

高速公路沥青路面粘层及长大纵坡材料优化研究

胡汇群

(岳阳市公路桥梁基建总公司, 湖南 岳阳 414000)

摘要: 为了提高高速公路沥青路面的服务水平和使用寿命,对粘层和长大纵坡路段的材料进行优化设计,提出使用改性乳化沥青代替基质沥青作为层间粘结材料,在长大纵坡段下面层掺加玄武岩纤维或抗车辙剂。研究表明相比基质沥青,改性乳化沥青性能更稳定、更环保、施工更方便;玄武岩纤维可提高沥青混合料的整体性能,减缓车辙和滑移破坏,玄武岩掺量为 0.3% 时改善效果最佳;适当掺加车辙剂可降低沥青混合料的感温性,提高沥青混合料的动稳定度。

关键词: 公路;粘层;改性乳化沥青;长大纵坡;玄武岩纤维

中图分类号:U416.217

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2017)02-0073-03

近年来,随着高速公路沥青路面建设的全面展开、特殊路面结构如薄层沥青面层复合式路面结构等的应用及交通量和轴载的逐年增大,部分沥青路面出现局部和少量损坏,主要表现为路面车辙、局部水损害、特殊结构推移等病害及路面平整度不理想,这些病害很容易进一步发展成为龟裂和坑槽等损坏,严重影响高速公路沥青路面的使用寿命和服务水平。造成这种现象的主要原因是路面层间粘结不足和抗车辙性能不够。因此,提高沥青路面层间粘结和路面抗车辙性能成为改善和提升道路使用性能的重要手段。

沥青路面设计理论基本假设中要求层间完全连续,虽然工程中要做到这一点往往较难,但应重视层间粘结,采取合适措施提高层间结合效果。工程中对于半刚性基层,多在层间撒布水泥粉或水泥浆加强基层间的结合;对于沥青面层,则在层间洒布乳化沥青或改性乳化沥青加强层间的结合,一般中上面层为改性沥青时层间采用改性乳化沥青。目前很多高速公路项目建设中对于层间结合重视不够。该文结合南方某高速公路气候湿热、地形崎岖的特点,借鉴现有道路修筑经验,通过试验验证,对原面层间设计和下面层的抗车辙材料进行优化。

1 粘层材料的优化

粘层的主要功能是加强沥青面层间及面层与其他构造物之间的结合,兼具层间抗剪和防水作用。目前沥青路面一般采用分层铺设(2~3层)。随着重载交通的日益增加和极端气候的不断出现,对沥青路面的粘层质量提出了更高的要求。

1.1 沥青路面原结构设计方案

南方某高速公路主线路面结构为 4 cm AC-13C 改性沥青砼表面层+70 号热沥青粘层+6 cm AC-20C 改性沥青砼中面层+70 号热沥青粘层+8 cm AC-25C 沥青砼下面层+1 cm 同步沥青碎石封层+透层+33 cm 5%水泥稳定碎石基层+20 cm 3.5%水泥稳定碎石底基层+20 cm 级配碎石垫层,总厚度为 92 cm。

互通匝道路面结构为 4 cm AC-13C 改性沥青砼表面层+70 号热沥青粘层+6 cm AC-20C 改性沥青砼中面层+1 cm 同步沥青碎石封层+透层+33 cm 5%水泥稳定碎石上基层+20 cm 3.5%水泥稳定碎石底基层+20 cm 级配碎石垫层,总厚度为 84 cm。

热沥青粘层采用 70 号道路石油沥青,在干燥洁净的沥青层间采用沥青洒布车洒布热沥青,用量为 0.3~0.5 kg/m²。

1.2 粘层材料优化

原设计存在以下问题:1) 沥青面层间采用 70 号热沥青粘层,洒布量为 0.3~0.5 kg/m²,洒布量过小,实际施工中难以实施,现有沥青洒布设备难以进行准确的洒布作业。2) 实际施工中往往出现洒布量偏大的现象,易形成富油层,不利用于路面结构的稳定;若表面层与中面层间洒布量偏大,还可能出现表面泛油的风险。3) 试验路段铺筑时已出现粘轮、扯皮、成包的现象。鉴于此,建议采用改性乳化沥青替代基质沥青作为粘层油。改性乳化沥青粘层的洒布量为 0.3~0.6 L/m²。改性乳化沥青的技术要求见表 1。

表1 改性乳化沥青的技术要求

试验项目		规范要求	试验方法
	破乳速度	快裂或中裂	T0658
	粒子电荷	阳离子(+)	T0653
	筛上残留物(1.18 mm 筛)/%	≤0.1	T0652
	恩格拉粘度 E_{25}	1~10	T0622
蒸发残留物	沥青标准粘度 $C_{25.3}/s$	8~25	T0621
	含量/%	≥50	T0651
	溶解度(三氯乙烯)/%	≥97.5	T0607
	针入度(100 g, 25 °C, 5 s)/(0.1 mm)	40~120	T0604
	延度(15 °C)/cm	≥20	T0605
	与集料的粘附性(裹覆面积)	≥2/3	T0654
常温贮存稳定性/%	1 d	≤1	T0655
	5 d	≤5	

改性乳化沥青是以高分子聚合物为改性材料、基质沥青为基料,通过乳化剂及助剂的作用而形成的。目前市面上主要有 SBS 改性乳化沥青(多用于炎热地区)和 SBR 改性乳化沥青(多用于寒冷地区)。前者能同时兼顾沥青材料的高低温性能;后者具有较好的低温抗裂性,适合地处高寒地区的路面结构,广泛应用于封层、粘层、桥面防水粘结层等,其中乳化剂和稳定剂占 0.45%。SBR 是一种高分子聚合物,能与其他材料在沥青中相互作用形成网状结构,可限制沥青胶束的自由度,喷洒于沥青路面层间后不会和车轮沾粘,不会因施工车辆通行而影响粘结效果,是一种良好的沥青路面层间粘结材料。就该工程来说,建议采用 SBS 改性乳化沥青。

粘层对提高路面结构的整体性和稳定性至关重要,加强粘层施工质量是提高沥青路面耐久性的有力保障。在洒布粘层前 2~3 d,需彻底清扫下层结构表面,清除杂物及浮尘。开始大面积洒布前应试洒,确定各结构层间粘结材料的最佳洒布量。洒布时必须呈均匀雾状,洒布量尽可能准确、均匀,不能出现漏洒或呈条状。沥青洒布车喷洒不到的地方(如道路边缘)应采用人工喷洒,喷洒量不够的地方要补洒,过量时应及时刮除。

2 长大纵坡段材料的优化

原设计考虑到该项目地处山区,纵坡起伏变化频繁,全线中上面层统一采用改性沥青。但从已有高速公路使用情况来看,中上面层的双层改性沥青

也很难满足长大纵坡路段在重载交通作用下抗车辙性能的要求。结合该项目的实际情况,提出在长大纵坡上坡路段及重车相对较多路段的中下面层参加适量玄武岩纤维或抗车辙剂的优化设计方案。

2.1 玄武岩纤维的应用及优势

2.1.1 玄武岩纤维的作用机理

沥青材料是一种典型的感温性粘弹材料,在温度作用下主要表现为高温变软、低温变脆。玄武岩纤维的抗化学反应性能和路用物理性能良好,能通过吸附作用和加筋作用增强沥青混合料的性能,并可起到稳定作用。玄武岩纤维的优良物理化学特性(强度和模量高、韧性好)和破坏过程中的滞阻作用使其在沥青混合料中可起到加筋作用,有利于提高沥青混合料的结构稳定性,提升沥青混合料的路用性能。

2.1.2 玄武岩纤维的技术性能

目前道路工程中多采用短切玄武岩纤维,其属于连续玄武岩纤维范畴,是以玄武岩矿石为原料经高温(1 450~1 500 °C)熔融后拉丝而成,类似于玻璃纤维且呈褐色,具有耐高温、高韧性、高模量等优点。玄武岩纤维受高温影响小,在沥青混合料拌和过程中其作用一般不会减弱,加之其具有导热、导电弱及耐腐蚀性强等特性,其使用寿命相对较长。玄武岩纤维吸附沥青的性能可有效延缓沥青的老化,从而提高沥青路面的耐久性和使用性能,符合沥青路面使用性能优良、使用寿命长的铺筑要求。

考虑到该项目长大纵坡路段沥青层的抗车辙性

能不够,适当掺加玄武岩纤维以提升结构层的抗车辙性能和稳定性。按照 T0719—2011 的试验方法,成型(300×300×50) mm 掺玄武岩纤维的 AC-20 沥青混合料试件,在 60 °C 温度、0.7 MPa 轮胎压力下进行车辙试验,试验结果见表 2。

表 2 掺玄武岩纤维 AC-20 的车辙试验结果

纤维掺量/%	动稳定度/(次·mm ⁻¹)
0.0	5 137
0.2	5 470
0.3	9 144
0.4	7 108

由表 2 可知:随着玄武岩纤维的掺入,AC-20 沥青混合料的抗车辙性能得到较大提高。但根据相关试验结果,随着纤维掺量的增加,相同油石比下的空隙率也呈上升趋势,且纤维太多会凝聚成团,不利用分散,可能导致沥青混合料性能下降。因此,纤维掺量并非越多越好。根据表 2,玄武岩纤维的最佳掺量为 0.3%。由于纤维对沥青有吸附作用,掺入纤维后的油石比需略微提高,一般提高 0.1%。

玄武岩纤维可采用投料机投放,在拌和出料前应计算纤维掺量、检查拌和设备;需适当延长干拌时间,使玄武岩纤维充分分散;试拌后应取样检查,确定掺纤维的沥青混合料是否均匀和有结团现象。

2.1.3 玄武岩纤维的经济性评价

沥青混合料密度为 2 500 kg/m³;玄武岩纤维掺量为 0.3%,单价为 25 元/kg;半幅路基宽度为 3 m 硬路肩+2×3.75 m 行车道+0.75 m 内侧路缘带=11.25 m;下面层厚度为 0.08 m。掺加玄武岩纤维后,每米路面增加造价:

$$2\ 500 \times 1 \times 0.08 \times 11.25 \times 0.3\% \times 25 = 168.75 \text{ 元/m}$$

每平方米路面增加造价:

$$2\ 500 \times 0.08 \times 0.3\% \times 25 = 15 \text{ 元/m}^2$$

2.2 抗车辙剂的应用及优势

沥青结合料是一种温度敏感性材料,在交通量一定的情况下,温度升高会降低沥青材料的弹性模量和抗剪强度,使沥青面层抗永久变形能力降低而形成车辙。受沥青路面各结构层不同模量的影响,竖向压应变的峰值大多位于沥青路面的中下面层,中下面层抗车辙性能不够是沥青路面产生车辙的主要原因。抗车辙剂在高温下拌和时会部分熔融,一

方面增强沥青与集料的粘附性,另一方面提高沥青的软化点;未熔融部分则填充到骨架空隙中,提高沥青混合料的密实度。此外,抗车辙剂中的弹性成分能有效提高沥青混合料的劲度模量,从而大大提高其抗车辙能力。一般情况下,抗车辙剂的应用可大幅提高沥青混合料的高温稳定性,动稳定度最大能提高 2.5 倍,马歇尔稳定度最大能提高 35%。

目前市面上的抗车辙剂一般是沥青改性剂,以预防沥青路面车辙病害为主要应用目的。国外抗车辙剂主要有法国的 PR(聚合物为主要成分)、德国的 DOMIX(塑料改性剂为主要成分)。国内抗车辙剂主要有长安大学公路学院的 BX 沥青混合料添加剂、交通部公路科学研究所的 RA 沥青改性剂及其他一些市场化公司的产品。

为保证抗车辙剂沥青混合料具有优良的性能,抗车辙剂沥青混合料的干拌、湿拌时间应根据现场拌和设备及材料性能进行调试,以混合料拌和均匀、所有矿料颗粒全部裹覆沥青结合料为宜。添加抗车辙剂沥青混合料的运输、摊铺要求与普通沥青混合料基本一致。

3 结论

(1) 层间采用 70 号热沥青粘层,施工中往往出现洒布量偏大的现象,易形成富油层,不利于路面结构的稳定,还会出现粘轮、扯皮、成包的现象,建议采用改性乳化沥青作为粘层材料,洒布量为 0.3~0.6 L/m²。

(2) 在长大纵坡上坡路段及重车相对较多路段的下面层宜掺加适量玄武岩纤维或抗车辙剂,玄武岩纤维的最佳掺量为 0.3%。由于纤维对沥青材料的吸附作用,掺入纤维后的油石比需略微提高,一般提高 0.1%。

(3) 抗车辙剂主要通过改变沥青的感温性能提高路面的抗车辙能力,抗车辙剂的应用可大幅提高沥青混合料的高温稳定性。

(4) 掺加玄武岩纤维和抗车辙剂的混合料要适当延长拌和时间。

参考文献:

- [1] 刘丽.沥青路面层间处治技术研究[D].西安:长安大学,2008.
- [2] 李玲丽.沥青路面粘层油用量研究[J].西部交通科技,(下转第 79 页)

计厚度一致。

4.3 路表弯沉验收标准值计算

根据沥青路面结构层参数(见表4),结合层状弹性理论,运用BISAR软件对路表弯沉进行计算,计算结果即为路表弯沉验收标准值。采用的轴载为BZZ-100,荷载方式为双圆均布荷载,轮胎接地压强为0.7 MPa,当量圆半径为10.65 cm,层间接触条件为不完全光滑接触。

表4 路表弯沉验收标准值计算所用沥青路面结构参数

结构层	回弹模量设计值/MPa	厚度/cm
细粒式改性沥青砼	1 350.0	4
中粒式改性沥青砼	1 300.0	6
粗粒式改性沥青砼	1 060.0	8
水泥稳定碎石	1 767.5	36
低剂量水泥稳定碎石	800.0	18
路基	61.0	—

按表4所示路面结构参数进行计算,得到路表弯沉验收标准值为15.1(0.01 mm);按表3所示原设计路面结构参数进行计算,路表弯沉值为17.5(0.01 mm)。两个弯沉值都远小于路表设计弯沉值23.8(0.01 mm),并且采用文中方法得到的弯沉值最小,表明以设计弯沉值作为交工验收弯沉标准值不合适。以设计弯沉值作为交工验收弯沉标准值对于路面施工质量控制过于宽泛,而采用文中方法得到的路表弯沉值更符合实际条件,对交工验收弯沉控制更具准确性和参考性,且该方法可操作性较强,适用条件较理想,受交工验收时间的限制很小。

5 结语

该文针对目前国内在沥青路面交工验收时采用设计弯沉作为弯沉验收标准值的情况,提出了更合

理、更具参考性的计算路表弯沉验收标准值的方法。该方法通过室内试验分析土基回弹模量与含水量、水泥稳定碎石基层抗压回弹模量与养生龄期之间的关系,经数据回归分析得出相关性较好的函数关系,由此计算交工验收时土基、基层的实际回弹模量值,再结合室内试验得出的面层材料的实际回弹模量和雷达测试仪检测的各结构层厚度,经BISAR软件计算得出弯沉验收标准值。

参考文献:

- [1] JTG D50-2006,公路沥青路面设计规范[S].
- [2] 林榕.沥青路面弯沉指标验收标准的探讨[D].长沙:长沙理工大学,2012.
- [3] 郑健龙.基于状态设计法的沥青路面弯沉设计标准[J].中国公路学报,2012,25(4).
- [4] 柳志军.河南省路基路面设计参数研究[D].西安:长安大学,2004.
- [5] 刘维民,李志勇,董城,等.不同湿度粘性路基土动态回弹预估研究[J].公路工程,2013,38(6).
- [6] 陶文平.南方红粘土公路路基设计与修筑技术研究[D].长沙:长沙理工大学,2010.
- [7] 姚祖康.沥青路面结构设计[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [8] 郝冠军,王树杰.重载作用下半刚性基层不同龄期弯沉测试标准[J].中外公路,2015,35(6).
- [9] 吕松涛,郑健龙,仲文亮.养生期水泥稳定碎石强度、模量及疲劳损伤特性[J].中国公路学报,2015,28(9).
- [10] 王崇涛,郑木莲,王选仓.半刚性基层不同龄期弯沉检验标准[J].长安大学学报:自然科学版,2008,28(6).
- [11] 陈体华,曾明水.沥青路面结构层厚度与弯沉验收值的确定[J].公路与汽运,2003(2).

收稿日期:2016-07-25

(上接第75页)

- 2010(4).
- [3] 何会成,杨奇竹,吴旷怀.乳化SBS改性沥青和SBR改性乳化沥青对比试验[J].石油沥青,2007,21(4).
- [4] JTG E20-2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [5] 曹海琳,朗海军,孟松鹤.连续玄武岩纤维结构与性能试验研究[J].高科技纤维与应用,2007,32(5).
- [6] 胡东.玄武岩纤维沥青混合料性能试验研究[J].公路交通科技:应用技术版,2012(7).
- [7] 胡显奇.我国连续玄武岩纤维的进展及发展建议[J].高

科技纤维与应用,2008,33(6).

- [8] 赵振东.掺加抗车辙剂沥青混合料技术性能研究[J].公路交通科技:应用技术版,2009(2).
- [9] 曾志威.掺抗车辙剂沥青混合料路用性能研究[D].长沙:长沙理工大学,2009.
- [10] 张杰.排水性沥青路面材料特性及施工技术研究[J].公路与汽运,2016(1).
- [11] 于良溟.排水性沥青路面防水粘结层研究[D].南京:东南大学,2006.

收稿日期:2016-08-06