

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.240513

扩建工程非同层等厚沥青路面拼接方案研究

马永磊¹, 陈 军¹, 刘海婷²

(1. 江苏省交通工程建设局, 江苏 南京 210000; 2. 江苏中路工程技术研究院有限公司, 江苏 南京 210000)

摘 要: 主要开展了非同层等厚条件下的老沥青层-新水稳层拼接方案研究。依托江苏省连淮高速公路扩建工程, 选用了水泥浆、地聚物、水泥乳化沥青复合材料、地聚物乳化沥青复合材料等几种拼接界面材料, 通过设计室内复合件拉拔强度试验、地推直剪试验及半圆弯拉试验来评价界面材料的黏结效果。研究结果表明: 地聚物乳化沥青复合材料的剪切强度、断裂能分别是地聚物的1.53倍、1.3倍, 黏结效果优于地聚物; 灌注地聚物的剪切强度是未灌浆的1.35倍, 地聚物加固效果优于水泥浆。建议采用地聚物乳化沥青复合材料+地聚物灌浆的拼接技术方案。

关键词: 改扩建工程; 非同层等厚; 老沥青层-新水稳层拼接; 拼接方案

中图分类号: U418

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0054-05

Study on Splicing Scheme of Asphalt Pavement with Equal Thickness of Non-same Layer in Expansion Project

MA Yonglei¹, CHEN Jun¹, LIU Haiting²

(1. Jiangsu Traffic Engineering Construction Bureau, Nanjing 210000, China; 2. Jiangsu Zhonglu Engineering Technology Research Institute Co., Ltd., Nanjing 21000, China)

Abstract: The splicing scheme of old asphalt layer and new water stable layer under the conditions of equal thickness and non-same layer is mainly studied. Relying on Jiangsu Province Lianhuai Expressway Extension Project, several splicing interface materials of cement slurry, geopolymer, cement emulsified asphalt composite material and geopolymer emulsified asphalt composite material are selected. The bonding effect of the interface materials is evaluated through indoor composite tensile strength tests, ground push direct shear tests and semi-circular bending tensile tests. The research results show that the shear strength and fracture energy of geopolymer emulsified asphalt composite materials are 1.53 times and 1.3 times that of geopolymer, respectively. The bonding effect is better than that of geopolymer, and the shear strength of injected geopolymer is 1.35 times that of ungrouted geopolymer. The reinforcement effect of geopolymer is better than that of cement slurry. It is recommended to adopt the splicing technology scheme of geopolymer emulsified asphalt composite materials and geopolymer grouting.

Keywords: reconstruction and expansion projects; equal thickness and non-same layer; splicing of old asphalt layer and new water stable layer; splicing scheme

0 引 言

随着交通流量的不断增长, 现有道路网承担的通行压力日益加剧, 既有高速公路的改扩建需求逐步提升, “十四五”期间, 超过10 000 km的高速公路需要进行改扩建, 改扩建工程成为我国高速公路建设的新热点。新旧路面的拼接质量是保证扩建之后高速公路行驶舒适性和耐久性的重要前提, 直接影

响改扩建工程路面结构的整体稳定性, 如果拼接部位处理不当, 容易导致差异沉降、变形、纵向开裂等病害^[1-2]。京沪高速改扩建工程基层拼接材料采用水泥浆或水性环氧树脂界面剂涂抹+水泥浆灌浆, 新旧沥青面层拼接材料采用热沥青+封水剂; 江广高速新旧沥青面层拼接界面采用SBS改性乳化沥青, 旧路水泥板与拼宽基层拼接界面采用水性环氧树脂界面剂; 济青高速采用水性环氧树脂界面剂作为新旧基层的拼接材料, 同时也研究了乳化沥青+水泥、水泥浆作为基层拼接材料的处治效果, 在基层顶面接缝铺设玻纤格栅, 玻纤格栅宽度为1 m, 使用SBS改性热沥青作为新旧面层接缝的黏结料, 并采用冷拼

收稿日期: 2024-05-08

作者简介: 马永磊(1993—), 男, 硕士, 工程师, 从事高速公路建设管理工作。

通信作者: 刘海婷(1993—), 女, 硕士, 工程师, 从事高速公路建设管理工作。电子信箱: 2473829268@qq.com

接方式处理新旧面层接缝^[3];合宁高速采用 SBS 改性乳化沥青黏层油作为新旧沥青面层的拼缝材料^[4];京哈高速长春—拉林河段旧路二灰土、二灰碎石及沥青面层与新建水稳基层拼接处采用洒水泥浆处理;广清高速也采用水泥浆作为新旧基层的拼缝材料;其他学者还研究采用乳化沥青+水泥作为新旧基层的拼缝材料^[5-8],并分析其拼接效果。综上,目前国内扩建工程新旧沥青面层拼缝材料多采用 SBS 改性乳化沥青黏层油或热沥青,旧路水泥板与新拼宽基层拼缝材料多采用水性环氧树脂界面剂或水泥浆。国内外的研究多集中在同层等厚拼接,如老沥青层-新沥青层、老水稳层-新水稳层拼接,针对非同层等厚条件下的老沥青层-新水稳层拼接方案的研究并未涉及。

鉴于此,本文依托江苏省连淮高速公路扩建工程,针对横向老路沥青层与新建水稳层的拼接问题,采用有限元模型对新老路面拼接关键位置开展了受力分析,选用水泥浆、地聚物、水泥乳化沥青复合材料、地聚物乳化沥青复合材料作为拼接界面材料,设计复合件拉拔、地推直剪及半圆弯拉试验,评价界面材料的黏结效果。

1 连淮高速公路扩建工程

连淮高速公路 1996 建成通车,设计标准为 I 级路,2000 年进行高速化改造,原始路面结构类型有 2 种:一种为水泥混凝土路面,水泥混凝土层厚为 25 cm;另一种为沥青混凝土路面,沥青面层层厚为 15 cm,结构为 4 cm AC-16+5 cm AC-30+6 cm AM-30,基层为厚度 20 cm 的二灰碎石。2015 年以前,连淮高速路路面主要采用罩面方式进行维修养护,沥青面层最小厚度 15 cm,最大厚度 41 cm,导致连淮高速公路扩建工程涉及到老沥青层与新水稳层拼接工况。

2 新老路面拼接关键位置受力分析

2.1 有限元模型参数设置

通过建立力学模型,施加符合连淮高速公路重载特征的荷载水平,对连淮高速公路扩建后新旧公路横向各部位的受力进行分析,指出薄弱受力位置及其影响范围,并分析应力水平,从而为拼接方案的制定提供指导。采取的力学工具为 ABAQUS 或 ANSYS 大型有限元软件,通过设置合理的接触单元来表征新老材料的界面,分析的主要力学指标有竖

向剪切应力/应变、水平向拉应力/应变,预期得到不同横向位置的应力大小排序,寻找关键位置,即未来反射裂缝可能产生的横向位置。

(1)结构参数

路面结构参数见表 1。

表 1 路面结构参数汇总

旧路面			新路面		
结构层	厚度/ cm	模量/ MPa	结构层	厚度/ cm	模量/ MPa
统一罩面层 SMA-13	4	10 200	统一罩面层 SMA-13	4	10 200
统一罩面层 HMM-13	6	12 000	统一罩面层 HMM-13	6	12 000
老路沥青层	31	11 500	HMM-13	6	12 000
			SUP-25	8	10 000
二灰碎石 基层	30	10 000	水稳碎石基层	36	11 500
二灰土底 基层	20	3 000	低剂量水稳碎石 底基层	20	8 500
土基	—	80	土基	—	80

(2)力学模型参数

路面结构为二维模型,整体模型尺寸为 15 m×6 m,即 4 个车道的水平距离,分别建立 3 个部分(part),分别对应于统一罩面层(part1)、老路结构(part2)以及新路结构(part3)。所有材料均设定为弹性材料,结构层间为完全连续接触,不同部分(part)接触面设置“Tie”接触模式,整个模型的横向和纵向可以沿法向自由转动,但是无法向位移,底面无三向位移不可转动,网格划分时采用 CPE8R 单元。汽车荷载采用单轴双圆均布荷载,标准轴载为 BZZ-100,加载长度为 0.213 m。因此在标准轴载条件下,荷载设置为常规荷载 0.7 MPa,轮隙间距为 1.5δ,荷载中心间距为 3δ。有限元模型见图 1。

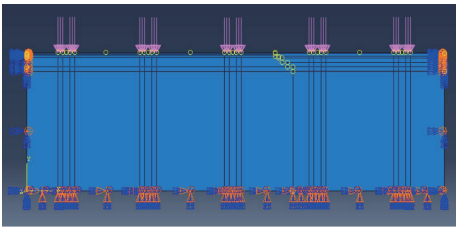


图 1 有限元模型

2.2 力学计算结果

设定工况条件,新建路基与老路路基存在差异性沉降,根据相关规范“路基拼接时,应控制新老路基之间的差异性沉降,既有路基与拓宽路基的路拱横坡度的工后增加值不应小于 0.5%”的要求,经过计算,在路拱横坡度增加 0.5% 的情况下,路面中桩高程与边桩高程差为 9 cm,进一步折算,老路路基中心

和新路路基中心的差异沉降为4.5cm,因此考虑假设新旧路基差异为2 cm。因此,设置工况条件:考虑新旧路基沉降差异,新路基沉降为2 cm,计算新旧路面拼接部位的拉应力及剪应力变化,结果见表2。

表2 路面拼接部位最大拉应力及最大剪应力 单位:MPa

拼接部位	老路沥青层与 新铺沥青层 拼接	老路沥青层与 新铺水稳层 拼接	老路二灰碎石 与新铺水稳 层拼接
最大拉应力	0.545	0.127	0.154
最大剪应力	0.132	0.150	0.282

3 试验研究

3.1 拼接材料选择

(1) 水泥浆

水泥浆制备中的所用水泥采用PO42.5水泥,水灰比0.3。

(2) 地聚物

地聚物由A(粉剂由粉煤灰、水泥、矿粉按照比例混合而成)与B(液体激发剂)按5:3.7的比例配制而成。

(3) 水泥乳化沥青复合材料

乳化沥青:水泥=2:1,乳化沥青:水泥=1:1,乳化沥青采用阴离子乳化沥青,水泥采用PO42.5水泥。

(4) 地聚物乳化沥青复合材料

乳化沥青:A:B=3.7:5:3.7,乳化沥青采用阴离子改性乳化沥青。

3.2 试验方案

3.2.1 复合件拉拔强度试验

先成型车辙板试件(SMA-13)(长300 mm×宽300 mm×厚50 mm)、水泥混凝土立方体试件(150 mm),将水泥混凝土试件顶面打磨拉毛,涂刷不同的界面剂材料,涂刷用量3 kg/m²,将车辙板试件粘上去,将试件在25℃室温条件下分别养生7、14 d。用钻芯机将复合拼接试件钻芯,需要钻透下卧层,获取完整芯样,试件直径为100 mm。在室内对钻取的试件进行表面清洗,干燥24 h,然后将拉头底部涂布一层AB胶,并快速黏附在试件表面。黏结剂涂布后应养生、完全固化,在20℃条件下进行拉拔试验。复合件拉拔强度试验见图2。

3.2.2 拉伸黏结强度试验

按照《建筑防水涂料试验方法》(GB/T 16777—1997)制备8字砂浆块,取养护好的水泥砂浆块,用

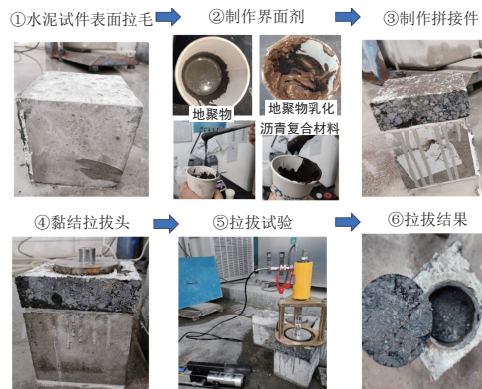


图2 复合件拉拔强度试验

60目砂纸清除表面浮浆。将制备好的地聚物、乳化沥青+地聚物,搅拌均匀,涂抹在砂浆块的断面上,将两个砂浆块多面对接、压紧,砂浆块断面界面剂涂抹厚度不超过0.5 mm,然后放置室内自然环境养生96 h,将试件安装在试验机上,在标准条件下以5 mm/min的速度拉伸试件至试件破坏,记录最大拉力,拉力除以断面的面积即可算出黏结强度。

3.2.3 地推直剪试验

成型沥青混合料车辙板试件为长300 mm×宽300 mm×厚100 mm,切割成长300 mm×宽150 mm×厚100 mm,然后在切割表面打磨拉毛,清理干净后,装入车辙板试模中,涂刷不同的界面剂材料,涂刷用量3 kg/m²,然后补装水稳混合料,采用车辙仪成型试件,不脱模养生1 d后(界面剂固化形成强度)再脱模,将拼接试件置于标准条件下分别养生7、14 d,用钻芯机在拼缝处钻芯,直径为10 cm或15 cm,确保一半是沥青层、一半是水稳层,将取出的芯样两面切割平整,在25℃条件下进行地推直剪试验。拼接件成型过程见图3,地推直剪试验见图4。

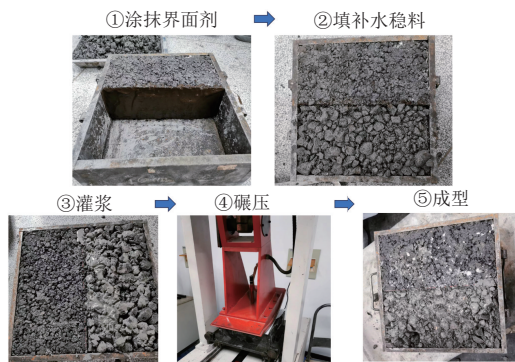


图3 拼接件成型过程

3.2.4 半圆弯拉试验

成型沥青混合料车辙板试件为长300 mm×宽300 mm×厚50 mm,切割成长300 mm×宽150 mm×厚50 mm,然后在切割表面打磨拉毛,清理干净后,装入

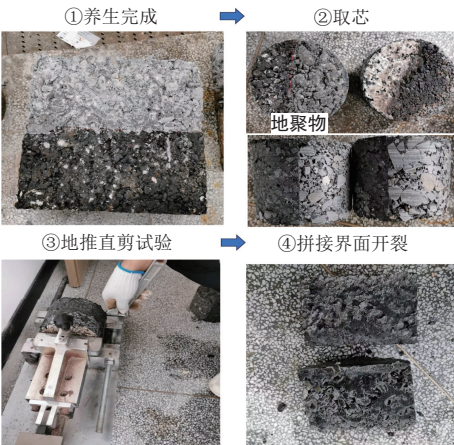


图4 地推直剪试验

车辙板试模中,涂刷不同的界面剂材料,涂刷用量 3 kg/m^2 ,然后补装水稳混合料,采用车辙仪成型试

件,不脱模养生1 d后(界面剂固化形成强度)再脱模,将拼接试件置于标准条件下养生7 d,用钻芯机在拼缝处钻芯,芯样直径为150 mm,厚度为50 mm,然后垂直拼缝切割成两个半圆,做半圆弯拉试验(见图5)。

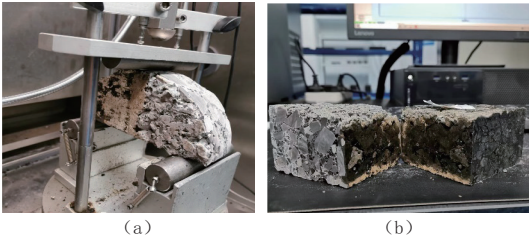


图5 半圆弯拉试验

3.3 结果分析

3.3.1 复合件拉拔强度试验

复合件拉拔强度试验结果见表3。

表3 不同拼接材料复合件拉拔强度

养生时间/d	材料类型	复合件拉拔强度/MPa		
		1	2	平均值
7	水泥浆	钻芯时拼接界面黏结失效	钻芯时拼接界面黏结失效	—
	乳化沥青+水泥(2:1)	钻芯时拼接界面黏结失效	钻芯时拼接界面黏结失效	—
	乳化沥青+水泥(1:1)	钻芯时拼接界面黏结失效	钻芯时拼接界面黏结失效	—
	地聚物	0.71	0.36	0.54
	地聚物乳化沥青复合材料	0.46	0.40	0.43
14	水泥浆	钻芯时拼接界面黏结失效	钻芯时拼接界面黏结失效	—
	乳化沥青+水泥(2:1)	钻芯时拼接界面黏结失效	钻芯时拼接界面黏结失效	—
	乳化沥青+水泥(1:1)	钻芯时拼接界面黏结失效	钻芯时拼接界面黏结失效	—
	地聚物	0.69	0.54	0.61
	地聚物乳化沥青复合材料	0.47	0.53	0.50

试验结果表明:

(1)水泥浆、乳化沥青+水泥(2:1)、乳化沥青+水泥(1:1)在钻芯时拼接界面黏结失效,针对老路沥青层与新建水稳层拼接工况而言,水泥浆、乳化沥青+水泥(2:1)、乳化沥青+水泥(1:1)三种材料的黏结效果较差,地聚物、地聚物乳化沥青复合材料的黏结效果较好。

(2)与养生7 d相比,养生14 d的地聚物的拉拔强度增长了12.96%,地聚物乳化沥青复合材料的拉拔强度增长了16.28%,且养生7 d地聚物的拉拔强度是地聚物乳化沥青复合材料的1.26倍。

3.3.2 拉伸黏结强度试验

拉伸黏结强度试验结果见图6。

试验结果表明,地聚物的黏结强度是地聚物乳化沥青复合材料的2.87倍,是水泥浆的1.61倍。

3.3.3 地推直剪试验

复合件剪切强度试验结果见图7。

试验结果表明:养生7 d地聚物乳化沥青复合材

料的剪切强度是地聚物的1.53倍,地聚物乳化沥青复合材料的黏结强度优于地聚物;与养生7 d相比,养生14 d地聚物的剪切强度增长了26.67%,地聚物

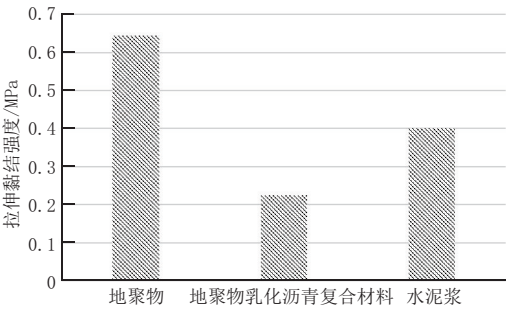


图6 不同拼接材料拉伸黏结强度

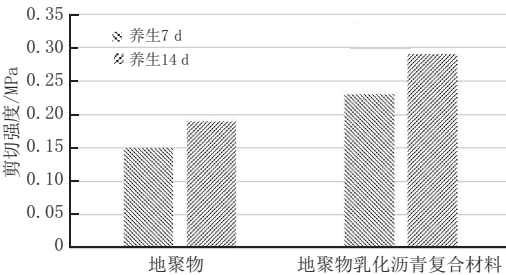


图7 不同拼接材料复合件剪切强度

乳化沥青复合材料的剪切强度增长了26.09%。两者均可用于老路沥青层与新路水稳层拼接界面处治。

3.3.4 半圆弯拉试验

不同拼接材料断裂能试验结果见表4。

表4 不同拼接材料断裂能

养生 时间/d	材料 类型	复合件断裂能/(J·m ⁻²)		
		1	2	平均值
7	地聚物	45.41	45.70	45.56
	乳化沥青+地聚物	61.91	52.44	57.18

试验结果表明,地聚物乳化沥青复合材料的断裂能是地聚物的1.3倍,说明地聚物乳化沥青复合材料的低温柔韧性较好。

4 结 语

本文采用有限元模型对新老路面拼接关键位置开展了受力分析,选用水泥浆、地聚物、水泥乳化沥青复合材料、地聚物乳化沥青复合材料几种材料作为拼接界面材料,设计复合件拉拔、地推直剪及半圆弯拉试验评价界面材料的黏结效果,得到如下主要结论:

(1)分析已有扩建工程路面拼接研究现状,明确了选用水泥浆、地聚物、水泥乳化沥青复合材料、地聚物乳化沥青复合材料作为拼接界面材料开展研究。

(2)水泥浆、乳化沥青+水泥(2:1)、乳化沥青+水泥(1:1)三种材料的黏结效果较差,地聚物乳化沥青复合材料的剪切强度、断裂能分别是地聚物的1.53倍、1.3倍,灌注地聚物对混合料的加固效果优于水泥浆,灌注地聚物的剪切强度是未灌浆的1.35倍。

(3)针对老路沥青层与新建水稳层拼接工况,提出了采用地聚物乳化沥青复合材料的拼接技术方案,复合件拉拔强度为0.50 MPa,剪切强度为0.23 MPa,满足拼接位置力学要求。

参考文献:

- [1] 廖朝华.高速公路改扩建工程关键技术研究[D].武汉:武汉理工大学,2009.
- [2] 毛文华.高速公路改扩建路基拼接技术探讨[J].公路交通科技(应用技术版),2010(6):39-41.
- [3] 贾志超.济青高速公路改扩建工程路面拼接技术研究[D].济南:山东建筑大学,2024.
- [4] 肖益民,李昶.合宁高速公路扩建工程路面结构拼接技术研究[J].公路交通科技(应用技术版),2009,5(8):7-9.
- [5] 陈清廉.广清高速改扩建方案选择及路面拼接研究[D].长沙:长沙理工大学,2024.
- [6] 罗火生.佛开高速公路改扩建工程总体扩建方案研究[J].公路,2012(2):4-9.
- [7] 刘建兰,龚照东.沪宁高速公路(江苏段)拓宽路面的拼接施工技术[J].上海公路,2005(4):33-36.
- [8] 周晓华,赵志强.西宝高速公路改扩建工程路面拼接技术研究[J].公路交通科技(应用技术版),2012(5):78-80.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadbridgeflood@163.com

