

I-411

橋梁上を走行する自動車の強風時における走行安定性に関する一考察

棚オリエンタルコンサルタンツ 正員 葛西俊二

東京都立大学

正員 長嶋文雄

パシフィックコンサルタンツ(株)

北台修一

東京都立大学

正員 成田信之

1. はじめに

近年、最大径間が200mを超える連続桁橋が数多く計画・施工されており、風によって生じる限定振動に対し「乗り心地」といった走行の快適性の面から検討する機会が多い。これらは主に鉛直たわみ振動を対象に検討されている。しかし、曲線橋でかつ高い鋼橋脚構造の場合には、鉛直と水平たわみが顕著に連成する振動を生じる可能性があり¹⁾、さらに「横すべり」や「転倒」といった走行安定性に対しても慎重な検討が必要となる。この種の橋梁は、土地利用の制約等から今後増加していくことが予想される。したがって、一般的な橋梁振動の扱いとしては鉛直・水平、2方向の振動を考慮する必要がある。

一方、強風時の自動車の走行安定性に関しては、従来から横風安定の問題として多方面から研究されているが、橋梁振動を同時に考慮した研究は見あたらないようである。

本報告は、上記の問題に対して、従来の横風安定の研究²⁾に橋梁振動による慣性力項を加えたモデルを用いて走行安定性の概略的な傾向を把握する試みを行ったものである。

2. 算定モデルおよび諸元

走行車両の不安定状態として、「横滑り」と「転倒」を考えることとした。自動車が横風及び橋梁振動によって受ける外力の内、横方向安定に大きく影響を与えるものは図1に示す横力、偏揺モーメント、揚力であり、それぞれ次の式で表される。

$$\text{横力} : F_s = C_s(\theta') \cdot \rho / 2 \cdot S (V_r^2 + V_w^2) + m \cdot \alpha_H$$

$$\text{偏揺モーメント} : M_y = C_y(\theta') \cdot \rho / 2 \cdot S (V_r^2 + V_w^2)$$

$$\text{揚力} : F_l = C_l(\theta') \cdot \rho / 2 \cdot S (V_r^2 + V_w^2) + m \cdot \alpha_v$$

ここに V_r, V_w はそれぞれ車速および風速、 S は車体前面投影面積、 ρ は空気密度、 θ' は偏揺角で $\tan^{-1}(V_w/V_r)$ である。 C_s, C_y, C_l はそれぞれ横力係数、偏揺モーメント係数、揚力係数で θ' の関数であり、文献2)の値を用いた。また、 m は車体の質量、 α_H, α_v はそれぞれ橋梁振動による横方向および縦方向の加速度である。

走行車両のモデル化を図2に、また計算に用いた車種別諸元³⁾を表1に示す。

タイヤ～路面間の横すべり摩擦係数を μ として、横すべりに対する安定条件は、横力と偏揺モーメントによるタイヤ～路面間の摩擦力 F_i と摩擦力の最大抵抗値 ($\mu \cdot R_{ij}$) の釣合条件から、また転倒に対しては図中の R_{12} まわりのモーメントの釣合から導かれ、各々次式で与えられる。

$$\text{横すべり} : (-M_y + F_s \cdot l_2) < \mu \cdot l_2 (W_o - F_l)$$

$$\text{転倒} : F_s' \cdot h < (W_o - F_l) \cdot a - m \cdot \alpha_H \cdot h'$$

3. 計算結果および考察

計算は路面湿潤状態を想定し、 $\mu=0.3$ を用いて行った結果を述べる。路面湿潤状態では全ての車種に対して横滑りの方が転倒より先に生ずる結果となった。図3に車種別の横すべり限界を示す。参考に関門橋と本四

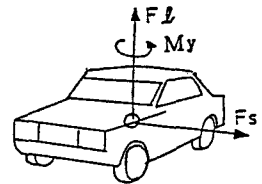


図1 走行性に影響を与える外力

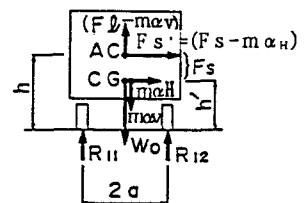
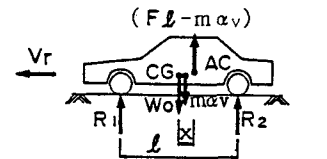
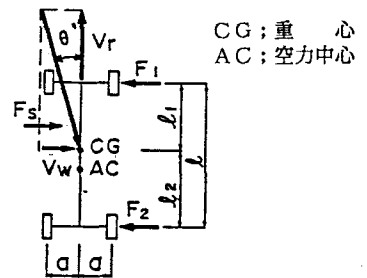


図2 車両のモデル化と力の釣合い

の速度規制（案）を併記する。車種別比較では、小型トラック、ワゴン車、乗用車、キャンピングトレーラーの順に低くなり、安定性に対する重量の効果があるように思われる結果が得られた。

図4、5に橋梁振動を変化させた場合の比較を示す。橋梁振動の横揺れと縦揺れでは横揺れの方が走行安定性に与える影響が大きいことがわかる。表2に橋梁振動50gal（2方向同時加振）に対する風速換算値および車速換算値を示すとおり橋梁振動50galの影響は、風速5m/s、車速換算値20～30km/hに相当すると考えられる。また、表3に関門橋・本四の規制案の橋梁振動への許容度を示す。これによると、横振動に対し本四案では約50gal、関門橋案では約100gal程度の余裕がある結果となった。

表1 代表的車種の諸元3)

車種	全高 (m)	全幅 (m)	前面投影面積 s (m ²)	重量 W_0 (kg)	重心高 h' (m)	車軸間距離 l (m)
軽乗用車	1.380	1.395	1.925	540	0.515	2.235
小型トラック	1.940	1.695	3.288	1,300	0.610	2.255
ワゴン車	1.955	1.650	3.266	1,080	0.540	2.100
キャンピングトレーラー	2.360	0.760	4.154	465	0.420	—

注1) 代表車種は、車種毎に W_0/S の最小のものを用いた。

表2 橋梁振動（縦・横方向同時）50gal当たりの風速と車速への換算

車種	横すべり		転倒	
	換算風速 (m/s)	換算車速 (km/h)	換算風速 (m/s)	換算車速 (km/h)
軽乗用車	5	20～30	5	10～20
小型トラック	10～20	20～30	10～15	20～30
ワゴン車	5	20～30	5	10～20
キャンピングトレーラー	5以下	10以下	5以下	10以下

表3 関門橋と本四連絡橋の規制案の比較（乗用車）

[本四連絡橋案]		[関門橋]	
αl (gal)		αl (gal)	
0 50 100 150		0 50 100 150	
αv	0	0	0
50	○ × × ×	○ ○ × ×	○ ○ × ×
100	△ × × ×	○ △ × ×	○ △ × ×
150	× × × ×	○ △ × ×	○ △ × ×

4. おわりに

本報告では、横風とそのための限定振動を含む橋梁振動が加えられた時、走行中の自動車にどのような影響を及ぼすかを検討し、その結果、橋梁が横方向振動を起こす場合にその影響は走行安定性上無視しえないことを明らかにした。今後の限定振動の許容値設定や強風時における車両規制や速度規制などの運行管理システムに応用できるものと思われる。本検討は、静的な釣合条件による概略的なものであり、今後は車両の振動特性や路面勾配変化等を考慮した解析を行うつもりである。

参考文献 1) 宮田利雄・山田 均・半野久光・葛西俊二：ある一箱桁橋の耐風挙動に関する研究、構造工学論文集 Vol. 37A 1991年 3月 2) 高速道路調査会：本州四国連絡橋における自動車走行の安全性に関する研究報告書（本州四国連絡橋公団委託）、昭和50年 3月 3) 自動車諸元表、1989年度版、自動車技術会

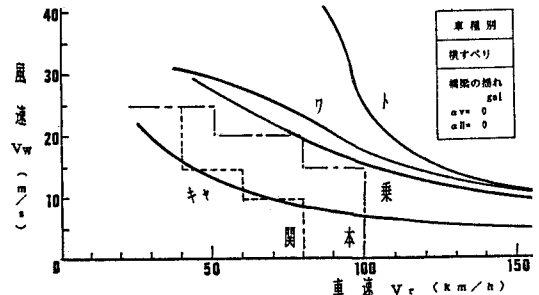


図3 車種別の横すべり限界

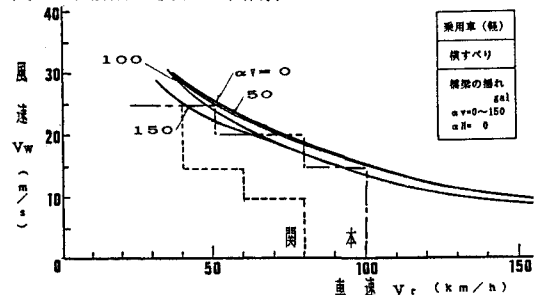


図4 縦振動付加による横すべり限界

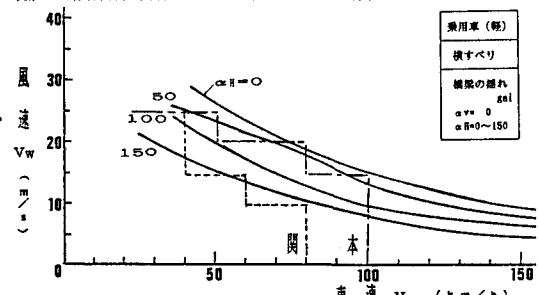


図5 横振動付加による横すべり限界