

摩擦履歴型ダンパーの抵抗力のばらつきと評価

オイレス工業（株）○正会員 宇野裕恵
 中日本高速道路（株）正会員 広瀬 剛
 オイレス工業（株） 正会員 竹ノ内勇
 オイレス工業（株） 正会員 横川英彰

1. はじめに

橋に用いる免震支承の性能のばらつきは、等価剛性および等価減衰定数を設計値に対しそれぞれ $\pm 10\%$ 以内および設計値以上と定められている。これに対して、ダンパーに対する性能のばらつきは特に定められていない。ここでは、摩擦履歴型ダンパー（以下、ダンパー）を対象に、ダンパー抵抗力のばらつきが動的応答に及ぼす影響を試算し、ばらつきに対する性能評価について検討・考察する。

2. ダンパーの性能評価

免震支承の減衰性能は等価減衰定数で評価され、エネルギー吸収量を入力ひずみエネルギーで除することにより定義されている。等価減衰定数の要求性能は設計値以上であるが、等価剛性は $\pm 10\%$ 以内のばらつきが許容されているのでひずみエネルギーで言えば $\pm 10\%$ 以内のばらつきとなる。この結果、エネルギー吸収量としては図-1のように、 -10% まで許容されることになる。一方、ダンパーの履歴は図-2に示すような矩形の履歴であるので、等価剛性のばらつきを $\pm 10\%$ 以内とするためには、抵抗力のばらつきを $\pm 10\%$ 以内としなければならない。また、等価減衰定数は図-3に示すように 60% を超え、抵抗力に依存しない。本来、減衰性能はエネルギー吸収量に依存するものであり、免震支承に準じてエネルギー吸収量を設計値の -10% までに収めることでよいと考え、抵抗力のばらつきを $\pm 10\%$ 以内で管理することでよいと考えられる。本論文では、ダンパー抵抗力のばらつきが動的挙動に及ぼす影響を考察する。

3. 解析モデル

既往文献¹⁾の5径間連続鉄桁橋より橋脚を一本取り出した図-4に示す支承部に地震時水平力分散ゴム支承（以下、RB）とダンパーを併用した一本柱モデルを用い、表-1に示す解析条件により非線形時刻歴応答解析を行った。RBの諸元は表-2に示すようであり、RBのみで 250% 程度の応答せん断ひずみとなるように設定した。橋脚は応答塑性率が 1.0 程度になるように橋脚基部の降伏曲げモーメントを調整した。このモデルに対して、ダンパーの抵抗力をRBの応答作用力が $0.8, 0.6, 0.4, 0.2$ 倍となるように設定し、さらに抵抗力のばらつきとして $\pm 10\%, \pm 20\%$ の変動を想定した。

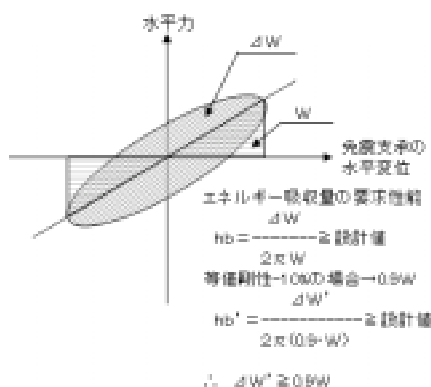


図-1 エネルギー吸収量の下限值

表-1 解析条件	
動的解析	非線形時刻歴応答解析
入力地震波形	道示標準波形 タイプ
地盤種別	種地盤
減衰	レーリー減衰
積分法	Newmark-β法(β=0.25)
積分時間間隔	0.002sec

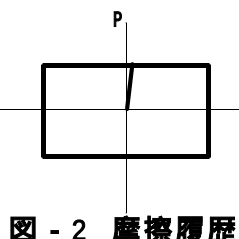


図-2 摩擦履歴

表-2 RBの諸元	
せん断弾性係数	1.0N/mm ²
平面寸法	950×950mm
ゴム厚	4層40mm

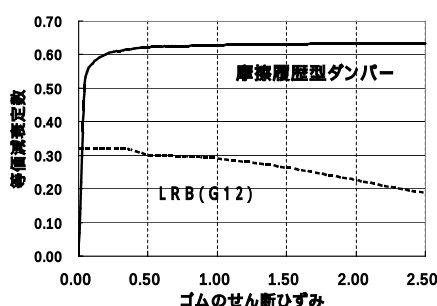


図-3 等価減衰定数

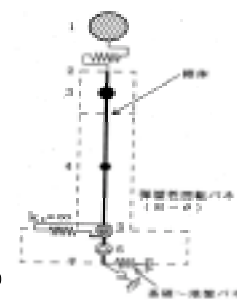


図-4 解析モデル

キーワード 制震構造，摩擦履歴型ダンパー，性能規定，ばらつき，エネルギー吸収

連絡先 〒105-8584 東京都港区浜松町一丁目30番5号 オイレス工業（株）03-3578-7930

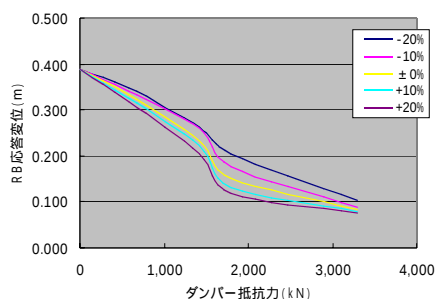


図 - 5 支承の応答変位

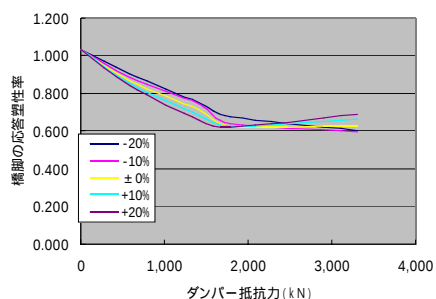


図 - 6 橋脚の応答塑性率

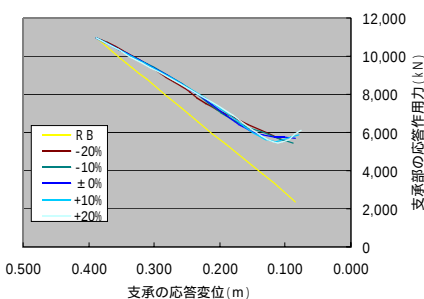


図 - 7 支承部の応答作用力

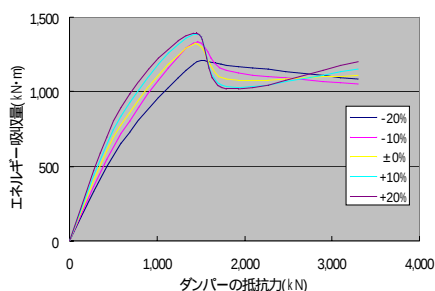


図 - 8 エネルギー吸収量

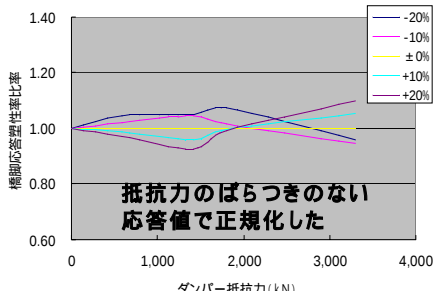


図 - 9 橋脚の塑性率変動

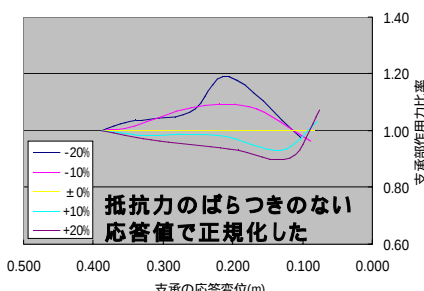


図 - 10 支承部の作用力変動

4. 解析結果

代表的な応答，最大変位時のエネルギー吸収量，および抵抗力のばらつきのない（ $\pm 0\%$ ）応答値で正規化した橋脚の応答塑性率と支承部の作用力を，それぞれ図 - 5 ～ 7，図 - 8，および図 - 9，10に示す．

支承の応答変位：抵抗力が+側にばらついている方（以下，+側）が支承の応答変位は小さい．一方，エネルギー吸収量は，支承の応答変位が約 1/2 になるまでは+側が大きく，それ以上の変位になると小さくなり，支承の応答変位と傾向が異なる．これは，支承の応答変位はダンパーのエネルギー吸収とバイパス機能（慣性力が支承を介さずにダンパーを介して下部構造に伝達）により低減されるものであり，エネルギー吸収量が多い場合に変位が必ずしも低減するわけではなく，エネルギー吸収量が小さくてもバイパス効果の方が大きい場合は変位が低減することがあるためと考えられる．

橋脚の応答塑性率：橋脚の応答塑性率は抵抗力のばらつきによる影響が小さい．これは，抵抗力のばらつきによる支承部の作用力への影響が小さいためである．また，橋脚の応答塑性率はエネルギー吸収の影響を受けやすいため，エネルギー吸収と同様に+側と-側で逆転している．

支承部の応答作用力：抵抗力のばらつきの影響が比較的小さいのは，支承部の応答作用力はゴム支承の作用力とダンパー抵抗力を合計したものであるためである．支承の変位が約 1/4 になるまでは支承部の抵抗は減少が見られるが，ダンパーによるエネルギー吸収によるものである．

5. 履歴の変動の評価

抵抗力のばらつきを $\pm 20\%$ とすると，橋脚の応答塑性率は 10%程度の変動が見られるが， $\pm 10\%$ であれば 5%以下の変動となっている．ただし，抵抗力が大きくなる方にばらつくのが必ずしも応答を大きく低減するわけではない．このようなことから，抵抗力のばらつきを $\pm 10\%$ 程度に管理すれば応答に与える影響は大きくないものと考え，免震支承と同様に $\pm 10\%$ で管理することでよいと考えられる．

6. おわりに

減衰装置の減衰性能は等価減衰定数というより，エネルギー吸収量に依存する．このため，免震支承についても，エネルギー吸収量を $\pm 10\%$ 以内で管理することも一手法であると考えられる．

参考文献

- 1) 道路協会編：道路橋の耐震設計に関する資料，平成 9 年 3 月