

动水作用对沥青混合料低温抗裂性的影响

谭忆秋¹, 李晓琳¹, 胡斌²

(1. 哈尔滨工业大学 交通科学与工程学院, 哈尔滨 150090, layforever@sina.com;

2. 华南理工大学 道路工程研究所, 广州 510640)

摘要: 为了研究动水作用对沥青混合料低温抗裂性能的影响, 将动水作用引入试验, 利用自行开发的模拟实际沥青路面受动水作用的室内实验装置, 提出了荷载、水、温度三者共同参与的动水作用试验方法. 从沥青标号、级配类型、空隙率3种因素出发, 对7种沥青混合料动水作用前后的低温抗裂性能进行研究. 研究表明, 动水作用对沥青混合料的低温抗裂性存在不利影响. 不同因素下, 影响的程度有差异. 对于空隙率为10%的混合料, 其低温抗裂性能受动水作用的影响程度最高; 在最不利的空隙率10%下, 骨架结构的沥青混合料低温性能受动水影响比悬浮结构的要小; 粘度大的沥青制成的混合料其低温抗裂性能受动水作用的影响较大.

关键词: 沥青混合料; 动水压力; 动水作用; 低温抗裂性

中图分类号: U414

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2010)01-0119-04

Influence of dynamic water on the anti-cracking performance of asphalt mixture at low temperature

TAN Yi-qiu¹, LI Xiao-lin¹, HU Bin²

(1. School of Transportation Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, layforever@sina.com;

2. Institute of Road Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: In order to research the influence of dynamic water on the anti-cracking performance of asphalt mixture at low temperature, this paper introduces the dynamic water effect into the test, develops a laboratory test device for simulating the asphalt pavement affected by dynamic water, and puts forward a test method of dynamic water effect working together with load, water and temperature. Based on this method, the anti-cracking stability at low temperature of seven kinds of asphalt mixture is studied with consideration of asphalt grade, gradation type and air voids. Results show that the dynamic water can take adverse effect on the stability of asphalt mixture at low temperature. For the mixture with 10% air voids, the influence of the dynamic water effect is the most. The performance of the mixture with skeleton structure is better than that with suspended structure at the air voids less than 10%, and the mixture made of high-viscosity asphalt is largely affected by the dynamic water effect.

Key words: asphalt mixture; dynamic water pressure; dynamic water effect; low-temperature anti-cracking performance

随着交通量的急剧增长、车辆轴载的增大以及行车速度的提高, 许多沥青路面使用早期就发生泛油、内部松散、泛浆、沉陷和剥落等破坏现象^[1-3]. 早期破坏与水对沥青路面的作用有关, 路

面高速行驶引起的动水压力是早期破坏的一个重要肇因^[4]. 近年来, 关于水对沥青混合料性能影响的研究, 主要的研究方法是将水引入到沥青混合料性能试验中来. 采用不同水作用方式对沥青混合料试件进行预处理, 然后比较分析有水和无水作用两种条件下, 沥青混合料性能的变化^[5-6].

关于水对沥青混合料性能影响的研究, 存在

收稿日期: 2009-03-26.

作者简介: 谭忆秋(1968—), 女, 教授, 博士生导师.

一些不足,主要有:(1) 在水对沥青混合料作用的试验模拟方面,当前大多是考虑静态水和温度的作用,对动水引起的空隙水压力作用还没有足够重视,引入了动水作用的试验方法比较少见;(2) 在水对沥青混合料的性能影响研究方面,当前主要研究的是高温稳定性和抗疲劳性,关于水对混合料低温抗裂性的研究不多见;并且对于混合料性能受水作用的内部影响因素研究也不多.针对这些不足,本文将动水作用引入试验,研究动水对沥青混合料低温抗裂性能的影响,并对其相关的

内部影响因素进行分析.

1 混合料试件的制备

采用 SMA-16、AC-16、SAC-16 三种级配,AC-16 和 SAC-16 的级配取《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 推荐级配范围的中值,SMA-16 的级配取《公路沥青玛蹄脂碎石路面技术指南》(SHC F40-01-2002) 推荐级配范围的中值,其级配组成及最佳沥青用量见表 1.

表 1 3 种级配组成及最佳沥青用量

级配	筛孔孔径/mm											最佳油石比
	19.000	16.000	13.200	9.500	4.750	2.360	1.180	0.600	0.300	0.150	0.075	
SMA-16	100.0	95.0	75.0	55.0	26.0	19.5	18.0	15.0	12.5	11.5	10.0	6.30
AC-16	100.0	95.0	84.0	70.0	48.0	34.0	24.5	17.5	12.5	9.5	6.0	4.50
SAC-16	100.0	97.5	82.5	62.5	35.0	26.5	20.0	16.0	14.0	11.0	8.0	4.60

为了对不同沥青标号、不同级配以及不同空隙率的混合料进行研究,选择 90#、110#、130# 三种沥青,AC-16、SAC-16、SMA-16 三种级配,6%、10%、14% 三种空隙率组成了 7 种沥青混合料,具体组成情况见表 2. 现有研究表明,当混合料的空隙率在 8%~12% 时,其受水的作用较大;工程实地调查也发现,在水损坏发生路段,其路面的空隙率也大多在此范围.因此,本研究混合料的主要空隙率选定为 10%.

表 2 7 种混合料基本组成情况

混合料种类	沥青标号	级配	空隙率/%
A	90#	AC-16 中值	10
B	110#	AC-16 中值	10
C	130#	AC-16 中值	10
D	110#	SAC-16 中值	10
E	110#	SMC-16 中值	10
F	110#	AC-16 中值	6
G	110#	AC-16 中值	14

混合料试件尺寸均为 $\Phi 100 \text{ mm} \times 63.5 \text{ mm}$,采用旋转压实成型.该成型方法能精确控制试件的成型高度,从而较好地控制试件的空隙率.

2 动水作用试验模拟

自然降水通过路面的横坡来排除,所以雨天的路表常被一层水膜所覆盖.当车辆在水膜覆盖的路面上高速行驶时,轮胎与路面之间的水不断的被高速运转的轮胎作用,因此产生了动水压力^[7-8].在普通道路上,由于行车速度不高,所造成的动水压力不大.常规的沥青混合料技术要求已经足以抵抗动水压力的作用.但对于高等级公路,行车速度都在 110 km/h 以上,所造成的动水压力可达普通道路的 2.5~3.0 倍.实际上水是无

孔不入的,强大的动水压力将压迫雨水进入到路面,并直接作用在沥青集料的界面上,极易造成沥青集料的剥离,导致混合料的松散和路面结构的破坏^[9-10].所以在研究水对沥青混合料作用时,动水压力是一个极其重要的因素.

2.1 动水试验装置的开发

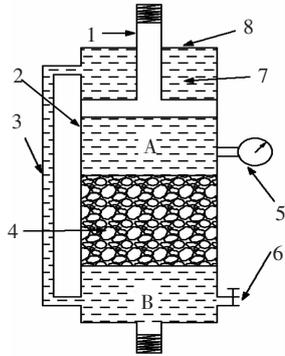
为了使室内试验能更全面地模拟沥青路面受到的动水、温度和荷载作用,动水作用试验装置应满足以下几点要求:

- 1) 装置必须提供激振源来模拟路面行车引起的动水压力对沥青面层的作用;
- 2) 装置中的水应能循环起来,以使混合料试件能受到水压力的反复作用;
- 3) 为了进一步对沥青混合料所受的水作用作出定量研究,试验装置须在提供水压力的同时能对水压力的大小和频率作出准确的测量和控制;
- 4) 装置能实现对不同水温条件下动水作用的模拟;
- 5) 试验选用 $\phi 100 \text{ mm} \times 63.5 \text{ mm}$ 的圆柱体试件,装置尺寸应与其配套;
- 6) 利用该装置获得的试验结果必须有足够的稳定性,即同组试验结果的变异性小.

基于以上要求和现有的 MTS810 机,设计开发了模拟沥青混合料受动水作用的室内试验装置,示意图和实图分别见图 1 和图 2.

装置的主体为冲刷桶,壁厚 10 mm,透明有机玻璃材质,内可放置混合料试件,桶内有支座和卡环将试件位置固定.为保证装置能承受试验所需压强,在桶身的外侧壁用铁皮紧箍,上盖与桶身用钢板和螺纹钢筋夹紧.在桶身一侧壁上有一导管

联通被试件隔开的两个水区;另一侧有两个阀门,下阀门用于装置的注水和放水,上阀门外接水压表,以便实时测量桶内的水压强. 试验时为保证装置的密封性,在活塞杆与桶盖及桶盖与桶身的接触处用密封圈和密封胶带处理. 另外冲刷桶内的混合料试件侧边缘用薄橡胶套包裹,以此加强其与装置的内壁密封,尽量减少水从间隙中流过造成冲刷效果减弱. 试验时,装置的上部活塞杆和下部底座固定在 MTS 试验机的上下压头上. 活塞杆上抹上润滑油,以保证其与桶盖开口接触良好.



1 - 冲刷桶; 2 - 活塞; 3 - 导管; 4 - 试件;
5 - 压力表; 6 - 阀门; 7 - 水; 8 - 桶盖
图1 动水作用试验装置示意图

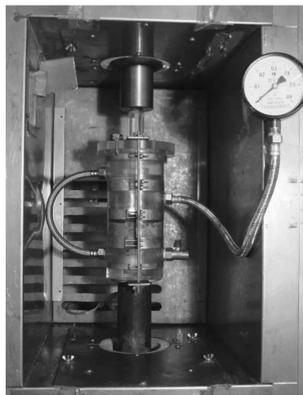


图2 动水作用试验装置实图

试验过程中,MTS 压头向下运动,装置中 A 区的水被活塞向下压入试件空隙中,部分水穿过试件的连通空隙进入 B 区;这种情况模拟路表水在车轮荷载作用下压入路面空隙中的情形. 同样,当 MTS 压头快速上升时,装置中 B 区水将经相反路径进入 A 区;这种情况模拟车轮离开路面时对其空隙水的泵吸作用. MTS 压头的反复上下运动,使装置中的水反复冲刷试件,从而模拟了水在车轮荷载作用下对沥青路面空隙的反复冲刷作用. 试验过程中,活塞不接触试件.

2.2 动水作用试验条件

为准确模拟动水对混合料试件的冲刷作用,必须首先确定动水作用的试验条件. 确定试验条

件时,选择了 110# AC - 16 10% 混合料试件进行试验. 试验条件的选定一方面考虑对实际情况的模拟,另一方面考虑室内试验实现的难易程度. 通过初选冲刷频率、冲刷压强、冲刷时间、冲刷温度等试验条件的范围,测定不同条件下动水作用后试件的 15 °C 劈裂强度比,根据试验结果最终选定冲刷频率为 10 Hz、冲刷压强为 0.4 MPa、冲刷时间为 15 min、冲刷温度为 45 °C 为模拟动水作用室内试验的试验条件. 基于此条件对 7 种沥青混合料进行动水作用试验.

3 动水作用对混合料低温抗裂性的影响

结合实际,本研究采用劈裂应变能密度来评价混合料的低温性能. 按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTJ052 - 2000 的 T0716 - 1993 沥青混合料劈裂试验方法对基准和水作用后的试件进行低温劈裂试验. 试验温度为 -10 °C,加载速率为 1 mm/min. 试验结果见表 3.

表3 7种混合料动水作用前后劈裂应变能密度的变化

混合料种类	劈裂应变能密度/(kJ·m ⁻³)		变化率/%
	基准	动水作用后	
A	8.57	7.32	-14.6
B	8.96	6.91	-23.0
C	9.17	6.58	-28.2
D	9.48	8.20	-13.5
E	9.71	8.71	-10.3
F	9.35	8.34	-10.8
G	7.90	7.69	-2.7

以下按照沥青标号、级配类型和空隙率情况对水作用后,混合料的低温性能进行分析.

3.1 沥青标号

有研究表明沥青结合料对混合料的低温性能贡献在 60% 左右. 90# AC - 16 10%、110# AC - 16 10%、130# AC - 16 10% 三种混合料在基准条件和水作用后的劈裂应变能密度变化情况见图 3.

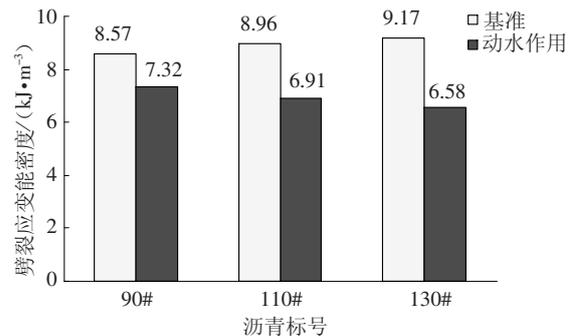


图3 不同沥青标号劈裂应变能密度

由图3可知,粘度最小的 130# 沥青制成的混合料在基准条件下其劈裂应变能密度是 3 种混合料中最大的,但是经过水作用以后其值变为三者

中最小,可见采用130#沥青的混合料受动水作用后,低温抗裂性能衰减最大.而对于粘度最大的90#沥青混合料,其劈裂应变能密度变化最小,表明其低温抗裂性能受水作用衰减最小.

3.2 级配类型

110# AC-16 10%、110# SAC-16 10%、110# SMA-16 10% 三种混合料在基准条件和水作用后的劈裂应变能密度变化情况见图4.

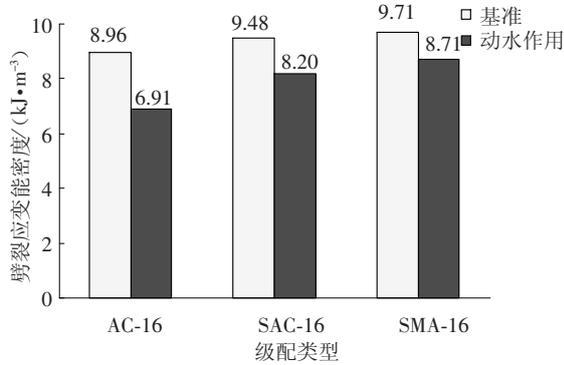


图4 不同级配劈裂应变能密度

由图4可知,AC-16混合料在动水作用后,其低温性能的折减比其他两种混合料要大.表明在10%空隙率下骨架结构的沥青混合料低温性能受水的影响比悬浮结构的要小.

3.3 空隙率

110# AC-16 6%、110# AC-16 10%、110# AC-16 14% 三种混合料在基准条件和水作用后的劈裂应变能密度变化情况见图5.

由图5可知,对于空隙率为10%的混合料,其低温抗裂性能受水作用的敏感程度是3种空隙率混合料中最敏感的.说明由动水作用造成的沥青与集料粘结作用减弱,影响了混合料的低温抗裂性能.空隙率为14%的混合料,其劈裂应变能密度的变化仅为2.7%,远小于10%空隙率混合料的变化,表明透水性好混合料其低温性能受水作用的影响很小.

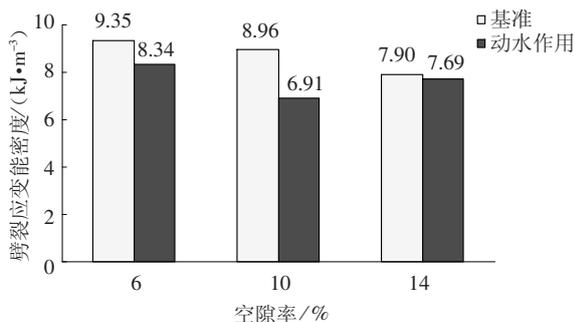


图5 不同空隙率劈裂应变能密度

4 结 语

将动水作用引入试验,利用自行开发的模拟

实际沥青路面受动水作用的室内实验装置,提出了荷载、水、温度三者共同参与的动水作用的试验方法.基于此方法,对试件预先进行动水处理,而后测定其沥青混合料低温抗裂性能的变化.从沥青标号、级配类型、空隙率因素3个角度研究动水作用对7种沥青混合料低温抗裂性的影响.研究表明动水作用对沥青混合料的低温抗裂性存在不利影响.不同因素下,其影响的程度是有差异的.对于空隙率为10%的混合料,其低温抗裂性能受动水作用的影响程度最高;在最不利的空隙率10%下,骨架结构的沥青混合料低温性能受动水影响比悬浮结构的要小;粘度大的沥青制成的混合料其低温抗裂性能受动水作用的影响较大.

参考文献:

- [1] 沙庆林. 高速公路沥青路面早期破坏现象及预防 [M]. 北京:人民交通出版社, 2001:23-25.
- [2] 沙庆林. 高速公路沥青路面水破坏及其防治措施 [J]. 国外公路, 2000, 20(3):6-8.
- [3] PLANCHER H, DORRENCE S M, PETERSEN J C. Identification of chemical types in asphalts strongly adsorbed at the asphalt-aggregate interface and their relative displacement by water [J]. Association of Asphalt Paving Technologists, 1977, 46: 151-175.
- [4] SWAILMI S A, TERREL R L. Evaluation of water damage of asphalt concrete mixtures using the environmental conditioning system [J]. Association of Asphalt Paving Technologists, 1992, 61: 405-445.
- [5] WILLIAMS T M. Use of environmental SEM to study asphalt-water interactions [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 1998, 10(2):121-124.
- [6] LOTTOMAN R P. Predicting Moisture-Induced Damage to Asphaltic Concrete-Field Evaluation, NCHRP Report - 246 [R]. Washington D. C.: Transportation Research Board, 1982.
- [7] 庄继德. 汽车轮胎学 [M]. 北京:北京理工大学出版社, 1996: 51.
- [8] HIMENO K, KAMIJIMA T, IKEDA T, et al. Distribution of tire contact pressure of vehicles and its influence on pavement distress [C]//Proceedings of 8th International Conference On Asphalt Pavement. Washington: University of Washington, 1997: 129-139.
- [9] 孙立军. 沥青路面结构行为理论 [M]. 北京:人民交通出版社, 2005:72-119.
- [10] TERREL R L, SHUTE J W. Summary Report on Water Sensitivity Report, SHRP-A/ZR89-003 [R]. Washington D. C.: Transportation Research Board, 1989.

(编辑 赵丽莹)