

川田工業 ㈱ 正員 ○西土隆幸
川田工業 ㈱ 正員 米田昌弘
東京大学 正員 伊藤 学

1. まえがき 渦励振は、構造上の安全性からの疲労と使用性からの車両走行安全性ならびに運転者や歩行者の生理的・心理的感応等から問題とされる現象である。このような観点からの研究も従来より幾つか実施されているが、自動車を対象として、渦励振発生時に走行する際の安全性や運転者が受ける応答（車両ばね上部での応答）に着目した研究は、著者の知る限り、今までのところ実施されていないようである。そこで、本研究では、鉛直たわみ渦励振発生時の橋梁上を走行する自動車の応答をシミュレーション解析して、自動車の接地圧減少率や車両ばね上部での振動応答特性について検討する。

2. 対象とした計算モデルと解析手法 対象とした橋梁は、図-1に示す3径間連続斜張橋（MODEL-1）であり、固有振動解析の結果得られた対称1次と逆対称1次の固有振動数、固有振動モードを図-2に示す。また、走行自動車としては表-1に示す諸元を有する大型車と小型車を考え、それぞれ図-3に示すように2自由度系に置換できるものと仮定した。

シミュレーション解析にあたっては、自動車-橋梁系の連成振動方程式¹⁾を、渦励振モードに対応する一般化座標を初期値として入力し、また、そのモードの減衰定数を0と仮定してNewmarkの β 法（ $\beta=1/6$ 、積分時間間隔 Δt =考慮した最高次振動モードに対応する固有周期の $1/5 \sim 1/6$ 、収束精度 $\epsilon \leq 1/1,000$ ）で逐次積分する手法を採用した。なお、対象とした斜張橋モデルの断面（橋幅 $B=15\text{m}$ 、桁高 $D=2.5\text{m}$ と想定する）が前縁はく離型の渦励振²⁾に属するものと仮定して、渦励振の発現開始風速を概算したところ、対称1次渦励振で 15m/s 、逆対称1次渦励振で 26m/s 程度であった。そこで、以下では、対称1次モードの渦励振を解析の主たる対象とし、逆対称1次モードの渦励振については補足的に実施することにした。また、解析にあたっては、自動車の作用する横風の影響は無視できるものと仮定した。

3. 解析結果と考察 まず、中央径間中央点での振動変位が 0.1m （振動加速度では 1.416m/s^2 ）なる対称1次渦励振が発生している場合を想定し、この橋梁上を大型車1台が走行した場合の車両ばね上部における絶対加速度（主桁加速度+車両ばね上部加速度） A_{car} と接地圧減少率（ $\Delta P/P$ ）の時系列応答をそれぞれ計算した。その結果を図-4、-5に示す。なお、ここで定義した接地圧減少率とは、重力加速度を g とすると

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{m_u \ddot{z}_u + m_L \ddot{z}_L}{(m_u + m_L) g} \quad \dots\dots\dots (1)$$

であり、この値が1.0を越えると自動車が路面から離れた状態となる。これら

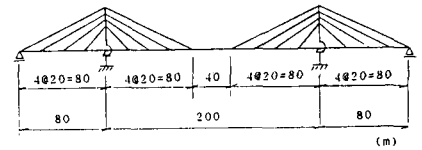


図-1 3径間連続斜張橋モデル (MODEL-1)

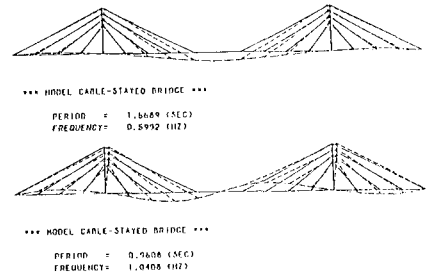


図-2 MODEL-1の固有振動数と振動モード

表-1 自動車モデルの諸元

諸元	種類	小 型 車	大 型 車
重 量	車 体 部 m_u	t	0.98
	タイヤ部 m_L	t	0.098
ばね定数	車 体 部 k_u	t/m	7.0
	タイヤ部 k_L	t/m	80.0
減衰係数	車 体 部 c_u	t-s/m	0.08
	タイヤ部 c_L	t-s/m	0.01
振 動 数	車 体 部 f_u	Hz	1.284
	タイヤ部 f_L	Hz	14.857

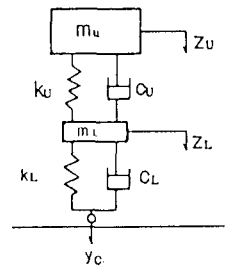


図-3 2自由度系モデル

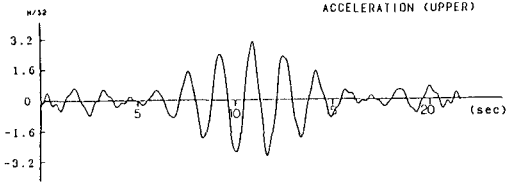


図-4 3径間連続斜張橋 (MODEL-1) 上を走行する
大型車のばね上部での絶対加速度応答
(対称1次モードの渦励振, 最大振幅 0.1m, 走行速度60km/h)

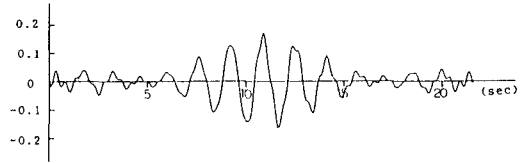


図-5 3径間連続斜張橋 (MODEL-1) 上を走行する
大型車の接地圧減少率
(対称1次モードの渦励振, 最大振幅 0.1m, 走行速度60km/h)

の図より, 当然予想されるように, 車両ばね上部での絶対加速度や接地圧減少率は, 主桁の変位が最大となる中央径間中央部付近を通過する際に最も大きくなり, また, この付近では橋桁の対称1次振動数成分が卓越している。

次に, 大型車と小型車のそれぞれについて, 主桁の最大振動変位 $Y_{gird, max}$ を種々変位させ, 同様の計算を実施した。その結果を図-6, -7に示す。なお, 図-6の縦軸については, 車両ばね上部での絶対最大加速度応答 $A_{car, max}$ を主桁の最大加速度 $A_{gird, max}$ で除して倍率表示してある。これらの図より, 車両ばね上部での絶対最大加速度応答倍率 $A_{car, max}$ は主桁の最大変位 $Y_{gird, max}$ に依存しないこと, また, 接地圧減少率の最大値 $(\Delta P/P)_{max}$ は $Y_{gird, max}$ の大きさに一次比例して増加することが判る。さらに, 小型車に対する結果は大型車の結果に比べ幾分か大きくなっているが, これは小型車のばね上部振動数 (1.284Hz) が大型車の値 (2.131Hz) に比べ小さく, 主桁の対称1次振動数 (0.5992Hz) により近いことに起因すると考えられる。

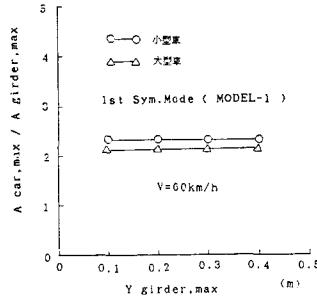


図-6 車両ばね上部での絶対最大加速度応答倍率

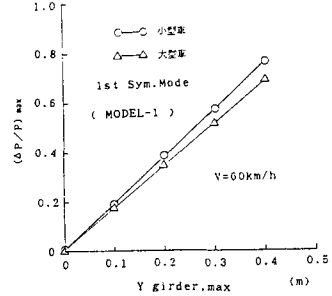


図-7 接地圧減少率の最大値

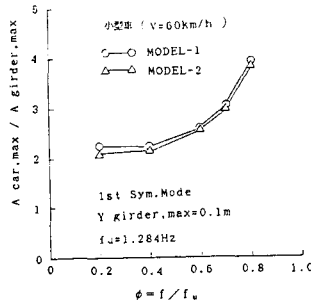


図-8 車両ばね上部での絶対最大加速度応答倍率
に及ぼすパラメータφと中央支間長の影響

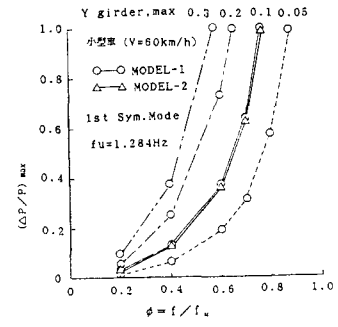


図-9 接地圧減少率の最大値に及ぼす
パラメータφと中央支間長の影響

そこで, 最後に, 対象とした渦励振モードの振動数 f と車両ばね上部の振動数 f_u との比で定義される無次元パラメーター $\phi = f/f_u$ に着目し, これによる影響を検討した。その結果を図-8, -9に示す。なお, これらの図には, MODEL-1の支間長を2倍にスケールアップしたMODEL-2 (160m + 400m + 160m) に対する結果も一部付記してある。これらの図より, パラメーター ϕ と $Y_{gird, max}$ が同じであれば, 支間長の差異による影響は非常に小さいことが判る。また, 車両ばね上部での絶対最大加速度応答倍率 $A_{car, max}/A_{gird, max}$ や接地圧減少率の最大値 $(\Delta P/P)_{max}$ は, パラメーター ϕ の大きさに著しく依存することが判る。なお, 具体的な数値は省略するが, $A_{car, max}/A_{gird, max}$ や $(\Delta P/P)_{max}$ に及ぼす走行速度とモード形状の差異による影響は, それぞれ比較的小さいものであった。

「参考文献」 1) 小松・川谷: 斜張橋の自動車走行による動的応答と衝撃係数に関する研究, 土木学会論文報告集, 第275号, 1987年7月。 2) 白石・松本: 充複構造断面の渦励振応答特性に関する研究, 土木学会論文報告集, 第322号, 1982年6月。