

熊本大学 正員 吉村虎蔵

同 同 田久英明

道路橋の場合、筆者等の従来の経験によれば単一荷重走行による変位応答は、橋梁の1次2次などの低次の固有振動が動的増大のわみに支配的なものであると思われていた。しかしながら夕葉橋⁽²⁾(デビダークラ式PC連続ラーメン橋、43+3@55+43m)⁽³⁾および美々津大橋(連続PC箱桁橋、52.8+2@63.5+50.8m)における走行試験では、3次あるいは4次などの高次の固有振動による動的増大のわみが支配的に現われることが知られた。

こゝでは美々津大橋を数値計算のモデルに取上げ、次の3種の荷重の走行による応答の理論的研究結果と測定値を比較検討した結果について報告する。解析法は Modal Analysis, 数値計算は Runge-Kutta-Gill 法によった。

1. 運動方程式

自動車モデルとして、まず単一荷重として取り扱い次の3つの式をつくった。

(A) Running Force : 一定の一定力 P_0 を一定速度 V_0 で走行させるときの応答解析の基礎式は次の通り(図-1)。

$$\ddot{W}_m + C'_m \dot{W}_m + \omega_m^2 W_m = \Phi_m(x_i) \Phi_m(x_j = vt) \cdot P_0 \quad \text{--- (1)}$$

こゝに、 W_m は m 次の振動によるたわみ、 $\cdot$ は時間 t についての微分、 $C'_m = \frac{g}{\omega_m} C_m$ (但 C_m は m 次の減衰係数、 $\frac{g}{\omega_m}$ は i 点の集中質量、各点で C'_m は等しいと仮定する)、 Φ_m は m 次の正規化モード、 x_i, x_j はそれぞれ測定点と荷重点の座標。

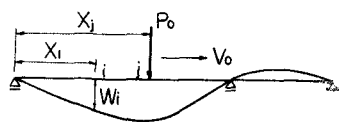


Fig. 1 Running Force

(B) Exciting Force : 一定力でなく図-2のように周期的に加振しながら走行する力を便宜上このように名づけた。このときの運動方程式は式(1)の右辺の P_0 を $P(t)$ とおけばよい。

$$P(t) = P_0 + \Delta P(t) = P_0 (1 + A \sin \omega_0 t) = P_0 \left(1 + \frac{a_0 \omega_0^2}{g} \sin \omega_0 t \right) \quad \text{--- (2)}$$

こゝに ω_0 は加振力の円振動数、 a_0 はバネ上質量をモデルに考えると、バネ上質量の振動振幅と考えられよう。

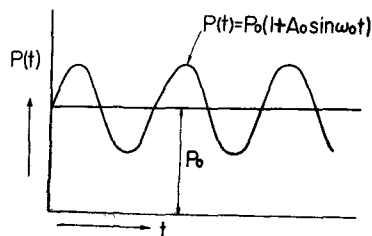


Fig. 2 Exciting Force

(C) Sprung Mass : 図-3のような荷重モデルを考えた。

今の場合バネ上質量をバネ下質量の大きさに対して省略し、バネ上質量のみが走行するときの応答を考慮すると、

$$\ddot{y} + C_0 \dot{y} + \omega_s^2 (y - W_j) = 0$$

$$\ddot{W}_m + C'_m \dot{W}_m + \omega_m^2 W_m$$

$$= \Phi_m(x_i) \Phi_m(x_j = vt) P_0 \left\{ 1 + \frac{\omega_s^2}{g} (y - W_j) \right\} \quad \text{--- (3)}$$

$$W(x_i) = \sum_m W_m(x_i)$$

$$W(x_j) = \sum_m W_m(x_i) \cdot \frac{\Phi_m(x_j)}{\Phi_m(x_i)}$$

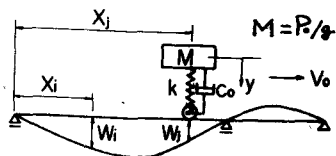


Fig. 3 Sprung Mass

2. 美々津大橋

本橋の振動試験で得られた固有周期 T と対数減衰率 δ は表-1の通りである。これらの実験値を用いモード ψ_m の値としては理論値をそのまま用いて数値計算を行なった結果の一部を図-5, 6, 7に示す。

図-4は実測値の一つであるが同一測点同一速度では極めて類似の資料が得られている。荷重のダンパーのバネ係数は落下試験によって0.40, 0.27 secが得られたが、後者の減衰が小さいので図の場合これを用いてある。解析では $C_0=0$ とあいた。図中 W_s は静的たわみ、 $\Sigma \Delta W_d$ は動的増加たわみ、 ΔW_{dm} は m 次の動的増加たわみの成分。

表-1 美々津大橋の T と δ

次数		T (sec)	δ
対称	1	0.461	0.044
	3	0.285	0.030
逆対称	2	0.641	0.050
	4	0.341	0.050

図-4

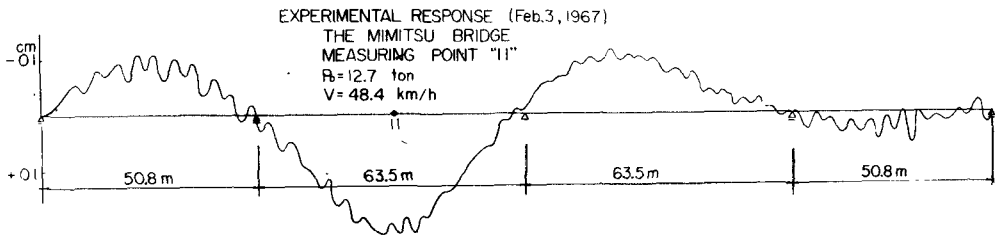


図-5

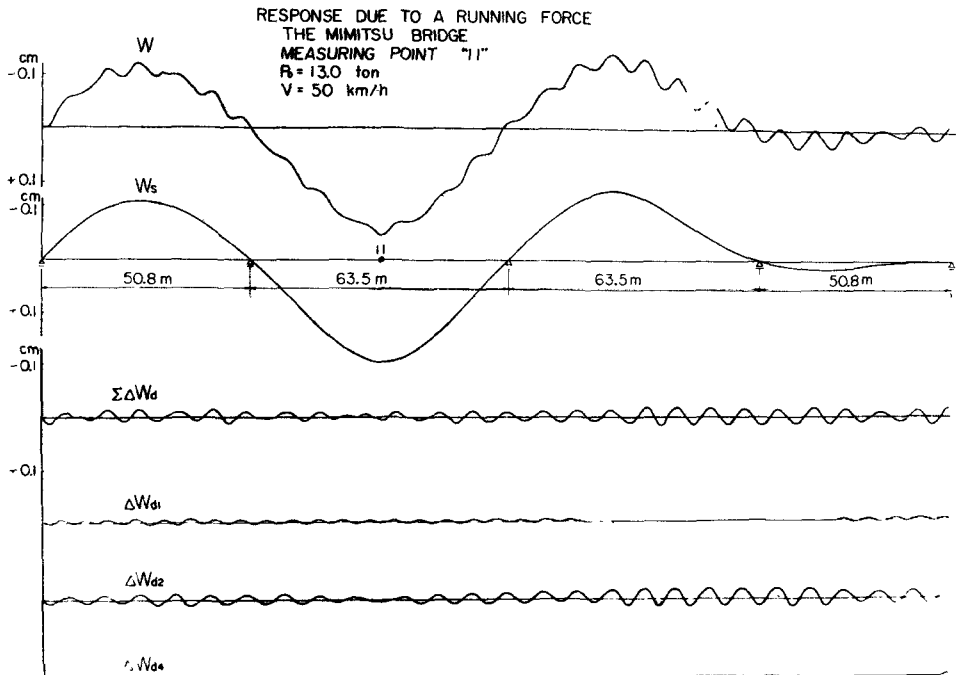


図-6

RESPONSE DUE TO AN EXCITING FORCE
THE MIMTSU BRIDGE
MEASURING POINT "11"

$P_0 = 12.7$ ton
 $V = 50$ km/h
INITIAL CONDITION OF THE FORCE
 $Q_0 = 0.1$ cm, $T_0 = 0.27$ sec

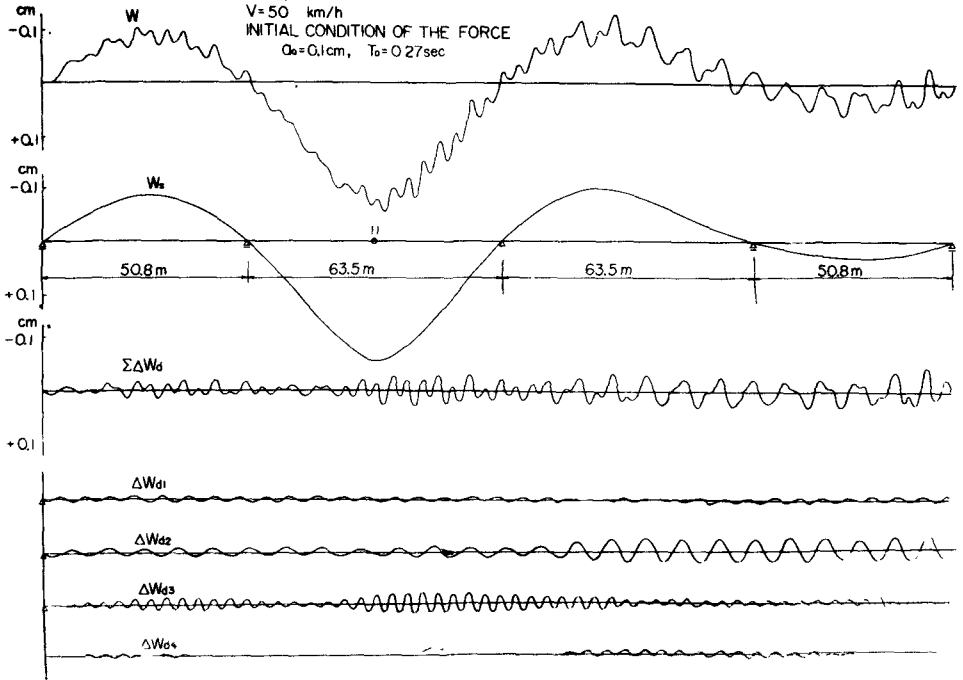
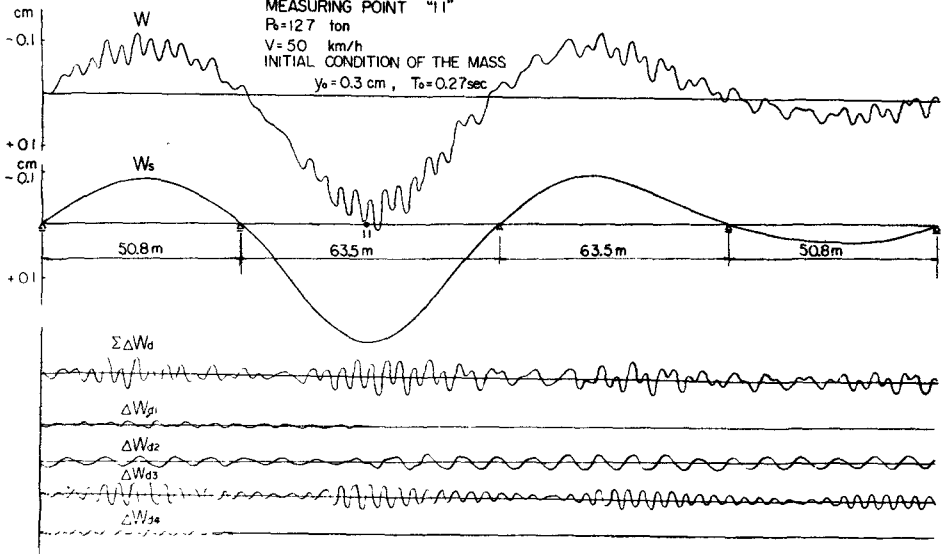
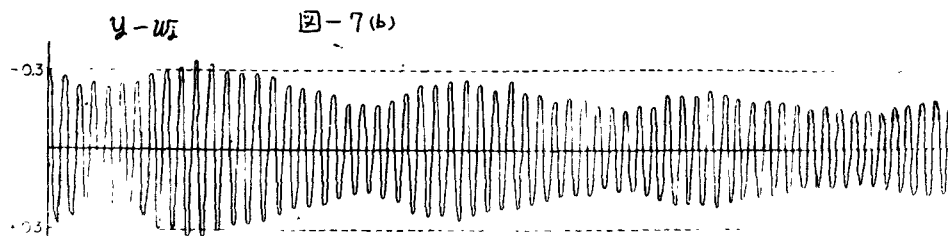


図-7 (a)

RESPONSE DUE TO A SPRUNG MASS
THE MIMTSU BRIDGE
MEASURING POINT "11"

$P_0 = 12.7$ ton
 $V = 50$ km/h
INITIAL CONDITION OF THE MASS
 $y_0 = 0.3$ cm, $T_0 = 0.27$ sec





3. むすび

3種の単一荷重を走行せしめたときの連続桁の理論応答では、単一の一定力走行時には 4ω のうち低次のものが現われ、実測値と一致しない。走行時の荷重の上下動を取入れた場合の応答では 4ω のうち高次のものが現われ、実測値に近い応答が得られた。したがって、このような橋梁ではどうしてもバネ上質量の微小運動を応答解析に取上げねばならないことが判明した。連行荷重による結果などについては当日発表する予定である。

(注)

- (1) 吉村他, 土木学会誌 44-12 (S.34.12); 吉村・平井, 土木学会論文集 101 (S.39.1); 吉村・平井, 第7回道路会議 (S.38.10); 吉村・平井, 土木技術 (S.38.7) など
- (2) 吉村・平井他, 道路各 (S.39.11)
- (3) 吉村, 美々津大橋の走行試験報告書 (S.32.4)