

京都大学工学部 学生会員 ○和田 光平
 京都大学大学院工学研究科 正 会 員 白土 博通
 京都大学大学院工学研究科 正 会 員 服部 洋

京都大学大学院工学研究科 学生会員 立花 嵩
 京都大学大学院工学研究科 正 会 員 八木 知己

1. 序論

突風による車両の横転事故が時折発生している。橋梁をはじめ警戒区間には、横転事故防止のため、強風時に通行規制が敷かれるが、全ての事故を防ぐには至っていない。そこで、横転事故を防止するためのより効果的な手法を検討する必要がある。本研究で提案する横転警戒システムの概要を Fig.1 に示す。橋梁上の風速・風向や車両の速度・重量から車両の横転に関する危険判断を行う。また、事前に車両の横転に関する危険判断を行うためには、車両が橋梁を通過する以前に橋梁上の風速を予測することが重要である

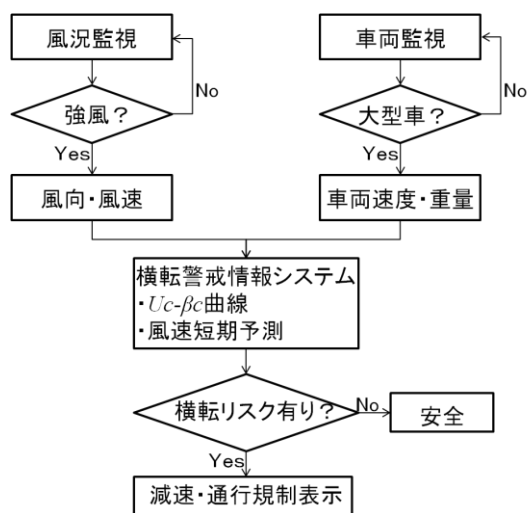


Fig.1 横転警戒情報システム

2. 車両に作用する空気力

Fig.2 に走行中の車両に作用する風の概念図を示す。車両に作用する空気力は通常、式(1)により算出される。

$$P = \frac{1}{2} \rho (U_c \sin \beta_c)^2 C_s(90^\circ) G A_n \quad (1)$$

式(1)には車両の走行による相対的な風速の影響は含まれないが、車両速度 V_r を考慮した合成風速を用いて以下の式(2)で計算することも可能である。

$$P = \frac{1}{2} \rho U^2 C_s(\beta) G A_n \quad (2)$$

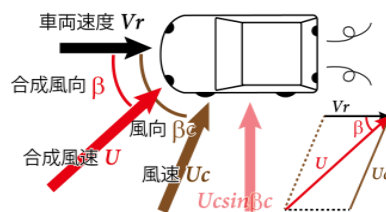


Fig.2 走行中の車両に作用する風速

車両に作用する空気力を評価するため、数値流体解析 (OpenFOAM) により、トラックを模擬した直方体モデル周りの定常流れ場と直方体に作用する流体力を算出した。抗力係数 C_d 、揚力係数 C_l 、横力係数 C_s はそれぞれ Fig.3 に示す Drag, Lift, Side の方向に定義した。

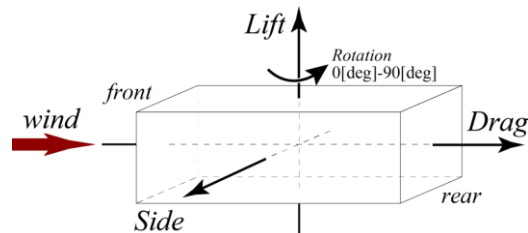


Fig.3 抗力、揚力、横力の定義

解析に用いた、乱流モデルは標準 $k-\epsilon$ モデルである。直方体モデルに作用する合成風速の水平偏角 β を $0[\text{deg}]$ から $90[\text{deg}]$ まで $10[\text{deg}]$ 刻みで変化させて風向と空気力係数の関係を算出した (Fig.4)。

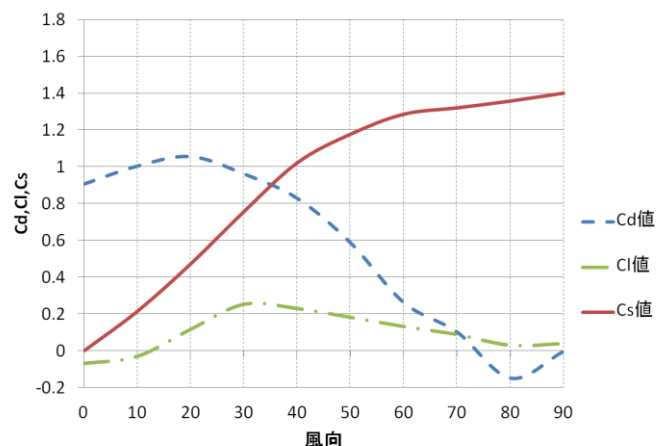


Fig.4 風向と空気力係数の関係

この横力係数 C_s を用いて、式(1)及び式(2)による空気力の比較を行う。橋梁上風速 U_c を実橋梁の通行規制風速である 25[m/s]とし、車両の走行速度 V_r を 30[km/h]から 70[km/h]まで変化させたときの結果を Fig.5 に示す。

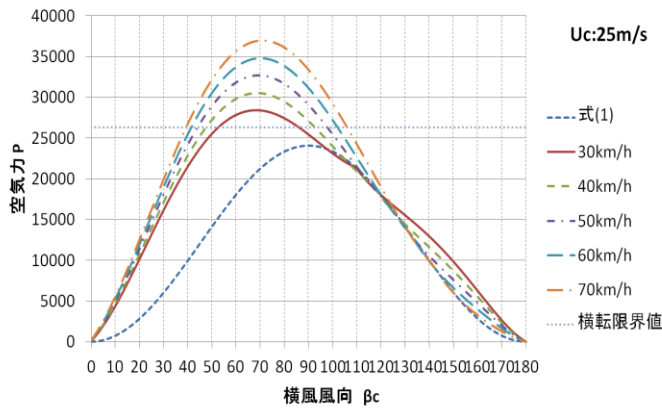


Fig.5 車両に作用する空気力

図に示す式(1)による空気力と各車両速度での式(2)による空気力には大きな違いがあり、式(2)では風向によっては横転限界値を越えることがわかる。Fig.6 に各車両速度での空気力が横転限界値に達する際の橋梁上風速・風向の関係を示す。

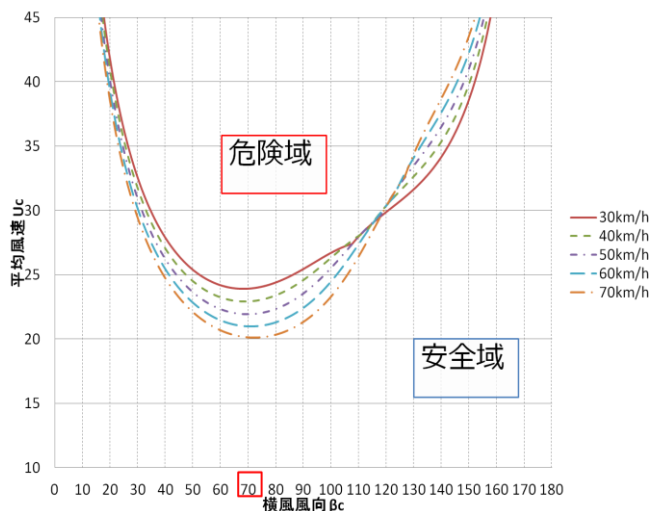


Fig.6 車両横転リスク曲線 (U_c - β_c 曲線)

この結果から、車両やや前方の約 70 度の方向から風が吹く際に最小風速で転倒することがわかる。また、車両走行速度を低下させることは作用する空気力を小さくし、横転のリスクが減るため、車両横転防止に有効であると言える。

3. 短期的風速予測

将来の風速を予測することで、事前に車両横転の危険判断を行い、事故を未然に防ぐことが出来る。本研究では、カオス時系列予測及びニューラルネットワー

クによる予測の二つの手法を用いて風速の短期予測を行った。カオス時系列予測では、過去の風速の時系列データからアトラクタを再構成し、現在得られている最新の風速値 x_t を含むベクトル $X_t(x_t, x_{t-1}, x_{t-2})$ をプロットする。その点とアトラクタ上の近傍点の挙動を元に 1 ステップ先の風速予測値 $\hat{x}_{t+1}$ を導出する。ニューラルネットワークによる予測では、予め過去のデータを用いて学習させ、風速の 3 成分 $X_t(x_t, x_{t-1}, x_{t-2})$ を入力することで 1 ステップ先の風速予測値 $\hat{x}_{t+1}$ を出力するようにネットワークを構築した。両手法とも、この操作を繰り返し行うことで現在より 1 ステップ先の値を連続して予測する。

本研究ではサンプリング周波数 100[Hz] の実際に計測された風速の時系列データの 5 分間平均値を 1 ステップ 5 分ごとに求め新たな時系列とし、上記の方法により風速の予測を試みる。予測結果を Fig.7 に示す。

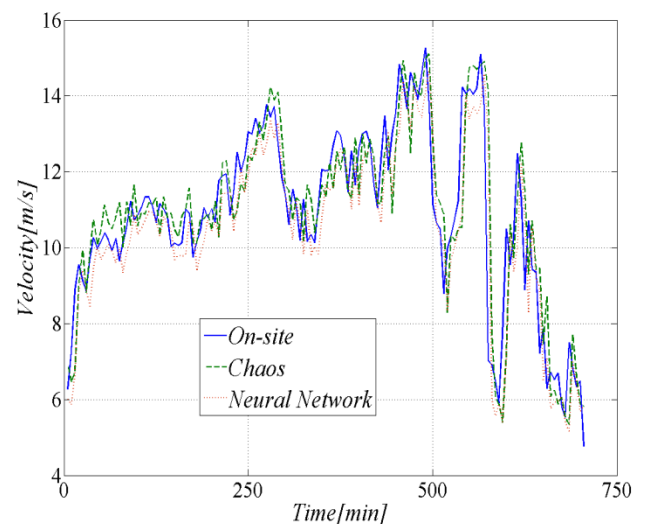


Fig.7 5分間平均予測結果

4. 結論及び今後の課題

- 1) 車両に作用する空気力は車両速度を考慮した合成風速によって評価する必要がある。
- 2) カオス時系列予測及びニューラルネットワークを用いた予測によって、実際の風速予測が可能と判断される。
- 3) 今後、風向の短期予測、精度向上、および予測に必要な計算時間の短縮について検討を行う必要がある。

謝辞：実際の風速観測データを提供頂いた本州四国連絡高速道路株式会社に謝意を表します