

# 斜面剪切试验在沥青混合料中的应用

王瑞林, 余苗

(重庆交通大学 土木建筑学院, 重庆 400074)

**摘要:** 利用斜面剪切仪对沥青混合料进行剪切试验, 调节剪切仪剪切刃的间距, 可以得出压头压力标准差和变异系数均最小的最佳剪切刃间距, 进而计算出沥青混合料的最大抗剪强度, 并用单轴贯入试验对比了最大抗剪强度结果的准确性。结果表明, 斜面剪切试验可以准确地测定沥青混合料的最大抗剪强度。其试验方法简单可行, 可以在沥青混合料剪切试验中推广应用。

**关键词:** 沥青混合料; 抗剪强度; 剪切; 斜面剪切

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1674-0696(2009)01-0054-02

## Application of Inclined Plane Shear Test to Asphalt Mixture

WANG Rui lin, YU Miao

(School of Civil Engineering & Architecture, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

**Abstract** Using inclined plane shear instrument to carry out the shear test of asphalt mixture, the best shear blade pitch in minimum of the standard deviation and coefficient of variation can be got by adjusting the edge pitch of blades. And then the biggest shear strength of asphalt mixture is obtained. Furthermore, the accuracy of the results is verified by uniaxial penetration test. The results show that the inclined plane shear test can accurately determine the largest shear strength of asphalt mixture. Its testing method is simple and feasible, and it can be applied and promoted in the shear test of asphalt mixture.

**Key words** asphalt mixture; shear strength; shearing; inclined plane shear

## 1 引言

随着经济的发展, 货车的数量与轴重的不断增长, 超载现象的普遍存在, 使道路承受的实际交通荷载远大于设计交通荷载, 从而使路面纵向正应力、水平剪应力明显增加, 造成大量的车辙、推移、拥包等病害, 大大地降低了高速公路的使用寿命。超载车辆有以下特点: ①载重大; ②轮胎充气压力大; ③爬坡行驶速度慢; ④运营时间比较集中在夜间; ⑤等级越高的公路超载车辆越严重<sup>[1]</sup>。存于如此繁重的交通状况, 解决的办法有: ①可以采用新的更加可靠的路面结构形式来承受巨大的交通荷载; ②可以提高沥青混合料抗车辙性能来弥补这一缺陷; ③限制超限超载。

我国现有的车辙主要是剪应力作用下沥青混合料塑性流动的结果。在轮载作用下, 其非均布荷载将在路面面层内产生较大的剪应力, 而沥青混合料在设计过程中并未考虑其抗剪性能, 这是路面出现车辙的根本原因之一<sup>[2]</sup>, 车辆在刹车、上下坡及转弯过程中, 将产生较大的推力, 由于重量的加重, 这种推力将大大加强, 加速了沥青面层的剪切破坏。在一些沥青路面上, 可以看到在重车行驶的车道上,

推移、拥包明显增多便是最好的证明。所以对沥青混合料的抗剪性能进行研究具有非常重要的意义。

斜面剪切试验是在正应力和剪应力同时变化的情况下对沥青混合料进行剪切试验, 比较符合车辆通过时对路面剪切破坏的实际应力状态。本文选取此试验, 并对剪切刃间距做了大量的试验, 最后得出最佳剪切刃间距下沥青混合料的最大剪切强度能够代表其实际的抗剪强度。剪切刃间距就是剪切仪刀口错位的垂直距离。可以通过沥青混合料块上下垫 1 mm × 100 mm × 100 mm 的铁片实现, 斜面剪切仪如图 1。

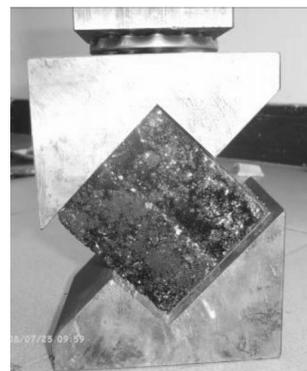


图 1 斜面剪切仪

收稿日期: 2008-09-19; 修订日期: 2008-10-20

作者简介: 王瑞林(1982-), 男, 山西忻州河曲县人, 硕士研究生, 从事道路路面工程研究。E-mail: m16279@sina.com.

## 2 试验材料

沥青路面车辙主要发生在中 12 cm 以内<sup>[3]</sup>, 按重庆某高速公路中面层的结构, 选择 AC-20 混合料, 沥青选用路安特 SBS 改性沥青 (PG 76-22), 集料使用石灰岩。

## 3 最佳剪切刃间距的确定

实际路面中车辙产生时都是在变压应力和变剪应力的作用下产生的, 所以石料试验中的斜面剪切试验可以很好的模拟这一过程, 试模简单, 试验方法简单。但对石料是均匀体, 剪切刃间距为  $Q$  沥青混合料的剪切试验是测定沥青和集料的黏结力及集料和集料之间的磨阻力综合影响的试验方法, 剪切刃的间距很大程度地影响了沥青混合料的抗剪强度, 其原因是在剪切刃间距过小时, 剪切试验剪切的是混合料中比较大的集料颗粒抗剪强度, 在剪切刃间距过大时, 剪切试验结果是混合料的抗压强度。所以必须确定混合料的最佳剪切刃间距才能确定沥青混合料的抗剪强度。

### 3.1 试件制作

成型 10 cm 厚的车辙板, 分别以两次成型, 每次 5 cm, 以保证车辙板的空隙率, 再通过切割机切割为 100 mm × 100 mm × 100 mm 的试块, 用于斜面剪切试验, 两块 10 cm 的车辙板可以切 18 个试块。

### 3.2 试验方法

对 100 mm × 100 mm × 100 mm 的试块, 取 12 个, 以剪切刃间距为 0 mm, 2 mm, 4 mm, 6 mm 进行试验, 不同剪切刃间距下以每 3 个试件为一组做平行试验, 12 个试件 5 h 60℃ 保温, 用于确定最佳剪切刃间距; 对不同剪切刃间距通过上下垫 1 mm × 100 mm × 100 mm 的铁块实现。通过 MTS 压力试验机可以得出压头的压力和变形关系, 每组试验的标准差, 变异系数见表 1。在数据回归时选择合适的高次方程, 既保证了其决定系数更接近 1, 又不至于方程的次数太高, 本文选择 4 次方程,  $R^2$  都在 0.99 左右。

表 1 AC-20 斜面剪切最大破坏强度试验结果

	0 块垫板	2 块垫板	4 块垫板	6 块垫板
平均值 /N	19 093.77	22 119.86	16 283.87	16 228.84
标准差	3 122.549	34 834.33	3 305.324	603.502 8
变异系数	15.855 51	0.001 575	0.202 981	0.037 187

从表 1 可以看出在 2 块垫板时, 斜面剪切试验结果的标准差和变异系数均最小, 也就是在进行斜

面剪切试验剪切刃间距为 2 mm 时, 其对沥青混合料的最大剪切强度能够相对准确稳定地反映沥青混合料的抗剪强度。

## 4 沥青混合料最大抗剪强度的计算

根据《公路工程石料试验规程》(JTJ 054-94), 石料的最大抗剪强度计算公式如下,

$$\sigma_n = \frac{P}{A} (\cos \alpha + f \sin \alpha)$$

$$\tau_n = \frac{P}{A} (\cos \alpha - f \sin \alpha)$$

式中,  $\sigma_n$  为试件剪切面上的正应力, MPa;  $P$  为荷载 (压力机所加的力), N;  $\tau_n$  为试件剪切面上的剪应力, MPa;  $\alpha$  为试件的放置角度, 45°;  $f$  为有滚轴时为滚动摩擦系数, 取 0.002~0.004 一般取 0.003 代入公式得,  $\sigma_{60} = 1.569 \text{ MPa}$   $\tau_{60} = 1.559 \text{ MPa}$

所以, 斜面剪切试验测得沥青混合料的最大抗剪强度为 1.559 MPa

## 5 对比最大抗剪强度结果的准确性

对于沥青混合料的最大抗剪强度, 根据  $\tau = c + \sigma \tan \varphi$  可以通过三轴试验测定混合料的黏结力  $c$  和内摩擦角  $\varphi$  两个指标来计算沥青混合料的最大抗剪强度, 但试验方法过于复杂, 不能够被普遍应用。现根据孙立军教授, 毕玉峰博士提出的单轴贯入抗剪试验方法和毕玉峰博士论文《沥青混合料抗剪试验方法及抗剪参数研究》<sup>[4]</sup> 中提出的单轴贯入试验抗剪参数, 可以有效的得出沥青混合料的最大抗剪强度, 其试验的压头大小为 42 mm, 试验温度 60℃, MTS 机加载速率 2 mm/min, 试件为旋转压实试件, 贯入试验为无侧限贯入, 试验结果见表 2。

表 2 AC-20 单轴贯入试验结果

	最大贯入压力 /N	抗剪参数	最大抗剪强度 /MPa	最大抗剪强度均值 /MPa
试件 1	5 867.50		1.482 3	
试件 2	6 520.16	0.350	1.647 2	1.540 4
试件 3	5 904.29		1.491 6	

抗剪参数是指, 对于空间半无限体的应力大小与其材料的模量无关<sup>[5]</sup>, 并且泊松比影响很小的情况下, 利用有限元建立单轴贯入模型, 在荷载为 1 MPa 的情况下求解出模型中最大剪应力处的主应力值, 以此作为混合料的抗剪强度参数。最大抗剪强度就是最大贯入强度乘以抗剪参数<sup>[3]</sup>。

通过两种试验比较, 斜面剪切试验和旋转压实试件单轴贯入试验得出的沥青混合料最大抗剪强度基本相同, 而单轴贯入试验是在毕玉峰博士论文中

(下转第 120 页)

[3] 杨兆升, 王殿海. 运输弹性系数的确定方法及其应用 [J]. 吉林工业大学学报, 1994 3(75): 27-31

[4] 吴海瑾. 经济增长方式转变与能源消费弹性系数变动研究 [J]. 学海, 2006, 6(11): 164-167.

[5] 刘小明, 单静涛, 张剑飞. 交通运输弹性系数计算指标确定方法研究 [J]. 交通工程, 1999 1(31): 31-37

[6] 单静涛. 区域公路运输需求弹性研究 (硕士学位论文) [D]. 北京: 北京工业大学, 1999.

[7] 范莉莉. 交通客运系统供需弹性的动态研究 [J]. 系统工程学报, 2004, 10(19): 465-469, 495.

[8] 重庆交通大学. 公路运输运量预测中弹性系数的确定研究 [R]. 重庆: 重庆交通大学, 2008.

(上接第 55 页)

证明的试验方法, 所以两个试验均能较准确地反映沥青混合料的最大抗剪强度。

### 6 SUP 20 混合料验证

运用昆(明)一安(宁)高速公路的 SUP 20 配合比进行成型车辙板试件, 并切割为 100 mm × 100 mm × 100 mm 的试块, 其 SUP 20 斜面剪切试验的结果如表 3。

表 3 SUP 20 斜面剪切最大破坏强度试验结果

	0块垫板	2块垫板	4块垫板	6块垫板
平均值 /N	18 954. 77	19 542. 86	17 894. 87	17 541. 84
标准差	2 352. 485	1 001. 63	4 311. 875	1 633. 954
变异系数	0. 205 03	0. 105 276	0. 475 232	0. 181 771

从本试验中也可发现, 最佳剪切刃为 2 块垫板即 2 mm 时, 其对沥青混合料的最大剪切强度能够相对准确稳定地反映沥青混合料的抗剪强度。其最大抗剪强度计算结果为  $\tau_{60} = 1. 386 \text{ MPa}$

对于圆柱体试件单轴贯入试验结果见表 4

表 4 SUP20 单轴贯入试验结果

	最大贯入压力 /N	抗剪参数	最大抗剪强度 /MPa	最大抗剪强度均值 /MPa
试件 1	5 542. 1		1. 400 1	
试件 2	5 112. 5	0. 350	1. 291 6	1. 345 6
试件 3	5 324. 5		1. 345 1	

从表 3 表 4 可以看出, 斜面剪切试验和旋转压

实圆柱体试件单轴贯入试验得出的沥青混合料最大抗剪强度基本相同。所以在试验方法上还是在试验仪器的加工上来说斜面剪切试验是一种较好的方法, 并能够替代其它一些方法使用。

### 7 结 语

斜面剪切试验源于《公路工程石料试验规程》石料剪切强度试验, 在此引入沥青混合料剪切试验中。斜面剪切试验加载方式较符合实际路面车轮变应力对路面的剪切情况, 通过试验确定最佳剪切刃间距后, 测出沥青混合料最大抗剪强度和单轴贯入试验结果基本相同, 基本能够满足要求。所以本试验方法在静态剪切试验中是一种比较简单, 试件成型也比较方便的试验方法。本试验还可用于模拟实际动态气车轮胎对沥青路面的剪切情况, 即重复加载剪切试验, 这样更能够准确地测定在不同温度下的沥青混合料的最大抗剪强度。进而可以用来指导沥青路面设计中的抗剪强度设计。

#### 参考文献:

[1] 陈兴伟, 郭永辉, 许志鸿. 荷载对沥青混合料永久变形的影响 [J]. 广西交通科技, 2003, 28(103): 1-4

[2] 华 斌, 周 刚, 周进川. 沪宁高速公路扩建工程沥青路面结构环道试验研究报告 [R]. 重庆: 重庆交通科研设计院, 2005: 36-108

[3] 毕玉峰. 沥青混合料抗剪试验方法及抗剪参数研究 [D]. 上海: 同济大学, 2004: 26-58

[4] 吴家龙. 弹性力学 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1986

[5] 苏 凯. 沥青路面车辙产生机理及预估方法研究 [D]. 上海: 同济大学, 2007: 56-120