

文章编号: 0451-0712(2005)12-0170-05

中图分类号: U414.1

文献标识码: B

# 粤赣高速公路沥青比对试验误差分析及探讨

邱志雄<sup>1</sup>, 姚 岢<sup>2</sup>, 李 智<sup>3</sup>

(1. 广东粤赣高速公路有限公司 广州市 517000; 2. 哈尔滨工业大学交通科学与工程学院 哈尔滨市 150090;  
3. 华南理工大学道路研究所 广州市 510641)

**摘 要:** 通过对粤赣高速公路沥青比对试验结果进行分析, 得出比对试验是判别试验室试验水平高低的有效方法。重点阐述了比对试验的实施方案, 数据处理方法, 以及如何对数据处理结果进行正确的分析; 特别介绍了如何运用 2 个数据一致性统计量( $k$  值和  $h$  值)来判断试验的精密度和准确性, 以及试验室数据的误差水平和可靠性。  
**关键词:** 沥青; 比对试验; 试验室内数据一致性统计量  $k$ ; 试验室间数据一致性统计量  $h$

比对试验是一种检验试验室试验水平的方法, 它是指多家试验室在相同或者相似的条件下来测试分析某一产品的一个或多个项目指标, 通过对试验数据的收集、整理、分析, 来检测和考核试验室的技术能力, 这种试验已为国内同行所接受。无疑, 该方法可以评价试验室的检测能力, 监控试验室可能出现的试验偏差, 识别试验室可能存在的技术问题并制

定相应的补救措施。通过试验室间的比较, 有助于试验技术细节的改善, 提高分析测试能力; 改善试验人员的操作技能, 对各级试验室检测技术的提高起到很好的促进作用。  
为了评价粤赣高速公路沥青混凝土路面各参与单位沥青试验在不同试验设备条件下试验结果的差异性, 统一粤赣高速公路沥青混凝土路面试验误差, 进

收稿日期: 2005-11-07

## Bond Properties and Micro-Mechanism of Interface Between Special-Shaped Synthetic Macro-Fiber and Mortar Matrix

LI Jian-hui<sup>1</sup>, DENG Zong-cai<sup>1</sup>, TANG Jie<sup>2</sup>, TAN Xiao<sup>1</sup>, LI Na<sup>1</sup>, FENG Miao<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China;  
2. Zhongzi Engineering Construction Project Management Corporation, Beijing 100044, China.)

**Abstract:** With new type pull-out experimental equipment, the bonding force and its effect factors between shaped synthetic macro-fiber and mortar is tested in this paper. The results show that the interfacial bond strength of different embedding lengths in M30 mortar almost is a constant 3.70 MPa. However, in M20 or M40 mortar, it decreases with the fiber embedding length increased, when fiber embedding lengths are same, it doesn't increase and even decreases with the increase in strengths of matrix. Meantime, based on amending the old mechanical model for analysis of shaped synthetic macro-fiber, a new mechanical model is first developed; a good agreement is achieved between the prediction and the experiment results, it has good practical and academic values for the research of interfacial bonding between shaped synthetic macro-fiber and matrix.  
**Key words:** special-shaped synthetic macro-fiber; mortar; interfacial bond strength; pull-out curve; mechanical model for pull-out

一步提高试验精度,确保试验数据的准确性,更好地为实际生产提供指导和评价的依据,粤赣高速公路公司组织全线 9 个单位试验室进行了沥青比对试验。

1 材料与方

1.1 试验材料及方案

本次沥青比对试验采用了埃索 A-70、台湾中油 A-70 和茂名 A-70 等 3 种沥青的 27 个样本,试验组

织者对样本进行编号后统一发放给各参与单位,按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052—2000)中的规定,分别对同一个样本进行 3 次重复性试验(原样及老化沥青针入度、延度),或 2 次重复性试验(原样沥青密度、软化点,老化沥青质量损失),试验精度要求同试验规程的规定。

本次沥青比对试验需进行的试验、测量的指标及试验方法如表 1 所列。

表 1 沥青比对试验测量指标

试验对象	原样沥青				老化沥青		
	密度		针入度	15℃延度	软化点	质量损失	残留针入度比
	15℃	25℃/25℃					
试验方法(JTJ 052—2000)	T0603		T0604	T0605	T0606	T0610	T0604
							T0605

1.2 试验统计方法

此次沥青比对试验处理了 4 种类型数据:试验室内统计数据、中间过程统计数据、精度统计数据和一致性统计数据。试验室内统计数据包括:试验室内试验结果平均值  $X_{ave}$ ;试验室内标准偏差  $S$ 。中间过程统计数据包括:试验室间试验结果平均值  $(X_{ave})_{ave}$ ;试验室间偏差  $d$ ;试验室间标准偏差  $S_{xave}$ 。精度统计数据包括:试验室内重复性标准偏差  $S_r$ ;试验室间复现性标准偏差  $S_R$ ;试验室间复现性标准偏差中间计算值  $S_R^*$ 。一致性统计数据包括:试验室内数据一致性统计量  $k$ ;试验室间数据一致性统计量  $h$ ;试验室内一致性检验临界值  $k_{crit}$ ;试验室间一致性检验临界值  $h_{crit}$ 。

数据处理是通过对各参与单位试验数据的 2 个一致性统计量,即试验室内数据一致性统计量  $k$  和试验室间数据一致性统计量  $h$ ,来检验是否存在“试验结果离散性太大”和“试验结果准确性不高”的试验室。判定的依据是根据给定的置信水平来确定 2 个一致性检验临界值  $k_{crit}$  和  $h_{crit}$ ,将各试验室试验数据的  $k$  值和  $h$  值分别与  $k_{crit}$  和  $h_{crit}$  进行比较,得出是否存在有超过、等于或非常接近临界值的  $k$  值和  $h$  值,从而检验试验室试验结果的离散性和准确度。

2 结果与分析

2.1 试验室结果离散性分析

试验室内数据一致性统计量  $k$  值,是描述试验室试验结果离散性的统计指标。统计量  $k$  值计算式为:

$k=S/S_r$

式中: $S$  为试验室内标准偏差,其计算公式为  $S$

$=\sqrt{\sum_1^n (X-X_{ave})^2/(n-1)}$ ,其中  $X_{ave}$  是单个试验室试验结果平均值, $n$  是单个试验室试验数据数量; $S_r$  为试验室内重复性标准偏差,其计算公式为  $S_r=$

$\sqrt{\sum_1^p S^2/p}$ ,其中  $p$  是参加比对试验的试验室数目。

统计量  $k$  值是把单个试验室内的重复性偏差与所有参加比对试验的试验室的平均重复性偏差进行比较,从而判定是否存在“试验结果离散性太大”的试验室,检验试验结果的精密度。

此次沥青比对试验是按 95% 的置信水平,来确定试验室内一致性检验临界值  $k_{crit}$ ,其计算公式为:

$k_{crit}=\sqrt{p/[1+(p-1)/F]}$

式中: $F$  为  $F$  分布值,其数值可以通过查  $F$  分布表获得。

本次沥青比对试验 9 个参与单位的原样沥青密度、针入度、延度、软化点,以及老化沥青质量损失、残留针入度比、延度试验的试验室内数据一致性统计量  $k$  值如表 2 所列。由于各试验室 15℃ 延度试验结果都大于 100 cm,故没有做该试验数据的统计分析。

分析表 2 可以看到:针对原样沥青密度的比对结果,单位 3 的埃索 A-70 沥青和单位 4 的中油 A-70、茂名 A-70 沥青的  $k$  值超出了临界值;针对原样沥青针入度的比对结果,单位 3 的茂名 A-70 沥青和单位 7 的埃索 A-70 沥青的  $k$  值超出了临界值,并且单位 7 的茂名 A-70 沥青的  $k$  值非常接近临界值;针对原样沥青软化点的比对结果,单位 4 的埃索 A-70 沥青的

表 2 沥青比对试验各指标统计量  $k$  值结果

统计量		试验室内数据一致性统计量 $k$ 值									$k_{crit}$
参与单位		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
密 度	埃索 A-70	0.00	—	2.00	1.00	1.00	0.00	—	1.00	0.00	1.87
	中油 A-70	0.20	—	0.66	1.98	1.32	0.00	—	0.66	0.66	1.87
	茂名 A-70	0.15	—	0.76	2.29	0.76	0.00	—	0.76	0.00	1.87
针入度	埃索 A-70	0.00	0.51	1.01	1.01	0.88	0.00	1.76	1.01	1.34	1.68
	中油 A-70	0.72	0.83	1.50	1.10	0.42	0.42	1.25	1.10	1.10	1.68
	茂名 A-70	0.63	0.73	1.82	0.36	0.96	0.36	1.67	0.63	0.63	1.68
软化点	埃索 A-70	0.00	1.33	0.00	1.86	0.53	1.60	0.80	0.53	0.00	1.90
	中油 A-70	0.25	1.26	0.76	1.01	0.50	1.76	0.50	0.76	1.26	1.90
	茂名 A-70	0.93	1.55	0.00	1.55	0.31	0.00	0.93	0.00	1.55	1.90
质量损失	埃索 A-70	0.09	0.00	—	1.73	1.73	0.00	—	0.00	—	1.85
	中油 A-70	0.00	0.00	—	1.31	1.96	0.00	—	0.65	—	1.85
	茂名 A-70	0.76	0.95	—	0.00	0.95	0.00	—	1.90	—	1.85
残留针入度比	埃索 A-70	1.35	—	—	1.58	0.00	0.70	—	0.43	—	1.62
	中油 A-70	0.27	—	—	0.85	0.00	1.40	—	1.50	—	1.62
	茂名 A-70	0.29	—	—	1.65	0.00	0.44	—	1.41	—	1.62

$k$  值非常接近临界值;针对老化沥青质量损失的比对结果,单位 5 的中油 A-70 沥青和单位 8 的茂名 A-70 沥青的  $k$  值超出了临界值;针对老化沥青残留针入度比的比对结果,单位 4 的茂名 A-70 沥青的  $k$  值超出了临界值,且该单位的埃索 A-70 沥青的  $k$  值也非常接近临界值。计算所得的  $k$  值大于、等于或非常接近临界值  $k_{crit}$ ,则表明该参与单位的试验结果离散性较大,试验随机误差大,试验精密度差,试验数据不可靠。图 1 可以更直观地判别各单位试验结果的离散性。

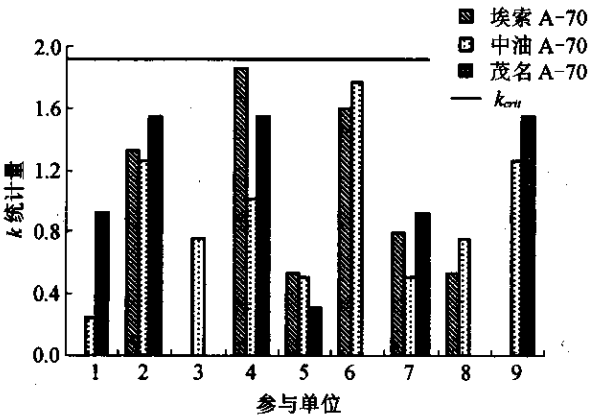


图 1 沥青软化点对比试验统计量  $k$  值分析

2.2 试验室结果准确性分析

试验室间数据一致性统计量  $h$  值,是描述试验室试

验结果准确度好坏的统计指标。统计量  $h$  值计算式为:

$$h=d/S_{xave}$$

式中: $d$  为试验室间偏差,其计算公式为  $d=X_{ave}$

$-\sum_1^p X_{ave}/p$ ,其中  $X_{ave}$  是单个试验室试验结果平均值, $p$  是单个试验室试验数据数量; $S_{xave}$  为试验室间

标准偏差,其计算公式为  $S_{xave}=\sqrt{\sum_1^p d^2/(p-1)}$ 。

统计量  $h$  值是求得每个试验室试验结果的平均值与试验室间试验结果平均值的差值,再与试验室间标准偏差进行比较,从而确定是否存在平均值偏离总平均值太大的试验室,依此来检验试验室试验结果的准确程度。

此次沥青比对试验也是按 95% 的置信水平,来确定试验室间一致性检验临界值  $h_{crit}$ ,其计算公式为:

$$h_{crit}=(p-1)t/\sqrt{p(t^2+p-2)}$$

式中: $t$  为学生氏分布值,其数值可以通过查  $t$  分布表获得。

本次沥青比对试验 9 个参与单位的几项沥青指标试验,试验室间数据一致性统计量  $h$  值如表 3 所列。同样,没有对沥青 15℃ 延度试验结果进行统计分析。

从表 3 可以看出:针对原样沥青密度的比对结果,单位 3 的中油 A-70 沥青、单位 5 的埃索 A-70 沥青和单位 8 的茂名 A-70 沥青的  $h$  值都超出了临界

表 3 沥青比对试验各指标统计量  $h$  值结果

统计量		试验室间数据一致性统计量 $h$ 值									$h_{crit}$ 上限	$h_{crit}$ 下限
参与单位		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
密度	埃索 A-70	0.48	—	0.99	0.73	−1.84	−0.04	—	−0.81	0.48	1.71	−1.71
	中油 A-70	−0.04	—	−1.80	−0.25	−0.45	0.72	—	1.30	0.52	1.71	−1.71
	茂名 A-70	0.91	—	0.09	0.81	−0.27	0.27	—	−2.07	0.27	1.71	−1.71
针入度	埃索 A-70	−0.32	0.50	2.01	−0.08	0.03	−0.49	0.73	−1.25	−1.13	1.78	−1.78
	中油 A-70	0.08	0.51	0.04	1.05	0.82	0.59	−0.04	−2.22	−0.82	1.78	−1.78
	茂名 A-70	−0.10	1.03	1.12	−0.33	0.03	0.22	0.86	−2.04	−0.78	1.78	−1.78
软化点	埃索 A-70	0.97	−0.99	1.22	−0.30	0.07	0.12	−1.93	−0.02	0.87	1.78	−1.78
	中油 A-70	0.64	−1.32	1.03	0.22	0.05	0.02	−1.96	0.69	0.64	1.78	−1.78
	茂名 A-70	0.46	−0.62	0.98	0.51	0.06	−1.27	−1.33	−0.41	1.63	1.78	−1.78
质量损失	埃索 A-70	0.52	−1.62	—	1.17	−0.72	0.34	—	0.31	—	1.66	−1.66
	中油 A-70	0.53	−1.29	—	0.88	−1.26	0.39	—	0.74	—	1.66	−1.66
	茂名 A-70	0.93	−1.36	—	0.42	−1.16	0.42	—	0.76	—	1.66	−1.66
残留针入度比	埃索 A-70	−0.92	—	—	0.35	−0.93	1.47	—	0.02	—	1.57	−1.57
	中油 A-70	−0.01	—	—	0.46	−1.18	1.40	—	−0.66	—	1.57	−1.57
	茂名 A-70	−0.02	—	—	0.61	−1.02	1.33	—	−0.91	—	1.57	−1.57

值;针对原样沥青针入度的比对结果,单位 3 的埃索 A-70 沥青和单位 8 的中油 A-70、茂名 A-70 沥青的  $h$  值超出了临界值;针对原样沥青软化点的比对结果,单位 7 的埃索 A-70、中油 A-70 沥青的  $h$  值超出了临界值;针对老化沥青质量损失的比对结果,单位 2 的埃索 A-70 沥青的  $h$  值非常接近临界值。计算所得的  $h$  值大于、等于或非常接近  $h_{crit}$ ,表明该参与单位的试验结果的平均值偏离总平均值较大,试验结果复现性偏差较大,该参与单位存在较大的系统误差,试验数据的准确性不高。图 2 可以更直观地判别各单位试验结果的准确性。

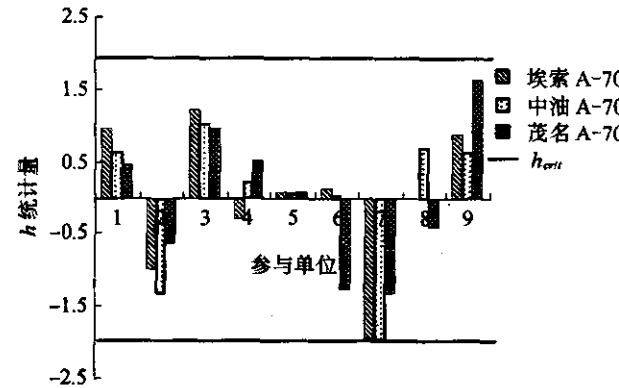


图 2 沥青软化点对比试验统计量  $h$  值分析

2.3 试验结果综合分析

分析图 1、图 2 可知,在沥青软化点对比试验中,

单位 4 的埃索 A-70 沥青的  $k$  值非常接近临界值 ( $k = 1.86, k_{crit} = 1.90$ ),而  $h$  值却偏离临界值较大 ( $h = -0.30, h_{crit} = -1.78$ );单位 7 的埃索 A-70、中油 A-70 沥青的  $k$  值偏离临界值较大 (埃索 A-70,  $k = 0.80$ ;中油 A-70,  $k = 0.50; k_{crit} = 1.90$ ),而  $h$  值却超过临界值较多 (埃索 A-70,  $h = -1.93$ ;中油 A-70,  $h = -1.96; h_{crit} = -1.78$ )。

$k$  值偏大,  $h$  值却很小,这表明该试验室试验仪器正常,试验的系统误差小,试验结果平均值  $X_{ave}$  比较接近各参与单位试验室间试验结果的平均值  $(X_{ave})_{ave}$ ,但试验室随机误差大,试验精度差,人员操作方面存在问题。 $h$  值偏大而  $k$  值却较小,这表明试验室随机误差小,平行试验数据  $X_1、X_2、X_3、\dots$  比较接近试验结果的平均值  $X_{ave}$ ,试验人员操作规范,试验的精密度高,但试验系统的误差大,试验仪器存在问题。

3 结论

试验结果的离散性和准确性是控制试验室试验可靠度的 2 个主要指标。由以上分析可知,在本次比对试验中,单位 2 老化沥青质量损失试验的准确性存在问题;单位 3 原样沥青针入度、密度试验的准确性和精密度都不高;单位 4 原样沥青软化点、密度试验和老化沥青残留针入度比试验的离散性较大;单

## 2006 年度《公路》月刊广告征订

《公路》月刊于 1956 年 9 月创刊。是我国公路行业出版最早的综合技术类科学技术期刊;全国中文核心期刊。《公路》杂志由交通部主管,由中交公路规划设计院主办,由《公路》杂志社出版。《公路》杂志 1996 年获第二届全国优秀科技期刊三等奖;双效期刊;2005 年荣获第三届全国期刊奖百种重点期刊。

经过为读者服务的近 50 年,《公路》月刊形成了自己鲜明的特点,“坚持科技第一”、“热忱为读者服务”是我们的一贯方针。《公路》月刊目前月发行量为 2 万份,拥有稳定的读者群,并深得读者们的信任与厚爱。

为做好 2006 年度《公路》杂志的广告计划,并及早着手设计和制作,《公路》月刊已经开始征订 2006 年度广告。请有意通过《公路》月刊向大众宣传自己产品的商家及在市场经济大潮中树立企业形象的设计、科研、施工、管理等单位,尽快与本刊联系,索要“广告刊登须知”及“价目表”。

为加强广告安排的计划性,本刊将按照收到征订合约的先后次序,安排广告刊出位置与时间的优先权,请及早与我们联系。

广告是营销活动的重要环节,本刊作为广告媒体,将竭诚为您服务。愿我们携手合作,共创美好未来。

广告联系人:王 曠 010—65259164,65279988 转 1801

谭昌富 010—65259168,65279988 转 1802

谢跃庆 010—65125565,65279988 转 1816

地址:北京东四前炒面胡同 33 号(100010)

E-mail:advt@chn-highway.com

《公路》杂志社

位 5 原样沥青密度试验准确性、老化沥青质量损失试验精密度存在问题;单位 7 原样沥青针入度试验离散性较大而软化点试验的准确性较差;单位 8 原样沥青密度、针入度的试验准确性,以及老化沥青质量损失、残留针入度比的试验精密度都不符合要求。

根据本次比对试验得到的试验分析结果,可以获知各试验室试验水平的高低。要提高试验精密度、降低试验结果的离散性,就要求试验人员参照试验规程加强训练,提高试验操作的细致和熟练程度,同

时,保证每次试验条件的一致性。加强仪器设备的管理,适时检测和校准试验仪器,以确保量值的准确传递。参照试验规程进一步规范试验操作,特别是对试验要点、试验条件和注意事项的有效控制和把握,将有利于提高试验的准确性。

参考文献:

[1] JTJ 052—2000,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

## Analysis and Discussion About Errors of Asphalt Comparative Tests in Yue-Gan Expressway

QIU Zhi-xiong<sup>1</sup>, YAO Ke<sup>2</sup>, LI Zhi<sup>3</sup>

(1. Guangdong provincial Yue-Gan Expressway Co. Ltd., Guangzhou 517000, China;

2. School of Traffic Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, 150090, China;

3. Road Engineering Institute, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

**Abstract:** The conclusions that the comparative tests are an effective way to distinguish laboratory test levels are educed by analyzing results of asphalts tested by different laboratories in Yue-Gan Expressway. Some important things are expatiated with emphasis in this paper, such as actualizing project and analyzing method of test data of the comparative tests, and right analysis of results of computing data, especially how to use the two laboratory consistency statistics  $k$  and  $h$  to estimate precision and accuracy of the test and error level and reliability of the test data.

**Key words:** asphalt; comparative test; consistent statistic  $k$  in laboratories; consistent statistic  $h$  between laboratories