

文章编号:1671-6833(2009)02-0044-04

## 间接拉伸试验评价沥青混合料高温性能的研究

薛小刚, 徐 坤, 张争奇, 王秉纲

(长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

**摘 要:** 采用间接拉伸试验, 对不同温度、不同加载速率、不同沥青含量及不同级配下的沥青混合料间接拉伸试验(IDT)强度进行了研究, 结果显示: 温度和加载速率是影响试验结果的两个重要条件. 通过将间接拉伸试验结果与车辙试验结果进行对比分析后发现, 当试验温度为 40 ℃ 和加载速率为 50 mm/min 时, 混合料的 IDT 强度与车辙结果之间的相关性最好, 可以作为评价沥青混合料高温性能的力学指标, 建议在沥青混合料设计过程中采用.

**关键词:** 沥青混合料; 高温性能; 间接拉伸强度; 动稳定度

**中图分类号:** TU 528.46

**文献标识码:** A

### 0 引言

长期以来, 我国采用传统的马歇尔法设计沥青混合料, 而由该设计方法得到的参数不能真正地评价沥青混合料抗永久变形(或高温车辙)的能力. 随着交通量及交通荷载的增大, 已不太适用. 为了评价沥青混合料的高温性能, 目前在设计中虽然附加了一些性能检验方法如车辙试验<sup>[1]</sup>, 但其需要另行成型试件, 而且结果是一种工程指标, 只能作为性能检验, 不能作为力学设计参数直接用于混合料配比设计和路面结构设计中. 为此, 广大道路工作者做了大量的工作, 并提出了一些试验方法<sup>[2-4]</sup>. 笔者在试验研究和分析沥青混合料高温性能的基础上, 通过对各种试验条件和影响因素的对比分析, 提出采用间接拉伸试验强度作为沥青混合料高温性能评价及设计参数, 并推荐了相应的试验条件, 如试验温度、加载速率.

### 1 试验用沥青混合料及试验条件

在间接拉伸试验过程中, 沥青混合料试件承

受横向、纵向的拉应力和竖向的压应力, 这与路面长期承受车轮荷载产生剪切变形时的受力状况是相近的<sup>[2]</sup>. 笔者对不同试验条件下的沥青混合料 IDT 强度进行了研究. 试验过程中采用了 AC-13、AC-16、AC-20 3 种级配(详见表 1); 沥青采用克拉玛依 70# 基质沥青.

试验条件方面: 试件采用马歇尔成型试件; 试验温度分别为 40 ℃、50 ℃ 和 60 ℃; 加载速率为 5 mm/min、20 mm/min、50 mm/min; 沥青用量为 4.3%、4.8%、5.3%、5.8%; 试件在水浴中浸泡 50~60 min. 试验加载模式及破坏形式见图 1 所示.



图 1 加载模式及破坏形式

Fig. 1 Loading patterns and destruction forms

表 1 试验用沥青混合料级配  
Tab. 1 Asphalt mixture gradation

级配 类型	不同筛孔(mm)通过率/%											
	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-13			100	94.0	75.0	46.0	33.0	25.0	17.5	13.5	8.5	6.0
AC-16		100	96.5	81.0	68.0	48.0	30.0	22.0	16.0	13.0	9.5	6.0
AC-20	100	96.0	89.6	78.0	63.4	43.5	30.3	23.9	17.4	12.3	9.0	5.2

收稿日期:2008-09-21; 修订日期:2008-11-06

基金项目: 国家西部交通建设科技项目(2006G1881221); 国家自然科学基金资助项目(50478095)

作者简介: 薛小刚(1979-), 男, 陕西眉县人, 长安大学博士生, 主要从事沥青路面方面的研究工作, E-mail: xaxgxue@163.com.

## 2 间接拉伸试验结果分析

### 2.1 不同温度对试验参数的影响

沥青混合料在常温下接近于弹性体,随着温度的升高,沥青混合料逐渐接近于塑性体,强度也随之大大降低。在 40 ℃、50 ℃ 和 60 ℃ 3 种温度下,对 AC-16 沥青混合料进行了间接拉伸试验,图 2 为混合料 IDT 强度与温度的关系。

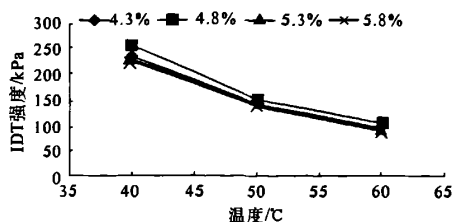


图 2 AC-16 混合料 IDT 强度与温度的关系

Fig. 2 Relations of AC-16 mixture IDT strength and temperature

由图 2 可以看出,混合料的间接拉伸强度在 40~60 ℃ 范围内随着温度的升高逐渐减小,说明此时沥青混合料的粘聚力在不断降低,从而使整个混合料的强度降低。

由图 2 还可以看出,采用不同级配的混合料随着温度升高所得到的 IDT 强度变化规律是一致的。高温是导致混合料强度降低的重要因素之一,但在试验中采用较高的温度未必是合适的。在 60 ℃ 高温状态下, IDT 强度值比较接近,几乎不能区分由沥青用量变化带来的影响。国外的研究者也认为采用较高温度下的力学试验来评价沥青混合料的高温性能是不合理的<sup>[4-5]</sup>。

### 2.2 不同加载速率对试验参数的影响

采用 AC-16 沥青混合料在 5 mm/min、20 mm/min、50 mm/min 3 种加载速率进行间接拉伸试验,图 3 为混合料 IDT 强度与加载速率的关系。由图 3 可以看出,加载速率的大小对试验结果的影响是十分明显的。加载速率越快,所得到的沥青混合料的破坏强度也越大。

当加载速度由 5 mm/min 到 20 mm/min 时,混合料破坏强度陡然增大;当加载速率由 20 mm/min 到 50 mm/min 时,破坏强度也是增大的,但增加幅度显然减小。由图 3 还可以发现,在不同的温度下,加载速率的变化带来的混合料破坏强度变化也是不一样的。在 40 ℃ 时,随着加载速率的增大,混合料的破坏强度值变化也比较大;当温度升高,混合料的破坏强度值变化的幅度明显减小。由以上分析看出,选择合适的加载速率,对于分析混合料试验结果有重要意义。

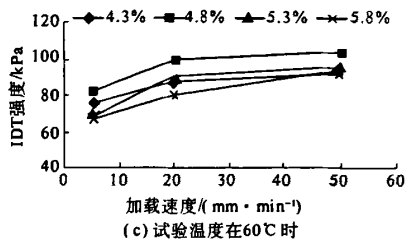
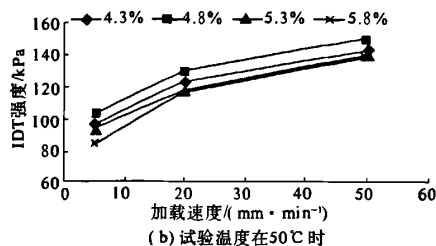
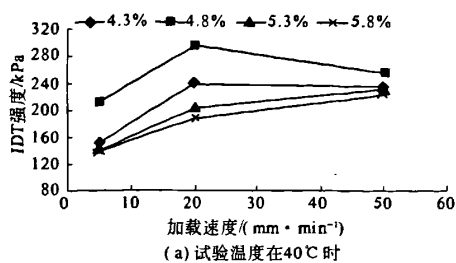


图 3 IDT 强度与加载速率的关系

Fig. 3 Relations of IDT strength and loading rate

### 2.3 不同沥青含量对试验参数的影响

在沥青混合料设计过程中,最佳沥青用量的确定是最重要的环节之一,其直接影响到沥青混合料的路用性能。图 4 为沥青混合料的间接拉伸强度随沥青用量变化的关系。

由图 4 中可以看出,3 种混合料在不同温度下,随着沥青用量的增大,破坏强度都是先增大,后减小,即在沥青变化范围内出现了峰值;并且各混合料在不同温度下出现峰值时的沥青用量是一致的,说明温度的升高会影响到混合料 IDT 强度的变化规律。混合料的 IDT 强度随着沥青用量增加先增大后减小,说明在沥青用量很少时,沥青不足以形成结构沥青的薄膜来粘结矿料颗粒。沥青与矿料之间的粘附力随着沥青用量的增加而增加,当沥青用量足以形成薄膜并粘附矿粉颗粒表面时,沥青胶浆具有最优的粘聚力。随着沥青用量的增加,未与矿粉发生胶结作用的“自由沥青”数量逐渐增加,而沥青混合料的粘聚力主要取决于自由沥青,所以抗剪强度几乎不变。随着沥青用量的增加,沥青不仅起着粘结剂的作用,还降低了粗集料的相互密排作用,因而降低了沥青混合料的内摩阻角, IDT 强度也缓慢减小。

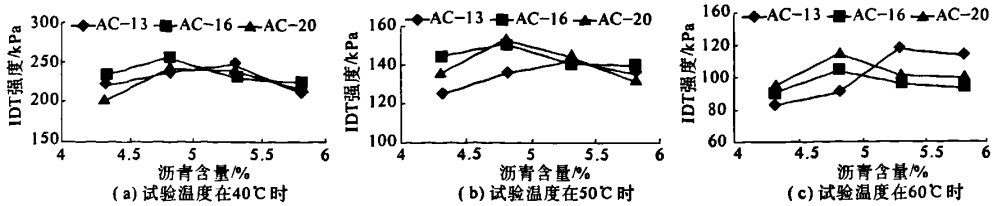


图4 IDT强度与沥青用量的关系

Fig. 4 Relations of IDT strength and asphalt content

#### 2.4 不同级配试验参数的影响

图4给出了在不同温度下,混合料破坏强度与不同沥青用量的变化关系.可以看出,各混合料出现强度破坏最大值所对应的沥青用量是不同的.AC-13混合料出现破坏强度最大值时所需沥青用量最大,AC-16与AC-20相同.这是因为对于相同质量的集料,AC-13相对于AC-16和AC-20来说,粒径相对较小,比表面积比较大,这就需要更多的沥青形成结构沥青的薄膜来粘结矿料颗粒.

从图4中还可以看出,各混合料在40℃时,随沥青用量的变化,破坏强度的变化比较明显.而当温度升高后,破坏强度随之减小,变化幅度也越来越小.AC-16的破坏强度峰值在40℃时略大于AC-13和AC-20,随着温度升高,各混合料出现的峰值大小区分已不太明显.

#### 3 间接拉伸强度与车辙试验结果之间的关系

图5显示了沥青混合料IDT强度与动稳定度之间的关系.可以看出,混合料的IDT强度与动稳定度之间有良好的相关性.3种沥青混合料的

动稳定度随着IDT强度的增大而增大,两者之间几乎成线性关系;并且在40℃时,动稳定度与IDT强度之间的相关性最好.随着温度的升高,动稳定度与IDT强度之间的相关性越来越差.在60℃时,试验所得IDT强度离散性较大,与动稳定度之间几乎不能形成线性相关性.

由以上分析可以看出,当沥青混合料的IDT强度达到最大时,混合料具有最大的动稳定度,说明此时混合料具有最佳高温抗车辙性能.由此可见,通过间接拉伸试验得到IDT强度,就可以评价沥青混合料的高温性能.根据在3种温度下的试验结果与车辙试验结果之间的对比分析,笔者认为在40℃时所得到的试验数据更加稳定,与车辙试验结果的相关性也最好.

图6显示的是40℃时AC-16沥青混合料在不同加载速率下的间接拉伸强度与动稳定度之间的关系.由图中可以看出,在不同加载速率时,混合料的IDT强度与动稳定度都有良好的相关性.混合料的IDT强度越大,对应的混合料动稳定度也越大,并且几乎成线性关系.在不同温度下,试验采用的加载速率越大,得到的IDT强度与动稳定度之间的相关性系数越高.

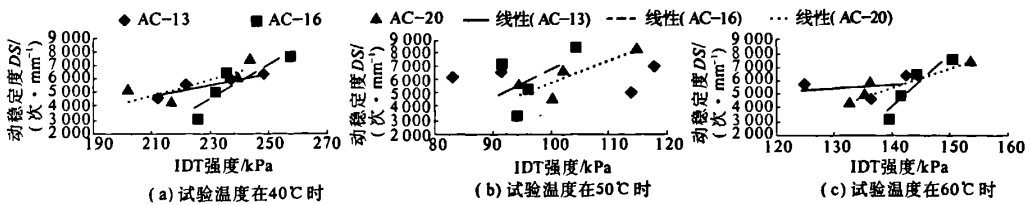


图5 IDT强度与动稳定度DS之间的关系

Fig. 5 Relations of IDT strength and DS

根据3种加载速率所得到的试验结果来看,加载速率越小,混合料的IDT强度数值也越小,数值离散较大,与动稳定度之间的相关性也越差.由此可以看出,采用较小的加载速率来进行间接拉伸试验,显然是不合适的.

通过车辙试验来验证沥青混合料的高温性能,车辙深度也是被认为是评价混合料抗车辙能力最直观的指标.图7给出了AC-16在40℃

时,不同加载速率下的IDT强度与车辙深度之间的关系.

由图7可以看出,AC-16混合料在不同温度不同加载速率下得到的IDT强度与车辙深度有着良好的相关性.随着IDT强度的增大,相应的车辙深度是逐渐减小的,高温抗车辙性能是在逐渐增强的.当IDT强度达到最大值时,混合料具有最佳的高温性能,这与前面的分析结论是一致的.

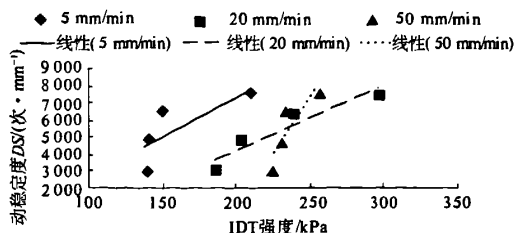


图6 不同加载速率下 IDT 强度与动稳定度 DS 的关系

Fig. 6 Relations of IDT strength and DS at different loading rate

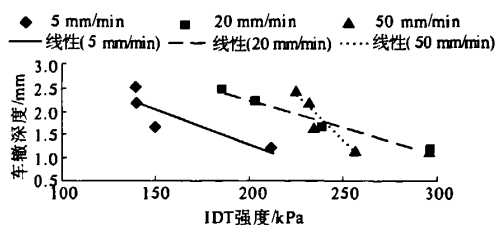


图7 IDT 强度与车辙深度之间的关系

Fig. 7 Relations of IDT strength and rut depth

由图7中的线性趋势线可以看出,试验温度在40℃时,加载速率为50 mm/min时的混合料IDT强度与车辙深度之间的相关系数最高。

从以上的分析中可以看出,在特定的试验条件下,沥青混合料的IDT强度与车辙试验结果之间确实存在着惊人的相关性。温度和加载速率是影响试验结果的两个重要因素。试验温度在40℃时、加载速率为50 mm/min时,试验所得到的混合料IDT强度与车辙试验结果之间的相关性最好。

#### 4 结论

(1) 利用标准马歇尔试件,在不同温度、不同

加载速率下,选取了AC-13、AC-16和AC-20 3种沥青混合料,选用克拉玛依70#基质沥青进行了间接拉伸试验。试验结果显示,温度和加载速率是影响试验结果的两个重要条件。温度过高、加载速率太低都不足以区分由于沥青用量变化得到的间接拉伸强度。合理的选择试验温度和加载速率,有利于区分由其他因素造成的试验结果。

(2) 通过分析混合料的间接拉伸试验结果与车辙试验结果之间的关系可以看出,在不同的试验条件下,IDT强度与车辙试验结果之间有着良好的相关性。在本研究中,当试验温度为40℃时、加载速率为50 mm/min时,混合料的IDT强度与车辙结果之间的相关性最好。所以,在合适的试验条件下,通过间接拉伸试验,IDT强度可以代替车辙试验来评价沥青混合料的高温稳定性并应用于沥青混合料设计中。

#### 参考文献:

- [1] JTJ052-2000,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [2] 褚浩然. 基于粘弹理论沥青材料的高低温性能评价[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学土木工程学院,2002.
- [3] CHRISTENSEN W D, BONAQUIST R, JACK D P. Evaluation of triaxial strength as a simple test for asphalt concrete rut resistance[R]. Pennsylvania: Pennsylvania Department of Transportation, 2000:6-8.
- [4] CHRISTENSEN W D, BONAQUIST R. Use of strength tests for evaluating the rut resistance of asphalt concrete, asphalt paving technology[J]. Association of Asphalt Paving Technologists-Proceedings of the Technical Sessions, 2002, 71:692-711.
- [5] GEETHA S. Evaluation of indirect tensile strength to identify asphalt concrete rutting potential[D]. Morgantown: West Virginia University, 2004:6-23.

### Use of Indirect Tensile Strength for Evaluating the Rut Resistance of Asphalt Mixture

XUE Xiao-gang, XU Kun, ZHANG Zheng-qi, WANG Bing-gang

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** In this paper, IDT strength of hot-mix asphalt mixture is researched through indirect tensile test under different test conditions. The results show that temperature and loading rate are two important test conditions. Comparing the results of indirect tensile test and rutting test, we found that IDT strength has obvious correlativity with result of rutting test when the loading rate is 50mm/min at 40℃, which could be a kind of mechanical index estimating high-temperature performance of asphalt mixture. It is suggested that IDT strength can be used in asphalt mixture design.

**Key words:** hot-mix asphalt mixture; high-temperature performance; indirect tensile strength; dynamic stability