

摩擦履歴型ダンパーを用いたレベル1地震動のモデル化と応答性状

オイレス工業（株）○正会員 竹ノ内勇
 オイレス工業（株） 正会員 宇野裕恵
 オイレス工業（株） 正会員 横川英彰
 オイレス工業（株） 池田貴和子

1. はじめに

摩擦履歴型ダンパーを用いた制震橋のレベル1地震動に対する設計では、一般に等価剛性による分散計算（以下、静的解析）を行っている。一方、レベル2地震動に対する設計は非線形時刻歴応答解析（以下、動的解析）を行っている。しかし、レベル1地震動の動的挙動は必ずしも明確であるわけではないので、レベル1地震動で動的解析を行うことにより実挙動を設計に反映することが望ましい。また、レベル2地震動の動的解析モデルで解析できるので効率的であると考えられる。ここでは、摩擦履歴型ダンパーを用いる橋を対象に、動的解析および静的解析により、レベル1地震動に対する制震橋の設計手法を考察する。

2. 解析手法とモデル化

レベル1地震動に対する橋の設計では履歴減衰を考慮しない静的解析¹⁾が基本となっている。摩擦履歴型ダンパー（以下、ダンパー）は一般に図-1に示すような矩形履歴で表されるが、ここでは履歴減衰を考慮しない図-2に示すような鍵型履歴の非線形弾性ばねで設定する。これらの両モデルを用いた非線形動的解析および静的解析を行い、整合性を検討する。

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、レベル2地震動に対してRBのみで250%程度の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と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。

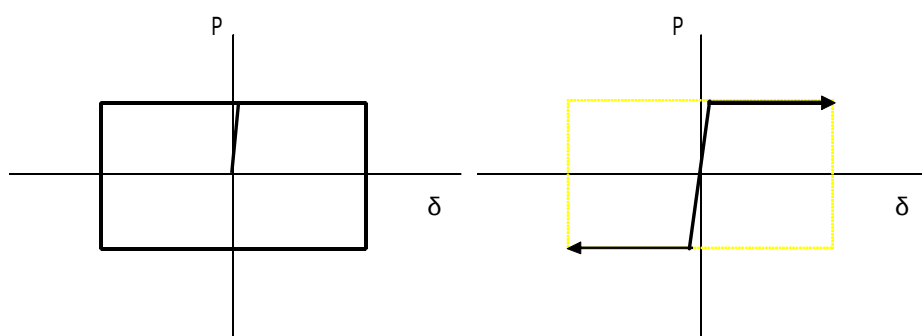


図-1 摩擦履歴型の履歴

図-2 摩擦履歴の非線形弾性履歴

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 レベル1
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

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

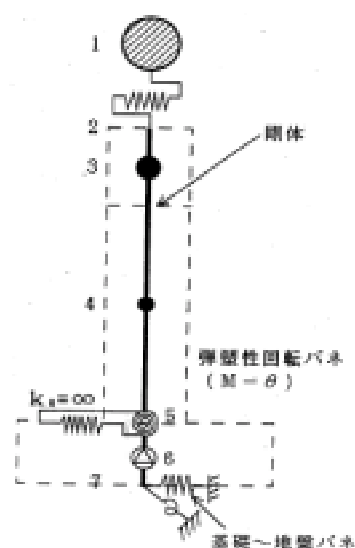


図-3 解析モデル

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, レベル1地震動, 非線形弾性ばね
 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

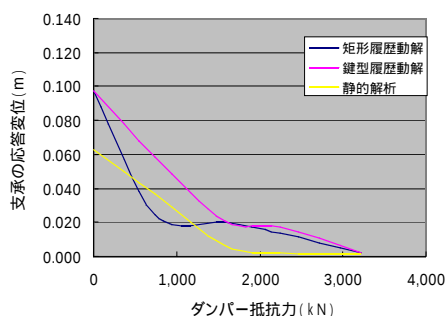


図 - 4 支承の応答変位

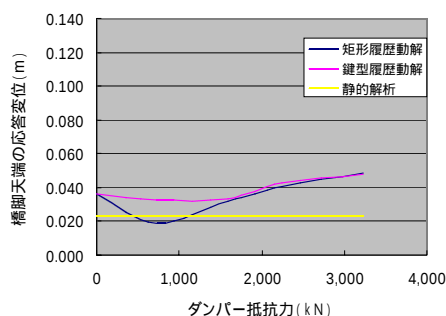


図 - 5 橋脚の応答変位

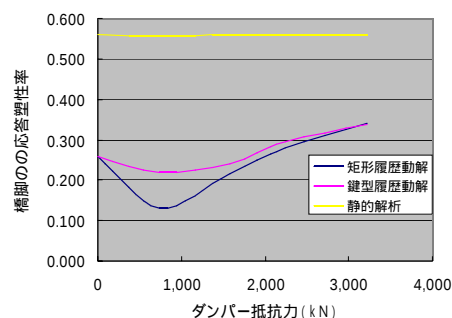


図 - 6 橋脚の応答塑性率

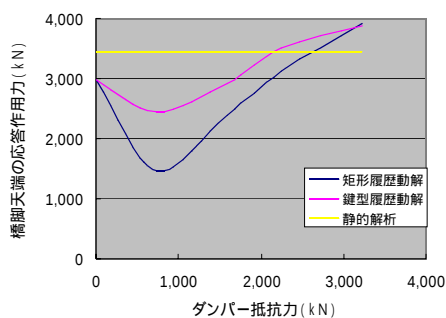


図 - 7 橋脚の応答作用力

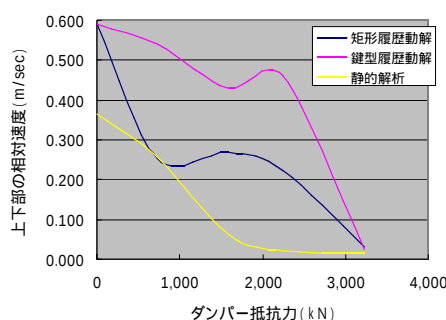


図 - 8 上下部構造の相対速度

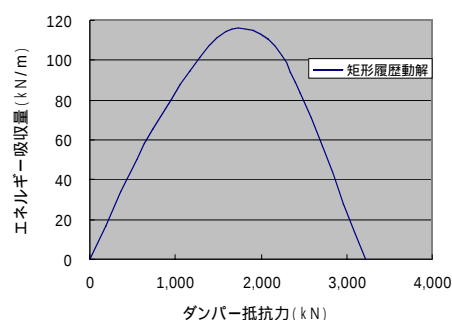


図 - 9 ダンパーの吸収エネルギー

4. 解析結果

代表的な応答および最大応答時のダンパーの吸収エネルギーをそれぞれ図 - 4 ~ 8 および図 - 9 示す。

矩形履歴の応答は鍵型履歴より小さいが、ダンパー抵抗が大きくなるとそれぞれの応答は漸近してくる。これは、ダンパー抵抗が大きくなると支承の応答変位が小さくなり、エネルギー吸収量が小さくなることに起因すると考えられる。静的解析と比べると、動的解析の応答の方が大きい傾向にあり、静的解析は危険側の評価をしている可能性がある。一方、橋脚の応答塑性率で静的解析の方が大きくなっているのは、動的解析では二次モード以上が橋脚基部に影響を及ぼしているものと考えられる。しかし、いずれにしてもレベル1地震動に対して橋脚は弾性挙動していればよい。また、上下部構造の相対速度からも、動的解析の応答の方が大きくなり、位相差が大きく発現していることがわかる。

5. 履歴の変動の評価

鍵型履歴の動的解析では履歴減衰が発現しないことから矩形履歴の応答より大きく、また静的解析より安全側の評価となっている。ただし、橋脚の応答塑性率は動的解析の方が小さくなっていることに留意を要する。このため、鍵型履歴による動的解析のみの設計でよいとは必ずしも言えない。そこで、レベル1地震動に対して鍵型履歴を用いた動的解析により設計する場合でも、各橋脚を単橋脚として死荷重相当の慣性力を受け持たせた静的解析結果と比較して、大きい方の応答値で設計するのがよいと考える。ただし、橋脚高さの高い橋脚に対する静的解析では相当大きな応答となると考えられるので、そのような場合には橋全体としての慣性力の分散を考慮した静的解析を行うのがよい。

6. おわりに

橋脚高さが高い橋では、レベル1地震動に対して鍵型履歴を用いた動的解析のみで設計すると橋脚断面が小さくなる可能性があるため、過度に小さくならないように留意を要する。なお、速度依型履歴の制震ダンパーを用いた橋では最大変位時の速度が0となり、レベル1地震動に対する履歴の設定が難しいことから、レベル1地震動に対しては静的解析を行うのがよいと考える。

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