

摩擦履歴型・速度依存型・弾性ダンパーの応答と地震波の影響

オイレス工業（株）○正会員 横川英彰

中日本高速道路（株）正会員 広瀬 剛

オイレス工業（株） 正会員 宇野裕恵

オイレス工業（株） 正会員 竹ノ内勇

1. はじめに

種地盤のような軟弱地盤にゴム支承を用いる橋では地震時に共振し、応答が大きくなる可能性がある。これに対して、制震構造を用いた橋ではバイパス効果および減衰効果によって応答が低減するので、支承部の変形性能に余裕を持たせることにより、共振時の応答に対応しやすい。ここでは、ゴム支承によって剛性を付加した場合（以下、付加剛性）と制震ダンパーによって応答を低減した場合とを試算・比較した。

2. 制震ダンパーの設定

制震ダンパーとして、摩擦履歴型ダンパーおよび速度依存型ダンパーを対象とする。摩擦履歴型ダンパーの履歴は一般的に速度への依存性が小さく、図 - 1 に示すような矩形の履歴を呈するものである。速度依存型ダンパーの履歴は図 - 2 に示すような楕円形の履歴を呈するものであり、ここでは、抵抗力が速度の 2 乗に比例するダンパーを想定する。

3. 解析モデル

既往文献¹⁾の 5 径間連続鉄桁橋より橋脚一本を取り出した図 - 3 に示す支承部に地震時水平力分散ゴム支承（以下、RB）に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レベル 2 地震動での 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た。

4. 解析結果

解析結果より、道示地震波 3 波による支承の応答変位、橋脚の応答作用力、および橋脚の応答塑性率を 3 波平均値で正規化したものをそれぞれ図 - 4、図 - 5、および図 - 6 に示す。

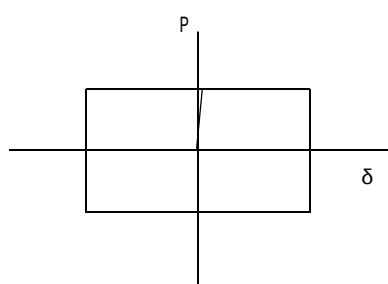


図 - 1 摩擦履歴型の履歴

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

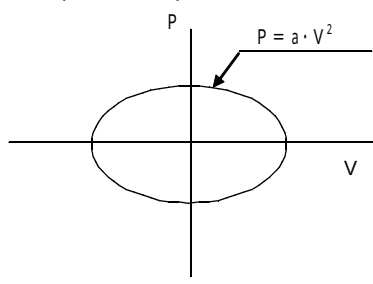


図 - 2 速度依存型の履歴

表 - 2 RB の諸元

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

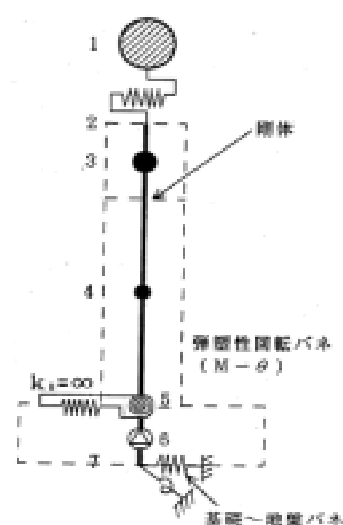


図 - 3 解析モデル

キーワード 制震構造，制震ダンパー，摩擦履歴型ダンパー，速度依存型ダンパー，地震波，RB

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

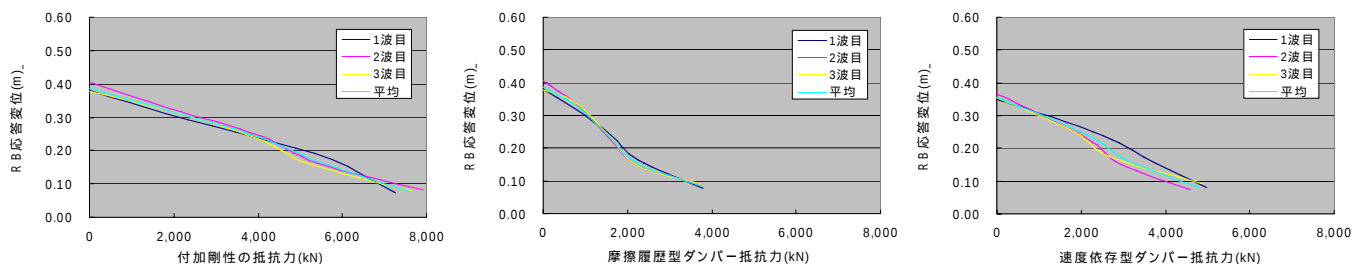


図 - 4 支承の応答変位

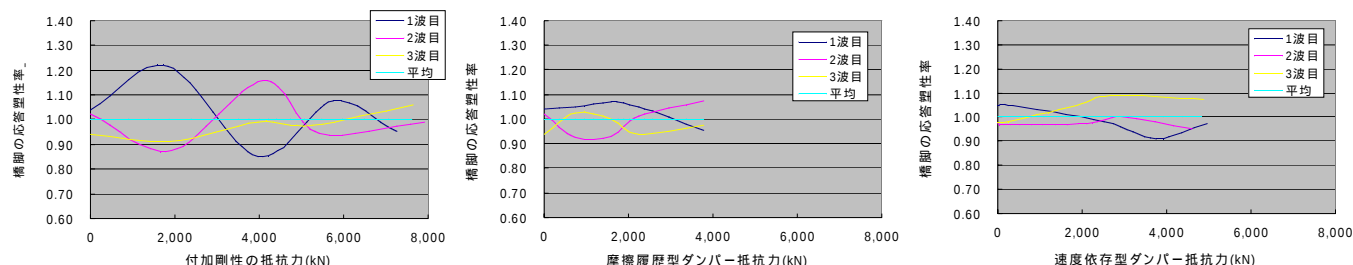
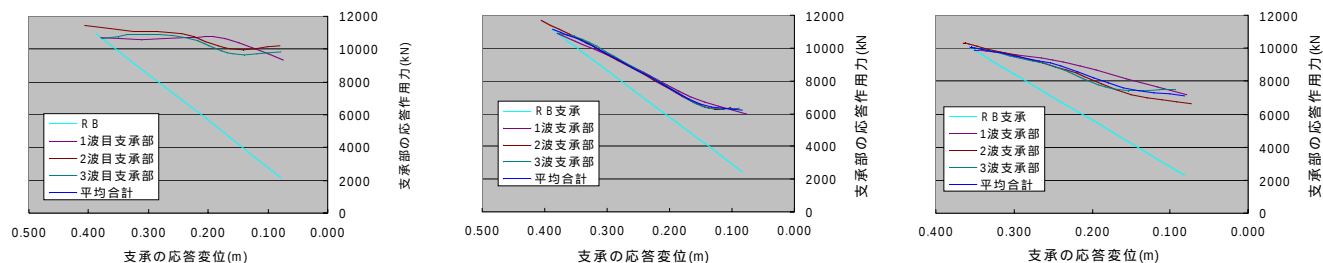


図 - 5 橋脚の応答塑性率の変動（平均値を1.0とする）



(a) 付加剛性

(b) 摩擦履歴型ダンパー

(c) 速度依存型ダンパー

図 - 6 橋脚の応答作用力

支承の応答変位：付加剛性では減衰が低いため、大きな剛性を与えなければ制震ダンパーのように支承の応答変位が低減しない。これに対し、制震ダンパーでは摩擦履歴型の方が速度依存型より小さい抵抗力で変位が低減している。これは、摩擦履歴型の方が減衰が高いことによると考えられる。また、地震波3波による応答変位は速度依存型では変動が大きく、抵抗力が大きくなると変動は顕著になる。

橋脚の応答塑性率の変動：付加剛性では減衰が低いため、橋脚の応答塑性率の変動が大きい。制震ダンパーを用いる場合は、減衰により橋脚の応答塑性率が制御されるので変動は小さく、摩擦履歴型と速度依存型とでは有意差はない。

支承部の応答作用力：付加剛性では支承部の合計作用力は概ね一定であるが、減衰が低いため地震波により変動している。これは、応答周期が1.1sec程度以下であり、種地盤の加速度応答スペクトルは周期が1.5sec以下では変動が小さい領域であることによるとと思われる。一方、制震ダンパーではダンパー抵抗を大きくすると支承部の応答作用力が大きく低減され、特に摩擦履歴型の方が大きく低減されている。地震波3波のそれぞれによるばらつきは摩擦履歴型では安定しているが、速度依存型はダンパー抵抗が大きくなるに従い変動が大きくなる傾向にある。

5. 評価

付加剛性では支承の応答変位は小さくなるが、応答作用力を低減できず、橋脚の塑性率も制御できない。一方、制震構造では応答作用力を小さくし、かつ橋脚の応答塑性率を制御できる。地震波3波それぞれによる応答は摩擦履歴型が速度依存型に比べて変動が小さく、安定している傾向にある。

6. おわりに

本件の対象としたモデルの応答周期が1.1sec以下程度であり、地震波が振幅調整した道示の標準波形である。今後、長周期のモデルや原波形など他の波形による応答を把握しておくことが重要と考える。

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