

MR ダンパーを用いたバリアブルダンパーの開発に関する研究

東京工業大学 学生会員 ○中村 剛
 チュラロンコ大学 Anat Ruangrassamee
 東京工業大学 フェロー 川島 一彦

1. はじめに

地震時にエネルギー吸収の役割を担うダンパーの減衰力を自由に変化させることができれば、橋梁の地震時応答を抑える上で有利であり、これを実現するためにバリアブルダンパーが開発された¹⁾。バリアブルダンパーとは、構造物の地震応答に応じて任意に減衰力を変化させることのできるエネルギー吸収装置の総称である。近年、電流によって減衰力を変化させることのできる MR ダンパーの開発が進み、より容易にバリアブルダンパーの製作が可能になっている。

本研究では、MR ダンパーを用いたバリアブルダンパーを開発することを目的として、最大減衰力 100N の小型 MR ダンパー(Lord Corporation, RD1084-1B)を用いてその特性を明らかにすると同時に、減衰力履歴モデルに基づいて制御した MR ダンパーを設置した模型橋の振動台実験及びこれに対する解析を行った。また、積層ゴム支承で支持された桁橋を対象に、バリアブルダンパーを付加ダンパーとして設置した場合にどの程度地震応答を低減することができるかを検討した。

2. MR ダンパーの減衰力履歴モデル

バリアブルダンパーの利用に際しては、構造物の状態に応じた減衰力の与え方を検討する必要がある。常に一定の減衰力を作用させる摩擦型モデル(図-1(a))は大きなエネルギー吸収を期待できるが、減衰力を大きくすると桁と橋脚の相対運動がロックされる。ロックが生じるとエネルギー吸収を期待することができず、ダンパーとしての機能が失われる。2段階摩擦型モデル(図-1(b))は、桁と橋脚の相対速度が小さい領域でロックが生じないように、この領域における減衰力を低減するものである。

3. 振動台実験とその解析

MR ダンパーの減衰力を制御するためには、その特性を定式化する必要がある。小型 MR ダンパーの特性を把握することを目的として MR ダンパー単体の繰り返し载荷実験を行った結果、MR ダンパーの減衰力 F_D (N) は入力電流 I (A) に比例し、次式で与えられることがわかった。

$$F_D = 173.1I + 9.0 \quad (1)$$

MR ダンパーを設置した橋の地震応答を検討するために、

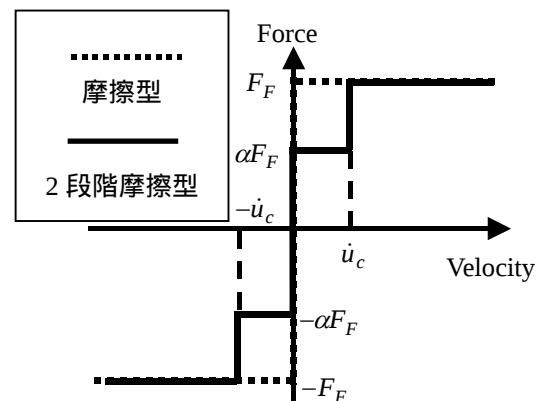
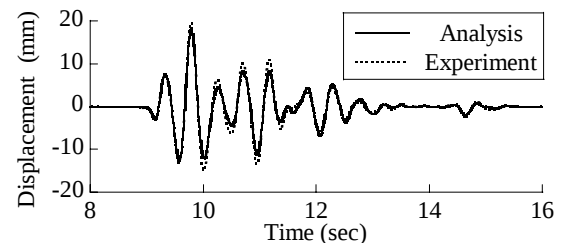
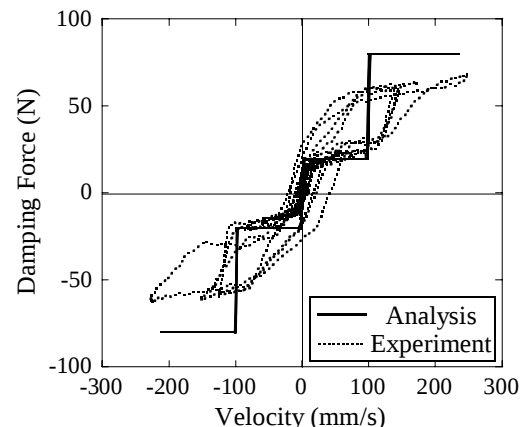


図-1 MR ダンパーの減衰力履歴モデル



(a) 桁の応答変位



(b) 減衰力～速度関係

図-2 振動台実験結果と解析結果の比較

キーワード セミアクティブコントロール, バリアブルダンパー, MR ダンパー

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 川島研究室 TEL 03-5374-2922

鋼材(SS400)で製作した模型橋(桁質量 197.5kg, 固有周期 0.47s)に対する振動台加振実験を行った。MR ダンパーは桁～振動台間に設置した。MR ダンパーを設置しない状態での模型橋の減衰定数は 2.7%である。MR ダンパーの減衰力を 2 段階摩擦型に従って与え、JMA 神戸地震動で加振した場合の地震応答が図-2 である。比較のため、ここには模型橋を質点系でモデル化した動的解析結果を併せて示した。MR ダンパーの減衰力～速度の履歴(図-2(b))では解析値と実験値に多少の差異が認められるが、これは速度変化に対する MR 流体の追従性に起因する MR ダンパーの時間遅れによるものである。一方、桁の応答変位(図-2(a))については、全体として解析値は実験値をよく表している。

4. 実橋に対するバリアブルダンパーの適用性

2 段階摩擦型モデルの効果を検討するため、積層ゴム支承で支持された桁橋を質点系にモデル化し(図-3)、非線形動的解析を行った。1 基の下部構造とそれが支持する上部系部分を対象としている。MR ダンパーを 2 段階摩擦型と摩擦型に従って制御した場合の解析結果を図-4 に示す。摩擦型を用いると桁と橋脚頂部がロックし相対変位が小さくなるが、2 段階摩擦型ではロックせずエネルギーを吸収することができる。この結果、摩擦型制御を用いる場合と比較して、2 段階摩擦型制御を用いる場合には桁の応答変位を 10cm 程度減少させることができる。

5. 結論

- (1) 振動台実験とその解析結果の間に生じた最大変位の誤差が 8%程度であり、両者の応答波形が同様の傾向を示したことから、動的解析を用いることで模型橋の応答を大まかに再現できることがわかる。
- (2) MR 流体の速度変化に対する追従性に起因して、MR ダンパーの減衰力はコマンドに対して時間的な遅れを伴う。
- (3) 2 段階摩擦型制御を与えると、桁と橋脚頂部間がロックするのを防ぐことができ、結果として摩擦型制御の場合と比較して桁の応答変位を 12cm 程度減少させることができる。

参考文献

1) Kawashima, K. & Unjoh, S., (1994), "Seismic Response Control of Bridges by Variable Dampers," Journal of Structural Engineering, ASCE, pp.2583-2601, 120-9.

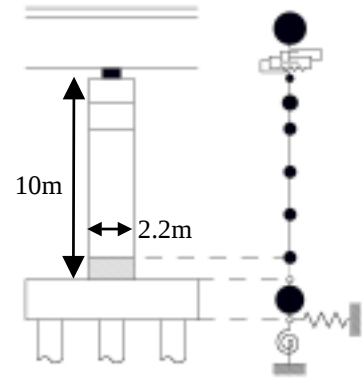
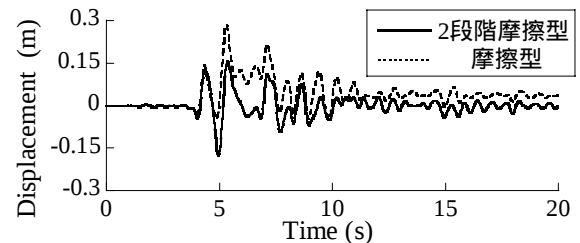
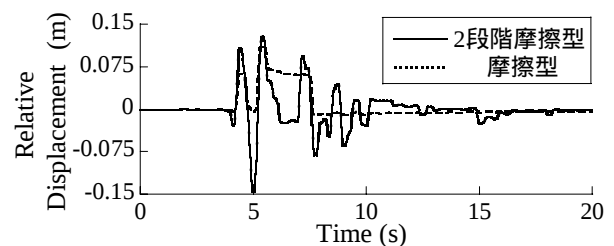


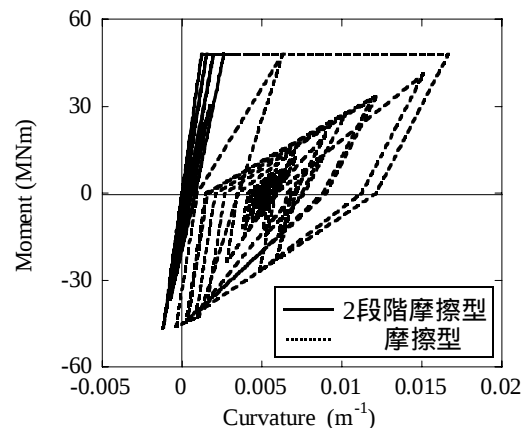
図-3 解析対象橋脚と解析モデル



(a) 桁の応答変位



(b) 桁と橋脚間の相対変位



(c) 橋脚基部の M ~ ϕ 関係

図-4 実橋に対するバリアブルダンパーの適用性