

基层施工质量对沥青路面服役性能的影响

黄 兴

新疆生产建设兵团交通建设有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]基层是沥青路面主要承重结构层, 基层施工质量好坏直接影响到路面的服役性能。从基层压实质量、平整度均匀性两个方面, 对基层施工质量对路面结构承载能力和耐久性的影响机理进行了分析。就原材料质量控制缺位、施工工艺执行偏差、养护管理不到位等问题提出了材料优选、工艺优化、过程管控、养护改进的全链条质量提升措施。提高上下基层层间连续性, 可以提高整个路面结构的强度和刚度, 也大大延长了上基层的疲劳寿命。基层施工质量全过程精细化管理, 是保证沥青路面长久服役性能的主要途径。

[关键词]基层施工质量; 沥青路面; 服役性能

DOI: 10.33142/aem.v8i7.20319

中图分类号: U416.043

文献标识码: A

The Influence of Grassroots Construction Quality on the Service Performance of Asphalt Pavement

HUANG Xing

Xinjiang Production and Construction Corps Transportation Construction Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: The base layer is the main load-bearing structural layer of asphalt pavement, and the quality of base construction directly affects the service performance of the pavement. The influence mechanism of the construction quality of the base layer on the bearing capacity and durability of the pavement structure was analyzed from two aspects: the compaction quality of the base layer and the uniformity of the flatness. A full chain quality improvement measure has been proposed to address issues such as the lack of quality control over raw materials, deviations in construction process execution, and inadequate maintenance management, including material selection, process optimization, process control, and maintenance improvement. Improving the continuity between the upper and lower base layers can enhance the strength and stiffness of the entire pavement structure, and greatly extend the fatigue life of the upper base layer. Fine management of the entire process of grassroots construction quality is the main way to ensure the long-term service performance of asphalt pavement.

Keywords: grassroots construction quality; asphalt pavement; service performance

引言

由于沥青路面具有行车舒适、施工方便等特点, 所以已经成为高等级公路和城市道路的主要路面形式。沥青路面多层结构体系中, 基层是主要承重层, 起着把车辆荷载传到路基的作用。基层施工质量直接影响到路面结构的初始使用品质, 在很大程度上也决定了路面在长期服役过程中性能演变的轨迹以及耐久性。经过多年的实践证明, 半刚性基层沥青路面结构存在一些不能忽略的缺陷和不足, 路面早期破坏严重。因此, 系统地阐明基层施工质量对沥青路面服役性能影响机理及作用途径, 对指导基层施工质量控制、延长路面使用寿命有着十分重要的意义。

1 基层施工质量与沥青路面服役性能的关系

基层施工质量同沥青路面服役性能有着直接的、深刻

的联系。路面服役性能包含结构承载能力、行车舒适性、耐久性以及抗滑性能等诸多方面, 基层质量对于这些各方面的影响都比较明显。从结构力学的角度来说, 基层属于路面结构的主要承重层, 它的模量、厚度以及整体性都会直接影响到路面结构的弯沉响应和应力分布状况。当基层施工质量好时, 荷载经由面层传到基层后可以有效地扩散到较大的范围内, 减小底基层和路基的压应力水平; 相反, 如果基层有压实不足、厚度不均或者层间黏结不够等情况, 就会造成应力集中和局部超载, 加快路面结构疲劳损伤的速度。提高上下基层层间连续性, 可以提高整个路面结构的强度和刚度, 明显延长上基层的疲劳寿命。就功能保持而言, 基层平整度、均匀性影响面层摊铺质量。如果基层表面有起伏或者局部松散, 就会造成沥青面层厚度分布不

均匀,从而影响面层的压实度和抗变形能力。另外,基层密实程度及抗冲刷能力还会对路面结构的防水耐久性造成影响,地表水经由面层裂缝渗透到基层顶面后,在行车荷载反复作用下容易引发唧浆、脱空等次生病害,从而大大降低路面的服役性能。

2 基层施工质量对沥青路面服役性能的影响机理

2.1 基层压实质量对路面结构承载能力的影响

压实是基层施工的关键工序,压实质量直接影响到基层的密实度、强度和刚度。基层压实度不够时,混合料内部孔隙率较大,颗粒间嵌锁力下降,使基层模量明显减小。车辆荷载作用下,模量不够的基层会受到较大的竖向变形和弯沉,加快路面结构的疲劳破坏速度^[1]。从力学响应的角度来看,基层压实不足对路面结构承载能力的影响有两方面:第一,压实度低使得基层自身抵抗压缩变形的能力降低,在重载车辆反复作用下容易产生累积塑性变形,表现为路表车辙和沉陷;第二,基层模量降低改变了路面结构层刚度匹配关系,使面层底部弯拉应力明显增大。采用高模量沥青混凝土基层可以较好地提高沥青路面的抗疲劳、抗车辙性能,改善路面结构受力,延长路面使用寿命。压实质量对路面承载能力的影响也表现在长期使用过程中。初始压实不足的基层在运营期受到交通荷载和环境因素的共同作用,会逐渐产生持续的压缩变形和强度下降,形成“弱基薄面”这样的不理想结构状况,使路面大修周期大幅缩短。

2.2 基层平整度与均匀性对路面耐久性的影响

基层平整度和均匀性都会对沥青路面的长期耐久性造成影响。基层表面不平整会将不平整传到面层上,造成沥青面层厚度出现变化。面层厚度偏薄的地方不仅承载能力差,而且散热快,在压实时容易造成压实度不够的隐患,而厚度偏厚的地方如果碾压不到位,就会留有较大的空隙率,加快速水损害的速度。基层材料的均匀性也不能忽略。路基和基层的平整度影响路面的平整度,路基和基层的平整度不好,这些不平整会逐渐传递到沥青路面表层,使路面不平整的问题更加严重^[2]。当基层混合料出现离析的时候,粗集料集中区域空隙率大、渗透性强,雨水容易下渗并冲刷基层;细集料集中区域强度低,在荷载作用下容易产生局部凹陷。由于材料和力学性能存在不均匀分布的情况,在使用过程中会使得路面出现差异变形以及应力集中现象,进而使裂缝得以产生并扩大。基层均匀性还表现在层间结合状态上。大厚度基层分层施工时,如果层间处理不好形成连续薄弱的界面,会削弱路面整体抗弯刚度,使各个结构层不能协同受力,降低路面疲劳寿命。

3 基层施工质量存在的主要问题及其对服役性能的影响

3.1 基层原材料质量控制不到位

原材料属于基层施工质量的基本环节,目前存在着质量控制缺失的情况。水泥稳定碎石基层所用集料中含泥量超限、针片状颗粒含量过多、级配不稳定等质量缺陷时有发生。碎石压碎值不大于 28%,针片状含量不大于 15%,集料中粒径小于 0.6mm 的颗粒应做液限和塑性指数试验,液限不大于 28%,塑性指数不大于 9,但是实际工程中部分项目对此重视不够,给基层质量埋下隐患。原材料质量缺陷会对服役性能产生影响,影响是全方位的。集料含泥量过大,会削弱水泥和集料之间的胶结强度,降低基层的整体性和抗冲刷能力;针片状颗粒含量过高,会使混合料在碾压过程中不能形成有效的骨架嵌锁结构,压实后强度较低;级配变异会造成混合料的密实度和力学性能存在较大波动,造成路面结构承载能力不均匀。

3.2 基层施工工艺执行不规范

施工工艺偏差属于基层施工质量缺陷的集中反映。混合料拌和过程中存在拌和时间不够造成的混合料均匀性差、水泥剂量和含水量控制不准等问题,在摊铺过程中摊铺速度不均匀、熨平板参数设置不当都会造成基层厚度和平整度的波动,在碾压过程中压实组合方式不合理、碾压速度和遍数控制不到位会造成压实度分布不均,局部密实度达不到要求^[3]。沥青路面施工要按照全面质量管理的要求,建立有效的质量保证体系,实行目标管理、工序管理,明确责任,对施工全过程的每一道工序的质量进行严格的检查、控制、评定。但是实际工程中工序质量管理的执行力度存在差异,有些项目为了赶工期而压缩合理的施工间歇,放松对关键工序的质量控制,造成基层施工质量无法得到根本保证。

3.3 基层养护管理不足导致性能衰减

基层施工结束后,及时、有效的养护管理对保证其强度的发展和长期性能的保持起着关键作用。对于水泥稳定类基层,成型后要保持适宜的湿度来保证水泥水化反应充分地进行,防止失水过快造成干缩裂缝。但是实际工程中基层养生措施不到位、养护时间不够、养护期间交通管制不严等问题比较普遍,造成基层强度达不到设计指标而受到荷载的影响,产生微观损伤,影响长期服役性能。养护管理的不足之处表现在基层成品保护上。基层施工完成后如果不能及时铺设封层或者面层,在降雨或者施工车辆通行的作用下,基层表面容易产生冲刷松散,降低层间结合质量,从而影响路面结构整体性和耐久性。

3.4 基层质量缺陷引发沥青路面早期病害

基层施工质量缺陷属于沥青路面早期病害的主要诱因,它的作用途径清楚而严重。基层施工质量不好,基层整体强度就会变弱,荷载作用过大时,就会产生辙槽和推移。由于基层强度不够所引起的车辙病害,在高温季节、重载交通情况下更加严重,影响行车安全和舒适性。裂缝属于基层质量缺陷造成的又一种早期病害。基层干缩裂缝或者温缩裂缝在温度应力和荷载应力的共同作用下向上反射到沥青面层上,产生反射裂缝;裂缝贯通之后地表水下渗,在行车荷载动水压力的作用下冲刷基层细料,造成唧浆、脱空,最终发展成坑槽等结构性破坏。基层施工质量差,沥青路面空隙率大,雨水浸入面层后停留在表面,造成局部离析,路面表层出现龟裂。基层施工质量缺陷和沥青路面早期病害的关系见表1。

4 提升基层施工质量保障沥青路面服役性能的措施

4.1 严格控制基层材料质量与配合比设计

从源头把控材料质量是提升基层施工质量的首要环节。应建立严格的原材料进场检验制度,对集料的压碎值、针片状含量、含泥量、级配等主要指标逐批检测,保证符合设计和规范要求。水泥应选用收缩性能好的品种,细度和凝结时间要符合基层施工工艺的要求。所选集料表面应粗糙,石质坚硬,耐磨性好,嵌挤作用强,与沥青粘附性能好。配合比设计要兼顾基层的强度、耐久性、抗裂性。在满足强度指标的基础上,控制好细料含量和水泥剂量,防止水泥用量过多造成过大干缩裂缝。大厚度基层施工要重视层间结合性能,经由改良配合比和层间处理工艺来保证基层的整体性和连续性。

4.2 优化基层施工工艺及关键工序控制

施工工艺的精细化是保证基层质量的主要方法。在混

合料拌和过程中,要严格控制拌和时间 and 用水量,保证混合料均匀、含水率合适,在摊铺过程中,根据基层厚度和宽度合理确定摊铺速度,保持匀速连续摊铺,防止停机待料产生横向接缝,在碾压过程中,根据试验段结果确定合适的碾压组合方式和遍数,遵循先轻后重、先慢后快的原则,保证压实度均匀达标。碾压施工时应注意从拌和到碾压终了的延迟时间,水泥稳定类混合料延迟时间过长会造成水泥部分水化,严重影响压实效果和最终强度,施工中应将延迟时间严格控制在水泥初凝时间内。接缝处理属于基层施工中容易被忽略的工序,横向施工缝应使用切割机将端面切齐并清理干净,涂刷水泥净浆后碾压密实,使接缝处的承载能力与基层整体一致。大厚度水泥稳定碎石基层整体式施工值得推广。大厚度水泥稳定碎石基层整体式施工时要注意机械设备的配置和碾压组合方式,对提高施工质量、缩短工期、降低成本、改善路面结构受力状况有较好的参考价值。该工艺采用一次摊铺碾压成型的方式,没有分层施工造成的层间薄弱界面,提高了基层整体性。

4.3 完善基层质量检测与全过程监管

质量检测及过程监管属于发现并改正施工偏差的最后屏障。应该建立包含原材料进场、混合料生产、摊铺碾压、养生保护等全过程的检测和监控体系。压实度检测要采用多点位、多层次的抽样方式,保证检测结果具有代表性;基层厚度及平整度应逐层逐段检测,及时发现偏差并加以修正。应加强对其施工质量的监督,严格控制基层材料的质量和碾压压实度,碾压完成后应进行压实度检测,对检测不合格的应分析原因继续加强碾压。全过程监管还要重视信息化管理手段的运用,利用施工参数的实时采集和数据分析来达到质量控制的动态化、精准化的目的。监理单位要切实履行职责,对关键工序进行旁站监督,保证施工质量控制措施落实到位。

表1 基层施工质量缺陷和沥青路面早期病害类型对应关系

基层质量缺陷类型	力学/物理机理	主要早期病害形式	病害发展阶段
压实度不足	模量降低、承载能力下降	车辙、沉陷、辙槽	早期→中期结构性破坏
平整度差/厚度变异	面层厚度分布不均、应力集中	局部开裂、坑槽、波浪	早期显现→持续发展
混合料离析(均匀性差)	空隙率不均、渗透性差异	龟裂、松散、水损害	早期局部→大面积扩展
层间结合薄弱	层间剪应力集中、协同受力失效	推移、拥包、滑移裂缝	早期突发→加速恶化
干缩/温缩裂缝(基层开裂)	温度应力与荷载应力叠加	反射裂缝、纵向裂缝	早期萌生→持续反射
养护不到位/强度不足	水化不充分、表面松散	表面松散、唧浆、脱空	早期隐蔽→中期显现

4.4 加强基层养护管理与施工质量持续改进

基层养护管理可以促进强度的发展,减少早期的缺陷起着重要作用。水泥稳定类基层碾压成型后要及时覆盖保湿养生,保持表面湿润状态,养生期不少于7天;养生期间要严格限制车辆通行,防止基层表面受到扰动而造成松散或者开裂。对已经出现的基层表面缺陷要及时进行修补处理,防止问题延续到面层施工中。基层施工质量的持续改善要依靠质量数据的积累和反馈。应建立施工质量档案,对施工过程中使用的原材料检测数据、施工工艺参数、质量检测结果等进行记录,经统计分析找出质量控制的薄弱环节并加以改进。路面维修要以预防为主,在病害刚发生的时候及时发现并处理,采用预防性维修来减少由于病害造成的损失。

5 结论

基层施工质量同沥青路面的使用寿命有本质上的联系。压实质量、平整度和均匀性是决定基层承载能力和路

面耐久性的主要因素,三者一起决定路面结构在交通荷载和环境因素的共同作用下长期的性能。目前基层施工中原材料控制、工艺执行、养护管理等各方面的存在诸多问题,必须依靠材料优选、工艺优化、检测加强、养护改善等一系列手段来加以解决。从工程实践可以看出,对基层施工全过程实行精细化管控可以提高沥青路面的服役质量,从而延长路面的使用寿命。

[参考文献]

- [1] 蔡义单.干线公路高模量沥青混凝土基层施工质量控制探析[J].交通世界,2024(26):38-40.
- [2] 孙旭强.大厚度水泥稳定碎石基层整体式施工应用研究[J].现代交通技术,2025,22(2):18-23.
- [3] 周尚来.水稳基层沥青路面开裂病害与预防措施研究[J].工程建设与设计,2024(6):149-151.

作者简介:黄兴(1996—),毕业于江苏科技大学土木工程专业,现就职于新疆生产建设兵团交通建设有限公司。