

渦励振が発生した斜張橋上を走行する自動車の応答特性 —路面凹凸を考慮した場合の検討—

近畿大学理工学部 学生員 ○大枝 征尚
近畿大学理工学部 正会員 米田 昌弘
近畿大学理工学部 尾崎 直人

1. はじめに

乱れを含む自然風のもとでは、バフエティングは必ず発現する。また、渦励振は、従来から提案されている各種の対策を施しても完全に制振することが困難であったり、また、完全に制振できたとしても経済的にかんがりの負担となる場合も少なくない。それゆえ、渦励振やバフエティングのような限定振動に対しては、構造物の安全性からの疲労、使用性からの走行安全性、運転者や歩行者の生理的・心理的感応等から、許容振幅の適切な設定や使用性に対する検討が必要であると考えられる。このような観点から、著者の一人¹⁾は、渦励振が発生した斜張橋上を走行する自動車の動的応答特性をすでに解析しているが、この解析では路面凹凸の影響は無視されていた。そこで、本研究では、路面凹凸を考慮するものとし、鉛直たわみ渦励振が発生した斜張橋上を走行する自動車の動的応答解析を新たに実施して、自動車の接地圧減少率と加速度応答特性を算定した。

2. 対象とした計算モデル

本研究では、橋梁モデルの基本系として中央支間長 200m の 3 径間連続斜張橋 (MODEL-CS200) を採用した。MODEL-CS200 の一般図と構造諸元をそれぞれ図-1 および表-1 に示す。また、固有振動解析で得られた鉛直たわみ対称 1 次の固有振動モードと固有振動数を図-2 に示す。

車両のモデル化として、実際の車両を図-3 に示したように車体部 (ばね上部) とタイヤ部 (ばね下部) に分け、それぞれが上下振動する 2 自由度系に置換した。対象とした車両 (総重量が 20tonf の大型車) の構造諸元を表-2 に示す。一方、路面凹凸については、パワースペクトルを

$$S_r(\Omega) = \begin{cases} \alpha & (\Omega \leq 0.05c/m) \\ \beta\Omega^{-2} & (\Omega \geq 0.05c/m) \end{cases} \quad (1)$$

と表示し、CASE-1 ($\alpha = 1.2$, $\beta = 0.003$), CASE-2 ($\alpha = 0.4$, $\beta = 0.001$), CASE-3 ($\alpha = 0.2$, $\beta = 0.0005$) のそれぞれのケースについて、路面凹凸を 3 個づつシミュレーションすることとした。

3. 自動車の加速度応答と接地圧減少率

渦励振の発現した斜張橋上を 60km/h の速度で大型車が走行した場合の動的応答解析を実施した。一例として、着目した渦励振が鉛直たわみ対称 1 次 (中央径間中央点における渦励振の最大振幅 $y_{\max,c}$ は $y_{\max,c} = 0.1m \sim 0.4m$) で、CASE-2 のパワースペクトルに対応する 3 種類の路面凹凸 (CASE-2A, CASE-2B, CASE-2C) を仮定した場合の解析結果を図-4 に示す。なお、比較のため、この図には、その他の条件は同じで路面凹凸のみを無視した場合の解析結

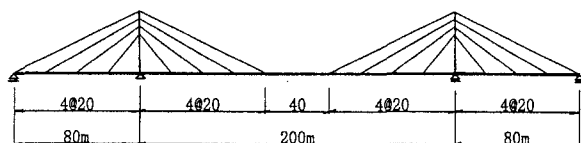


図-1 MODEL-CS200 の一般図

表-1 MODEL-CS200 の構造諸元

		主 桁	タワ-	ケーブル
断 面 積	A	m ²	0.6	0.4
断面 2 次モーメント	I	m ⁴	1.0	0.5
弾 性 係 数	E	t/f m ²	2.1×10 ⁷	2.1×10 ⁷
重 量	w	t/f m	15.0	3.5



鉛直たわみ対称 1 次 $f_1 = 0.561 \text{ Hz}$

図-2 鉛直たわみ対称 1 次振動

果も付記している。図-4より、路面凹凸を考慮した場合の車体部における加速度応答や接地圧減少率の最大値は、路面凹凸を考慮しなかった場合と比べ明らかに増大していることがわかる。それゆえ、渦励振が発生した斜張橋上を走行する自動車の動的応答特性を解析する際にも、路面凹凸の影響は無視できないと言える。

4. 簡易推定式

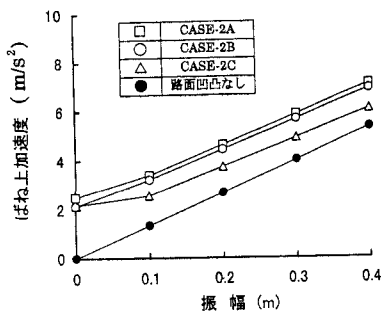
本研究では、路面凹凸の寄与を表す補正係数 C_{ra} と C_{rp} を導入し、次式で車体部の加速度応答や接地圧減少率の最大値を推定できるものとした。

$$\ddot{z}_{u,\max} = \ddot{y}_{c,\max} \times \sqrt{\frac{1+4h^2\phi^2}{(1-\phi^2)^2+4h^2\phi^2}} + C_{ra} \quad (2)$$

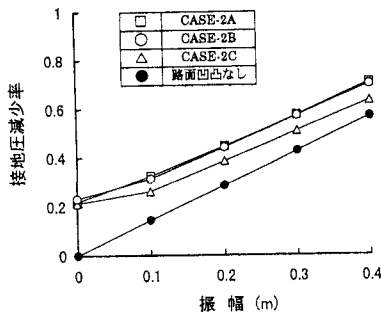
$$(\Delta P/P)_{\max} = \frac{\ddot{z}_{u,\max} - C_{ra}}{g} + C_{rp} \quad (3)$$

ただし、補正係数 C_{ra} と C_{rp} は、CASE-2の路面上を走行する大型車の解析結果を考慮し、以下のように仮定するものとした。

$$\begin{aligned} C_{ra} &= 2.0 \times \sqrt{\alpha/0.4} \\ C_{rp} &= 0.2 \times \sqrt{\alpha/0.4} \end{aligned} \quad (4)$$



(a) 車体部の加速度



(b) 接地圧減少率

図-4 動的応答解析結果の一例
(鉛直たわみ対称1次, $V=60\text{km/h}$)

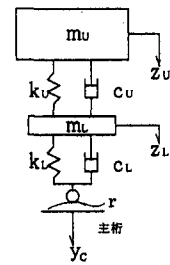
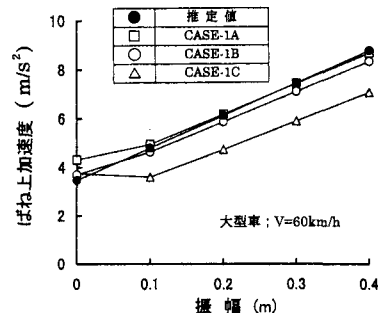


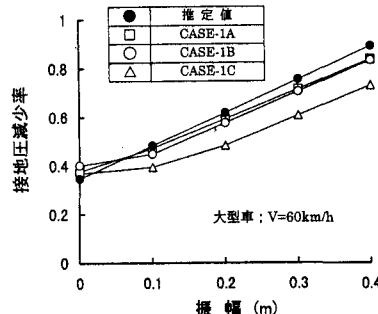
図-3 2自由度系車両モデル

表-2 対象とした自動車の諸元

重量	車体部 W_u	tf	大型車
	タイヤ部 W_c	tf	
ばね定数	車体部 k_u	t/m	500.0
	タイヤ部 k_c	t/m	1000.0
減衰係数	車体部 C_u	tf·s/m	2.5
	タイヤ部 C_c	tf·s/m	3.0
固有振動数	車体部 f_u	Hz	2.131
	タイヤ部 f_c	Hz	13.731



(a) 車体部の加速度



(b) 接地圧減少率

図-5 動的応答解析結果と推定値の比較

この簡易推定式と CASE-1A の路面凹凸を有する場合の動的応答解析結果を比較して図-5に示す。この図より、簡易推定式を適用すれば、渦励振が発生した斜張橋上を走行する大型車のばね上部加速度や接地圧減少率を概ね推定できることがわかる。

【参考文献】1) 米田昌弘ほか：自動車の応答特性に着目した場合の渦励振の許容振幅について，第10回風工学シンポジウム論文集，pp.337～342，1988年12月。