

文章编号: 1002-0268 (2005) 06-0054-03

路面横向力系数速度修正试验研究

和 松, 常成利, 钱敬之
(交通部公路科学研究所, 北京 100088)

摘要: 通过多种沥青混凝土路面的现场试验得到路面横向力系数 *SFC* 值与测试速度的相关关系, 经合理简化后推荐出 *SFC* 的速度修正公式。试验结果和修正量经与国外研究成果和技术标准比较基本一致, 因此推荐为国内 SCRIM 系统使用的标准速度修正方法。

关键词: 横向力系数; 速度; 试验; 修正

中图分类号: U418.6 文献标识码: A

Study on Correction of Sideway Force Coefficient by Measured Speed

HE Song, CHANG Cheng-li, QIAN Jing-zhi
(Research Institute of Highway, Ministry of Communications Beijing 100088 China)

Abstract: The relation between sideway force coefficient (SFC) and measured speed is achieved by field test on different kinds of bitumen road-surface. It is simplified rationally and the expression of correction of SFC by measured speed is presented. The results of the field test and the correction values are basically consistent with those of the research and specification abroad. It is proposed that the correction method should be taken as national standard for correction of speed measured with the SCRIM system.

Key words: Sideway Force Coefficient; Speed; Testing; Correction

0 引言

本文研究的横向力系数特指 SCRIM 系统所测试的技术指标 *SFC* 值。SCRIM 系统的原型机由英国研制和生产, 历史已长达近 80 年, 其测试原理是通过一个与车辆纵向成 20° 角的光面充气专用轮胎在规定的荷载下所测试的路面表面摩擦系数值。*SFC* 值与其它类型设备测试的摩擦系数相比较所具有的特点是, 它不仅能表征路面对车辆制动距离长短的影响, 还能反映路面防止车辆在紧急制动或高速行驶过程中发生侧滑的能力。此外, SCRIM 系统由于自备很大容量的储水装置, 因此可以长距离的连续工作, 测试效率是目前各种设备中最高的。

基于上述原因, 世界道路会议早期曾经推荐各国

使用 SCRIM 系统来评价道路的抗滑性能, 目前已有英、法、丹麦、比利时、日本、香港、中国等世界许多国家和地区都在使用这种测试装置。我国于上世纪 80 年代后期从英国引进 SCRIM 系统, 90 年代中后期陆续在行业标准规范体系中制定了相关测试规程和测试指标的评价标准。近些年来随着我国高速公路的大量建成和投入使用, 工程施工质量检验和运营养护评价的检测需求急剧增加, SCRIM 系统是高速公路路面抗滑能力检测的首选设备, 其对提高我国高速公路的行车安全水平起到了极大的促进作用。

但是, SCRIM 设备在我国多年使用过程中仍然存在一些需要解决的问题。检测设备在实际测试过程中会受到很多内外部因素的影响, 而为了保证测试结果的客观和统一, 就必须研究确定各种因素对测试结果

收稿日期: 2004-11-09

基金项目: 交通部标准规范项目研究专题资助

作者简介: 和松 (1968-), 男, 浙江杭州人, 高级工程师, 主要研究方向为路面工程及试验检测。

的影响范围或影响程度, 并进行准确的定量修正。SCRIM 系统在测试过程中会受到多种因素干扰, 造成现场测试速度经常发生变化, 路面 *SFC* 值又直接受到测试速度的影响, 因此以标准测试速度为基准对实际速度下得到的 *SFC* 测值进行修正才能正确评价路面的抗滑能力, 建立 *SFC* 测值的速度修正公式是 SCRIM 系统应用的必要条件。

根据交通部标准规范项目研究专题《高速公路路面自动化检测现场测试规程及评价方法》的编写要求, 作者在参考英国 SCRIM 系统有关标准的前提下开展了路面横向力系数的速度修正试验研究。

1 路面横向力系数 (*SFC*) 速度试验

1.1 试验方案设计原则

速度试验方案设计与条件准备遵循以下原则:
 (1) 选择 *SFC* 值水平和表面类型不同的路段进行试验, 每个路段的 *SFC* 值应尽量分布均匀;
 (2) 每个路段都进行多种测试速度的试验;
 (3) 不同路段及不同速度测试时, 应保证路面洒水量和温度等外部条件相同。

1.2 现场试验内容

根据以上要求进行了如下现场试验: 试验地点为北京地区 (不同摩擦系数专用试验路); 试验时间为 2003 年 8 月份 (最适合的测试季节); 试验设备为 SCRIM 测试系统; 试验路段为 8 条不同 *SFC* 水平 (*SFC* 分布范围 40~90) 及不同路面类型的试验路段; 试验温度为控制在 15~25℃ 范围内, 可不考虑温度影响; 试验速度为 40、50、60、70、80km/h; 测试过程为每个路段每种速度按同一方向连续重复测试 5 次。

1.3 试验数据统计结果

通过试验得到的各路段测试数据统计结果见表 1。

表 1

速度 /km·h ⁻¹	<i>SFC</i> 平均值							
	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	路段 7	路段 8
40	82	78	75	70	72	87	60	79
50	78	73	71	65	69	84	55	76
60	77	70	68	62	69	83	56	76
70	76	72	67	62	66	82	52	74
80	74	67	65	60	63	78	48	72
<i>TD</i> /mm	1.67	—	0.94	0.50	0.65	—	0.30	2.04

注: 表 1 中 *TD* 为路面平均构造深度。

2 *SFC* 速度试验回归计算及相关分析

各路段测试数据的线性回归结果见图 1 和表 2。

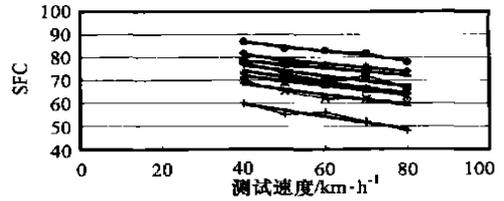


图 1 *SFC* 测试速度相关关系回归

表 2

序号	路段编号	回归方程	相关系数 <i>R</i> ²
1	路段 6	$Y = -0.20x + 94.8$	0.93
2	路段 1	$Y = -0.18x + 88.2$	0.92
3	路段 8	$Y = -0.16x + 85.0$	0.94
4	路段 2	$Y = -0.23x + 85.8$	0.80
5	路段 3	$Y = -0.24x + 83.6$	0.95
6	路段 5	$Y = -0.21x + 80.4$	0.94
7	路段 4	$Y = -0.23x + 77.6$	0.87
8	路段 7	$Y = -0.27x + 70.4$	0.90

从上述试验结果表明 *SFC* 与测试速度具有较高的相关关系, 而且线性回归结果显示当处于不同测试水平时 (即测试路段 *SFC* 值处于 1~8 路段不同水平范围内), 测试速度对 *SFC* 值的影响量比率的差别不大。

另外, 目前国内绝大部分路面构造深度不超过 2mm, 本次试验各路段构造深度选择范围 (0.3~2.0mm) 基本可覆盖一般路面类型的状况。从原理上讲路面构造深度对不同测试速度下的摩擦系数变化有影响, 但从本次多水平试验结果观察, 在目前的构造深度分布区间对 *SFC* 与速度的关系影响不甚明显。因此出于工程检测实用角度考虑, 当进行 *SFC* 值速度修正时可暂忽略构造深度的影响。

经查阅有关 ASTM STP 1031 文献论文中在德国的制动力摩擦系数速度试验显示出相似的结论 (见图 2)。

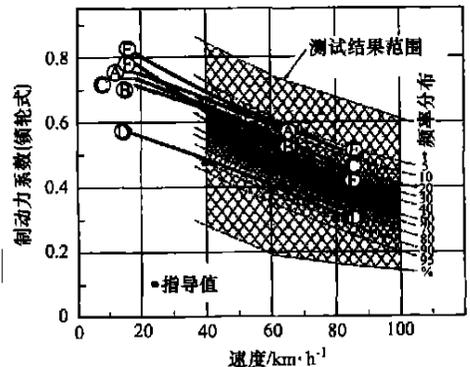


图 2 制动力摩擦系数速度试验

3 速度换算公式的确定

3.1 速度换算公式

根据上述基本观察结论, 我们进行了如下推导。

假定某一 SFC 值水平下标准测试速度和实际测试速度时的线形关系公式分别如下

$$SFC_{\text{标}} = A \cdot V_{\text{标}} + B \quad (1)$$

$$SFC_{\text{测}} = A \cdot V_{\text{测}} + B \quad (2)$$

式中, $SFC_{\text{标}}$ 、 $SFC_{\text{测}}$ 为标准测试速度和某实际测试速度下测得的 SFC 值; $V_{\text{标}}$ 、 $V_{\text{测}}$ 为标准测试速度和实际测试速度; A 、 B 为回归系数。

令上述两公式相减并整理可得

$$SFC_{\text{标}} = A (V_{\text{标}} - V_{\text{测}}) + SFC_{\text{测}} \quad (3)$$

3.2 系数 A 的确定

从公式 (3) 可看出在进行 SFC 值的速度换算时与系数 A 有关, 而与系数 B 无关, 进一步说也就是与 SFC 水平大小无关。

上述各组试验线性回归系数 A 最大和最小值之差为 0.11, 若以最高和最低速度之差 40km/h 考虑, 该试验回归系数 A 对 SFC 值的影响也仅约 4 个单位。但在现场测试过程中当选定某一适合的标准测试速度后, 一般实际测试速度与标准速度不会有如此大的偏差。因此我们认为取系数 A 为常数, 可简化公式, 便于实际工程应用。同时, 8 组试验中系数 A 的平均值为 -0.215 , 当去掉系数 A 最大和最小值后其余组的平均值依然是 -0.215 , 我们取 $A = -0.22$ 。

将系数 A 代入公式 (3) 得到 SFC 的标准速度修正公式为

$$SFC_{\text{标}} = SFC_{\text{测}} - 0.22 (V_{\text{标}} - V_{\text{测}}) \quad (4)$$

因此, 可认为公式 (4) 普遍适用于各种沥青混凝土路面的速度修正。

4 速度换算公式的验证

为考查公式 (4) 的可靠性, 我们又再次进行了验证试验。验证试验只测试了 30、50、 70km/h 三种速度, 以 50km/h 作为标准测试速度。本次试验实测 SFC 值及通过公式 (4) 计算的理论值见表 3。

表 3

路段 编号	标准速度 $50\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$		测试速度 $30\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$		测试速度 $70\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$		
	SFC 标准值	预测值	实测值	误差率 /%	预测值	实测值	误差率 /%
1	77	81.4	82	0.7	72.6	75	3.3
2	72	76.4	79	3.4	67.6	71	5.0
3	71	75.4	77	2.1	66.6	68	2.1
4	68	72.4	75	3.6	63.6	63	0.9
5	69	73.4	71	3.3	64.6	66	2.2
6	84	88.4	84	5.0	79.6	81	1.8
7	60	64.4	66	2.5	55.6	52	6.5
8	78	82.4	81	1.7	73.6	74	0.5

表 3 中误差率计算式为

$$\text{误差率} = \frac{|SFC_{\text{预测}} - SFC_{\text{实测}}|}{SFC_{\text{预测}}} \times 100\%$$

从验证试验结果看速度换算公式的可靠性能够满足实际使用要求, 其误差率一般不大于 5%, 多水平试验的平均误差率仅为 2.8%。

5 研究结论

根据上述试验研究我们将公式 (4) 作为课题成果推荐为 SCRIM 系统在中国测试 SFC 值时的标准速度修正公式。

经查 SCRIM 系统的原产国英国也曾进行过类似试验研究, 其 1987 年运输部标准 HD 15/87 即对测试速度作出表 4 的量值修正规定。

表 4

测试速度 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	英国规定修正量值	公式 (4) 计算修正量值
65~67	+3	+3.3~+3.7
60~64	+2	+2.2~+3.0
55~59	+1	+1.1~+1.9
46~54	0	+0.8~-0.8
42~45	-1	-1.7~-1.1
38~41	-2	-2.6~-1.9
34~37	-3	-3.5~-2.8

表 4 显示两国速度试验 SFC 值修正量的范围基本一致, 英国规定 SFC 小于 1 个单位时可不修正, 我国可参考执行; 同时我们认为公式 (4) 的修正准确性要优于英国标准。

目前 SCRIM 系统的数据记录和数据处理全部计算机化, 数据量巨大, 因此利用准确的公式编制专用计算机软件修正 SFC 值已是非常科学实用的方法。本试验研究课题得到了比较理想的结果, 已建议编入行业规程中使用。

参考文献:

- [1] 交通部公路科学研究所. 高速公路路面自动化检测现场测试规程及评价方法研究报告 [R]. 2004
- [2] JTJ 059-95, 公路路基路面现场测试规程 [S].
- [3] 和松. 高速公路路面摩擦系数的测试与评价 [J]. 公路交通科技, 2002, 19 (1): 8-11
- [4] British Standards Institution Methods for Measuring the Skid Resistance of Pavement Surfaces-Part1: Side-way Force Coefficient Routine Investigation Machine [S]. British Standard, BS7941-1999.
- [5] Jürgen Dames. The Influence of Polishing Resistance of sand on Skid Resistance of Asphalt Concrete [J]. Surface Characteristics of Roadways, ASTM STP 1031
- [6] Department of Transport Highway and Traffic Directorate. Skidding Resistance of In-service Trunk Roads [S]. Departmental Standard HD 15/87, 1987