

文章编号: 0451-0712(2006)12-0160-04

中图分类号: U414.750.3

文献标识码: A

沥青混合料抗剪性能试验仪开发

崔鹏, 刘黎萍, 孙立军

(同济大学道路与交通工程教育部重点实验室 上海市 200092)

摘要: 为了有利于设计与施工部门进行混合料抗剪性能评价,开发了简易型抗剪仪,并成型不同混合料,分别采用抗剪仪与MTS进行混合料的抗剪试验。通过试验对比发现,在不同混合料和不同试验方案组合下,两种试验方法的抗剪强度结果具有较好的相关性。本文也指出,MTS试验结果均比抗剪仪结果要大,而且在混合料抗剪强度较大时,MTS试验结果比抗剪仪大的较多。本文从设备加载频率与温度控制方面进行了原因分析。最后,认为该抗剪仪可以用于设计与施工监控阶段混合料抗剪强度的快速评价。

关键词: 沥青混合料; 抗剪强度; 抗剪仪; MTS

在以往的沥青混合料设计中,一般采用马歇尔试验方法,但是马氏方法具有许多缺点,并且无法评价混合料的抗剪指标。而通常在评价混合料抗剪性能时,多采用三轴试验的方法,但该试验方法操作复杂,对研究人员有较高的要求,因而阻碍了其在工程实际中的大量应用。因此,采用基于单轴贯入的抗剪试验对混合料抗剪性能进行评价是一种简单易行的全新试验方法。本文基于单轴贯入抗剪试验方法^[1]开发了简单抗剪仪,以利于对混合料进行抗剪性能的快速评价。

1 试验方法

根据同济大学的单轴贯入法研究^[2],单轴贯入试验类似于土工试验方法中的CBR试验,但又不是CBR试验。其原理就是在试件上通过钢压头进行加压,压头的直径小于试件的直径,我们用 r/R 来表示两个直径的比值, r 为压头直径, R 为试件直径。通过这个试验来模拟路面中的实际受力状况。然后通过力学公式的推导,求出混合料的抗剪指标。

单轴贯入试验条件^[2]。

(1)标准试件尺寸:对于最大公称在20 mm及以下,采用 $\phi 100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 的试件,对于更大粒径的混合料,选用 $\phi 150\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 的试件。

(2)标准压头尺寸:对于 $\phi 100\text{ mm} \times 100\text{ mm}$ 的试件,采用直径为28.5 mm的压头,对于 $\phi 150\text{ mm} \times$

100 mm的试件,采用直径为38 mm的压头。

(3)加载速率:考虑到道路中的车辆荷载越接近静载,沥青混合料的力学响应越不利,故加载速率选取1 mm/min。

(4)环境温度:采用与车辙试验相同的最不利条件下的温度(60℃)。

2 剪切强度确定方法

对于单轴贯入试验,不能简单地认为其为三轴受力模式,因此,必须通过有限元建立符合实际受力的贯入模型,求解出1 MPa时模型中最大剪应力处的主应力值,以此为基本的抗剪参数;然后,利用这些基本参数乘以贯入强度值,也就求出了试件中最大剪应力处的各主应力值和剪应力值。贯入强度为1 MPa, $\mu=0.35$ 时的抗剪强度参数 $\tau=0.339$ ^[2]。

3 试验设备

以前剪切试验采用MTS进行,如图1。试件在MTS的环境箱中,内部温度控制在60℃,偏差0.1℃;采用直线波加载,速度1 mm/min,数据采集频率为0.01 s,强度下降为90%时试验结束。

由于MTS系统价格昂贵,且操作复杂,基本上只有相当科研实力的单位才具有这种大型设备,因此,基于MTS的抗剪试验不便于推广应用。因此,设计了基于单轴贯入试验的抗剪仪以利于下一步

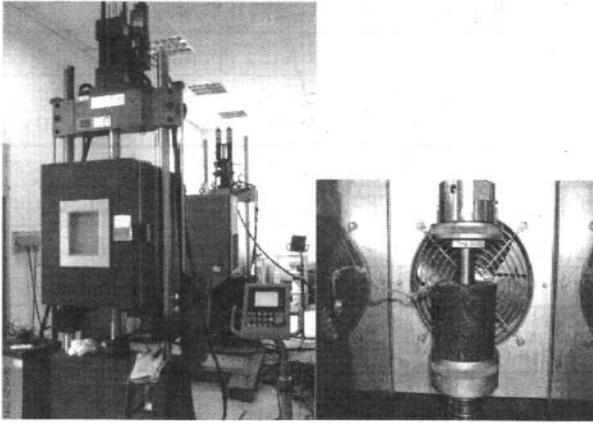


图1 MTS系统

推广应用。根据项目设计要求,某仪器公司出厂一台抗剪仪的样机,如图2所示。

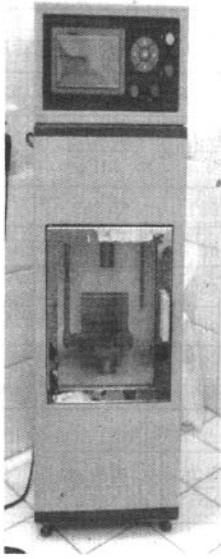


图2 抗剪仪样机

从图2可见,该样机上部分为控制按钮,下部分为加载设备,加载设备及试件置于下部的环境温度箱。为降低成本,加载速度固定为1 mm/min。数据采集速度0.1 s,环境温度箱通过电热器加热。压头根据试验要求可更换大小。仪器采用两路24位高精度模数转换器分别采样压力传感器和位移传感器;一路数字温度传感器,两路逻辑开关量输出,分别控制电动机正反转;一路PID调节温度控制输出;设置了大容量数据存储,可连续存储100组试验数据,并可随时调出查看。具备串口可与电脑通讯。试验结果,图形、数据同时显示,方便、直观、准确。采用大屏幕图形液晶显示屏,可显示汉字,曲线图形。

4 试验材料

为了对2种设备进行对比,选取了3种级配类型对其进行比较:AC-13、SAC-13^[3]和SAC-16^[3](级配见表1)。石料为石灰岩,沥青采用了壳牌70号沥青和改性沥青(性质见表2),采用了旋转成型法,试件制备时通过高度控制,使试件空隙率在4%左右。

表1 对比试验所采用的级配

筛孔尺寸 mm	AC-13 通过率/%	SAC-13 通过率/%	SAC-16 通过率/%
13.2	100		100
9.5	95	100	82.6
4.75	70	67.9	59.6
2.36	41.5	30	30
1.18	30	24	23.5
0.6	22.5	19.2	18.4
0.3	16.5	15.5	14.5
0.15	12.5	12.4	11.4
0.075	8.5	10	9
矿粉	6	8	7
油石比/%	4.20	4.20	4.10

表2 沥青技术指标

试验项目	70号沥青	SBS改性沥青	
比重,25 C	1.033	1.033	
针入度(25 C,100 g,5 s)/0.1 mm	68	58	
延度(5 cm/min,15 C)/cm (改性沥青为5 C)	>150	>33.5	
软化点/C	47.6	84.5	
闪点/C	300	>230	
含蜡量(蒸馏法)/%	1.8	—	
溶解度(三氯乙烯)/%	99.9	99.7	
薄膜 加热 试验	质量损失/%	0.1	0.066
	针入度比/%	71	77.6
	延度(5 cm/min,25 C)/cm	>150	20.4

5 抗剪试验及分析

一组试件成型8个平行试件,一半采用MTS进行试验,另一半采用剪切仪进行试验。通过试验得到压力随变形的变化规律,转化为应力后,试验应力~变形曲线如图3所示。

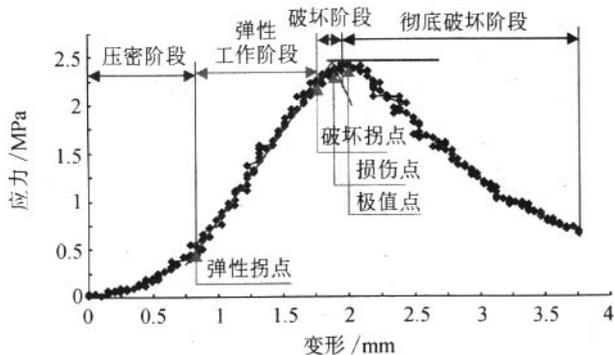


图 3 单轴贯入试验典型曲线

从图3中可见,典型的抗剪试验曲线分为4个阶段。第一阶段:试件的压密阶段,此阶段试件内部集料颗粒和沥青进行重新整合和嵌挤;第二阶段:试件的弹性工作阶段,此阶段中试件在荷载的作用下发生弹性变形;第三阶段:试件的破坏阶段,在第二阶段末期试件开始出现微裂缝,并在第三阶段扩展,但未形成结构性的破坏;第四阶段:试件彻底破坏,裂缝发展到一定程度(即试件所能承受的应力峰值),试件内部产生了结构性破坏,裂缝开始贯穿,随着压头位移的增加,应力开始减小。

邵显智的博士论文^[4]中证明了损伤点和极值点具有良好的线性相关性,而极值点选取更为方便,因此采用极值点的抗剪强度值来反映混合料的抗剪性能。

各级配试验结果见表3~表8。

表 3 AC-13(70号沥青、旋转成型、60℃)

编号	剪切仪		MTS	
	最大应力 MPa	剪应力 MPa	最大应力 MPa	剪应力 MPa
1	1.409	0.478	1.79	0.607
2	1.782	0.604	1.815	0.615
3	1.798	0.61	1.663	0.564
4	1.978	0.671	1.864	0.632
均值	1.742	0.591	1.783	0.604

表 4 SAC-13(70号沥青、旋转成型、60℃)

编号	剪切仪		MTS	
	最大应力 MPa	剪应力 MPa	最大应力 MPa	剪应力 MPa
1	1.618	0.549	1.756	0.595
2	1.574	0.534	1.919	0.651
3	1.867	0.633	1.787	0.606
均值	1.71	0.58	1.793	0.608

表 5 SAC-16(70号沥青、旋转成型、60℃)

编号	剪切仪		MTS	
	最大应力 MPa	剪应力 MPa	最大应力 MPa	剪应力 MPa
1	1.762	0.597	1.839	0.623
2	1.862	0.631	1.944	0.659
3	1.71	0.58	2.088	0.708
均值	1.782	0.604	1.913	0.649

表 6 SAC-13(70号沥青、旋转成型、40℃)

编号	剪切仪		MTS	
	最大应力 MPa	剪应力 MPa	最大应力 MPa	剪应力 MPa
1	3.091	1.048	3.397	1.152
2	3.271	1.109	3.148	1.067
3	3.24	1.098	3.416	1.158
均值	3.201	1.085	3.32	1.126

表 7 SAC-13(70号沥青、旋转成型、50℃)

编号	剪切仪		MTS	
	最大应力 MPa	剪应力 MPa	最大应力 MPa	剪应力 MPa
1	2.563	0.869	2.532	0.858
2	2.485	0.842	2.76	0.936
3	2.445	0.829	2.668	0.904
均值	2.498	0.847	2.653	0.899

表 8 SAC-13(改性沥青、旋转成型、60℃)

编号	剪切仪		MTS	
	最大应力 MPa	剪应力 MPa	最大应力 MPa	剪应力 MPa
1	2.826	0.958	3.097	1.05
2	2.754	0.934	3.329	1.129
3	2.953	1.002	3.485	1.181
均值	2.845	0.964	3.304	1.12

将以上结果的平均值整理后见表9。

表 9 平均值统计结果分析

级配	剪切仪 剪应力 MPa	MTS 剪应力 MPa	差值 MPa	误差率 %	成型 方法	沥青	温度 ℃
AC-13	0.591	0.604	0.013	2.2	旋转	70号	60
SAC-13	0.58	0.608	0.028	4.6	旋转	70号	60
SAC-13	1.085	1.126	0.041	3.6	旋转	70号	40
SAC-13	0.847	0.899	0.052	5.8	旋转	70号	50
SAC-13	0.964	1.12	0.156	13.9	旋转	改性	60
SAC-16	0.604	0.649	0.045	6.9	旋转	70号	60

将两种仪器试验结果对比情况通过图4表示,从图4可以直观的看到,MTS试验的所有强度均在对角线上方,在强度较小时离对角线很近;而强度较大时MTS强度值离对角线较远。

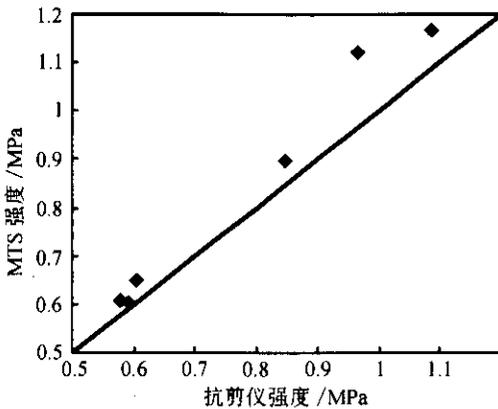


图4 两种方法对比

根据表9及图4可以发现,不同混合料和不同试验方案组合下,采用两种试验方法具有较好的相关性,一般误差率很小,在工程范围内是较为理想的;当然,我们也可以发现,MTS试验结果均比抗剪仪结果要大,而且在混合料抗剪强度较高时,MTS试验结果比抗剪仪大13.9%。分析产生的原因可能有以下2个。

(1)由于MTS的压力数据采集频率为0.01s,而抗剪仪样机的数据采集频率低一个数量级,为0.1s,在试件剪切破坏的瞬间压力有一个相对大的增量,因此,抗剪仪采集到的压力峰值会比MTS采集的压力值小。因此,如果可能,可以将抗剪仪的数据采集频率也提高,但这样对其存储容量就提出了较高的要求。

(2)由于抗剪仪的环境温度箱很小,试验时温度很容易在局部较高,MTS具有相对较大的环境箱,

温度分布较为均匀,也较稳定,因此,抗剪仪内试验温度也可能局部偏高导致其数据略小于MTS试验仪的结果。

总体上讲,该抗剪仪与MTS具有较为接近的试验结果,可以用于各设计、施工部门,在设计与施工监控阶段对混合料抗剪强度进行及时评价。

6 结论

为了有利于广大设计与施工部门及时地进行混合料抗剪性能评价,根据同济大学研究的抗剪试验方法开发了简易型抗剪仪,并成型不同混合料,分别采用抗剪仪与MTS进行混合料的抗剪试验。通过试验对比发现,在不同混合料和不同试验方案组合下,两种试验方法的抗剪强度结果具有较好的相关性,在工程范围内是较为理想的。

文章指出,MTS试验结果均比抗剪仪结果要大,而且在混合料抗剪强度较高时,MTS试验结果比抗剪仪大的较多,对此本文从设备加载频率与温度控制方面进行了分析。

最后,文章认为该抗剪仪与MTS具有较为接近的试验结果,可以用于设计与施工监控阶段混合料抗剪强度的快速评价。

参考文献:

- [1] 孙立军,等著. 沥青路面结构行为理论[M]. 上海:同济大学出版社,2003.
- [2] 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.
- [3] 沙庆林. 多碎石沥青混凝土SAC系列的设计与施工[M]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [4] 邵显智. 沥青混合料抗剪性能影响因素及剪切疲劳试验研究[D]. 上海:同济大学,2005.

Development of Testing Device for Asphalt Mixture Shearing Properties Evaluation

CUI Peng, LIU Li-ping, SUN Li-jun

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A simple shearing test device is developed for asphalt mixture shearing properties evaluation in design and construction department. The shearing properties of different mixtures are tested by MTS system and the simple shearing test device. It is revealed that the test results of different test

文章编号: 0451-0712(2006)12-0164-04

中图分类号: U414.750.3

文献标识码: B

赣韶高速公路三益至梅关段沥青混合料目标配合比设计与试验

刘建云¹, 郭芳²

(1. 江西省赣南公路勘察设计院 赣州市 341000; 2. 长沙理工大学公路工程学院 长沙市 410076)

摘要: 以赣韶高速公路三益至梅关段 AC-13、AC-20 沥青混合料目标配合比设计与试验成果为例, 详细说明高速公路设计阶段目标配合比设计的具体步骤和方法, 提出其注意事项, 供同行参考。

关键词: 高速公路; 沥青混合料; 目标配合比; 设计; 试验

江西赣州至广东韶关高速公路三益至梅关段, 路线全长 56.714 km, 设计速度为 100 km/h, 路基宽为 26 m, 沥青混凝土路面 136.4 万 m²。

项目所在地冬夏分明, 雨量充沛, 这样的气候条件给沥青路面的使用提出了更高要求, 沥青混合料的高温稳定性、表层抗滑性能和抗水损害性能则显得尤为重要。

本文以赣韶高速公路三益至梅关段 AC-13、AC-20 沥青混合料目标配合比设计与试验成果为例, 详细说明其具体步骤和方法, 提出其注意事项, 供同行参考。

1 原材料选择与试验

材料质量的控制, 一是在勘察设计阶段对材料的选择和试验, 二是施工期间对材料的检验和合理应用。通过对材料的试验和检测, 正确合理地选择质量好、数量满足和费用合理的材料, 是设计和施工中的重要环节。

1.1 集料

上、中面层集料采用大余县荡坪石场的石英砂岩(本地缺乏玄武岩), 为保证集料的规格、棱角, 控制针片状含量, 全部采用反击破碎石机生产。

对料场采集的矿料和矿粉, 按照相关的试验方法^[1]进行各指标试验, 其试验结果及相关技术要求见表 1~表 4。

表 1 粗集料试验结果及技术指标要求

试验项目	试验结果	技术要求	试验方法
对沥青的粘附性/级	5	≥5	T0616-1993
压碎值/%	8.7	≤25	T0316-2005
洛杉矶磨耗损失/%	10.3	≤30	T0317-2005
针片状颗粒含量/%	6.4	≤12	T0312-2005
软弱颗粒含量/%	2.5	≤5	T0320-2000
石料冲击值/%	9.2	≤28	T0322-2000
石料磨光值/BPN	45	≥42	T0321-2005
石料坚固性/%	7.5	≤12	T0314-2000

收稿日期: 2006-07-05

methods are in good correlation with the variations of mixtures and test schemes. It is also pointed out that the test results of MTS are higher than that of the simple test device, further more, the results of MTS are more higher than that of the latter when the shearing strength of mixture is relatively large. The reasons are analyzed for the differences of the loading frequency and temperature between the two devices. Finally, the simple shearing test device is recommended for fleet evaluation of asphalt mixture shearing properties during mixture design and constructions

Key words: asphalt mixture; shearing strength; shearing device, MTS