

橋梁の地震応答低減に対する高減衰ゴムダンパーの有効性に関する検討

住友ゴム工業 正会員 ○丸山達弥

住友ゴム工業 正会員 辻 智宏

東京工業大学 フェロー会員 川島一彦

1. はじめに

高減衰ゴムを用いた制震ダンパーは、その減衰性能に方向性が無く、1つのデバイスで橋軸及び橋軸直角方向の地震力に対して機能させることができることから、橋梁の耐震性能の向上とコスト低減効果が期待されている。また、高減衰ゴムが繰返し荷重に対して安定した性能を有しており、構造も簡易であることからメンテナンス面のメリットも期待できる。しかし、実橋梁への適用実績はほとんどないのが現状である。本論文では、5径間連続桁橋を対象として、高減衰ゴムダンパーの地震応答低減に対する有効性を検討した。

2. 対象橋梁と入力地震動

ここでは、図-1、表-1に示す橋長200m、幅員12mの5径間連続鋼I桁橋¹⁾を対象として、高減衰ゴムダンパーによる地震応答低減効果を汎用解析プログラムソフトT-DAPⅢを用いた動的解析により検討した。入力地震動としては、既往の強震記録²⁾より、対象橋梁の地震応答変位が大きくなる1995年兵庫県南部地震によるJR西日本鷹取駅における記録（鷹取地震動）と2004年新潟県中越地震による川口町役場における記録（川口地震動）を用いることとした。

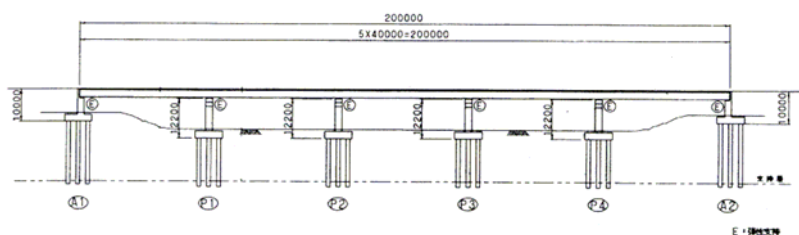


図-1 対象橋梁

表-1 橋梁諸元

上部構造	5径間連続I桁橋
橋 長	200m (40m×5径間)
全幅員	12m
上部工重量	3140tf
支 承	積層ゴム支承
下部構造	T型橋脚
地盤種別	II種地盤
固有周期	1.17sec

3. 解析に仮定した高減衰ゴムダンパーの特性

高減衰ゴムダンパーは、上下部構造間に生じる地震時相対応答変位によりせん断変形し地震エネルギーを吸収できるように設置することとした。設計減衰力を50tf、100tf、150tfと変化させ、各橋脚、橋台上に1基ずつ配置する。また、鷹取地震動を作用させた解析においては、等価粘性減衰定数 h_{eq} を0.2と0.3と変化させた場合の検討も行った。高減衰ゴムダンパーは、完全弾塑性バイリニアモデルによりモデル化した。表-2、図-2に解析に仮定した高減衰ゴムダンパーの特性と解析モデルを示す。

表-2 高減衰ゴムダンパーの特性と解析モデル（1基分）

設計減衰力(tf)	等価粘性減衰定数: h_{eq}	1次剛性(kN/mm)	2次剛性(kN/mm)	降伏変位(mm)	等価剛性(kN/mm)
50	0.20	16.56	1.656	10.7	2.418
100	0.20	33.12	3.312	10.7	4.836
150	0.20	49.67	4.967	10.7	7.254
50	0.30	11.03	1.103	27.8	2.418
100	0.30	22.05	2.205	27.8	4.836
150	0.30	33.08	3.308	27.8	7.254

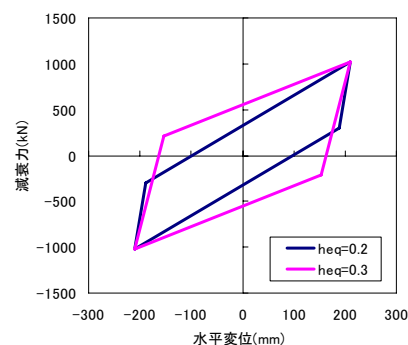


図-2 解析モデル(100tfの場合)

キーワード：高減衰ゴム、制震ダンパー、動的解析、地震応答低減

連絡先：〒675-0011 兵庫県加古川市野口町北野 410-1 Tel.079-456-5383 Fax.079-426-0189

4. 動的解析結果

鷹取地震動を作用させた場合の橋軸方向の解析結果を表-3、図-3に示す。ダンパーを設置しない場合には、中央桁での最大応答変位は 63.5cm であり、ダンパーの減衰力を増加させると最大応答変位は減少する。ダンパーによる総減衰力が 900tf で h_{eq} が 0.2 の場合には、最大変位は 33.2cm となり、ダンパーを設置しない場合に比較して最大応答変位が約 48% 低減している。また、 h_{eq} を 0.2 と 0.3 とした場合のダンパーの履歴応答を比較すると図-4 のようになる。

$h_{eq}=0.2$ の場合に比較して $h_{eq}=0.3$ の方が最大応答変位に相当する 1 サイクルの履歴吸収エネルギーは 1.5 倍大きくなるが、最大応答変位は 33.2cm から 29.0cm と 1/1.14 倍にしか低下しない。なお、累

積エネルギー吸収は $h_{eq}=0.2$ の場合には $1.32 \times 10^6 (kN \cdot m)$ であるのに対して、 $h_{eq}=0.3$ の場合には $1.64 \times 10^6 (kN \cdot m)$ と、約 1.2 倍になっている。最大応答変位の低減は、このほか最大応答に達する前のエネルギー吸収にも依存していると考えられる。

川口地震動に対する橋軸方向の解析結果を表-4、図-5に示す。ダンパーを設置しない場合には、中央桁の最大応答変位は 66.9cm であるが、鷹取駅地震動を作用させた場合と同様にダンパーの減衰力を増加させると最大応答変位は減少していく。ダンパーの総減衰力を 900tf とした場合には、最大変位は 45.4cm となり、ダンパーを設置しない場合に比較して最大応答変位は約 32% 減少する。

5. まとめ

モデル橋梁を対象として高減衰ゴムダンパーの地震応答低減効果に及ぼす減衰力と等価粘性減衰定数の影響を 2 種類の代表的な断層近傍地震動に対して検討した。今後、高減衰ゴムダンパーの具体的な形状、寸法を定め、実橋梁を対象として具体的な設計検討を進めていくことが求められる。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，平成 9 年、
- 2) 土木学会地震工学委員会：地震動研究の進展を取り入れた土木構造物の設計地震動の設定法ガイドライン（案），平成 21 年

表-3 動的解析結果（鷹取地震動）

	高減衰ゴムダンパー特性			中央桁応答	
	ダンパー 基数	ダンパー 総減衰力 (tf)	等価粘性 減衰定数	最大変位(橋軸)	
				(cm)	低減率(%)
ダンパー無	—	—	—	63.5	—
ダンパー有	50tf × 6	300	$h_{eq}=0.20$	53.5	15.7
	100tf × 6	600	$h_{eq}=0.20$	45.7	28.1
	150tf × 6	900	$h_{eq}=0.20$	33.2	47.7
	50tf × 6	300	$h_{eq}=0.30$	53.6	15.6
	100tf × 6	600	$h_{eq}=0.30$	42.3	33.3
	150tf × 6	900	$h_{eq}=0.30$	29.0	54.3

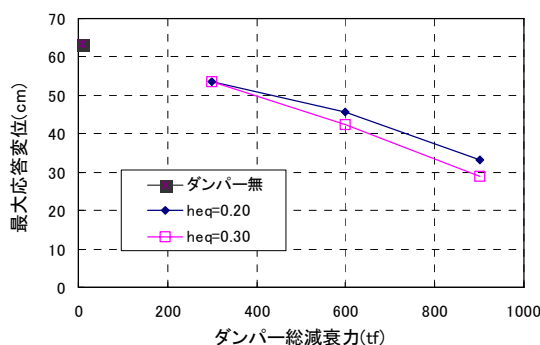


図-3 動的解析結果（鷹取地震動）

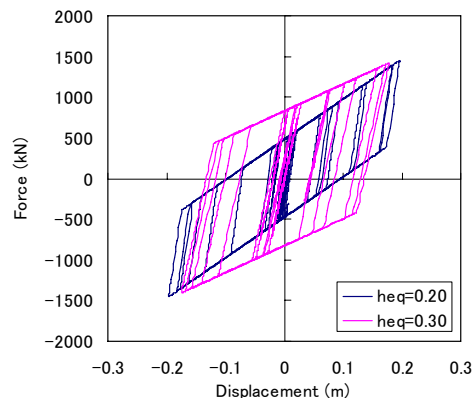


図-4 橋脚上ダンパーの履歴応答の比較（鷹取地震動, 150tf）

表-4 動的解析結果（川口地震動）

	高減衰ゴムダンパー特性			中央桁応答	
	ダンパー 基数	ダンパー 総減衰力 (tf)	等価粘性 減衰定数	最大変位(橋軸)	
				(cm)	低減率(%)
ダンパー無	—	—	—	66.9	—
ダンパー有	50tf × 6	300	$h_{eq}=0.20$	60.4	9.7
	100tf × 6	600	$h_{eq}=0.20$	53.1	20.7
	150tf × 6	900	$h_{eq}=0.20$	45.4	32.2

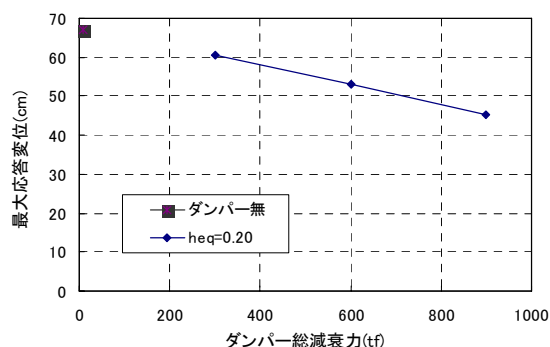


図-5 動的解析結果（川口地震動）