

大変形を考慮した1自由度モデルの非線形応答解析に関する研究

神戸市立工業高等専門学校	正会員	山下 典彦
広島大学大学院工学研究科	学生会員	秦 吉弥
宮崎大学工学部	正会員	原田 隆典
京都大学工学部（神戸高専元学生）	学生会員	竹内 翔
神戸市立工業高等専門学校専攻科	学生会員	田中 博文

1. はじめに

兵庫県南部地震では、橋脚の倒壊が発生するなど土木構造物に甚大な被害が生じた。それ以降、道路橋示方書が改定され時刻歴応答解析による照査が義務付けられたが、大変形解析は考慮されず、その破壊過程を詳細に検討した研究も少ないのが現状である。本研究では、時刻歴解析より得られた回転1自由度厳密モデルと水平1自由度モデルの塑性率との比率¹⁾に着目し、変位応答、消費エネルギーおよび履歴ループを求めることにより大変形が構造物の非線形性に与える影響についての検討を行った。

2. 大変形を考慮した非線形応答解析

大変形を扱うための回転1自由度厳密モデル²⁾とは、構造物が塑性ヒンジを想定した回転バネを回転軸として回転運動をすると仮定したモデルである。また、回転1自由度近似モデルとは、微小変形を想定して幾何学的近似を行ったモデルである。これらの各回転1自由度モデルの非線形復元力特性は、回転軸による復元力モーメントと回転角の関係を完全弾塑性モデルで表すことにより評価するものである。

復元力のなす仕事、すなわち消費エネルギーは履歴ループを積分することによって得られるが、回転1自由度モデルは回転座標系により運動方程式が求められているため、回転運動を水平運動に変換し、水平1自由度モデルと比較した。

3. 数値解析結果

非線形解析においては、微小時間 $\Delta t = 0.001\text{sec}$ 、減衰定数 $\xi = 5\%$ 、構造物高さ $H = 15\text{m}$ とし、水平1自由度モデルの非線形復元力特性についても完全弾塑性モデルで表すものとした。数値解析は、降伏震度を0.2とし、固有周期については図-1に示す水平1自由度モデルと回転1自由度厳密モデルの塑性率の比率が最大となる固有周期（神戸海洋気象台では0.47秒、日野では1.21秒、エルセントロでは0.72秒）を対象に行った。

図-2は各1自由度モデルの変位応答を示しており、神

戸海洋気象台では、水平1自由度モデルにおいて10.2cm、回転1自由度モデルにおいて16.5cmの残留変位が生じた。同様に、日野では、16.7cmおよび11.5cm、エルセントロでは、1.7cmおよび2.6cmの残留変位が生じた。

図-3は復元力特性から得られる消費エネルギーについて示したものであり、神戸海洋気象台および日野においては応答変位が急激に大きくなったことで塑性化が進行し消費エネルギーも急増している。また、20秒後の消費エネルギーを水平と回転1自由度モデルで比較すると全ての入力地震動で水平1自由度モデルが大きくなっており、神戸海洋気象台では1.2倍、日野では1.5倍、エルセントロでは1.3倍となっている。さらに、神戸海洋気象台での消費エネルギーが他の入力地震動と比較して大きくなっていることがわかる。

図-4は各1自由度モデルの履歴ループを示したもので、エルセントロでは塑性率も3前後と小さくモデル間に大きな差は見られないが、神戸海洋気象台および日野においては復元力特性に大きな差が生じていることがわかる。具体的には神戸海洋気象台では水平1自由度モデルにおいて塑性率が12.8、回転1自由度モデルにおいて27.0と2倍以

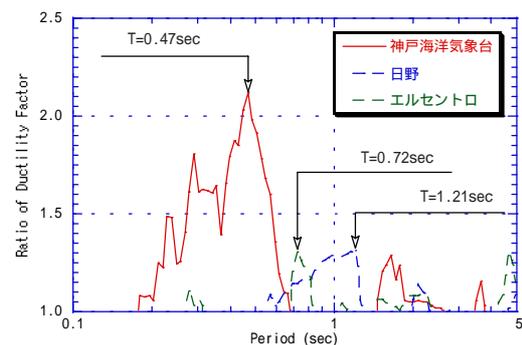


図-1 各入力地震記録による塑性率の比率¹⁾

上の塑性率となり非常に大きな非線形性を示している。同様に、日野では4.1および5.4の塑性率を示している。

4. まとめ

神戸海洋気象台、日野およびエルセントロの観測地震記

キーワード：非線形応答解析，塑性率，履歴ループ，回転1自由度モデル

連絡先：〒651-2194 神戸市西区学園東町8丁目3番 TEL.078-795-3267 FAX.078-795-3314

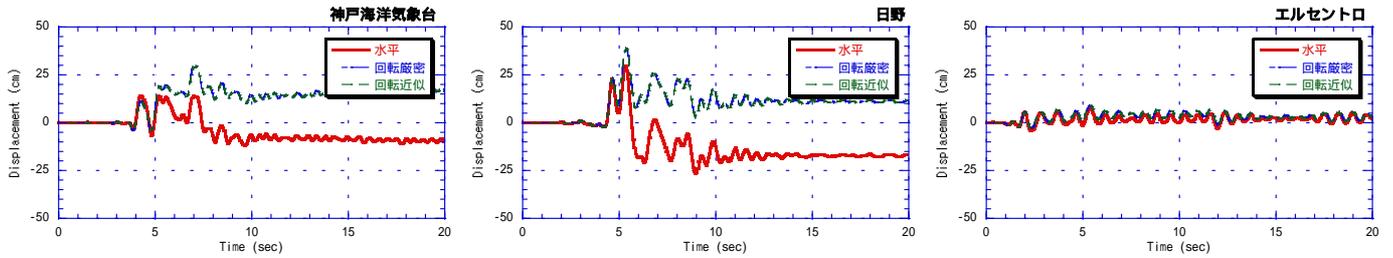


図-2 各1自由度モデルの変位応答

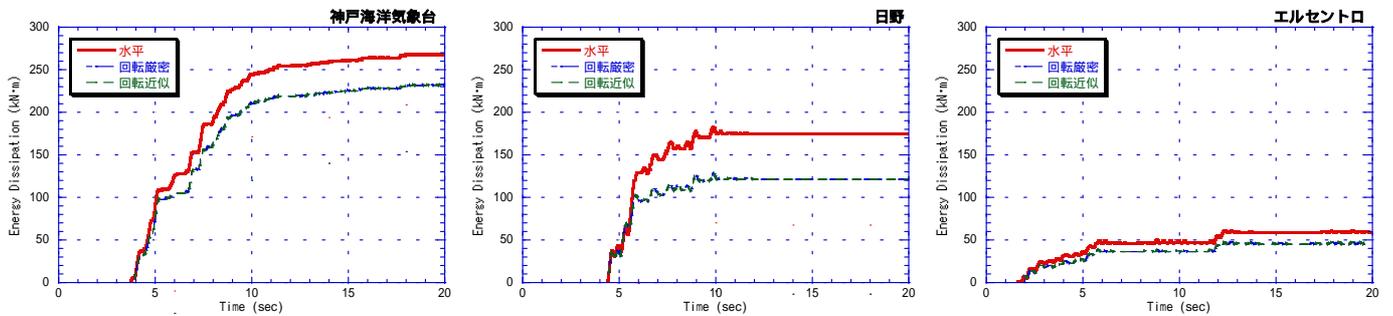
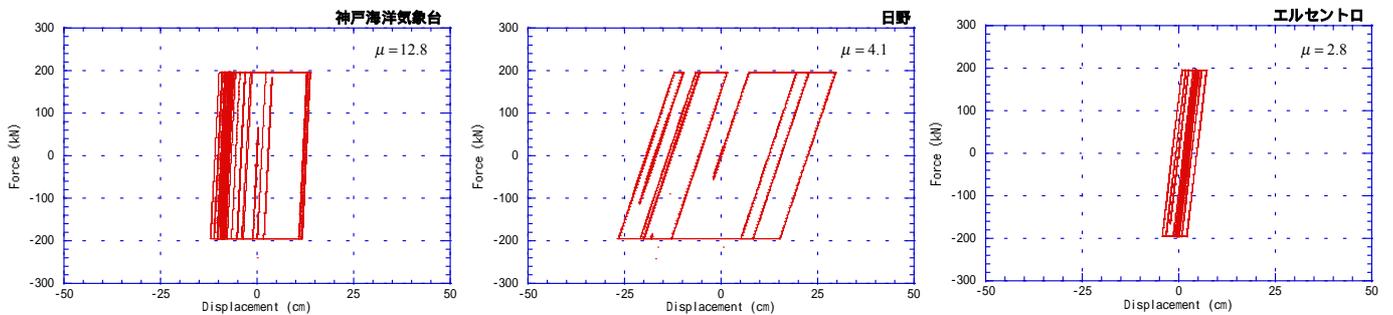
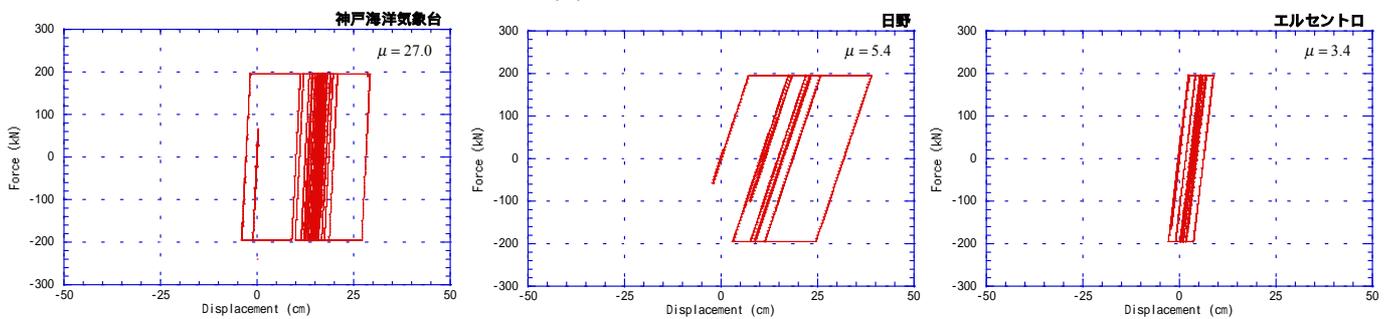


図-3 各1自由度モデルの消費エネルギー



(a)水平1自由度モデル



(b)回転1自由度厳密モデル

図-4 各1自由度モデルの履歴ループ

録を各1自由度モデルの入力地震動として、水平1自由度モデルとの塑性率の比率が最大となる固有周期において非線形応答解析を行い、応答変位および消費エネルギー履歴ループを求めた。その結果を以下にまとめる。

(1) 塑性率においては、水平1自由度モデルと比較して、回転1自由度モデルで大きな値となった。

(2) 消費エネルギーにおいては、水平1自由度モデルが回転1自由度モデルと比較して大きな値となった。

今後は、数多くの観測地震記録を入力としてパラメトリックスタディを行い、大変形が構造物の非線形特性に与

える影響について、詳細な検討を行う必要がある。

参考文献

1) 山下典彦, 秦吉弥, 原田隆典, 竹内翔, 田中博文: P-効果が1自由度モデルの塑性率に与える影響に関する研究, 第57回年次学術講演会講演概要集(投稿中)。

2) 山下典彦, 竹内翔, 秦吉弥, 原田隆典: 大変形を考慮した1自由度系のスペクトルに関する研究 第3回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文集, 土木学会技術推進機構, pp.149-154, 2002。