

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、その下元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、このような桁が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にしようとするものである。

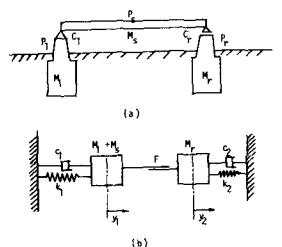


Fig.1 A Model for Simple Supported Bridges

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構成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 μ_s 、動摩擦係数を μ_d とすれば摩擦力 F が最大静止摩擦力 $\mu_s M$ 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 $\mu_s M$ 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 $\mu_d M$ 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。

(i) $v = 0$ の場合

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

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

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

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

は図-1のとおりである。

(ii) $v \neq 0$ の場合

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

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

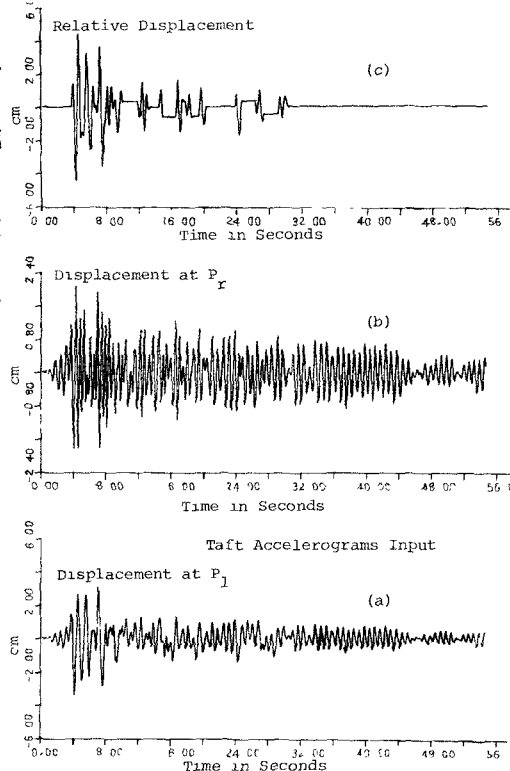


Fig.2 Calculated Response

運動方程式の数値計算にあたっては $\mu_s = \mu_d = 0.02$, $\omega_1 = 6.28$, $\omega_2 = 12.56$, $M_L = M_R = 4M_S$ 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(a)(b)(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つて振動している。またある相対変位量をもっ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。マウ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とわかった。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。

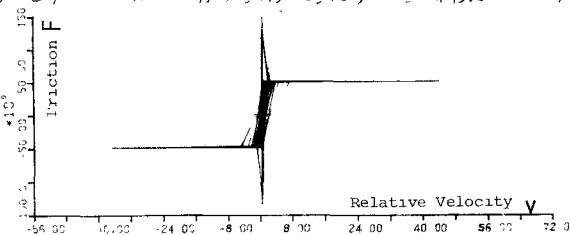


Fig.3 Relation between Relative Velocity and Friction

まず図-3は v の値が 0 の場合、 $|F|$ は最大静止摩擦力 $\mu_s M_S = 122.540 \text{ dyne}$ ($M_S = 5 \times 10^8 \text{ g}$ とした) 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 $\mu_d M_S = 49 \times 10^8 \text{ dyne}$ 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。

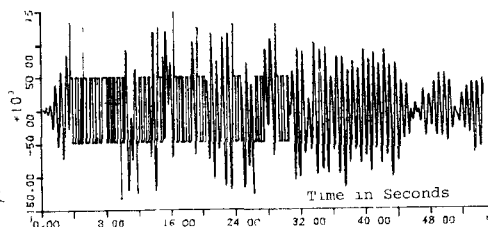


Fig.4 Time History of Friction

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 α は上下部構造質量比であり α 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、 α が大きい橋梁は小さな場合に比べ

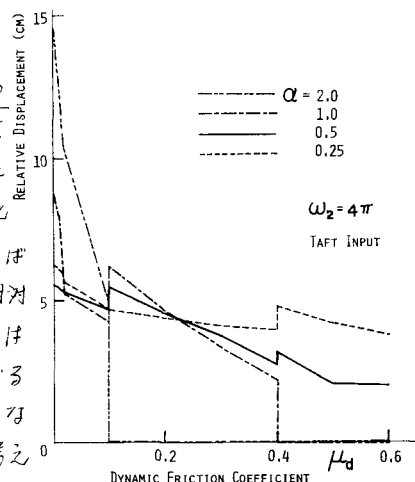


Fig.5 Effects of Mass of Super Structures and Dynamic Friction Coefficient

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と知られた。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。