

滑り支承を有する単純桁橋の地震応答に関する一考察

京都大学工学部 学生員 ○中田恒和  
 京都大学工学部 正会員 家村浩和  
 京都大学工学部 正会員 後藤尚男

1 まえがき 近年、大都市およびその周辺では道路の立体化が進み、これら高架橋が大地震によつて落橋した場合、高架橋自身の使用が不能になるばかりでなく、その下方にも大きな被害の及ぶことが考えられる。そこで本研究では単純桁橋において橋桁が移動支承側橋脚頂部の桁かかり幅を踏み外して落下する場合を想定し、このような桁かかり幅基本量決定の目安と考えられる桁と移動支承側橋脚との相対変位量の最大値に注目し、また橋梁の振動性状にも検討を加え、単純桁橋の桁かかり幅選定の一資料たつしのようなものとする。

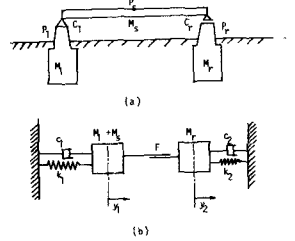


Fig.1 A Model for Simple Supported Bridges

2 モデル化および運動方程式 本研究では初期の研究段階として図-1のごとく橋軸水平方向の並進運動のみを考えたモデル化を行なった。モデル化にあたっては桁の質量は固定支承側橋脚の質量と一体であると仮定し、移動支承側橋脚とはスライダで連結されているものとした。次に移動支承部における摩擦機構は次のように考えるものとする。すなわち静止摩擦係数を $\mu_s$ 、動摩擦係数を $\mu_d$ とすれば摩擦力 $F$ が最大静止摩擦力 $\mu_s N$ を越えないうちは滑りを生ずることなく橋梁全体が一体となって振動する。ところが $F$ が $\mu_s N$ を越えると桁と橋脚間には相対運動が発生し、 $F$ は動摩擦力 $\mu_d N$ となり両橋脚は別個に振動を始める。このように摩擦機構を考慮した上で図-1のモデルに運動方程式を立てると以下のようである。ただし $v = \dot{y}_1 - \dot{y}_2$ である。

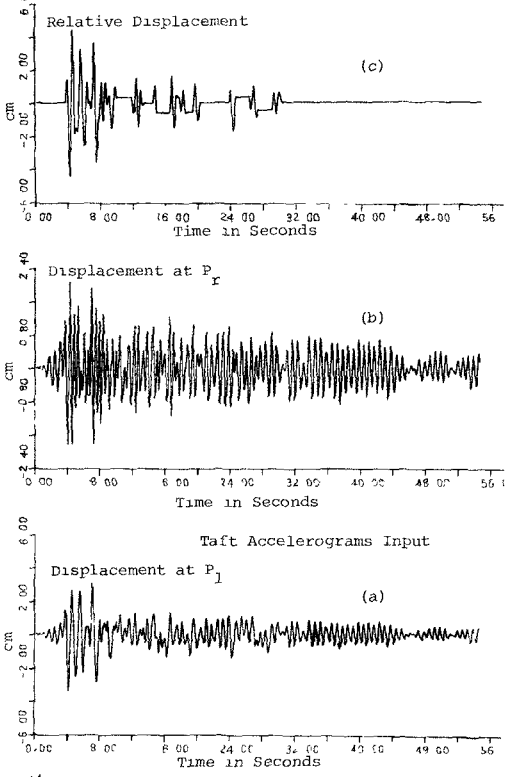


Fig.2 Calculated Response

(i)  $v = 0$  の場合

$$\ddot{y}_1 + \frac{Z(k_1(M_1+M_s)k_{r1} + M_r k_2 \omega_2)}{M_1 + M_r + M_s} \dot{y}_1 + \frac{(M_1+M_s)\omega_1^2 + M_r \omega_2^2}{M_1 + M_r + M_s} y_1 - \frac{\omega_2^2 M_r d}{M_1 + M_r + M_s} = -\ddot{z}$$

ここに  $\omega_1 = \sqrt{k_1 / (M_1 + M_s)}$ ,  $\omega_2 = \sqrt{k_2 / M_r}$

$$h_1 = \frac{C_1}{2\sqrt{(M_1+M_s)k_1}}, \quad h_2 = \frac{C_2}{2\sqrt{M_r k_2}}$$

$$d = y_1 - y_2, \quad \ddot{z} \text{ は地震入力, } M_1 \cdot M_r \cdot M_s \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot C_1 \cdot C_2$$

は図-1のとおりである。

(ii)  $v \neq 0$  の場合

$$\ddot{y}_1 + 2h_1 \omega_1 \dot{y}_1 + \omega_1^2 y_1 + F_d / (M_1 + M_2) \cdot \text{sign}(v) = -\ddot{z}$$

$$\ddot{y}_2 + 2h_2 \omega_2 \dot{y}_2 + \omega_2^2 y_2 = F_d / M_r \cdot \text{sign}(v) = -\ddot{z} \quad \text{ここに } F_d = \frac{M_s}{2} g \mu_d$$

運動方程式の数値計算にあたっては  $\mu_1 = \mu_2 = 0.02$ ,  $\omega_1 = 6.28$ ,  $\omega_2 = 12.56$ ,  $M_L = M_R = 4M_S$  と設定,  
 3 橋梁の振動性状  $\mu_d = 0.2$ ,  $\mu_s = 0.5$  とした応答変位量を図-2に示した。同図(ウ)(C)は  
 それぞれ固定支承側橋脚, 移動支承側橋脚の応答変位量および桁-橋脚間の相対変位量を  
 表わしている。これによると(C)で一定値を示している区間では両橋脚とも橋梁全体の固有  
 周期にほぼ等しい周期で一体となり振動している。またある相対変位量をもたまま滑  
 りを生じることなく振動している場合の現われることも見い出された。次にその他の区  
 間では桁が滑動し両橋脚はそれぞれの固有周期にほぼ等しい周期で振動していることがわ  
 かる。マラは摩擦係数を変え摩擦拘束力を大きくすると桁はほとんど滑動せず、橋梁全体  
 としての特性が強くなり現われ、拘束力が小さいと桁はほとんど完全に滑動し両橋脚単体とし  
 ての特性が顕著に現われることになった。しかしながら滑り支承を有する実橋梁では両  
 者の中間状態にあり、摩擦力を考慮した解  
 析が必要であると考えられる。図-3は相  
 対速度と摩擦力の関係を、図-4は時間と摩  
 擦力の関係を示しており、同図は本研究に  
 おける摩擦機構を説明したものである。

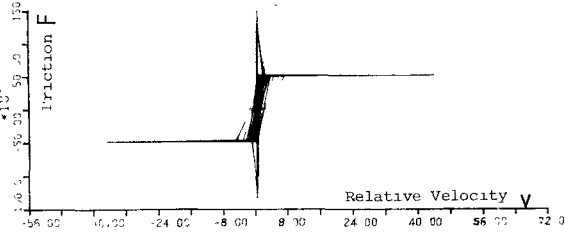


Fig.3 Relation between Relative Velocity and Friction

まず図-3は  $v$  の値が 0 の場合,  $|F|$  は最大静  
 止摩擦力  $M_S = 122.5 \times 10^3 \text{ dyne}$  ( $M_S = 5 \times 10^3 \text{ トラム}$ )  
 を越えない範囲で振動し,  $v$  が 0 でない場合, 即  
 ち滑りを生じている時は  $|F|$  は動摩擦力  $M_d = 49$   
 $\times 10^3 \text{ dyne}$  の一定値をとることがわかる。さらに図-4と  
 図-2の(C)を比較すると, 相対変位が一定値を示し  
 ている区間では  $F$  はほぼ橋梁全体の固有周期で振  
 動し,  $|F|$  が最大静止摩擦力を越えるとその大き  
 さは一定値(動摩擦力)となり向きは相対速度の向  
 きで決定されていることがわかる。

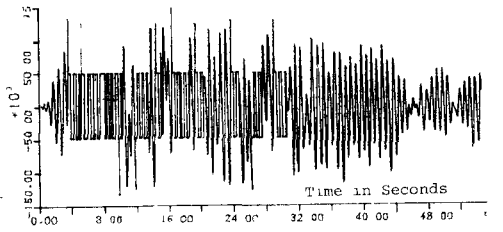


Fig.4 Time History of Friction

4 摩擦係数および上下部構造質量比が相対変位量の  
 最大値に与える影響 図-5において  $\alpha$  は上下部構造質量  
 比であり  $\alpha$  が大きい程動摩擦係数が相対変位量最大値に  
 与える影響が大きくなり,  $\alpha$  が大きい橋梁は小さな場合に比  
 べ摩擦係数が大ならば折落に関して有利であり, 小ならば  
 不利になると考えられる。一方, 動摩擦係数が大きい程相  
 対変位量最大値は小さくなるが同一の動摩擦係数に対しては  
 静止摩擦係数が大きい程静止摩擦力を越えた瞬間に生じる  
 相対変位が大きくなるため, 相対変位の最大値も大きくな  
 ることが知られた。最後に今回の研究では動揺運動を考  
 えたモデル化, 両橋脚に対する地震入力の位相差の問題を取り扱  
 わなかったが, 今後の課題として取り組む予定である。

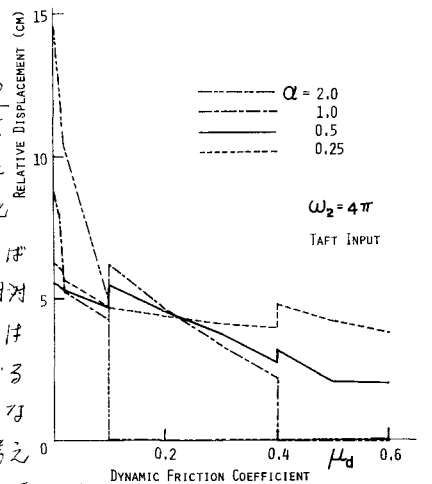


Fig.5 Effects of Mass of Super Structures and Dynamic Friction Coefficient