

Research Status Summary of Low Temperature Cracking of Asphalt Pavement

Qianwen HUANG

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: In the natural environment, the external environment factors directly affect the pavement performance of Asphalt Pavement. In various diseases of asphalt pavement, there is a common disease called low temperature cracking. Under low temperature conditions, if the asphalt pavement is not subject to constraint, it will shrink in volume. If the asphalt pavement is subject to constraint, it will cause temperature stress. When the temperature stress is equal to or about the tensile strength of the asphalt material, it will cause cracks. The main influencing factors of low temperature cracking of asphalt pavement are summarized in this paper, and analysis the temperature crack, then it will point out the measures to reduce the temperature cracks. The performance of asphalt at low temperature is worth studying and improving, it is a problem that needs to be solved further

Keywords: The asphalt pavement; Low temperature Cracking; Temperature stress; Measures

基于沥青路面低温开裂问题的综述

黄倩文

重庆交通大学, 重庆, 中国, 400074

摘要: 在自然环境中, 外界环境因素直接影响到沥青路面的路用性能。在沥青路面的各种病害中, 有一种常见的病害即低温开裂。在低温条件下, 沥青材料如果没有受到约束作用, 体积收缩, 如果收到约束, 会引起温度应力。当温度应力不低于沥青材料的抗拉强度时, 就会产生裂缝。本文综述沥青路面低温开裂时的主要影响因素, 分析温度裂缝的产生, 并且指出减少温度裂缝产生的措施。沥青材料在低温条件下的性能值得研究并做出相应的改善, 是需要进一步解决的问题。

关键词: 沥青路面; 低温开裂; 温度应力; 影响因素; 措施

1 引言

城市道路和公路干线广泛运用沥青路面, 中国目前建筑面积最多的也是沥青路面。作为我国公路路面的主要结构形式^[1,2,5], 沥青路面有可适应于各种环境, 噪音低、便于维修且行车平稳的力学强度。铺筑路面的面层时, 会受到来自车辆荷载和大气因素的直接影响。各国各地的高速公路一般采用半刚性沥青路面, 这种路面的强度和承载能力较高, 但是, 在使用的过程中, 存在开裂、难以修补等若干现象, 暴露出长期使用性能不足等缺陷问题。由于冬季温度低, 北方地区的沥青路面容易出现低温开裂现象, 同时出现如坑槽、沉陷、龟裂等若干病害, 损害路面使用寿命, 增加维修的费用。沥青路面具有低温抗裂性^[4,5,6], 这是一种抵抗收缩缝的能力, 具有一定的限度, 受到劲度^[7,15,19]等因素的影响, 故弄清影响沥青

路面在低温开裂时候的主要影响因素, 了解其裂裂缝产生的原因和温度应力的变化情况是十分必要的, 可根据这些基本情况, 进行相应的改善, 以减少温度裂缝的产生。

2 研究现状

加拿大从 20 实际 50 年代开始研究路面的低温抗裂性, 美国的 Monismith C L^[8]所做的关于混合料的低温收缩试验沥青得不少研究成果。日本、澳大利亚及欧洲等也对次进行了很多的研究, 针对沥青地间开裂问题, 找到了一些评价沥青低温性能的指标。

公路建设不断发展, 技术不断更新。早期, 得出用 10° C 的沥青混合料的劈裂强度和垂直变性来表示其低温指标^[11,15], 接着又发现低温裂缝主要是由低温应力~~错误! 未定义书签。~~产生。1991 年, 同济大学也此进行研究, 采用的是回归分析法, 根据这个方

法,进一步提出了可以预估横向裂缝间距的方法。有相关研究对此问题提出,以沥青变流指数作为沥青混合料的温度指标^[12,13]等诸如此类的研究专题,比如,在评价沥青低温抗裂性能时,用低温蠕变性能,见解多种多样。但是也存在一个问题,目前,我国并没有一种得到广泛认可的开裂性能评价方法^[13,14,15,20]。

3 影响沥青路面低温开裂的因素

跟踪调查分析,现场研究发现沥青路面低温开裂时,裂缝与交通方向垂直,间距比较均匀。高寒地区主要是由于热胀冷缩产生裂缝,主要破坏形式是由于低温及低温开裂,使得沥青路面寿命下降,服务水平,资金浪费。

3.1 沥青路面

结合道路所在地的交通荷载情况及工程经验等情况,沥青路面结构及其材料参数见表 1。

表 1. 沥青路面结构及材料参数

结构层	材料类型	厚度 (mm)	动态模量 (MPa)	泊松比	弯拉强度 (MPa)
面层	AC16(SBS 改性沥青)	50	11000	0.25	-
	AC20(SBS 改性沥青)	70	10000	0.25	-
基层	水泥稳定碎石	200	7500	0.25	1.4
	水泥稳定碎石	200			
底基层	水泥稳定碎石	200			
垫层	级配碎石	200	250	0.35	-



图 1. 低温开裂实验设备

目前,我国的路面基层形式大部分是半刚性基层,其强度较高,坑永久变形能力、抗行车荷载疲劳破坏能力较强,具有较大的干缩和温缩特性,并且抗压强度值和抗压回弹模量值(约 500~3000Mpa)随着龄期的增长也会增长,具有较小的弯沉和较大的荷载分布能力。外界温度变化时,半刚性路面产生裂

缝,位置最先在基层内,其主要原因是因为其干缩和温缩特性较大,接着在沥青面层形成反射裂缝,是路表交通荷载和温度荷载共同反复作用的结果。

3.2 基本假设

在基本的实验条件下,假设将路面结构视为二维弹性层状体系^[5,17],也处于半无限连续介质条件下,各层机构具有各向同性且连续。路面结构层材料力学参数相差较大。此假设忽略横向的、纵向的温度方面存在的差异,忽略各层材料的导热系数、温缩系数、层间温度和热流连续等因素,是一种理想的假设条件。

3.3 影响因素

通过灰色关联法^[10,14]、二维热分析几何模型模^[1,25]、ASYS8 节点模型拟温度场^[4,13]等方法分析温度场的分布以及温度应力^[6,9,16]的变化规律。沥青路面低温开裂的影响因素很多,十分复杂,相互之间也有一定的关联程度。

材料因素的影响:沥青材料的性能、低温精度、温度收缩系数等因素都会对沥青路面开裂产生影响。

(1)结构方面产生的影响:厚度,选取的基层材料类型。减少裂缝可以通过适当的增加面层的厚度,注意温缩系数,系数越大,缩缝的数量越多。

(2)环境、时间因素产生的影响:初冬季节会出现大幅度连续降温等不良气候现象,似的材料的应力松弛性能难以发挥,从而积聚温度应力,引起开裂。沥青老化,路龄增加,劲度增强,温度反复作用,裂缝的宽度增加,间距减小。

(3)交通荷载、施工产生的影响:裂缝的数量增加,缝距缩短与车辆反复疲劳荷载作用有很大的关联。在高温条件下对路面进行碾压,当温度降低或者出现连续低温条件时,就会造成横向施工方面的缺陷,在缺陷处容易形成裂缝。

这些因素,变异性很大,经过调查研究取证分析,忽略部分因素的影响,得到了影响的最主要因素:低温劲度模量、松弛系数。

4 路面低温开裂机理

路面结构的温度场主要受太阳辐射及其与空气的对流交换所影响。沥青混合料并非良好的导热材料,不同深度时路面结构的温度不同。当路表的温度发生变化,变温也会沿深度方面衰减。当温度下降至一定

程度, 路面出现损伤, 而且损伤程度会随着温度的变化而变化, 也会随着深度的增加逐渐减小。沥青路面温度场温度如图一所示。

在连续低温条件下, 沥青路面的面层接近于弹性体^[15,16,20], 结构的劲度增加, 但是竖向位移出现负值现象。持续低温四天后面层结构的抗低温应变性能急剧降低, 应力增加, 对下面的层影响很大。

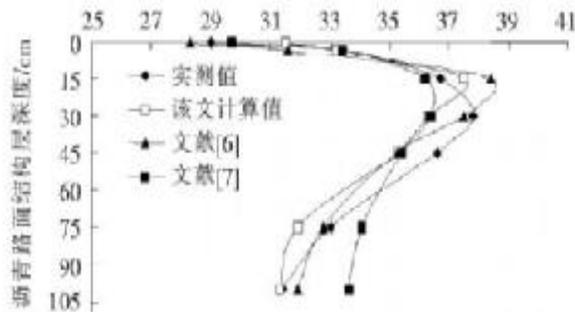


图 2. 沥青路面温度场温度

裂缝的产生与热胀冷缩关系极大, 如果降温面层收到基层约束作用, 就会产生温度应力, 与抗拉强度相等则造成低温缩缝。温度应力是由于外部环境变化产生的不稳定热流在内部形成温度场, 结构层收到约束, 而温度场与结构耦合则会产生温度应力。这是刘利华通过 ANSYS 建模, 温度场采用平面 8 节点模式^[4,13,21]得到的结论。当出现急剧的温度下降, 沥青混合料发硬收缩, 路面结构产生负温度梯度^[13,22,30], 材料应力松弛能力降低, 路面结构的温度应力来不及松弛会积累下来。半刚性基层底部为拉应力, 应力松弛的增长程度不及温度应力的增长程度, 使材料产生温缩变形。当温度应力积累到一定程度, 超过了极限抗拉强度^[23,24,27], 就会开裂, 位置在面层。有限的路面宽度, 使路面结构对收缩的影响程度降低, 产生较多的横向低温裂缝。如果温度一直很低, 那裂缝的尖端就有较大的应力集中, 裂缝会加宽、延伸, 呈现上宽下窄的现象^[22,23,28,29]。随着路龄增加, 沥青混合料劲度模量增加, 会产生新裂缝, 使得开裂更为严重。之前仅仅加深到整个面层, 现在两个力: 温度应力和附加集中拉应力, 反复作用使得半刚性基层慢慢开裂, 向基层深入。

5 温度裂缝的补救措施

低温开裂容易造成路面的横向裂缝。控制这种裂

缝的宽度, 需要按照规范设计合适的保护层厚度。如果保护层太厚, 裂缝宽度会增加, 这是由于构件的有效高度减少, 并且要采用合适的水灰比, 加强振捣, 进行施工, 保证混凝土的密实度。

对于低温开裂时的横向裂缝通常的补救措施是灌油法。清理沥青路面周围及裂缝的垃圾是第一步, 然后再将熬制好的沥青油浇灌到缝隙中。在裂缝较宽的情况下, 先用液化气对缝隙两侧加热, 灌入乳化沥青从而结合新旧沥青, 并用油毛毡盖在裂缝上面进行保护。裂缝比较浅的情况下, 这种方法效果明显, 裂缝很深时, 采用乳化沥青灌缝法, 使裂缝侧壁很好粘结, 以避免在到达裂缝底部前, 沥青油就变冷, 被车轮子带走的情况, 也避免了高温作业。乳化沥青凝固后, 和原来的路面形成整体, 弥补了原来的不足, 提高了路面的完整性和路面强度。

References (参考文献)

- [1] 刘沐宇,赵志斌,阮艳彬.持续高低温下沥青复合路面温度应力分析[J].武汉理工大学学报, 2010, 32, (10): 10-15
- [2] 罗 辉,朱宏平,陈传尧.持沥青路面的热粘弹性温度应力分析[J].公路交通科技, 2008, 25(2): 6-11.
- [3] 周金枝,李小飞,彭 婧.不同降温速率下沥青路面温度应力仿真分析[J].华中科技大学学报:城市科学版, 2008, 25(4): 73-75.
- [4] 罗 桑,李 勇,舒富民,等.沥青路面结构非线性瞬态温度场数值模拟[J].公路交通科技:应用技术版, 2016, 48(4): 48-51.
- [5] 刘利华,冯守中,高 巍.高寒地区沥青路面结构低温破坏理论分析[J].交通与计算机, 2008, 26(1): 92-95.
- [6] 钟 阳,耿立涛.沥青路面温度应力分析[J].大连理工大学学报, 2007, 47(6): 858-861
- [7] 严作人.层状路面体系的温度场分析[J].同济大学学报, 1984(3): 76-85.
- [8] Bissada A F.Structural Response of Foamed Asphalt Sand Mixtures Inhot Environments Transportation[R]. Re-search Record, 1987,1115:134-149
- [9] 吴赣昌.半刚性路面温度应力分析[M].北京:科学出版社,2013.
- [10] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社, 2011.
- [11] 姚祖康.对我国沥青路面现行设计指标的评述[J].公路, 2003(2): 43-49.
- [12] 周树毅.论述温度对沥青路面裂缝的影响.山西交通科技, 2005(6): 13-14.
- [13] 钱国平,蒋丽君,李 帅.沥青路面低温抗裂性能热收缩复合模型研究.中外公路, 2011.6, 31(3): 3-76.
- [14] 葛折圣.沥青混合料疲劳性能影响因素的灰关联分析[J].交通运输工程学报, 2002,2(2): 8-11.77 第 5 期
- [15] 李晓娟, 韩森, 李渊, 李波.沥青结合料低温抗裂性指标试验研究. 武汉理工大学学报, 2010.4, 32(7): 81-84
- [16] 马 磊,胡 浩,汪海年.考虑温度非均匀性的沥青路面温度应力分析.长安大学学报(自然科学版), 2011.131(1): 1-5.
- [17] 王刚.寒冷地区沥青混合料路用性能研究.长春,吉林大学, 2009.4.
- [18] 陈卓.沥青路面低温缩裂的原因与防治.石油沥青, 2009.2, 23(1): 62-64.

- [19] 郑健龙. 沥青路面抗裂设计理论与方法[M]. 北京: 人民交通出版社, 2014.
- [20] 王青. 关于沥青混凝土路面使用质量标准的探讨[J]. 科学之友(学术版), 2011(10): 55-56.
- [21] 李光要. 浅谈沥青混凝土路面施工质量控制[J]. 科技资讯, 2011(15): 41-47.
- [22] 夏力文, 胡苗. 沥青路面低温开裂机理及抗裂措施. 山西建筑, 2010.10, 36(28): 256-257.
- [23] 范植昱, 徐柏才. 降温过程对沥青路面 Top-Down 开裂的影响. 中外公路, 2011.4, 31(2): 40-43.
- [24] 姜 铁, 张春刚, 王海玲, 等. 沥青路面低温开裂问题的探讨. 建材世界, 2010, 31(5): 30-33.
- [25] 董希斌, 赵 熙. 美国沥青路面裂缝处治技术应用与研究进展[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(5).
- [26] Xue Li. Investigation of the Fracture Resistance of As-phalt Mixtures at Low Temperatufes with a Semi Circular-Bend(SCB)Test[D]. Minneapolis, University Of Minne-sota, , 2015.
- [27] 史曙峰. 关于沥青路面在低温时初始开裂的思考. 山西建筑, 2011.9, 37(27): 141-142.
- [28] 王海刚. 沥青路面低温开裂的影响因素分析[J]. 太原科技, 2012(12): 30-35.
- [29] 吴大军. 沥青混凝土路面裂缝分析及防治措施[J]. 河南科技, 2012(7): 60-63.
- [30] 王嘉琪, 李兆维, 魏建军. 大空隙沥青混合料抗冻性研究[J]. 中国科技信息, 2013, (21): 50-52.