

文章编号: 0451-0712(2005)09-0070-04

中图分类号: U416.06

文献标识码: B

路面横向力系数统计评价方法研究

和 松, 常成利

(交通部公路科学研究所 北京市 100088)

摘 要: 通过对横向力系数 *SFC* 实测数据样本分布特征的验证, 同时依据现行规程数据整理方法的规定, 推出新的横向力系数统计评价方法。该方法能够准确地指明危险路段, 更加客观地反映路面实际抗滑能力状况。

关键词: 横向力系数; 统计; 评价

目前国内高速公路路面抗滑性能通常使用横向力系数 *SFC* 作为评价指标, 但是长期以来, 该指标却一直采用原始值或简单的算术平均值直接作为统计质量合格率的评价方法。而在公路工程质量检验过程中, 利用数理统计学指标对测试采样数据进行计算分析是更加科学的评价方法, 《公路路基路面现场测试规程》(JTJ 059-95) 中附录 B 已规定了检测路段数据整理方法 (T 0992-95)。我们在多年从事路面性能测试的过程中发现, 直接通过原始测试数据的算术统计方法评价路段状况时存在一定的缺陷。如: 虽然路段整体评价水平较高, 但计算结果却不能明确体现出与平均水平差距较大的局部路段的特征。

与此同时, 随着国内高速公路的大规模修建, 工程质量检验工作中统计评价方法的科学性显得尤为重要。高速公路的特点是车速高、流量大、轴载重, 因此通车运营过程中从安全、高效、耐用的服务角度考虑, 就要求在检测过程中及时发现路段各项性能指标上的薄弱区域。因为, 即使是小范围的问题, 路段也有可能造成严重的行车安全事故或对整个结构产生永久性破坏。如何在路段整体评价时科学合理地表征出施工质量较差的局部区域, 并制定相关的计分评价方法, 以便更为符合客观实际情况地体现工程质量水平, 是本文研究的出发点。

作者在文中推荐的横向力系数统计评价方法是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》的研究成果, 已被纳入 2005 年 1 月 1 日颁布实施的新版《公路工程质量检验评定标准 (土建工程)》(JTG F80/1-2004) 之中, 现将具体内容介绍如下。

1 路面横向力系数 *SFC* 实测样本分布特征

由于横向力系数是通过 SCRIM 系统采集得到的, 其自动化连续测试的采样频率高达 50~200 个/km, 比传统测试方法要大许多。因此, 本研究首先对路面横向力系数的分布情况进行分析。在分析样本分布特性时, 采用了 χ^2 检验法, 该方法是统计学中一种非常重要的通过样本来检验总体分布假设的方法。 χ^2 检验法的基本思想是将随机试验可能结果的全体 Ω 分为 k 个互不相容的事件 A_1, A_2, \dots, A_k 。于是在假设 H_0 下, 可以计算 $p_i = P(A_i), i=1, 2, \dots, k$ 。在 n 次试验中, 事件 A_i 出现的频率 f_i/n 与 p_i 往往有差异, 但一般来说, 若 H_0 为真, 且试验的次数又甚多时, 则这种差异不应该很大。基于这种想法, 皮尔逊提出如下公式:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - np_i)^2}{np_i}$$

以此公式作为检验假设的统计量, 并证明了下面的定理。

定理: 若 n 充分大 ($n \geq 50$), 则当 H_0 为真时 (不论 H_0 中的分布是属于什么分布), 统计量总是近似地服从自由度为 $(k-r-1)$ 的 χ^2 分布。其中, r 是被估计的参数个数。

因此, 如果 $\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha}(k-r-1)$, 则在显著性水平 α 下拒绝假设。

路面横向力系数分布图 (图1) 表明, 横向力系数近似服从正态分布, 为此做出下面的分布假设。

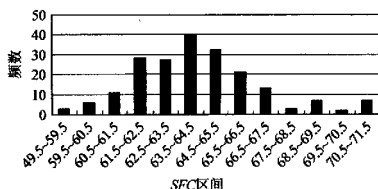


图1 路面横向力系数分布

表1 北方某通车运营高速公路

组 限	频数 f_i	频率 f_i/n	累积频率	p_i	np_i	合并小于 5 项	$f_i - np_i$	计算判断项
< 47.5	1	0.005	0.005	0.015	3			
47.5~50.5	14	0.07	0.075	0.083 5	16.7	19.7	-4.7	1.12
50.5~53.5	51	0.255	0.33	0.242 4	48.48	48.48	2.52	0.13
53.5~56.5	71	0.355	0.685	0.339 9	67.98	67.98	3.02	0.13
56.5~59.5	51	0.255	0.94	0.230 7	46.14	46.14	4.86	0.51
59.5~62.5	9	0.045	0.985	0.075 6	15.12	17.7	-5.7	1.83
62.5~65.5	1	0.005	0.99	0.011 9	2.38			
≥ 65.5	2	0.01	1	0.001	0.2			
总计								3.72

样本 $n=200$, $r=2$, 平均值为 54.9, 标准差为 3.4, 取 $\alpha=0.05$, 则有:

$$\chi^2_{0.05}(5-2-1)=5.991 > 3.72$$

式中: 5.991 为查表所得数据。

假设 H_0 : 统计量——公路路面的横向力系数符合正态分布。

为了使统计结果更具有普遍意义, 分别从东部、北部和西部地区的新建未通车和已通车运营的高速公路原始测试数据取样, 下面是样本数据的统计计算结果和统计量的分布验证结论。

(1) 北方某通车运营高速公路数据的统计计算结果(表1)和统计量的分布验证结论。

所以, 在 $\alpha=0.05$ 水平下接受假设。即: 样本数据来自正态分布总体。

(2) 东部沿海地区某未通车高速公路数据的统计计算结果(表2)和统计量的分布验证结论。

表2 东部沿海地区某未通车高速公路

组 限	频数 f_i	频率 f_i/n	累积频率	p_i	np_i	合并小于 5 项	$f_i - np_i$	计算判断项
< 60.5	2	0.01	0.01	0.015	3			
60.5~61.5	4	0.02	0.03	0.011 8	2.36			
61.5~62.5	3	0.015	0.045	0.018 7	3.74			
62.5~63.5	8	0.04	0.085	0.028	5.6	14.7	2.3	0.350
63.5~64.5	9	0.045	0.13	0.039 6	7.92	7.92	1.08	0.147
64.5~65.5	8	0.04	0.17	0.050 4	10.08	10.08	-2.08	0.429
65.5~66.5	10	0.05	0.22	0.066 2	13.24	13.24	-3.24	0.793
66.5~67.5	10	0.05	0.27	0.078 8	15.76	15.76	-5.76	2.105
67.5~68.5	16	0.08	0.35	0.088 9	17.78	17.78	-1.78	0.178
68.5~69.5	26	0.13	0.48	0.094 6	18.92	18.92	7.08	2.649
69.5~70.5	20	0.1	0.58	0.091 2	18.24	18.24	1.76	0.170
70.5~71.5	20	0.1	0.68	0.090 4	18.08	18.08	1.92	0.204
71.5~72.5	19	0.095	0.775	0.081 3	16.26	16.26	2.74	0.462
72.5~73.5	18	0.09	0.865	0.068 9	13.78	13.78	4.22	1.292
73.5~74.5	12	0.06	0.925	0.055 2	11.04	11.04	0.96	0.083
74.5~75.5	5	0.025	0.95	0.040 2	8.04	8.04	-3.04	1.149
75.5~76.5	3	0.015	0.965	0.030 3	6.06	16.16	-6.16	2.34
76.5~77.5	2	0.01	0.975	0.020 5	4.1			
≥ 77.5	5	0.025	1	0.03	6			
总计								12.353

样本 $n=200$, $r=2$, 平均值为 69.6, 标准差为 据来自正态分布总体。

4.2, 取 $\alpha=0.05$, 则有:

$$\chi_{0.05}^2 = (14-2-1) = 19.675 > 12.353$$

所以, 在 $\alpha=0.05$ 水平下接受假设。即: 样本数

(3) 西部某未通车高速公路数据的统计计算结果(表3)和统计量的分布验证结论。

表3 西部某未通车高速公路

组 限	频数 f_i	频率 f_i/n	累计频率	p_i	np_i	合并小于5项	$f_i - np_i$	计算判断项
< 59.5	3	0.015	0.015	0.035 9	7.18	7.18	-4.18	2.433
59.5~60.5	6	0.03	0.045	0.040 5	8.1	8.1	-2.1	0.544
60.5~61.5	11	0.055	0.1	0.070 5	14.1	14.1	-3.1	0.682
61.5~62.5	28	0.14	0.24	0.101 4	20.28	20.28	7.72	2.939
62.5~63.5	27	0.135	0.375	0.133 8	26.76	26.76	0.24	0.002
63.5~64.5	40	0.2	0.575	0.149 8	29.96	29.96	10.04	3.365
64.5~65.5	32	0.16	0.735	0.141 7	28.34	28.34	3.66	0.473
65.5~66.5	21	0.105	0.84	0.123 1	24.62	24.62	-3.62	0.532
66.5~67.5	13	0.065	0.905	0.088 2	17.64	17.64	-4.64	1.220
67.5~68.5	3	0.015	0.92	0.058 1	11.62	23.02	4.02	0.702
68.5~69.5	7	0.035	0.955	0.031 4	6.28			
69.5~70.5	2	0.01	0.965	0.015 7	3.14			
≥ 70.5	7	0.035	1	0.009 9	1.98			
总计								12.892

样本 $n=200$, $r=2$, 平均值为 64.3, 标准差为 据来自正态分布总体。

2.7, 取 $\alpha=0.05$, 则有:

$$\chi_{0.05}^2 = (10-2-1) = 14.067 > 12.892$$

所以, 在 $\alpha=0.05$ 水平下接受假设。即: 样本数

(4) 东部地区某通车高速公路数据的统计计算结果(表4)和统计量的分布验证结论。

表4 东部地区某通车运营高速公路

组 限	频数 f_i	频率 f_i/n	累计频率	p_i	np_i	合并小于5项	$f_i - np_i$	计算判断项
< 45.5	7	0.035	0.035	0.059 4	11.88	11.88	-4.88	2.005
45.5~46.5	4	0.02	0.055	0.035 7	7.14	7.14	-3.14	1.381
46.5~47.5	10	0.05	0.105	0.051 8	10.36	10.36	-0.36	0.013
47.5~48.5	16	0.08	0.185	0.067 9	13.58	13.58	2.42	0.431
48.5~49.5	12	0.06	0.245	0.079 8	15.96	15.96	-3.96	0.983
49.5~50.5	25	0.125	0.37	0.095 1	19.02	19.02	5.98	1.880
50.5~51.5	28	0.14	0.51	0.100 3	20.06	20.06	7.94	3.143
51.5~52.5	27	0.135	0.645	0.101	20.2	20.2	6.8	2.289
52.5~53.5	17	0.085	0.73	0.096 9	19.38	19.38	-2.38	0.292
53.5~54.5	14	0.07	0.8	0.082 4	16.48	16.48	-2.48	0.373
54.5~55.5	11	0.055	0.855	0.071	14.2	14.2	-3.2	0.721
55.5~56.5	8	0.04	0.895	0.054 9	10.98	10.98	-2.98	0.809
56.5~57.5	6	0.03	0.925	0.043 2	8.64	8.64	-2.64	0.807
57.5~58.5	7	0.035	0.96	0.027 1	5.42	5.42	1.58	0.461
≥ 58.5	8	0.04	1	0.038 4	7.68	7.68	0.32	0.013
总计								15.600

样本 $n=200, r=2$, 平均值为 51.6, 标准差为 3.9, 取 $\alpha=0.05$, 则有:

$$\chi_{0.05}^2 = (15-2-1) = 21.026 > 15.600$$

所以, 在 $\alpha=0.05$ 水平下接受假设。即: 样本数据来自正态分布总体。

通过对上述多种典型条件下路面横向力系数分布特性的统计分析可知, 横向力系数原始数据均符合正态分布, 可以采用《公路路基路面现场测试规程》(JTJ 059-95) 中附录 B 检测路段数据整理方法 (T 0992-95) 来统计计算测试路段的 SFC 代表值。

2 横向力系数 SFC 统计评价方法

横向力系数是保证路面行车安全的指标, 按规范要求其抗滑水平必须高于规定的安全标准值, 因此作为单边检验统计量, 代表值计算公式规定如下:

$$SFC_r = \overline{SFC} - S \frac{t_a}{\sqrt{n}}$$

式中: SFC_r 为 SFC 代表值; \overline{SFC} 为 SFC 均值; S 为标准差; n 为采集数据样本数量; t_a 为 t 分布表中随测点数和保证率 (或置信度 α) 而变的系数, 可查附表, 高速公路和一级公路的保证率取为 95%、其他公路的保证率取为 90%。

路段评价时规定当 SFC 代表值不小于设计或验收标准时, 以所有单个 SFC 值统计合格率; 当 SFC 代表值小于设计值或标准规定值时, 该路段为零分。

3 新旧评价方法的对比验证

为了说明原统计方法与新方法的区别以及新方法的合理性, 本研究提供了 2 组典型的来自现场实测数据的计算对比:

(1) 北方某高速公路现场实测数据的计算对比 (表 5、表 6), 统计路段全长为 49 km;

(2) 东南部地区某高速公路现场实测数据的计算对比 (表 7、表 8), 统计路段全长为 27 km。

表 5、表 7 中计算数据为斜体数字的路段代表不合格路段, 即路段 SFC 代表值小于设计值或抗滑安全标准值。2 种方法的计算结果对比表明: 新方法可适当降低存在问题路段的得分, 但对总分的影响不大; 同时, 可通过代表值体现出不合格区间, 真实地暴露实际存在的质量问题, 更客观地评价路面的抗滑性能。

万方数据

表 5 北方某高速公路

路段 km	平均值	标准差	代表值	合格率/%	
				原方法	新方法
0	62.32	1.99	61.85	100	100
1	59.40	3.30	58.62	94	94
2	67.26	2.16	66.75	100	100
3	52.98	2.19	52.46	34	0
4	53.04	1.92	52.59	32	0
5	55.64	2.06	55.15	90	90
6	56.34	3.03	55.62	76	76
7	55.44	2.37	54.88	80	80
8	54.36	3.57	53.51	48	0
9	58.52	3.40	57.71	94	94
10	56.20	3.14	55.46	78	78
11	53.40	1.34	53.08	54	0
12	51.20	3.90	50.28	24	0
13	59.30	2.50	58.71	100	100
14	51.66	1.51	51.30	10	0
15	55.14	2.29	54.60	80	80
...
47	62.68	1.57	62.31	100	100
48	65.10	4.32	64.08	96	96

表 6 不同统计方法计算的对比结果

原方法		新方法	
合格率/%	得分	合格率/%	得分
89.38	8.9	97.10	8.5

表 7 东南部地区某高速公路

路段 km	平均值	标准差	代表值	合格率/%	
				原方法	新方法
0	52.5	8.78	50.42	26	0
1	49.8	2.41	49.25	6	0
2	57.5	5.06	56.32	62	62
...
20	55.3	2.02	54.78	84	84
21	48.8	2.16	48.31	0	0
22	50.9	5.12	49.71	16	0
23	55.2	4.20	54.22	66	66
24	51.6	2.90	50.87	26	0
25	60.4	4.06	59.42	92	92
26	55.7	8.54	53.68	60	0

表 8 不同统计方法计算的对比结果

原方法		新方法	
合格率/%	得分	合格率/%	得分
71.18	7.1	86.70	6.4

文章编号: 0451-0712(2005)09-0074-03

中图分类号: U416.223

文献标识码: B

水泥粉煤灰稳定碎石基层结构 抗裂性能研究

梁志林, 胡 东

(河北省张家口市交通局 张家口市 075000)

摘 要: 采用专用的仪器设备, 分别对水泥稳定级配碎石和水泥粉煤灰稳定级配碎石 2 种结构在不同水泥剂量和不同粉煤灰含量时的干燥收缩系数和温度收缩系数进行测定, 并对 2 种结构试验路的裂缝进行观测, 得出了加入适量的粉煤灰不会降低水泥稳定碎石结构抗裂性能的结论。相反, 通过材料的合理组合, 在保证结构强度不变的情况下, 降低水泥的剂量, 改善了结构抗干缩性能, 从而增强了结构的总体抗裂性能。

关键词: 水泥粉煤灰稳定碎石; 基层; 抗裂性; 影响

为了全面地了解水泥粉煤灰稳定碎石混合料的路用性能, 除对水泥粉煤灰稳定级配碎石结构强度进行了大量研究外, 还对其结构的抗裂性能进行了

初步的试验分析。室内试验结果及试验路的检测情况可以证实, 在混合料材料合理组成的情况下, 水泥粉煤灰稳定碎石混合料是一种早强、高强、抗弯拉性

收稿日期: 2005-05-30

4 结语

本文提出的评价方法, 适用于高等级公路采用自动化设备高频率检测条件下评价路面的抗滑性能, 能够保证更真实有效地对高车速路面连续全程抗滑能力的评价和监控。新颁布的公路工程质量检验标准, 以及目前正在大量普及使用的高科技自动化测试设备, 为新的统计评价方法实施提供了有力的保证。

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] JTG F80/1-2004, 公路工程质量检验评定标准(土建部分)[S].
- [3] JTJ 059-95, 公路路基路面现场测试规程[S].
- [4] 盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 1988.

A Study on Evaluating Method of Statistics of Sideway Force Coefficient of Pavements

HE Song, CHANG Cheng-li

(Highway Research Institute of Ministry of Communications, Beijing 100088, China)

Abstract: By validating the distribution characteristic of the SFC sample data measured and according to the specification on the data processing, a new statistics method of evaluating the Sideway Force Coefficient (SFC) is presented in this paper. The method is able to detect the danger section exactly and reflect the skid resistance of a road surface definitely.

Key words: Sideway Force Coefficient (SFC); statistics; evaluation

万方数据