

Research on the Transient Gas Characteristics of Trucks in Canyon Bridge and Tunnel Bridge Section under Wind Environment

Hongwei Zhang

Hebei University of Engineering, Handan, Hebei, 056000, China

Abstract

The bridge and tunnel sections of mountainous highways have complex terrain, variable environmental conditions, and unstable traffic flow speeds, which have increasingly prominent traffic safety issues and have a significant impact on the operating environment of highway traffic. This article uses numerical simulation methods to quantitatively analyze the influencing factors of truck driving safety in canyon wind environments, and constructs a risk assessment index system for truck driving safety in downhill bridge tunnel sections under wind environments. Taking into account the driving characteristics of trucks in mountainous areas, 15 risk indicators affecting the safety of supports were considered from three aspects: environment, trucks, and drivers. The indicators were analyzed in detail, and a truck traffic safety evaluation model system for highway canyon bridge tunnel bridge sections was constructed from the perspective of scientific management and decision-making.

Keywords

state gas characteristics; risk assessment theory; conclusion

风环境下峡谷桥隧桥梁段货车瞬态气动特性研究

张宏韡

河北工程大学, 中国 · 河北 邯郸 056000

摘 要

山区高速公路桥隧桥梁路段, 地形复杂, 环境条件多变, 交通流速度不稳定, 其交通安全问题日益突出, 对高速公路交通运行环境造成很大的影响。论文采用数值模拟的方法, 量化分析峡谷风环境下货车行车安全的影响因素, 构建风环境下山区桥隧桥梁段货车行车安全风险指标体系。综合考虑货车在山区的行车特点, 从环境、货车、驾驶员三方面考虑了 15 个影响支架安全风险指标, 并对指标进行细化分析, 从科学管理和决策的角度构建高速公路峡谷桥隧桥梁段货车交通安全评价模型体系。

关键词

态气动特性研究; 风险评估理论研究; 结论

1 引言

论文以行驶于山区高速公路上桥隧桥梁段上的货车为研究对象, 采用 GAMBIT 软件建立简化模型。流场计算域定为: 距模型中心 500m 的正方体。计算域简化模型。流场区域入口面使用 Velocity-inlet 边界条件 (来流边界条件), 其中来流风速设定为 8m/s, 湍流强度为 0.5% 流场区域。出口面使用 Pressure outlet 边界条件, 即压力出口边界条件, 流场区域两侧面和顶面使用 Symmetry 边界条件, 即对称边界条件; 桥梁、隧道和山体模型附近使用静止 / 非滑移壁面条件。

2 峡谷桥隧桥梁段货车瞬态气动特性研究

由于桥梁高度为 50m, 设置梯度风随高度变化, 速度入口最小风速为 2.44m/s, 随着高度增大, 最大风速为 25.63m/s。本研究以中国一汽解放 J7 重卡为研究对象, 计算模型按 1 : 1 尺寸建立, 车身尺寸为 16.5 × 2.55 × 4m (图 1)。利用 GAMBIT 建立三维立体模型, 忽略车身上存在的如后视镜等的细小部件。

整个流场区域选择空间四面体形式, 采用非结构网格对其进行划分, 为了保证可以使用计算机来计算数据, 网格数量在 2000 万左右, 流场网格在模型周围加密, 远离模型网格逐渐变稀疏。

【作者简介】张宏韡 (1999-), 男, 中国山西晋中人, 硕士, 从事交通运输、公路运输、汽车工程研究。

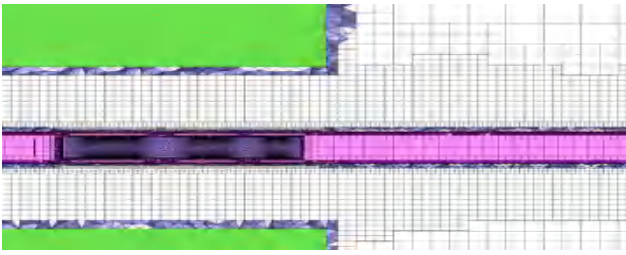


图1 货车模型及网格

峡谷间距越小,货车的最大侧向力系数和最大侧倾力矩系数越大,在货车行车过程中,最大侧向力系数和最大侧倾力矩系数均出现在货车行驶至桥梁中段时;货车车速越大,货车的六分力系数越大;当来流风风向角为垂直于货车前进方向时,货车承受最大六分力系数。当风向角变化为

$\pm 15^\circ$ 时,货车所受的六分力系数变化极小,六分力曲线与 0° 风向角时基本一致,但当风向角向 $\pm 60^\circ$ 逐渐发展时,货车所受的六分力逐渐减小;当风攻角增大时,货车的六分力系数逐渐增大,其最大侧向力系数、最大阻力系数、最大侧倾力矩系数、最大横摆力矩系数在风攻角为 15° 时达到最大值。

3 风环境下山区桥隧桥梁段货车行车安全风险评估理论研究

3.1 构建风环境下山区桥隧桥梁段货车行车安全风险评估指标体系

指标体系的建立与细化分析对评估指标进行详细等级划分见表1。

表1 评估指标详细等级划分

环境因素	优	良	较差	差
交通标志	位置显眼 标志清晰可见	位置隐蔽 标志清晰	位置隐蔽 标志模糊	无标志
风障设置	4m 高风障	2.5m 高风障	1m 高风障	无风障
视距条件	大于 110m	大于 75m	大于 40m	大于 30m
防护设施	隔离带、护栏、道路反光镜、防眩网	隔离带、护栏、道路反光镜	隔离带、护栏	护栏
来流风风向角	$\pm 60^\circ$	$\pm 30^\circ$ 和 $\pm 45^\circ$	$\pm 15^\circ$	0°
来流风风攻角	$-15^\circ \sim 5^\circ$	$-5^\circ \sim 0^\circ$	$0^\circ \sim 5^\circ$	$10^\circ \sim 15^\circ$
来流风速	无风到 2 级风	2 到 4 级风	4 到 5 级风	大于 5 级
峡谷间距	60~70m	50~60m	40~50m	30~40m
车辆速度	40~50km/h	50~60km/h	60~70km/h	70~80km/h
行车状态	并行或超车时压力出口侧货车	单车行车	并行或超车时速度入口侧货车、会车时双车	超车时速度入口侧货车
货车载荷	满载	2/3 满载	1/3 满载	空载
车辆安全性能	优	良	较差	差
安全教育	对工人定期开展安全教育培训	偶尔对所有工人开展安全教育培训活动	几乎不开展安全教育培训,且非全员参与	无任何安全教育培训活动
驾驶员技术水平	驾驶员经验丰富,且具有职业资格证	驾驶员技术水平较高,具有职业资格证	驾驶员经验不足,但具有职业资格证	驾驶员为临时工人,无职业资格证
驾驶员反应水平	反应迅速 处理得当	反应稍慢 处理得当	反应稍慢 处理相对得当	反应稍慢 处理不当

3.2 风险评估指标权重的确定,综合层次分析法与熵权法确定权重

按照层次分析法的具体计算步骤,采用熵权法根据公式对判断矩阵标准化处理,得到风环境下山区桥隧桥梁段货车行车安全风险评估指标的最终权重。

对风险评估指标进行等级区间化,风险等级 I 级评估等级为优,分值为 [10, 8), 风险等级 II 级评估等级为良,分值为 [8, 6), 风险等级 III 级评估等级为较差,分值为 [6, 3), 风险等级 IV 级评估等级为差,分值为 [3, 0)。对上节最不利工况按照风险评估指标进行打分。

3.3 基于物元可拓理论的货车行车安全风险评估

物元理论基本原理是通过描述事物的有序三元组,事物 P、特征 C 以及量值 V 这三个要素对待评价事物进行描述评价,合理表达事物的变化规律,以此来对事物进行分析^[1-3]。

采用物元可拓理论建立盘扣式满堂支架安全风险评估模型,进行评估具体步骤如下:①确定经典域、节域和待评物元矩阵;②计算关联度系数,具体结果见表2所示;③计算综合关联度 $K_i(P)$ 。

计算得到不同评估指标相对不同安全等级的关联度系数依据公式可得到不同评估指标关于不同安全等级的综合关联度。

环境因素指标综合关联度结果如表3所示。

表2 评估指标关联度系数

$3K_i (v_i)$	优	良	较差	差
$K_1 (v_1)$	0.600	-0.800	-0.886	-0.920
$K_2 (v_2)$	-0.500	-0.348	0.900	-0.570
$K_3 (v_3)$	-0.500	0.750	-0.643	-0.750
$K_4 (v_4)$	-0.500	0.650	-0.529	-0.670
$K_5 (v_5)$	-0.910	-0.871	-0.775	0.550
$K_6 (v_6)$	-0.880	-0.829	-0.700	0.600
$K_7 (v_7)$	-0.500	0.550	-0.557	-0.690
$K_8 (v_8)$	-0.520	-0.500	-0.368	0.733
$K_9 (v_9)$	-0.670	-0.529	-0.500	0.650
$K_{10} (v_{10})$	-0.500	0.600	-0.600	-0.720
$K_{11} (v_{11})$	-0.500	0.600	-0.600	-0.720
$K_{12} (v_{12})$	-0.500	0.950	-0.700	-0.790
$K_{13} (v_{13})$	0.900	-0.550	-0.743	-0.820
$K_{14} (v_{14})$	-0.500	0.900	-0.686	-0.780
$K_{15} (v_{15})$	-0.500	0.900	-0.686	-0.780

表3 指标层综合关联度

4 设计指标 A1	权重	优	良	较差	差
B1	0.013	0.600	-0.800	-0.886	-0.920
B2	0.051	-0.500	-0.348	0.900	-0.570
B3	0.025	-0.500	0.750	-0.643	-0.750
B4	0.038	-0.500	0.650	-0.529	-0.670
B5	0.073	-0.910	-0.871	-0.775	0.550
B6	0.097	-0.880	-0.829	-0.700	0.600
B7	0.129	-0.500	0.550	-0.557	-0.690
B8	0.064	-0.520	-0.500	-0.368	0.733
$K_1 (A_1)$	0.6483	-0.29877	-0.089744	-0.221675	-0.028988
车辆指标 A2	权重	优	良	较差	差
B8	0.0835	-0.500	0.650	-0.529	-0.670
B9	0.0835	-0.500	0.600	-0.600	-0.720
B10	0.0418	-0.500	0.600	-0.600	-0.720
B11	0.0209	-0.500	0.950	-0.700	-0.790
$K_2 (A_2)$	0.2297	-0.129045	0.0508635	-0.13156	-0.052452
驾驶员指标 A3	权重	优	良	较差	差
B13	0.050	0.900	-0.550	-0.743	-0.820
B14	0.055	-0.500	0.900	-0.686	-0.780
B15	0.052	-0.500	0.900	-0.686	-0.780
$K_3 (A_3)$	0.07692	-0.0085	0.0688	-0.110552	-0.12446

按照风环境下山区桥隧桥梁段货车行车安全风险环境、车辆、驾驶员指标的综合关联度结果，得到待评估风环境下

山区桥隧桥梁段货车行车安全风险的综合关联度：

$$K_I = 0.6923 \times (-0.04735) + 0.23077 \times (-0.11485) + 0.07692 \times (-0.0085) = -0.224$$

$$K_{II} = 0.6923 \times (-0.0395) + 0.23077 \times (0.6501) + 0.07692 \times (-0.0358) = -0.0412$$

$$K_{III} = 0.6923 \times (-0.6938) + 0.23077 \times (-0.5833) + 0.07692 \times (-0.7228) = -0.182$$

$$K_{IV} = 0.6923 \times (-0.6598) + 0.23077 \times (-0.7083) + 0.07692 \times (-0.8058) = -0.0404$$

结果用矩阵形式表示为：

$$K = \begin{bmatrix} \text{优} & -0.224 \\ \text{良} & -0.0412 \\ \text{较差} & -0.182 \\ \text{差} & -0.0404 \end{bmatrix}$$

4 结论

构建风环境下山区桥隧桥梁段货车行车安全风险评估指标体系。综合考虑货车在山区的行车特点，从环境、车辆、人三方面考虑了15个影响支架安全风险指标，并对指标进行细化分析。采用层次熵赋权法对行车安全评估指标进行赋权，运用物元可拓理论建立风环境下山区桥隧桥梁段货车行车安全风险评估模型。确定权重的方法综合了主观赋权法和客观赋权法的优点，使二者取长补短，能够更为精确的确定指标权重。应用建立的安全风险评估模型对40m间距、80km/h车速、0°风向角、15°风攻角单车工况实例进行安全风险评估，通过综合赋权-可拓物元分析得到该工况下货车行车安全风险等级为IV级。验证了该模型在风环境下山区桥隧桥梁段货车行车安全风险评估的可行性。

参考文献

- [1] 艾英旭.建筑设计创新可拓优度评价方法[J].北京工业大学学报, 2010,36(7):957-960.
- [2] 蔡文.可拓学概述[J].系统工程理论与实践,1998(1):77-85.
- [3] 梁桂兰,徐卫亚,谈小龙.基于熵权的可拓理论在岩体质量评价中的应用[J].岩土力学,2010,31(2):535-540.