

(I - 38) 摩擦力によって拘束された橋梁の地震時挙動に関する研究

早稲田大学大学院 学生員 遠藤 晴一
関東学院大学工学部 正員 倉西 茂
早稲田大学理工学部 正員 依田 照彦

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震における橋梁の被害の集中は支承と橋脚に多くみられた。現在の橋梁設計では、一部の支承を固定することで上部構造と下部構造を接合している。しかし、このような考えでは地震によって大きな慣性力が集中する恐れがある。逆に、これらの慣性力を分散させようと全ての支承を固定すると、温度変化の影響で桁や支承に大きな応力が発生する。そこで摩擦力によって固定することを考える。摩擦力を利用することにより、摩擦力よりも小さな力では上部構造は動かず、それよりも大きな力に対しては適当に動き、エネルギーを消費しながら地震時のエネルギーを解放させる特性を持っている。本研究では、簡単のために上部構造と下部構造を 2 質点系でモデル化し、滑りを考えることによって地震時挙動を考察した。

2. モデル化と方法

摩擦力を利用した橋梁を橋脚を有するものとそうでないものの二つの場合分けし、橋軸水平方向で 2 質点系として、図-1 のようにモデル化した。ただし、従来の橋梁は 1 質点系としてモデル化した。橋脚を有する橋梁 (モデル①) では上部の質点を桁と橋台、下部の質点を橋脚と考える。また、スパンが短く橋脚を必要としない橋梁 (モデル②) では上部の質点を桁、下部の質点を橋台と考え、それぞれの質点を独立した 1 自由度系と見なし、慣性力が静止摩擦力を超えると上部の質点と下部の質点の間で滑りが生じるようにスライダを取り付ける。図-1 の M1,M2 は各モデルでの上部構造と下部構造の質量、K1,K2 は (地盤の) 水平方向のバネ定数、 h_1,h_2 を粘性係数、 μ を摩擦係数とする。 μ は接合する面の条件によって変化させる。この 2 質点系モデルに神戸海洋気象台 ($\Delta t=0.02s$)、JR 鷹取駅 ($\Delta t=0.01s$) で観測された地震波を入力し、線形加速度法によって各モデルの加速度応答等を求める。

3. 解析結果および考察

代表例として神戸海洋気象台の地震波の加速度応答と変位応答を図-2、図-3 に示す。

図-2 の (b),(d) は粘性係数の値を変化させたものであり、両者を比較すると、必ずしも粘性が応答加速度を抑えることにつながる訳ではないことが分かる。これは滑りが生じることによって、上部の質点と下部の質点が別々の運動をし、上部、下部の質点の相互作用が影響しているものと思われる。また、図-2(b),(c) から摩擦係数を大きくす

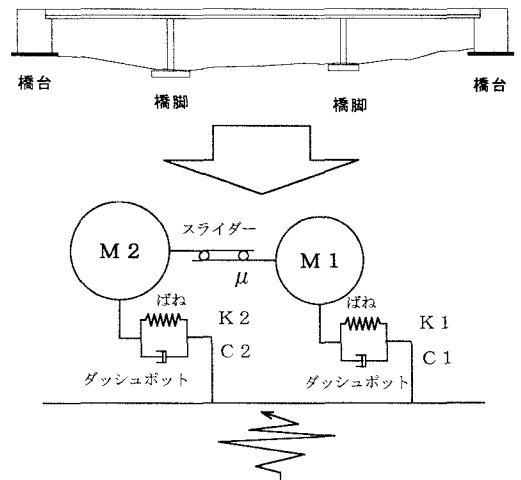


図-1 2 質点系モデル

表-1 入力パラメータ

	モデル①		モデル②	
	質点 1	質点 2	質点 1	質点 2
質量(t)	6800	6838	639.6	723.6
ばね定数 (tf/m)	3.77×10^5	8.29×10^5	2.5×10^5	0

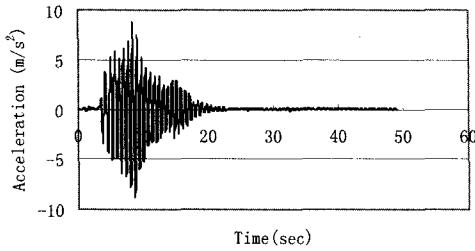
キーワード：摩擦力、動的応答解析、地震時挙動

連絡先：早稲田大学理工学部 〒169-8555

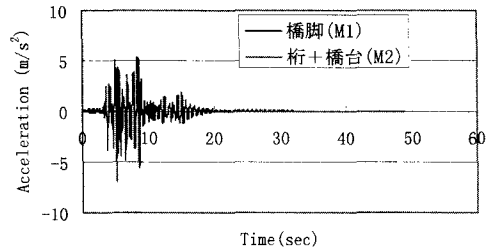
東京都新宿区大久保 3-4-1

Tel 03(5286)3399

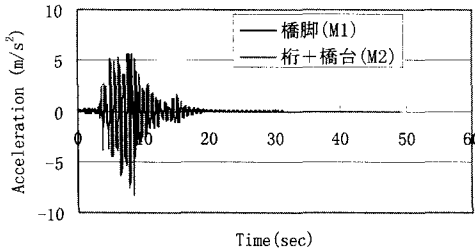
ると加速度応答も大きくなることが分かる。これは上部の質点と下部の質点が一体となって振動し、1 質点系として運動する時間が長くなるからである。そして、摩擦力を利用し、2 質点系でモデル化した橋梁（図-2(b),(c),(d)）は 1 自由度系でモデル化した橋梁（図-2(a)）に比べ、明らかに加速度応答が抑えられ、地震時のエネルギーが解放でき、橋梁系全体の地震力が低減されていると考えられる。この理由は、図-3(b)からも分かるように、地震によるエネルギーの一部を相対変位に伴う摩擦エネルギーで解放することにより、加速度応答を抑えているからである。



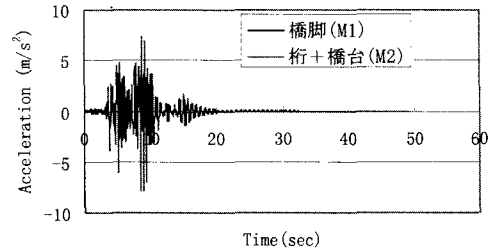
(a) 1 自由度系の場合



(b) $h=0.05$ $\mu=0.15$ の場合

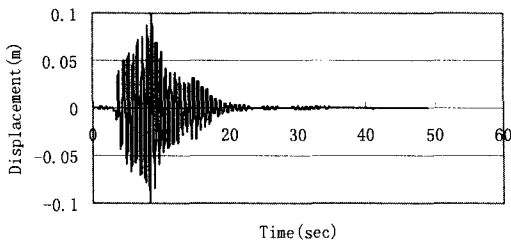


(c) $h=0.05$ $\mu=0.25$ の場合

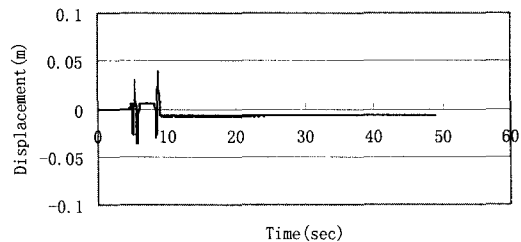


(d) $h=0.07$ $\mu=0.15$ の場合

図-2 モデル①の加速度応答



(a) 1 自由度系の場合



(b) 質点 1 と質点 2 の相対変位

図-3 モデル①の変位の比較

4. まとめ

本研究では、桁と橋脚、あるいは桁と橋台の間での摩擦力を考慮することにより、橋梁の加速度が低減され、耐震性能が向上するかどうかを検討した。その結果、加速度応答は十分に低減されることが分かった。変位応答についても道路橋示方書による桁かかり長が 70cm であることを考えると、質点 1 と質点 2 の相対変位が約 4cm であるので安全といえよう。したがって摩擦力を利用することは有効な手段の一つと考えられる。