.....	林有贵 陈正伟 黄 龄 吕伟平(124)

现场 CBR 试验在土石混填路堤填筑中的应用研究

.....	杜建国	朱德玉	光同文	汪增武	李仁民	刘松玉(129)
沥青混合料材料组成变异特征及其判别方法的探讨.....	殷治宁	卞国炎	李立寒	麻旭荣(134)		
防治半刚性基层反射裂缝的新方案.....	汪波	孙东根	朱新实(138)			
无机结合料稳定材料快速养生试验研究.....	张留俊	黄晓明(143)				
嵌挤型二灰碎石级配研究.....	刘忠根(148)					
沥青碎石封层技术的发展及其应用.....	王松根	毕玉峰(154)				
基于 FWD 的机场水泥混凝土道面板底注浆参数选择.....	郝航程	朱方海	袁捷	林小平(161)		
粉胶比对沥青胶浆高低温性能影响研究.....	孙福申	周钟钧(167)				
滨海盐渍土用作高速公路路基填料改良试验研究.....	王生俊	崔素敏(173)				
加筋路堤结构体系可靠性分析.....	阙云	凌建明(177)				
激光断面平整度仪与颠簸累积平整度仪在应用中的探讨.....	陈吉明	余浩	张显安	何宪礼(181)		
用于水泥混凝土路面板下封堵的新型材料——水泥乳化沥青灌浆材料及其灌浆技术.....	孙巍	卢斌(189)				
便携式落锤弯沉仪检测路基模量试验研究.....	苏跃宏	张博	张勇	卢斌(189)		
道路结构的新概念——复合路基结构(界面)层的研究.....	彭兴国	卢波	陈弩	廖劲松(194)		
大粒径沥青混合料沥青面层的应用研究.....	张起森	冯俊领(201)				
利用分形理论分析 Superpave 混合料设计级配.....	黄继成	黄彭(208)				
添加 Sasobit 的中温沥青混合料研究——论工程项目管理方法与实践.....	张锐	黄晓明(214)				
武合高速公路土石混填路基压实质量的评价.....	黄卫东(219)					
应用爆破挤淤法处理山区高速公路沟谷软基.....	许洪亮	熊震宙(227)				
应用弹塑性有限元法对抗滑桩作用力分布规律的研究.....	于清杨	俾磊	陈力	齐伟	代树林(233)	
加宽路堤的设计方法研究.....	王大庆(237)					
钢花管压力注浆技术在边坡整治、地基加固、深基坑支护等工程中的应用.....	陈振秀	张腾蔚	张金根(247)			
GPS 技术在特大型混凝土斜拉桥动态监测中的应用.....	丁弢	昌智勇(252)				
桥梁“单板受力”现象的成因及加固维修对策.....	杨蕾(256)					
高速公路沥青路面预防性养护时机与措施的探讨.....	颜杏生	汪晓红(259)				
基于神经网络的现有水泥混凝土路面可靠性评估.....	刘文	李清富	胡群芳(263)			
水泥稳定碎石镶嵌式结构的配比设计在工程中的应用.....	李继峰	常娟	陈明国(268)			
加防裂措施沥青混合料小梁抗疲劳试验研究.....	柴宗勤	杜骋	曹荣吉(272)			
沥青路面柔性基层与半刚性基层的优化组合研究.....	栾海	王玉娟(276)				
适用于均匀填料其试验结果对填料的危险性大在高速公路粗粒土路堤填筑中的应用研究.....	杜建国	光同文	朱德玉	刘松玉	李仁民(282)	
沥青胶结料路用性能评价指标的研究.....	赵侃	曹荣吉(287)				
寒冷地区聚冰对沥青路面结构强度的影响与预防.....	谢玉田	柏丽敏(294)				
寒区公路土质路堑边坡冲刷临界坡度及冻融滑塌稳定性探讨.....	高伟	徐明	陈跃(297)			
路面内部排水系统设计的研究.....	穆占领	田波(304)				
GPS 技术在公路测量中的应用.....	吕涛	齐欣(309)				
沥青混凝土路面平整度的控制.....	马骏(312)					
高压喷射注浆法在公路桥头软土地基处理中的应用实践.....	柳崇敏(318)					
红外热像仪在沥青路面施工中的应用.....	唐国奇	刘清泉	曹东伟	桂志敬(321)		
沪宁高速公路扩建工程综述.....	谢家全(327)					

密实骨架结构水泥稳定碎石基层配合比设计·····	葛跃明	岳凯辉	许义庭(337)
桥梁橡胶支座整体更换施工技术的研究·····	张全升	谷乾龙	荆根强(340)
抗剥落剂在沥青混合料中的应用·····	钟声亮	漆志然	(345)
沥青路面现场热再生技术在山东高速公路养护中的应用·····	李振海	刘凤涛	唐敬东(349)
聚合物混凝土在高速公路混凝土路面维护中的应用·····		凡孝均	(357)
多锤碎石化技术·····	李发玉	赵玉璞	(361)
内蒙古半干旱地区草被护坡的稳定性分析·····	耿 侃	刘 杨	张春禹(364)
同步碎石封层在中国的应用及发展前景·····		张宗辉	(369)
Rad Spunrie 车辙王抗车辙剂在中面层沥青混合料中的性能研究 ·····	黄绍龙	汤惠工	何唯平(374)
凯泰(CTA)聚酯纤维在盐通高速公路的应用 ·····	史小兴	邹军民	金 剑
	陈 春	石庆峰	刘丽君(378)
值得大力推广的沥青路面现场热再生技术·····		张义甫	(383)
激光三维路面状况检测系统的研制·····	贺安之	徐友仁	(386)

一、公路工程篇

上海市沥青混凝土路面预防性养护对策研究

朱建东

(上海市公路管理处 上海 200063)

0 引言

路面预防性养护(Pavement Preventive Maintenance,简称 PPM),是指在不增加路面结构承载力的前提下,对结构完好的路面或附属设施有计划地采取某种具有费用效益的措施,以达到保养路面系统、延缓损坏、保持或改进路面功能状况的目的。PPM 是缓解养护资金短缺,提高养护质量的有效手段。如何针对合适的路面,综合考虑技术和经济因素,选择出最合适的预养护措施,即预养护对策的选择,是 PPM 的关键技术。PPM 在国内的研究和应用都还处于起步阶段,预养护对策的关键技术还没有得到有效解决。上海市虽然目前已经开始使用预养护措施,但各种预养护措施所应用的路面状况没有统一的标准,仅靠主观臆断,而且预养护措施的选择缺乏客观的依据,大大限制了预养护技术的推广应用。因此,文章以上海市的公路沥青混凝土路面为依托对预养护对策进行了研究。

1 预养护对策选择的原则

根据国外预养护的经验,并结合上海市的具体情况,预养护对策的选择需要遵循以下两条原则:

- (1)技术上是满足要求的。即预养护措施是适用的,并且能够充分发挥其应有的路面养护性能。
- (2)经济上是比较节约的。即在满足技术要求的前提下,应选择费用效益最佳的预养护措施。

2 预养护对策选择的考虑因素

根据预养护对策选择的原则,预养护对策选择需要考虑的因素可分为技术因素和经济因素两个方面。根据国外预养护的经验,技术方面的因素主要包括路面状况、公路等级和交通量,经济方面的因素主要包括预养护措施的使用寿命和单位费用。

3 预养护对策的选择

3.1 预养护对策选择的方法和流程

预养护对策选择过程的实质是在很多因素之间取得平衡的过程。预养护对策的选择方法可采用分步选择法。第一步是根据预养护的路况标准,判断当前的路面状况是否适合预养护;如果适合,第二步是考虑技术因素,根据路面的主导损坏类型及严重程度、公路等级和交通量三项技术因素,通过上海市沥青路面的预养护对策库初步选择出所有适用的预养护措施;第三步是考虑经济因素,对所有适用的预养护措施进行简易费用效益分析,最终以费用效益最佳为标准选择出最合适的预养护措施。预养护对策选择的流程如图 1 所示。

3.2 预养护的路况标准

根据预养护的概念,预养护一般只对路面结构强度、路面状况和平整度有一定的要求,而对摩擦系数没有特别的要求。因此,预养护的路况标准选择 SSI(路面强度系数)、PCI(路面状况指数)和 RQI(行驶质量指数)三项指标。鉴于 PCI 反映路面状况的综合性,在确定沥青路面是否需要预养护时,以 PCI 作为判断指标,而以 SSI 和 RQI 作为检验指标。即在 SSI 和 RQI 满足要求的前提下,以 PCI 为标准判断沥青路面是否

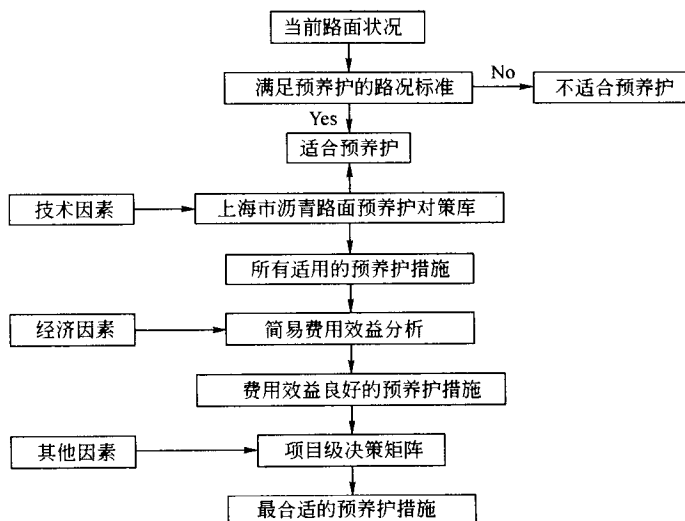


图1 上海市沥青路面预养护对策的选择流程

需要进行预养护。由于上海市路面管理系统中的路况评价标准高于《公路养护技术规范》(JTJ 073—96),反映了上海市公路单位和公路用户对路况的较高要求。因此,以上海市的路面养护标准为基础,并结合国外预养护的成功经验,提出了 PCI、SSI 和 RQI 的预养护标准,列于表 1。

上海市沥青路面预养护的路况指标与标准

表 1

路 况 指 标	预 养 护 路 况 标 准	
	高速、一级公路	其他等级公路
PCI	80~95	75~90
SSI	0.83~9.99	0.66~9.99
RQI	8.50~10.0	7.00~10.0

3.3 预养护对策库

(1) 常用预养护措施及其技术经济特征

预养护措施是预养护对策选择和确定的对象,它的技术经济特征直接关系到对策确定的合理性。根据上海市及其附近地区可以获得的原材料、施工机械和技术单位,确定上海市沥青路面常用预养护措施的类型有稀浆封层、微表处、碎石封层、复合封层、薄热拌沥青混凝土加铺层(THMO)、填缝或封缝、雾状封层和沥青再生剂八种。根据分析,这些常用预养护措施所适用的路面状况、交通量、气候条件及其使用寿命和单位费用等技术经济特征如表 2 所示。这些特征是预养护对策选择的重要根据。

上海市常用预养护措施的技术经济特征

表 2

预养护措施	适 用 条 件			使用寿命 (年)	单位费用 (元/m ²)
	路面状况	交通量	气候条件		
稀浆封层	细小裂缝、轻微老化、松散、抗滑不足、 <15mm 车辙	中、小	>10℃	2~4	15~20
微表处	细小裂缝、中轻度老化、松散、抗滑不足、 <25mm 车辙	大	>10℃	3~5	18~25
碎石封层	细小裂缝、轻微老化、松散、磨耗、中轻度 泛油、抗滑不足	中、小	>15℃	2~4	13~20
复合封层	细小裂缝、轻微老化、松散、车辙、表面 不平整、抗滑不足	中、小	>15℃	3~5	28~40

续上表

预养护措施	适用条件			使用寿命 (年)	单位费用 (元/m ²)
	路面状况	交通量	气候条件		
THMO	中轻度表面损坏,轻微不平整	所有	>13℃	3~5	55~60
填缝或封缝	各种程度的非结构性裂缝	所有	凉爽干燥	1~2	5~15
雾状封层	细小裂缝、轻微老化、松散	中、小	温暖干燥	1~2	5~10
沥青再生剂	细小裂缝、轻微老化、松散	所有	温暖干燥	2~4	22~25

(2) 预养护对策库

国外建立预养护对策库最常用的两种方法是决策树法和决策矩阵法。决策树法,顾名思义是通过一个树枝状的图形来辅助决策,它通过“树枝”的使用包含了确定对策的一系列标准。每个分支都代表特定的状况集(如路面类型、损坏类型和程度、交通量、功能等级等),通过这些状况集的确定最终选择养护对策。决策矩阵法和决策树法非常类似,本质上都是依靠一系列的规则 and 标准选择合适的养护对策,最大不同在于决策树法提供的是图形化的工具,而决策矩阵法提供的则是表格,以减少存储数据的空间。

由于决策矩阵法简洁明了,易于编程,因此本文采用决策矩阵法建立预养护对策库。根据上海市沥青路面常用预养护措施的性能和适用条件,以路面主导损坏类型及严重程度、公路等级和交通量为选择依据,建立了上海市沥青路面预养护对策库,见表3。其作用是初步选择出所有适用的预养护措施。

上海市沥青路面预养护对策库

表3

项 目	参 数	常用预养护措施							
		1	2	3	4	5	6	7	8
AADT	<1000	●	●	●	●	●	●	●	●
	1000~5000	●	●	●	●	●	●	●	●
	>5000		●			●	●		●
项 目	参 数	常用预养护措施							
		1	2	3	4	5	6	7	8
公路等级	高速、一级		●			●	●		●
	其余等级	●	●	●	●	●	●	●	●
路面主导 损坏类型 及程度	细小裂缝	●	●	●	●	●	●	●	●
	<15mm 车辙	●	●		●	●			
	<25mm 车辙		●			●			
	轻微松散	●	●	●	●	●		●	●
	轻微老化	●	●	●	●	●		●	●
	轻微泛油	●	●	●	●	●			
	抗滑不足	●	●	●	●	●			
	轻微渗水			●	●	●		●	●
	轻微表面不平整	●	●		●	●			

注:表中各编号所代表的常用预养护措施分别是:

1. 稀浆封层;2. 微表处;3. 碎石封层;4. 复合封层;5. THMO;6. 填缝或封缝;7. 雾状封层;8. 沥青再生剂。

3.4 费用效益分析

在经济学中有很多方法可以用来评价一个项目的费用效益,常用方法列于表4。其中等效年度费用法(Equivalent Annual Cost method, EAC)由于方法简单、意义明确而被广泛采用。因此,本文在选择预养护对策时也采用等效年度费用法。EAC的计算公式如下:

$$EAC = \text{单位费用} / \text{期望寿命} \quad (1)$$

常用的费用效益分析方法

表 4

编 号	方 法	参 数	输 出
1	生命周期费用	利率 通货膨胀 分析期 措施的单位成本 措施的期望使用寿命	计算每个建议措施的 EUAC, 最小者即为最佳措施
2	费用—效果分析	路面使用性能曲线	路面使用性能曲线下的面积相当于效益
3	等效年度费用	设备、人工、材料的费用	每个期望寿命内的单位成本
4	长寿命费用指数	措施的单位成本 寿命内单位成本的现值 交通荷载 措施的使用寿命	建立措施费用现值和交通量之间的关系

根据表 2 中常用预养护措施的使用寿命和平均费用,按照公式(1)即可计算出上海市所有常用预养护措施的 EAC,列于表 5。参照表 5 即可对预养护对策库初选出来的所有适用的预养护措施进行简易的费用效益分析。一般而言,EAC 越小预养护措施的费用效益越好。因此,以 EAC 最小为标准选择最合适的预养护措施。

常用预养护措施的 EAC

表 5

编 号	预养护措施	平均寿命(年)	平 均 费 用	EAC
1	稀浆封层	3	17.5	5.83
2	微表处	4	21.5	5.38
3	碎石封层	3	16.5	5.50
4	复合封层	4	34.0	8.50
5	THMO	4	57.5	14.38
6	填缝或封缝	1.5	10.0	6.67
7	雾状封层	1.5	7.5	5.00
8	沥青再生剂	3	23.5	7.83

注:表中平均费用的单位除填缝及封缝为元/m 外,其余措施均为元/m²。

3.5 预养护对策选择过程示例

为了更明确地说明预养护对策的选择方法,下面以上海浦星公路(一级公路,交通量为 4000 辆/天,沥青混凝土路面,桩号:K22+600~K23+100,PCI=86.9、SSI=0.89、RQI=9.92,路面主导损坏类型为轻微松散和老化)为例,详细说明分步选择法选择预养护措施的过程:

第一步,根据预养护的路况要求,判断路面是否适合预养护。

根据表 1,由于 $80 < \text{PCI} = 86.9 < 95$,且 $0.66 < \text{SSI} = 0.89 < 9.99$, $8.50 < \text{RQI} = 9.92 < 10.0$,因此路面状况满足预养护的路况要求,即适合预养护。

第二步,根据上海市沥青路面预养护对策库初步选择所有适用的预养护措施。

根据路面的主导损坏类型为松散和老化,损坏程度为轻微,公路等级为一级,AADT 为 4000 辆/天。由表 3 选择出所有适用的预养护措施,选择过程和结果列于表 6。

预养护对策库的初步选择过程和结果

表 6

项 目	参 数	预养护措施							
		1	2	3	4	5	6	7	8
AADT	4000	●	●	●	●	●	●	●	●
公路等级	一级		●			●	●		●
松散	轻微	●	●	●	●	●		●	●
老化	轻微	●	●	●	●	●		●	●
所有适用的预养护措施			●			●			●

由表 6 可知,根据上海市沥青路面预养护对策库初步选择出来的所有适用的预养护措施有微表处、THMO 和沥青再生剂三种。

第三步,对微表处、THMO 和沥青再生剂三种预养护措施分别进行简易费用效益分析,进一步选择出费用效益最佳的预养护措施。

由表 5 可知,微表处、THMO 和沥青再生剂的 EAC 分别是 5.38、14.38 和 7.83。因此费用效益最佳的措施即为微表处。

4 结论

预养护对策的选择是一个比较复杂的过程,需要综合考虑多种因素。本文借鉴了国外比较成熟的研究方法和成果,并结合上海市的具体情况,首先提出了预养护对策选择的原则,它是预养护对策选择的依据;然后根据这些原则提出了需要考虑的技术和经济因素;最后采用分步选择法选择出最合适的预养护措施。其方法和步骤是:首先根据预养护的路况标准判断路面预养护的适用性;其次根据公路等级、交通量和路面的主导损坏类型,由预养护对策库初步选择出所有适用的预养护措施;最后经过简易费用效益分析,以 EAC 最小为标准确定最合适的预养护措施。为了明确预养护对策的选择方法,文章还以上海浦星公路为例详细说明了预养护对策的选择过程。

另外,由于国内没有预养护的经验,因此,还需要根据以后的预养护实践,不断地修正和完善预养护对策的选择方法和一些关键数据。

公路二灰稳定类基层抗冻性能试验研究

陈志国 曹春梅 任宏贺 张士祥

(吉林省交通科学研究所 长春 130021)

关键词:路面 基层 二灰 抗冻

在中国,公路路面基层大多数采用石灰、粉煤灰稳定碎石,简称二灰碎石基层。这种基层材料具有强度高、水稳定性好,并可以充分利用粉煤灰(电厂的排放物)有利于环保。表1是二灰碎石的一些性能指标。

二灰碎石基层技术指标

表1

项 目	数 值	项 目	数 值
180d 抗压强度(MPa)	5.8~7.5	抗弯拉回弹模量(MPa)	4500~6000
180d 抗弯拉强度(MPa)	1.3~1.6	干缩系数(10^{-6})	20~35
抗压回弹模量(MPa)	1300~1700	干缩应变(10^{-6})	350~750

但在季节性冰冻地区,二灰稳定类材料具有上述优点的同时,也存在抗冻性较弱等不足,表现在两个方面,一是半刚性基层施工期的冻融破坏,主要是因为二灰碎石施工完成后,表面裸露过冬,经过几个冻融循环后,表面冻酥,失去强度。这类破坏的处理方法往往是清除整个基层,重新铺筑,这样既浪费了工程资金,又影响工期。另一方面是使用期内半刚性基层的冻融破坏,这是因为二灰碎石工作环境中含水量较大,在经过数个冻融循环后,基层失去板体强度,造成了承载力下降,路面出现破坏。以上两种现象说明,对于二灰碎石等半刚性基层材料设计、施工时也要有抗冻性指标要求。

1 二灰稳定类材料抗冻试验方法的研究

目前中国对二灰稳定类材料没有抗冻性指标要求,也没有一个统一的试验方法。对二灰材料的抗冻性试验,国内一些科研机构及大学都进行过相关试验,但因试验方法不同,导致试验结果不同,所以有必要建立一个统一的二灰稳定类材料的抗冻试验方法,提出具体的指标要求,去评价二灰稳定类材料的抗冻性。

1.1 抗冻试验方法中冻融温度及时间的确定

抗冻试验方法中的工作温度应为冬季二灰类材料工作的实际温度,根据试验路的路面冬季工作温度观测数据得出,路面基层顶面的冬季工作温度为 $-15\sim-18^{\circ}\text{C}$,基层底面的工作温度是 $-13\sim-16^{\circ}\text{C}$,路面表面的温度与基层顶面的温度相差 $2\sim3^{\circ}\text{C}$ 。根据以上观测资料及参考《公路工程水泥混凝土试验规程》中关于水泥混凝土冻融试验方法(其冰冻温度为 -20°C),确定二灰类材料抗冻试验中冰冻温度为 $-18^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

对于冻融循环中的冻和融的时间,考虑目前国内制冷设备的性能及价格,只有大型的科研机构和工程规模较大的试验室才有可能配备大型风冷制冷设备,而相当多的工地试验室会选用家用型的冰箱、冰柜代替,而且一组试验中有9个试件,考虑冰箱及冰柜的制冷速度,并根据冻融试验中试件内部的温度变化,所以确定冻融循环中冻的时间为16h,融化的时间为8h,一个冻融循环为24h,这样在时间上、操作上都比较方便。对于试验条件中的融化条件,主要是考虑试件放入水中融化较快,融化温度规定为接近室温的 $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。同时也是模拟实际工程中有水的使用环境。

1.2 冻融循环次数及试件的养生龄期

(1) 抗冻试验试件的龄期

《公路路面基层施工技术规范》中规定了二灰类基层施工时间为在第一次冰冻前一个半月前停止施工,这一段的养生温度平均要低于 20℃。二灰类材料强度是温度与时间的函数,按实际养生温度与标准养生 20℃ 的温度换算,基层的养生时间接近 28d,所以用 28d 龄期去评价施工期间的抗冻性能是比较合理的。用 180d 试件去评价使用期间的抗冻性,是根据室内试验各龄期的抗压强度确定的,试验结果如图 1。从图中可看出二灰类基层材料 180d 后强度增加的幅度很小,所以用 180d 的龄期去评价使用期材料的抗冻性是比较合理的。

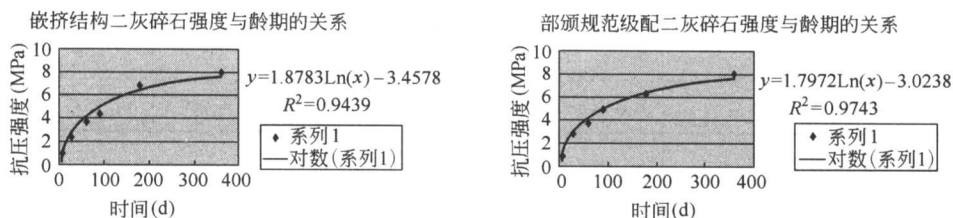


图 1 二灰碎石强度与龄期的关系

(2) 抗冻试验的冻融循环次数

通过冻融循环试验可得出,28d 龄期的二灰碎石在进行 10 次冻融循环的试验中,其残留强度及质量损失在 5 次冻融循环前变化不明显,而 5 次之后有明显变化,所以用 5 次冻融循环后的残留强度来评价施工期间的抗冻性。对 180 天龄期的半刚性材料,因其冻前具有了一定强度,所以用 10 次冻融循环后的残留强度来评价其抗冻性。

2 二灰稳定基层材料的抗冻性试验结果

抗冻性是材料在饱水状态下,抵抗反复冻结和融化的性能。在施工期的春秋两季和使用期间的冬季,材料往往是冻前被水浸湿,而在低温下又受到冰雪冻融的交替作用。当材料的孔隙被水充满后,随着温度的下降,冰的体积开始膨胀,从而对材料的孔壁产生张力,直至冰冻融化,压力逐渐消失。下一次冻融前再次注水,冰冻时又继续冻胀。材料受冻融循环作用时,其内部孔隙水冻胀产生的附加应力将重复对材料的孔隙壁产生挤压破坏作用,此压力的大小除了决定于孔隙的含水率之外,还与水的冻结速度以及孔隙的形状有关。多次冻融循环后,材料逐渐产生裂缝等破坏现象,因此抗冻性就是检测材料抵抗反复冻融循环的性能。

2.1 二灰碎石抗冻性试验

对不同级配的二灰碎石进行养生 28d 和 18d 后的冻融循环试验,冻融循环试验次数分别为 5 次和 10 次。

二灰碎石和二灰砂砾的配合比和集料级配见表 2。

二灰稳定类基层不同配合比和集料通过率

表 2

序号	混合料配合比 石灰:粉煤灰:碎石	最大粒径(mm)	各级配通过百分率(%)								
			37.5	31.5	19.0	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.075
1	7:18:75	37.5	100	90	60	30	5	0			
2	7:18:75	31.5		100	80	50	10	2	0		
3	6:14:80	31.5		100	68	34	21	14	10	8	5
4	6:14:80	31.5		100	95	46	24	18	13	10	3

二灰类基层材料 28d 龄期冻融试验结果见表 3。