

改扩建高速公路新老路面拼接设计研究

王启叶楠, 薛皓辰, 张凤尧

(浙江数智交院科技股份有限公司, 浙江 杭州 310030)

摘要: 某高速公路拟从双向四车道改扩建为双向8车道, 新老路面的拼接是改扩建过程中至关重要的一环, 依托该项目进行保通施工条件下的新老路面拼接设计研究。首先对老路硬路肩拟定了加铺和挖除新建2种处理方案, 通过路面结构验算得到2种方案的半刚性层疲劳开裂对应的累积当量轴次分别为 1.41×10^9 、 7.58×10^9 , 加铺方案无法满足要求, 故采用挖除新建方案。对新老路面采用台阶式拼接, 拟定了2种不同台阶宽度的方案, 通过有限元软件计算, 分析了2种方案路面拼接缝处的应力应变, 得到最大应力应变产生在底基层拼接缝处, 且拼接缝越远离轮迹带, 应力应变越小, 推荐采用拼接缝避开轮迹带的方案。此外还阐述了路面拼接施工期间的保通方案, 可为类似工程提供参考。

关键词: 公路改扩建; 保通施工; 路面拼接; 轮迹带; 有限元

中图分类号: U416.223

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)07-0027-04

Research on Design of New and Old Pavement Splicing for Expressway Reconstruction and Expansion

WANG Qiyenan, XUE Haochen, ZHANG Fengyao

(Zhejiang Shuzhi Transportation Institute Technology Co., Ltd., Hangzhou 310030, China)

Abstract: An expressway is proposed to be reconstructed and expanded from two-way four lanes to two-way eight lanes. The splicing of new and old pavements is a crucial part of the reconstruction and expansion process. Relying on this project, the research is conducted on the splicing design of new and old pavements under the construction condition of continuous traffic. Firstly, two treatment schemes of overlay and excavating new-building are proposed for the hard shoulder of the old road. The cumulative equivalent axial times corresponding to fatigue cracking of the semi-rigid layer in the two schemes are obtained through pavement structure verification as 1.41×10^9 and 7.58×10^9 respectively. Since the overlay scheme is hard to meet the requirements, the excavating new-building scheme is adopted. The step-style splicing is adopted for the new and old pavements, and two schemes with different step widths are proposed. Through the finite element software, the stress and strain at the splicing of new and old pavements are calculated and analyzed, which shows that the maximum stress and strain are generated at the splicing of the subbase layer, and the farther the splice seam is from the wheel path, the smaller the stress and strain. It is recommended to adopt the scheme of avoiding the wheel path by splicing the seams. In addition, the scheme of continuous traffic during the splicing construction of pavements is set forth, which can provide reference for similar projects.

Keywords: expressway reconstruction and expansion; continuous traffic construction; splicing of pavement; wheel path; finite element

0 引言

早期的高速公路以双向4车道为主, 随着经济、社会的发展, 车流量逐年增加, 部分高速公路通行效率逐渐下降, 拥堵情况时常发生, 给百姓的出行带来不便, 因此不少高速公路亟待改扩建。以浙江省为例, 2007年沪杭高速拓宽工程完工, 成为浙江省内第

一条标准的8车道高速公路, 在之后的多年中, 浙江省陆续完成了杭金衢、杭宁等多条高速公路的拓宽改建。改扩建路面的设计包含拼宽新建路面、旧路面利用与处治、路面拼接3个主要部分^[1], 其中新老路面的拼接是至关重要的一环, 路面拼接的好坏将直接影响改扩建工程的质量以及通车后的行车安全性与舒适度, 同时路面的拼接需考虑的因素较多, 例如新老路基的差异沉降、新老路面结构的差异、拼接缝的设置位置、老路路面的开挖范围^[2]等等。本文以某改扩建高速公路为例, 介绍保通施工条件下的

收稿日期: 2024-12-10

作者简介: 王启叶楠(1992—), 男, 硕士, 工程师, 从事道路工程的设计研究工作。

新老路面拼接设计的思路与方法。

1 工程概况

某高速公路现状为双向4车道高速公路,设计速度为120 km/h,整体式路基宽度为28 m,路幅布置为:3.0 m中央分隔带+2×0.75 m左侧路缘带+2×2×3.75 m行车道+2×3.50 m硬路肩(含路缘带0.5 m)+2×0.75 m土路肩。老路行车道与路缘带原路面结构为:16 cm 沥青面层+30 cm 二灰碎石基层+15 cm 二灰碎石底基层,总厚度为61 cm。老路硬路肩宽3.5 m,含0.5 m路缘带,路缘带路面结构与行车道一致,但路缘带外侧3 m宽范围硬路肩无底基层总厚度46 cm。该高速公路拟双侧拼宽,由双向4车道改扩建为双向8车道。

2 新老路面拼接设计研究

2.1 老路硬路肩路面结构验算及处理方案比选

该高速公路拓宽改建后,老路硬路肩将作为第三车道,未来主要通行大车、重车,硬路肩的技术状况会影响新老路面的拼接方式^[3],因此需要对其进行评估验算。对老路硬路肩的处理拟定了2种方案。方案1:加铺补强,直接在硬路肩原位加铺20 cm 沥青混凝土;方案2:挖除新建,挖除现状硬路肩后新建路面结构为4 cm SMA 沥青玛蹄脂碎石+6 cm Sup-20 沥青混凝土+10 cm Sup-25 沥青混凝土+8 cm ATB-25 改性沥青稳定碎石+20 cm 水泥稳定碎石基层+34 cm 水泥稳定碎石底基层。

结合预测的交通量,并根据《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2017)(下文简称《规范》)^[4],对以上2种方案进行路面结构验算^[5-6],其中半刚性层疲劳开裂对应的累积当量轴次验算结果如表1所列,结果显示:由于老路硬路肩无底基层,即使对老路硬路肩加铺20 cm 沥青罩面,仍远无法满足要求,故推荐采用方案2,即对老路硬路肩全部挖除后新建路面。老路硬路肩沥青挖除料可进行热再生后用于新建的柔性基层ATB-25或沥青下面层Sup-25,基层挖除料则可筛选出满足要求的部分用于拼宽路基的填筑,最大程度地利用老路废料,体现绿色、低碳、环保的理念。

2.2 保通施工情况下的新老路面拼接方案研究

2.2.1 新老路面拼接方案比选

路面施工期间老路仍需维持双向4车道保通,结合《高速公路改扩建交通组织设计规范》(JTG/T 3392—

表1 路面结构半刚性层疲劳开裂验算结果

验算内容	方案	计算值	对比值	是否满足
半刚性层疲劳开裂 对应的累计当量轴 次/10 ⁹	加铺20 cm厚 沥青罩面	1.41	4.88	否
	挖除新建	7.58	4.88	是

2022)^[7],保通路幅的断面布置具体为:0.5 m内侧路缘带+2×3.5 m行车道+0.5 m外侧路缘带+0.5 m临时护栏,即在硬路肩施工期间内侧需考虑至少预留8.5 m的保通宽度。

拼宽后,硬路肩作为第三车道,主要通行重车,结合相关研究成果^[8-10]车辆轮距宽度取2.5 m,车辆在正常居于车道中心行驶时的轮迹带外边缘线距离车道边线的距离约为0.6 m。结合保通预留宽度、轮迹带的位置等因素,拟定了以下2种路面拼接方案。

方案一:中面层Sup-20处设置一处10 cm宽的台阶,下面层Sup-25和上基层ATB-25合并设置一处10 cm宽的台阶,水稳碎石基层设置一处15 cm宽的台阶,如图1、图2所示,《高速公路改扩建细则》(JTG/T L11—2014)^[11]中提到,基层的拼接缝宜避开轮迹带,此拼接方案可控制拼接缝不进入第三车道轮迹带之内。

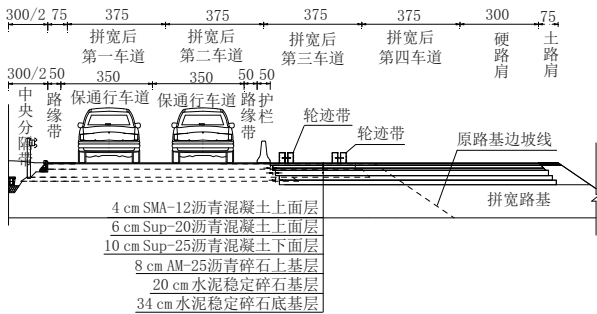


图1 方案一路面拼接横断面示意图(单位:cm)

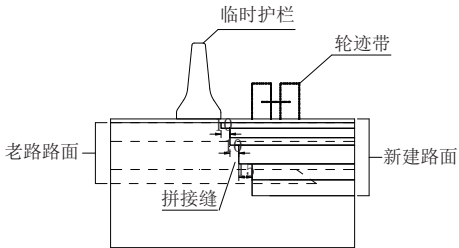


图2 方案一路面拼接大样图(单位:cm)

保通施工方案为^[12-13]如下。步骤1:左右幅分别按上述路面拼接方案施工至中面层Sup-20,此阶段车速限制为60 km/m,可按2.2.1节所述的预留宽度保证车辆正常通行;步骤2:将一侧车辆导改至其中的半幅路基A,在该半幅路基内进行双向4车道保通,另外半幅路基B则封闭并施工上面层SMA-13;步骤3:半幅路基B上面层SMA-13施工完成后再将车辆导改至该半幅进行双向4车道保通,另半幅路基A

同样进行封闭并施工上面层 SMA-13;步骤4:最后完成全部路面施工。

方案二:中面层 Sup-20 处设置一处 15 cm 宽的台阶,下面层 Sup-25 和上基层 ATB-25 合并,设置一处 15 cm 宽的台阶,水稳碎石基层设置一处 25 cm 宽的台阶,如图 3 所示,此拼接方案台阶宽度较大,便于施工,但底基层的拼接缝已进入第三车道轮迹带之内,保通施工方案同方案一。

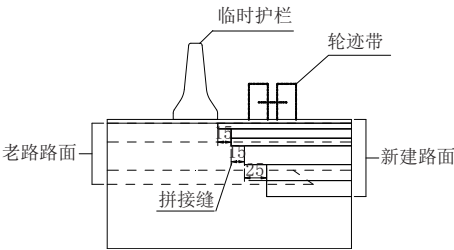


图3 方案二路面拼接大样图(单位:cm)

2.2.2 路面拼接处应力应变有限元计算分析

沥青路面拼接缝处易产生的裂缝类型主要分为以下几种:荷载型裂缝、温度型裂缝、反射型裂缝^[14]。该项目的拼接缝位于第三车道边缘,受大车荷载的影响较大,因此应着重考虑减少荷载型裂缝的产生。为更好地了解以上 2 个方案路面拼接缝处的受车辆荷载的影响情况,对各方案进行了车辆荷载下路面拼接缝处的应力应变有限元计算^[15-17]。路面各层材料物理力学参数依据《规范》表 5.4.5、表 5.5.11、表 5.6 取值,考虑到老路通车时间较长,故老路基层、底基层模量取规范要求的下限值。具体参数详见表 2。

表2 路面各层材料物理力学参数

材料	模量/MPa	泊松比	容重/(kN·m ⁻³)
新建路面参数			
SMA-13	9750	0.25	24
Sup-20	11 250	0.25	24
Sup-25	11 250	0.25	24
AM-25	10 000	0.40	23
水泥稳定碎石基层	11 500	0.25	22
水泥稳定碎石底基层	8 500	0.25	22
路基	120	0.40	21
老路参数			
老路沥青	10 000	0.25	24
老路二灰碎石基层	7 000	0.25	21
老路二灰碎石底基层	7 000	0.25	21
路基	60	0.40	21

车辆荷载根据《规范》3.0.3 条,采用轴重为 100 kN 的单轴双轮组作为轴载,单侧轮组荷载为 50 kN,故设置 100 kN/m 的均布荷载,荷载宽度范围为 50 cm,

位置为距离拼宽第三车道内侧标线 60 cm 处,即上文 2.2.1 节中所述的第三车道内侧轮迹带处。

拼接部位的水平向拉应力和应变分布如图 4 所示,结果显示最大应力应变均产生在底基层拼接处。方案一的最大水平向应力为 0.26 MPa,方案二为 0.28 MPa。方案一水平向应变最大值为 5.7×10^{-5} ,方案二最大值为 6.5×10^{-5} ,上述结果显示拼接缝越远离轮迹带,该位置产生的应力应变越小。水泥稳定碎石的极限弯拉应变约为 40×10^{-5} ^[18],上述 2 方案的最大应变均未超过极限值,但根据相关研究成果^[19],应变水平(即实际应变与极限应变的比值)越高,材料的疲劳寿命越短,因此方案二条件下的材料疲劳寿命较方案一更短。

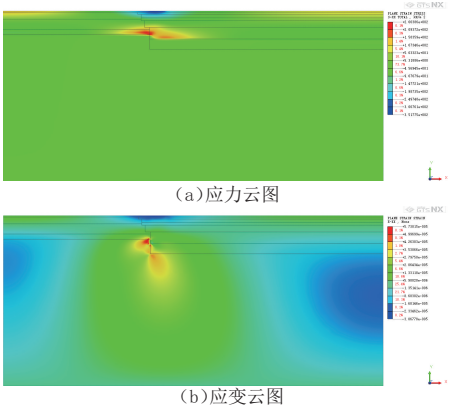


图4 水平应力应变计算结果云图

2.2.3 路面拼接方案的选择

根据方案比选及分析可得知,方案一的拼接缝可避开轮迹带,拼接缝处的应力应变较小,材料疲劳寿命更长,但拼接台阶宽度也较小,对施工工艺的要求更高;方案二的路面拼接台阶相对方案一更宽,对施工工艺的要求更小,但拼接缝已进入了轮迹带,拼接缝的应力应变更大,材料疲劳寿命更短,不利于路面拼接质量。为了减少通车后车辆荷载对路面拼接缝的影响,提升路面质量和疲劳寿命,减少拼缝处的路面病害,推荐在施工期提高路面拼接施工工艺,采用方案一的拼接方案。

同时还可以增加以下措施:在沥青层拼接处喷涂热沥青;在基层、底基层拼接处喷洒水泥砂浆;在沥青层与基层的交界面处铺设土工布、土工格栅、聚酯玻纤布等^[20-22],以进一步提升路面拼接质量,减少裂缝的产生。

3 结 语

本文以实际工程案例为背景,介绍了保通施工

条件下的改扩建公路路面拼接设计的思路 and 方案,保通条件下路面拼接需考虑的因素较多,设计和施工也更加复杂和困难,本文列举了2种方案进行比选,并通过有限元软件计算得出最大的应力应变产生在路面底基层的拼接缝处,且拼接缝越远离轮迹带,该位置处的应力应变越小,为减少通车后拼接处受到车辆荷载作用而产生的裂缝,推荐采用拼接缝在轮迹带之外的方案,并阐述了路面施工期的保通方案。本文可为类似的改扩建公路工程的路面拼接设计提供参考。

参考文献:

- [1] 姜正晖.高速公路改扩建沥青路面设计关键问题探析[J].中外公路,2020,40(4):58-61.
- [2] 冯欣,顾成.改扩建道路路线、路基与路面设计要点分析[J].四川水泥,2024(10):208-210.
- [3] 郑炳锋,吴威伟,李志涛,简辉.高速公路改扩建工程硬路肩技术状况评估与利用方案研究[J].现代交通技术,2024,21(10):13-19.
- [4] JTG D50—2017,公路沥青路面设计规范[S].
- [5] 张恒铖.某高速公路路面结构类型比选论证及结构验算[J].交通科技与管理,2024,5(4):87-89.
- [6] 闫亚鹏,盛萍,曹海波.高速公路沥青路面改建设计结构验算模型分析[J].公路,2024(4):77-81.
- [7] JTG/T 3392—2022,高速公路改扩建交通组织设计规范[S].
- [8] 徐进,张玉,戴振华,等.人类自然驾驶状态下车辆轨迹摆动特性与车道宽度[J].汽车安全与节能学报,2022,13(4):718-728.
- [9] 孟腾飞,谢逸超,聂渝涵,等.高速公路直线段货车轨迹摆动特征与车道宽度研究[J].公路工程,2022,13(4):393-398.
- [10] 吴少峰,陈智威,张高峰,等.基于实车数据的高速公路行驶轨迹偏移和车道侧向余宽[J].中国公路学报,2023,36(5):197-209.
- [11] JTG/T L11—2014,高速公路改扩建细则[S].
- [12] 何磊.高速公路改扩建施工工期保通方案研究[J].吉林交通科技,2021(4):13-16.
- [13] 裴彦龙.高速公路改扩建工程保通方案研究[J].智能交通,2020(8):177-178.
- [14] 夏演.公路沥青路面接缝处裂缝成因及防治措施[J].交通世界,2022(11):81-83.
- [15] 马晓晖.拓建公路新老拼接路面结构力学响应[D].上海:同济大学,2008.
- [16] 刘红坡,邱延峻.有限元法在沥青路面结构分析中的应用[J].西部探矿工程,2006(6):206-207.
- [17] 郭磊.基于扩展有限元的半刚性沥青路面开裂特性研究[D].郑州:郑州大学,2022.
- [18] 单超,郑传峰,杨雪,等.半刚性基础沥青路面反射裂缝行程试验及扩展机理研究[J].路基工程,2021(6):69-74.
- [19] 吴建明.公路新旧路面拼接施工技术研究[J].运输经理世界,2022(33):34-36.
- [20] JANG E R, JUNG Y H, CHUNG C K. Stress ratio-fabric relationships of granular soils under axi-symmetric stress and plane-strain loading [J].Computers and Geotechnics, 2010, 37(7): 913-929.
- [21] 张乐.新旧沥青路面拼接工程反射裂缝防治技术研究[J].北方交通,2017(11):68-71.
- [22] 谢杰.高速公路改扩建工程路面施工关键技术研究[J].交通世界,2022(33):45-48.

(上接第26页)

交叉分析,从而构建较为完整的用地出行关联分析系统。

参考文献:

- [1] 贾宏观.基于卡口数据的县城机动车出行特征研究[D].济南:山东建筑大学,2023.
- [2] 张清华.基于卡口车辆识别数据的车辆路径识别[J].道路交通与安全,2020,20(4):32-37.
- [3] 贾洋,张衡,陈诗一,等.城市群城镇用地与交通路网演变关联分析——以成都城市群发展为例[J].绵阳师范学院学报,2022(8):41.
- [4] 郝新华,周素红,柳林.广州市高峰小时居住用地交通产生与分布——基于出租车GPS起讫关联的分析[J].人文地理,2016,3(6).