

I - B 15 ケーソン基礎構造物の非線形スペクトル法と時刻歴動的解析法の比較検討

株式会社 テ ス 正会員 佐野 弘幸
 （財）鉄道総合技術研究所 正会員 齊藤 正人
 （財）鉄道総合技術研究所 正会員 西村 昭彦

1. はじめに

鉄道構造物の地震時における応答の算定は、「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計(案)」¹⁾（以下、耐震標準と称す。）においては、基礎を支持ばねに置換したモデルの時刻歴動的解析法によるか、非線形スペクトル法を用いて算定できることとなっている。本報告では、非線形スペクトル法と時刻歴動的解析法による応答値を比較することを目的とし、非線形スペクトル法に相当する1自由度モデルの時刻歴動的解析と基礎を支持ばねに置換したモデルとして2質点3自由度モデル（以下、SRモデルと称す。）の時刻歴動的解析の結果を最大応答塑性率で比較を行う。

耐震標準では、実構造物の静的非線形解析の結果に基づいて振動モデルの復元力特性を設定するが、ここではSRモデルと1自由度モデルの設定方法およびSRモデルの最大応答塑性率の求め方を定義した上で、SRモデルと1自由度モデルの応答値の比較を行う。

2. SRモデルの設定

モデルの構成は、第1質点重量を上部工重量と橋脚く体重量の3割とし、第2質点を基礎の剛体2自由度モデルとして設定する。第1質点と基礎ばね設置点間の距離は頂版天端～橋脚天端の距離とする。実構造物とSRモデルの比較概要を図1に示す。

ケーソン基礎—地盤系に相当する復元力特性は、耐震標準に基づき、静的非線形解析の結果よりケーソン頂版位置での水平成分の抵抗力～変位曲線および回転成分の抵抗力～変位曲線を求めて、バイリニアの骨格曲線に近似してSRモデルの地盤の水平ばねおよび回転ばねとする。上部構造に相当する復元力特性は、橋脚天端位置の変位とケーソン頂版位置での水平成分の抵抗力を用いて骨格曲線とする。

全体系の降伏点は、静的非線形解析により決定した全体系の荷重変位曲線を用いて耐震標準の方法に準拠して設定した。

減衰係数は、上部構造とケーソン基礎—地盤系の2つの系を別々の要素として設定し、これらを重ね合わせて全体系の減衰係数とする要素別レーリー減衰係数²⁾を用いる。

また、全体系の最大応答塑性率は、上部構造天端の最大応答変位を降伏変位で除して求める。

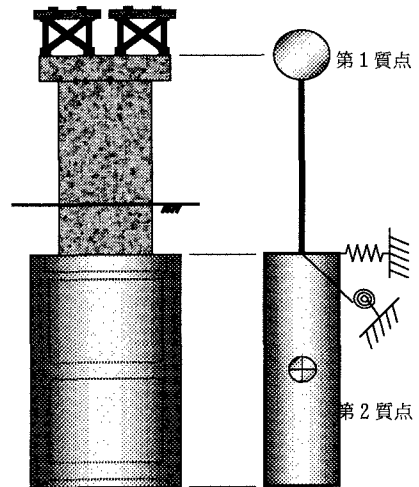


図1 実構造物とSRモデルの概要

3. 1自由度モデルの設定方法

SRモデルと等価な1自由度モデルとなるように次の手順により設定した。

キーワード 時刻歴動的解析、非線形スペクトル、1自由度モデル、2質点3自由度モデル

連絡先 佐野弘幸 東京都国分寺市光町 2-8-38 (株)テス 042-573-7347

齋藤正人 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 基礎担当 042-573-7262

1自由度モデルの固有周期はSRモデルの固有値解析による1次固有周期とし、降伏震度は耐震標準に準じて求めた。骨格曲線は、第1勾配に対する第2勾配の比率を5%とし、履歴性状はクラフモデルとした。減衰定数は、SRモデルで設定した要素別レーリー減衰マトリックスを組み込んだ固有値解析の結果より1次モードに対応するものを用いる。

4. 比較検討方法

3つの実構造物を基本モデルとして静的非線形解析を行い、前述の方法によりSRモデルを作成する（表1参照）。これらのSRモデルを基本パターンとして、各ばねの骨格曲線を図2に示すように降伏変位を一定で剛性・降伏耐力を変化させて検討ケースを作成する。このとき、各検討ケースのばね剛性・降伏耐力を変化させる比率の範囲は2倍～1/2倍とし、各ばね間で剛性・降伏耐力の設定が実在する構造物と著しく異ならないように検討ケースを調整した。

SRモデルとこれと等価な1自由度モデルの弾塑性の時刻歴動的解析を行い、それぞれの最大応答塑性率を比較する。なお、入力地震動は、耐震標準におけるL2地震動（スペクトルII）のG2地盤およびG4地盤における地表面設計地震動（適合波）を用いた。

5. 結果とまとめ

図3にSRモデルと1自由度モデルの最大応答塑性率の比較結果を示す。

SRモデルと1自由度モデルの最大応答塑性率は概ね一致していると言える。また、SRモデルにおいて弾性領域で卓越する振動モードが異なる検討ケースを比較するために、支持ばねの水平成分のモードが卓越するモデルと回転成分のモードが卓越するモデルを区別して表示した。この結果、振動モードが異なってもSRモデルと1自由度モデルの応答の関係にはほとんど変化が認められなかった。

以上の結果より、ケーソン基礎を支持ばねに置換したモデルの時刻歴動的解析による応答値と非線形スペクトルによる応答値は、ほぼ等しい結果となると言える。

表1 構造物諸元

	構造物1	構造物2	構造物3
上部構造物重量(tf)	2018.0	7802.8	4100.8
基礎重量(tf)	702.0	5870.2	2809.5
基礎慣性モーメント(tf・cm ²)	0.222×10^9	1.787×10^9	1.082×10^9
橋脚高さ(cm)	1020	2440	1308
基礎長(cm)	1800	1350	2090
上部構造物減衰定数	0.05	0.05	0.05
基礎水平回転の減衰定数	0.20	0.20	0.20

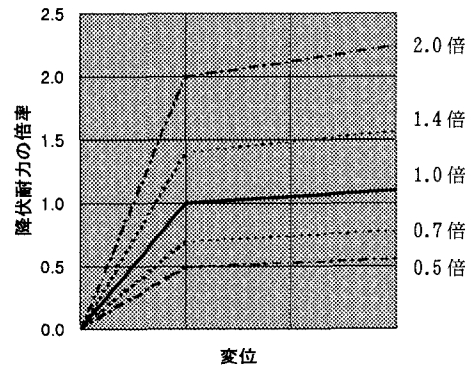


図2 骨格曲線の変更パターン

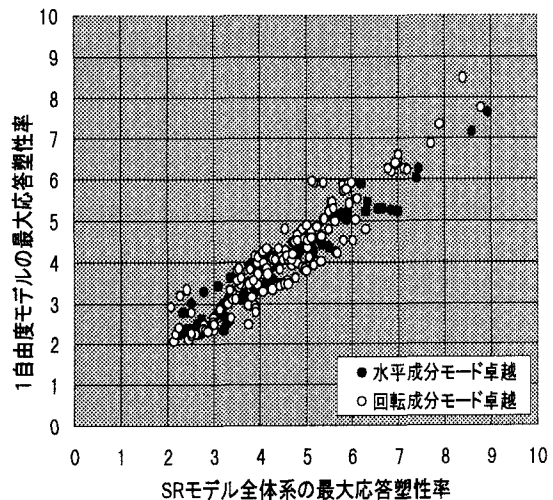


図3 最大応答塑性率の比較結果

参考文献

- (財)鉄道総合技術研究所：「鉄道構造物設計標準・同解説 耐震設計(案)」
- 佐野弘幸 齋藤正人：減衰特性が基礎－地盤－構造物系の応答に与える影響に関する研究, 地盤工学会研究発表回(投稿中)