

旧路改扩建工程路基路面设计关键问题研究

袁 琪

武汉科铁人才发展有限公司, 湖北 武汉 430000

[摘要]旧路改扩建工程面临既有结构共同作用、差异沉降防治以及旧路加铺设计等众多技术难点。文章主要针对路基路面设计中的一些主要问题进行了系统的探讨,在旧路状况调查与评估的基础上,对路基改建设计、路面结构改建设计进行了深入的研究。随着车流量不断增大,在老路面前也存在很大的压力,老路路基路面破损程度日益严重,给公路通行能力和行车安全带来了不利影响,通过对路面损坏类型与原因进行分析,提出了路面承载力检验与综合评价方法,对路基改建设计,主要是新旧路基连接处的处理方式、差异沉降的防治办法、软土地基的加固措施、排水稳定性的设计等。在路面结构改造设计上,全面介绍旧路利用方案的选择、结构组合改进措施以及反射裂缝处理方法、新旧路面连接方式等。改建项目不同于新建公路存在新老路基拼接、变形同步等一系列问题,尤其是新老路基拼接造成的下沉差异会对路基路面结构造成严重影响。研究可以为旧线改建设计施工提供借鉴作用。

[关键词]旧路改扩建;路基路面设计;差异沉降

DOI: 10.33142/sca.v9i5.19758

中图分类号: U417.3

文献标识码: A

Research on Key Issues in Roadbed and Pavement Design of Old Road Reconstruction and Expansion Projects

YUAN Qi

Wuhan Kette Talent Development Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract: The renovation and expansion project of old roads faces many technical difficulties, such as the joint action of existing structures, prevention and control of differential settlement, and the design of old road paving. The article systematically explores some of the main issues in roadbed and pavement design. Based on the investigation and evaluation of old road conditions, in-depth research is conducted on roadbed reconstruction design and pavement structure reconstruction design. With the continuous increase of traffic flow, there is also great pressure in front of the old road. The degree of damage to the roadbed and pavement of the old road is becoming increasingly serious, which has a negative impact on the road capacity and driving safety. By analyzing the types and causes of pavement damage, a method for testing and comprehensive evaluation of pavement bearing capacity is proposed. For the design of roadbed reconstruction, the main methods include the treatment of the connection between the old and new roadbeds, prevention of differential settlement, reinforcement measures for soft soil foundation, and design of drainage stability. In the design of road structure renovation, a comprehensive introduction is given to the selection of old road utilization schemes, improvement measures for structural combinations, methods for treating reflective cracks, and connection methods between new and old road surfaces. The reconstruction project is different from the new highway, which has a series of problems such as the joint of new and old roadbeds, synchronous deformation, etc. Especially, the settlement difference caused by the joint of new and old roadbeds will have a serious impact on the roadbed and pavement structure. Research can provide reference for the design and construction of old line reconstruction.

Keywords: renovation and expansion of old roads; roadbed and pavement design; differential settlement

引言

伴随着交通运输的发展,原先所修建的道路已经难以适应日益增长的交通荷载,老路加宽改造的问题就成为了

公路工程中的一大难题。高速公路加宽改造老路新填路基横断面沉降呈“W”形变形模式:两侧新路基变形较大,中间旧路基变形较小;不同于新筑公路的是,改造工程必

须要在维持现有交通运转的基础上进行施工,因此施工的技术含量更高,对设计的要求也更加苛刻。本文着重分析在路基路面设计上存在的难点,可为类似工程提供参考。

1 旧路状况调查与评价

1.1 路面损坏类型与成因分析

老路路面破损分为结构性破损和功能性破损两类。结构性破损主要是裂缝类病害,如纵向裂缝、横向裂缝及网状裂缝等。纵向裂缝出现于行车道边缘以及新老沥青混合料接缝部位,主要由路基不均匀沉降与温度应力引起;横向裂缝与沥青面层的低温收缩、半刚性基层的反射裂缝有关,网状裂缝是最严重的一种主观破坏性病害形式,意味着路面结构强度大大降低。功能性破损主要有车辙、波浪、坑槽等变形性病害和松散型病害等。车辙是在夏季炎热天气下,由于重载车辆多次碾压而造成的沥青路面永久性变形,它受混合料高温稳定性能、基层材料强度以及交通荷载的影响较大。龟裂则是在道路裂缝发展的基础上,雨水渗入造成集料破坏所形成的表面损坏,通过对旧路路基路面状况仔细观察便可发现其路基变形、下沉、路面强度下降等一系列问题。

1.2 承载力与结构性能检测方法

老路承载力检测是改造工程的首要环节。弯沉检测是目前使用最多的一种检验路面承压情况的方法,落锤式弯沉仪具有快捷非破坏性检测的特性,通过计算反推路面结构模量来判断承载力。探地雷达可以探测到路面结构层厚度以及内伤及含水量情况从而得出病害原因。路基检测采用的轻型动力触探以及静力触探用来测定路基土性质,同时压实度与回弹模量是评定路基压实程度的重要指标。新建路基施工阶段沉降量大,在施工完成后其沉降速率趋缓,新填筑路基对原有路基沉降的影响小。对于软弱土层应该做十字板剪切试验及固结试验以得到地基土的抗剪强度及固结系数等参数指标。

1.3 旧路技术状况综合评价

老路的技术状况评估应形成多因素综合系统,表1给出的

是评估项、检验方式及评判等级的关联。

总体评估时应考虑各个指标所占的比例,以此得出该段旧路的技术状况综合评分,进而决定旧路的使用情况和改造方案,在此过程中高分值的道路应选择加铺方案,严重失稳的则应采取铣刨重铺或地基加固处理。

2 路基改建设计关键问题

2.1 新旧路基结合部处理技术

新老路基衔接处是改建项目最易出现病害的部分,若处理不到位极易引起纵缝等病害的发生。改建路基主要存在的是沉降差异及边坡滑移两种病害类型,选用适宜的新老路基填料、严格控制压实质量,并采取有效的地基加固措施,可有效减小新老路基之间的沉降差异。结合部处理主要采取台阶式开挖、利用土工格栅加筋以及对压实度进行把控三种措施。台阶开挖是指在原有路基边缘按照一定的宽度和深度逐步开挖台阶,宽度一般选在0.8~1.5m之间,高度同填筑层厚度一样;台阶面应当做成向外有2%~4%的坡度利于结合部渗水排出。土工格栅加筋可以有效地限制土体侧面变形,在结合部形成整体性、抗剪强度较高的区段,加筋间距最好为0.5~1.0m,延长长度不少于3.0m。压实控制上,结合部的回填应用小型压路机或者平板振动夯进行加强压实,压实度应高于普通路段1%~2%,使新老路堤紧密联结。另外,在结合处挖掘之后要及时施工,防止暴露时间过长造成边坡风化、雨水冲刷等问题而降低结合质量。

2.2 拓宽路基差异沉降机理与控制标准

新旧路基差异沉降问题为扩建施工的关键问题。新路基后期沉降远远超过已经稳定的旧路基,新旧路基有显著的不同沉降。差异性沉降的原因主要是由于固结沉降与剪切沉降造成的:①固结沉降,就是新填路基施工产生的附加荷载会使地基土中的超静孔隙水压力消散而发生固结沉降;然而旧路基早已完成固结过程,新路基的基底仍然在进行着前期固结阶段,两者的固结沉降时间不一样;②剪切沉降,在新旧路基过渡段产生了比较大的剪应力进

表1 旧路技术状况综合评价指标体系

评价类别	评价指标	检测方法	评价标准
路面损坏状况	路面损坏状况指数 PCI	人工调查/自动影像识别	优 ≥ 85 , 良 $70 \sim < 85$, 中 $60 \sim < 70$, 次 $50 \sim < 60$, 差 < 50
路面行驶质量	行驶质量指数 RQI	颠簸累积仪/激光平整度仪	优 ≥ 90 , 良 $80 \sim 90$, 中 $70 \sim 80$, 次 $60 \sim 70$, 差 < 60
路面结构强度	结构强度系数 SSI	落锤式弯沉仪/贝克曼梁	足够 ≥ 1.0 , 临界 $0.8 \sim < 1.0$, 不足 < 0.8
路基性能	回弹模量/压实度	承载板法/灌砂法	按设计值分级评定
安全性能	抗滑系数/构造深度	摆式仪/铺砂法	按规范限值评定

而造成侧向的剪切形变,原因是新路堤上的附加应力集中在交界面上分布极不均匀并且最大值也最高,再加上新旧路基材料的弹性模量存在区别造成了应力重新分配使得接头两侧剪应力增加。差异沉降的控制指标需兼顾车辆行驶平稳及道路结构安全两个方面。一般情况下以工后沉降差异及高程变坡度为评定依据:一般段落允许工后沉降差 $\leq 5\text{cm}$,桥头段 $\leq 3\text{cm}$;高程变坡度不宜大于 0.5% 。而在制定控制指标的同时还必须考虑路面上部结构层的允许变形范围,在差异沉降造成的新附加应力大于路面结构抵抗裂纹拉断能力的情况下会产生反射性裂缝。所以,差异沉降控制指标应该同路面结构的设计相匹配,建立路基-路面一体化的设计理念。目前在减小新旧路基差异沉降措施方面,尤其是加筋体系布设与路基内部排水系统的研究仍较为薄弱。当前已有的一些工程经验显示使用土工格栅加固、铺设排水垫层、调控填料速度等组合手段可以较好地降低沉降差值,但是各个方面的具体量化设计公式尚不成熟,在今后的工作中应当加强这些方面的理论探索以及实际验证。

2.3 软弱地基处理与加固措施

软土地带改扩建工程面临的地基问题更加突出,其中PC管桩是软土地基改扩建中效果较优的方案之一,经过软基处理后的新老路基差异沉降控制明显优于未经过处理的地基。常用的一些软弱地基处理方法及使用条件有以下几种:排水固结法适用于高压压缩性的软土层,通过铺设排水板或砂井加速地基固结,初期强度提升较快,但完全固结所需时间较长;水泥搅拌桩适用于软土层厚度不大于 15m 的情况,通过搅拌水泥土使复合地基抗压能力强;CFG桩与预应力管桩适用于深层软土层中,其抗压强度大并且沉降容易控制,但成本较高。对有较高差异沉降控制要求的桥头段推荐使用桩网复合地基以及刚性桩措施。

2.4 路基排水与稳定性设计

路基排水系统的设计对于保证路基长期稳定具有重要意义。改扩建工程中,原有排水设施常因路基加宽而遭到破坏,需要重新设计边沟、截水沟、盲沟等排水构筑物。边沟宽度大小应按其集水面积以及暴雨强度进行计算确定并用浆砌片石或者混凝土砌筑防止冲刷。高速公路改建过程中不可避免会涉及新老路基衔接处以及路面变形等问题。路基稳定性分析应该兼顾到施工期以及运营期这两个方面:在施工阶段要进行新旧路基衔接处抗滑稳定性的验算,在使用过程时要对因不同沉降造成的整体强度下降的问题加以考虑。加宽路基边坡比原路基边坡缓,一般为

1: (1.5~2.0)也可以做成阶梯形边坡来提高边坡的稳定性。

3 路面结构改建设计关键问题

3.1 旧路面利用与加铺设计原则

旧面层是否使用应该结合承载能力评定值来决定,在旧路面结构强度系数 $SSI \geq 1.0$ 的情况下,可以选用直接加铺的方式;如果 SSI 位于 $0.6 \sim 1.0$ 之间,则要经过铣刨或者是破碎再生处理后再加铺;如果 SSI 小于 0.6 时,则需要开挖重建^[1]。在新建加铺结构设计时应注意以下几个技术环节:第一,保证新旧路面高度过渡平稳,防止产生错台和跳车等病害;第二,要保证加铺厚度达到结构承载力的要求;第三,确保新旧道路材料性质协调一致以提高面层整体刚度。对于原路面检测完毕之后还要对原有路面板型以及纵断面线形进行分段拟合。并且线形的各项指标也要满足现行规范有关标准的规定。同时在进行加铺结构设计时还要综合研究解决好该路段的排水设施布局问题、路缘石高度设置等问题。

3.2 路面结构组合优化设计

路面结构组合设计应当综合考量结构强度、抗裂性和抗疲劳能力三个方面,加铺层可选用沥青混凝土或水泥混凝土材料,其中沥青加铺层厚度宜控制在 $8 \sim 12\text{cm}$,可采用两层或三层结构组合形式。基层加固材料可选用水泥稳定碎石、大粒径透水沥青混合料等。路面加宽拼接时应重点处理新老路面的搭接问题,为降低反射裂缝产生概率,可在加铺层与旧路之间设置应力吸收层,应力吸收层常用类型包括橡胶沥青应力吸收层以及土工织物夹层等。结构组合设计要以强基薄面的设计理念为主导,保证基层具备足够刚度与良好的抗疲劳性能。

3.3 反射裂缝防治技术

反射裂缝是公路改建中最为普遍的一种病害形式,发生的原因就是由于旧路面裂缝受温差应力及行车负载应力拉伸而上伸穿透到加铺层内,在断裂力学中,影响裂缝扩展的主要因素就是旧路面裂缝尖端的应力强度因子,如果加铺层过薄或者材料抗裂能力差,那么裂缝尖端应力集中就容易造成裂缝瞬间穿越整个加铺层。反射裂缝的存在不但影响到路面外观,更是给雨水渗入到路面结构留下了一个入口,使路基逐渐变软以及路面结构的进一步损坏^[2]。防止反射裂缝的方法主要有以下三种:提高加铺层材料性能、增设隔震层、修补旧路面裂缝。在提高加铺层材料性能方面,可以使用改性沥青,加入聚酯纤维或者是抗车辙剂来增大沥青混合料的抗裂性能。经研究发现,SBS改性沥青混合料的低温抗裂性能比普通沥青混合料可显著提

升,而添加 0.3%聚酯纤维的沥青混合料可有效提高抗裂韧性。设置中间夹层方面,土工格栅、土工布以及应力吸收膜能很好地缓解裂缝尖端的应力集中情况。应力吸收层一般用橡胶沥青或者高弹性的沥青混合料铺设,厚度为 2~3cm,由于它良好的变形性能可以使裂缝尖端的应力得到释放从而提高加铺层的疲劳强度。处理旧路裂缝的方法则是通过灌缝、压浆或者是铣刨重铺等办法来进行。对宽度大于 5mm 的宽裂缝,应先开槽清缝后再灌注密封胶;而对于基层裂缝,应采用压浆的技术来填充裂缝的空洞,恢复其整体性^[3]。由于公路改扩建设计中的一些问题会在施工过程中逐渐显现出来从而影响到公路改扩建的效果,所以,针对反射裂缝应该做到贯穿于设计、材料以及施工整个过程之中,在设计时就要合理地确定好加铺层厚度及结构组合形式,在材料选取上优先考虑抗裂性能好的改性和添加剂,在施工的时候要注意做好接缝处理质量和粘结层面的均匀程度,形成全流程、全方位防治体系。

3.4 新旧路面衔接设计

新旧沥青路面的连接是整个沥青路面质量的重要环节。对于纵向接缝应设置搭接宽度,新铺筑的路面要将旧面层边缘至少覆盖 5~10cm,横向接缝主要是出现在分阶段施工路段时,应当设置平接缝或者台阶形接缝,在新旧路面连接部分涂抹粘结材料,然后振动压实。粘贴材料使用改性乳化沥青或是热沥青等,洒布量为 0.5~1.0kg/m²。横向接缝主要是在分段施工作业中产生,应该设置平接缝或台阶型接缝,在新旧路面连接处涂抹粘贴材料并且夯实。改建的重点主要是在于路基路面的构造设计上,怎样合理地解决好路基路面的一些工程问题是改建项目能否顺利完成的关键因素之一。新旧板块之间的标高衔接要考

虑路面横坡的顺畅衔接,保证横坡顺接、排水通畅,避免积水与跳车。

4 结语

本文对旧路改扩建项目的路基路面设计的关键技术问题进行了深入的研究,得到如下结论:旧路现状调查分析是旧路技术状况评价的基础,应建立多层次、多指标的综合评价体系,路基改扩建设计应以控制新老路基差异沉降为核心,对于软弱路基要根据具体情况采取不同地基加固方法,而旧路改建设计要注意的是如何合理有效的利用旧路部分,选择合理的路面结构形式并采取有效措施抑制反射裂缝的产生,新旧路面之间过渡的处理质量直接影响路面整体使用性能与寿命。伴随着我国经济社会发展的加速推进以及交通流量的增长,未来几十年内我国将面临大量的道路改扩建问题,相关技术问题亟待进一步研究与完善。后续可重点加强加筋结构优化布置、路基内部排水系统设计等方面的研究,为旧路改扩建工程提供更为可靠的技术支撑。

[参考文献]

- [1]李金龙.基于交通流量优化的老旧公路路基路面加固改造技术研究[J].人民公交,2024(20):159-161.
 - [2]莫娅婵,张军辉,杨豪,等.改扩建工程路基差异沉降研究综述[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2024,21(1):110-132.
 - [3]李兴明,祝希,石得权,等.高速公路改扩建新老路基沉降变形规律研究[J].岩土工程学报,2025,47(1):261-265.
- 作者简介:袁琪(1992—),男,汉族,重庆垫江人,工程师,中国地质大学江城学院本科毕业,现主要从事道路工程方向的工作。