

基于 Overlaytester 的沥青混合料 抗裂性能试验方法分析

闫翔鹏¹, 阎肖宇²

(1. 山东建筑大学, 山东 济南 250101; 2. 山东省水利工程局, 山东 济南 250013)

摘要: Overlay tester 是一种简单快速的检测 HMA (Hot Mixture Asphalt) 抗裂性能的方法, 通过试验, 结果与路面实际表现相关性很好。

关键词: 沥青混合料; 抗裂性能; 试验方法 Overlay tester
中图分类号: U416.216 文献标识码: A

Analysis of test method for anti cracking performance of asphalt mixtures based on Overlaytester

YAN Xiang-peng¹, YAN Xiao-yu²

(1. Shandong Jianzhu University, Shandong Jinan 250101 China;

2 Shandong Province Water Conservancy Bureau,
Shandong Jinan 250013 China)

Abstract: The overlay tester is a rapid and practical experimental method, whose results all correlated well with the field performance.

Key words: asphalt mixture; cracking resistance property; test method; Overlay tester

1 概述

疲劳裂缝是沥青路面长期性能中最主要的破坏之一, 理想的疲劳分析方法应将 HMA 的复杂多样性、路面结构、交通和环境等准确的预测沥青路面疲劳性能所必需的因素都考虑在内。现有的设计方法并没有把疲劳试验作为设计工具, 究其原因, 就是由于这些试验费时费力, 常常需要昂贵的加载试验机工作几周获取一项数据, 缺乏简便易行的实验室试验方法。

2 Overlay Tester 试验原理

OT 试验是一种简单、快速、有效的检测沥青混合料抗裂性能的实验室方法。Overlay Tester (OT) 是由

Lytton 等在 20 世纪 70 年代设计的^[1], 用来模拟裂缝的张开与闭合的试验方法, 而这两个行为正是导致裂缝产生和扩展的动力。后来, Fujie Zhou^[2] 等将其改进, 用来作为预测和评价沥青面混合料的抗裂性能的可靠简便的试验方法。该方法目前主要应用在美国, 由美国德克萨斯州交通委员会 (TxDOT) 制定了试验标准, 近年来在全世界范围内逐步推广。

该试验的基本过程是将试验试件置于试验台上, 试验台由一固定钢板和一滑动钢板组成, 两块钢板之间的距离可根据试验调节。试验时将试件粘结于试验台上, 使得滑动钢板按固定的循环周期循环运动来给时间施加作用。通过测算试件破坏时滑动板运动的循环次数来评价沥青混合料的抗裂性能, 破坏循环次数越大表明抗裂性能越好。

关于 OT 试验的评价指标, 德克萨斯州交通部 (TxDOT) 的 Teax Overay Tester Project 认为沥青混合料 OT 试验 25℃ 条件下小于 300 个循环时^[2], 沥青混合料抗裂性能比较差, 普通密级配沥青混合料的试验结果一般都能大于 300 个循环。

沥青路面的裂缝包含裂缝的发生和裂缝的扩展两个阶段。传统测试沥青混合料的抗裂性能方法比如弯曲疲劳试验, 通过控制恒定的应力或应变施加作用, 但它只能考察疲劳开裂的发生, 无法将裂缝的扩展阶段包含在内。而现在应用广泛的有限元方法, 仅能考察已存在裂缝的基础上, 裂缝的扩展行为, 没有包含裂缝的发生过程。OT 试验中试件的开裂过程则包含这两个阶段, 使试验结果更全面, 与路面中沥青混合料的实际表现相关性更好。

3 试验方法

3.1 试件的制备

改进的 OT 试验应用直径 150 mm 的圆柱体试件, 经切割得到标准试件, 可以通过实验室旋转压实成型或者野外钻孔获得试件。经有限元对不同长度的小梁试件进行分析, 试件的应力分布集中在试件中部的约 63.5 mm (2.5 英寸) 内, 见图 1, 试验受试件两端的影响很小。因此, 在 OT 实验中使用 150 mm 长的试件

收稿日期: 2014—05—26

作者简介: 闫翔鹏 (1989—) 男, 山东济南人, 硕士研究生。

是合理的。

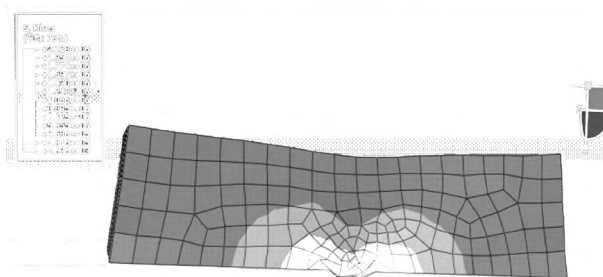


图1 OT 试验试件的 Mises 应力云图

标准试件的制备过程: (1) 通过旋转压实仪或野外钻孔取芯, 获取圆柱体试件; (2) 在圆柱体轴线两端进行平行切割, 切掉两端部位, 切至高 38 mm; (3) 在切余圆柱体直径两端平行对称切割, 使得剩余试件的宽度 75 mm; (4) 标准试件的最终为尺寸约为长 150 mm、宽 75 mm、高 38 mm。

3.2 试验条件

不像其他的疲劳试验那样以恒定的应力或应变进行控制, OT 是控制滑动板的位移来周期性的施加作用。(1) 温度: 0 ~ 25℃; (2) 开口距离: 0 ~ 2 mm; (3) 加载频率: 10 min/循环 ~ 10 s/循环; (4) 加载类型: ①程序 A(单步加载): 施加见图 2(1) 循环位移波, 通过记录加载数据可以得到沥青混合料的抗裂性能。②程序 B(两步加载): 见图 2(2), 第一步施加恒定的位移波, 用来确定松弛模量; 第二步和程序 A 相似, 直到试件损坏。程序 A 主要是用来检测沥青混合料的抗裂寿命, 程序 B 则可用来进行力学机理分析。

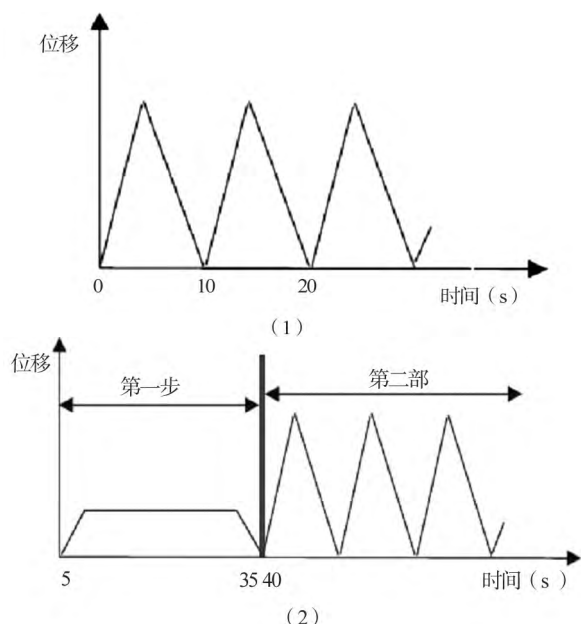


图2 试验的加载波形

3.3 试验过程

在环境温度 25℃ 条件下, 恒定的开口距离, 施加周期为 10 s, 最大位移为 0.635 mm 的循环位移, 直到试件破坏。其水平位移与裂缝间距为 4.5 m 的普通水泥混凝土路面经过 15℃ 的温度变化后的位移量相当。

4 实验数据

4.1 沥青混合料的开裂寿命

实验中, 可以通过分析荷载和位移与时间的关系曲线确定沥青混合料的开裂寿命。图 3 是典型的数据集合, 显示的是每一个循环中荷载和位移的值。曲线分为三部分: (1) 裂缝的发生和初期扩展。荷载和位移曲线具有相同的形状, 位移增大时, 荷载也增大。当裂缝开始扩展时, 荷载迅速下降。(2) 裂缝的扩展, 最大荷载缓慢下降。最明显的特征是最大荷载和最大位移同步。(3) 试件破坏。裂缝完全贯通试件, 最大荷载出现在最大位移之前。试件破坏的非常快, 应用上面的评价方法, 在该实验条件下, 试件的开裂寿命只有 6 个循环。

不同试件的抗裂寿命相差非常大, 有的实际仅一两个循环就破坏了, 有的则在试验进行 1 500 个循环后停止时仍然没破坏。试件的开裂寿命越长, 在实际路面中的抗裂性能表现就越好。

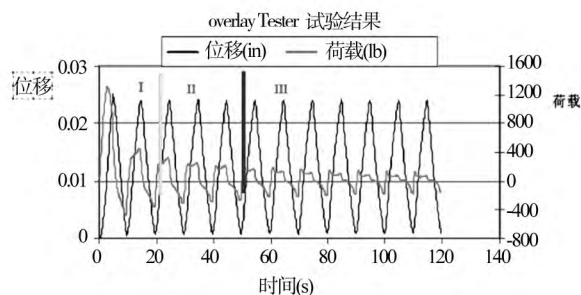


图3 OT 试验典型结果数据图

4.2 断裂参数 A、n 确定

在断裂力学方法中, 认为疲劳是材料初始微裂缝在荷载作用下, 扩展至破坏的过程。一般认为 Paris^[3] 方程可较好的描述裂缝扩展规律:

$$\frac{dc}{dN} = A\Delta K^n \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: c —裂缝长度; N —荷载次数; ΔK —应力强度因子增量; A 、 n —材料常数。

5 试验应用

对高模量沥青混合料进行了 HWD 汉堡试验和 OT 试验。集料的级配组成对沥青混合料的路用性能有很大的影响, 实验选择我国《公路沥青路面施工技术规范》^[5] 推荐的 AC-20 的中值级配, 见表 1。

表 1 混合料级配组成

筛孔尺寸 (mm)	各筛孔通过百分率(%)											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限	100	100	92	80	72	56	44	33	24	17	13	7
AC-20 下限	100	90	78	62	50	26	16	12	8	5	4	3
中值	100	95	85	71	61	41	30	22.5	16	11	8.5	5

试验中,添加 0.7% 高模量剂,选择沥青含量为 3%、3.5%、4.5%、5% 条件下,分别旋转压实成型进行试验,试验结果见表 2。

若按照混合料汉堡实验 200 000 循环车辙深度小于 12.5 mm,OT 试验大于 300 个循环的要求,图 4 中的黄色区域内选择合理的沥青含量,与马歇尔试验确定的最佳油石比协同分析,以确定更加合理的沥青含量,保证沥青混合料在具有良好的高温性能的同时,具有相对较好的抗裂性能。

表 2 汉堡试验和 OT 试验结果汇总

沥青含量(%)	3	3.5	4	4.5	5
HWDT (深度/毫米)	5.33	7.41	9.36	13.92	15.87
OT(循环/次)	98	175	360	592	726

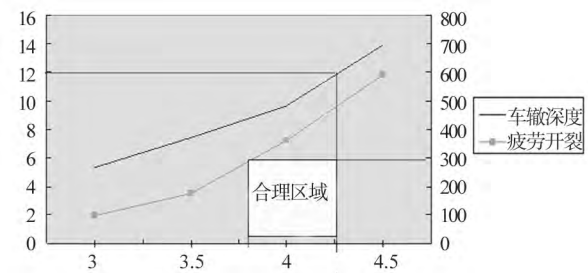


图 4 HWDT 与 OT 实验数据

6 结语

与以往评价沥青混合料抗裂性能的试验相比, OverlayTester 具有优点: (1) 试件相对容易获取,可通过现场钻孔取芯或旋转压实成型后,经切割制得标准试件。(2) 实验速度快,实验时间短,试验时间可以控制在 15 min 内,操作简便。(3) OT 试验包含裂缝的发生和扩展过程,试验结果与沥青混合料实际表现有很好的相关性。

参考文献:

[1] Germann F P, Lytton R L. Methodology for predicting the reflective cracking life of asphalt concrete overlays [R]. Texas: Texas A & M University, 1979.

[2] Zhou Fujie, Scullion T. Overlay tester: a simple performance test for thermal reflective cracking [C]. Proceedings of the Association of Asphalt Pavement Technologists. Long Beach, CA, USA, 2005(74): 443-484.

[3] Paris, P. C. and Erdogan, F. A. Critical analysis of crack propagation laws [C]. Transactions of the ASME, Journal of Basic Engineering, 1963, 4(D): 85.

[4] Pickett, D. L. and Lytton, R. L. Laboratory evaluation of selected fabrics for reinforcement of asphaltic concrete overlays [C]. Research report 261-1, Texas Transportation Institute, 1983. 8.

[5] JTGE20-2011, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程 [S].

[6] JTGF40-2004, 公路沥青路面施工技术规范 [S].