

上下動を考慮した1自由度モデルの応答に関する研究

神戸市立工業高等専門学校 正会員 山下 典彦
 広島大学工学部第四類 学生会員 秦 吉弥
 宮崎大学工学部 正会員 原田 隆典

1. まえがき

兵庫県南部地震、鳥取県西部地震の地震観測記録の特徴として上下動が大きかったことが挙げられる。しかし、今なお耐震設計指針においては鉛直地震動を考慮した設計は加味されていない。本研究では、上下動を考慮した設計法の確立が必要不可欠であると考え、鳥取県西部地震の日野の地震観測記録をP- 効果を考慮した1自由度モデル¹⁾(以下、回転1自由度モデルと呼ぶ。)の入力地震動とし、応答スペクトル、塑性率および最大応答加速度を求めることで検討を行った。

2. P- 効果を考慮したモデル

P- 効果に関する研究は建築系分野ではかなり以前から行われているが、近年の研究においてもそのほとんどが微小変形を扱った運動方程式による応答解析である。ここでは、この近似を用いず大変形解析を行うこととし、その運動方程式は次式ようになる。

$$\ddot{\phi} + 2\xi \frac{2\pi}{T} \dot{\phi} + \frac{M(\phi)}{mH^2} = -\frac{\ddot{X}}{H} \cos\phi + \frac{g + \ddot{Y}}{H} \sin\phi$$

ここに、 m は上部構造物の質量、 ξ は減衰定数、 T は固有周期、 $M(\phi)$ は復元力モーメント、 ϕ は橋脚の回転角、 H は橋脚高さ、 g は重力加速度である。非線形応答解析においては、微小時間1/1000(s)、減衰定数5%とし、復元力特性としては回転1自由度モデルについては完全弾塑性型($r=0.0$)を、水平1自由度モデル(一層構造物が紙面内で水平振動する場合)についてはパイリニア型および完全弾塑性型を仮定した。入力地震動としては、鳥取県西部地震の日野の観測地震記録のNS成分(水平)とUD成分(上下)を用いた。図-1にその観測地震記録を示すが、UD成分の最大値は778.1galとなっている。

3. 数値解析結果

図-2は水平および回転1自由度モデルの非線形の絶対加速度応答スペクトルを計算し、水平1自由度モデルの線形の絶対加速度応答スペクトルとの比をとったものである。これより、回転1自由度モデルにおいて全周期で降伏震度が上より0.1から1.0となっているが、水平1自由度モデルでは0.3秒以下で反転していることがわかる。図-3は水平および回転1自由度モデルにおける固有周期と塑性率の関係を示したものである。両モデルで降伏震度が上より0.1から1.0となっている。特に降伏震度が1.0の場合は、最大塑性率が3程度であり非線形性がないことから、両モデルの塑性率に大きな差は見られない。図-4は水平および回転1自由度モデルにおける塑性率の比率(回転1自由度/水平1自由度)を示したものであり、最大3倍程度の差があることがわかる。

図-5は入力最大加速度を50galから1000galまで50刻みずつ増加させたときの上部構造物の最大応答加速度を示したものである。解析モデルとしては、水平1自由度モデルの復元力特性を完全弾塑性としたものと第2剛性を初期剛性の0.1倍としたものを想定した。なお、UD成分の入力地震動については水平成分が入力最大加速度になるように乗じた係数と同じ係数を乗じた。固有周期が0.6, 0.8および1.0(s)で降伏震度が0.2の場合を示したが、100gal以上で水平1自由度モデルと回転1自由度モデルに違いが見られる。これは履歴によるエネルギー吸収が大きくなり、入力エネルギーに対する分担率が増加し、応答加速度が比例的でなくなったためであると思われる。図-6は図-5と同様な条件で解析を行い塑性率について示したものである。これより、400gal以上で各モデルの塑性率に差が生じていることが読み取れる。さらに、全体的に回転1自由度モデルの塑性率が大きくなっていることがわかる。

4. まとめ

鳥取県西部地震の日野の地震観測記録を用いて回転1自由度モデルと水平1自由度モデルの応答の比較検討を行った。今後は、さらに回転1自由度モデルを用いたパラメトリック解析を行い詳細な検討をする予定である。参考文献: 1) 山下典彦, 秦吉弥, 原田隆典: P- 効果を考慮した応答スペクトルに関する研究, 第2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. 153-158, 2001.

キーワード: 回転1自由度モデル, P- 効果, 塑性率

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

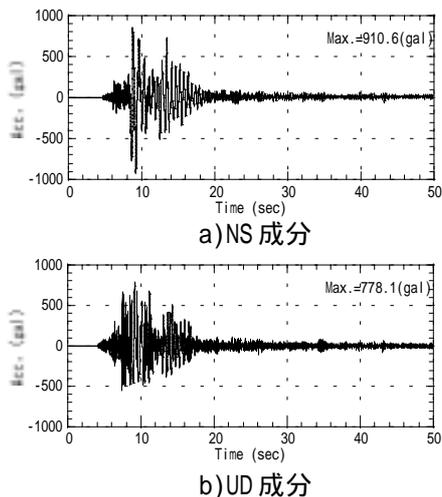


図 -1 日野の観測地震記録

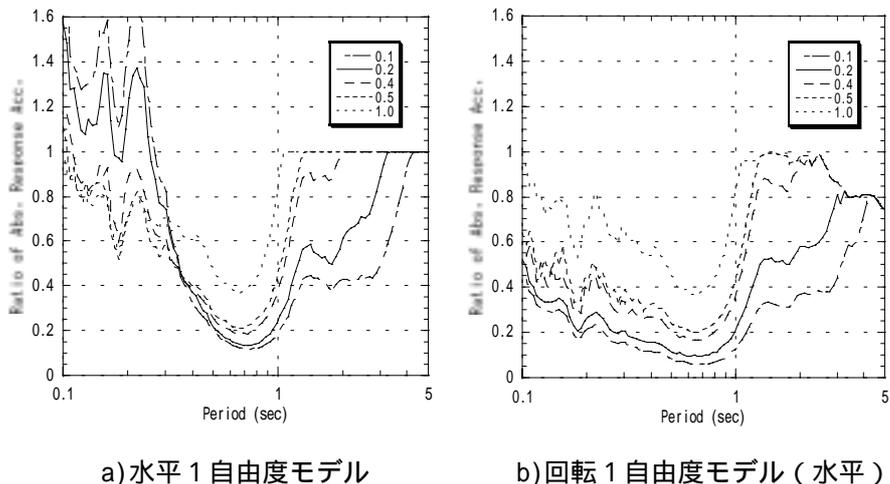


図 -2 応答スペクトルの比率

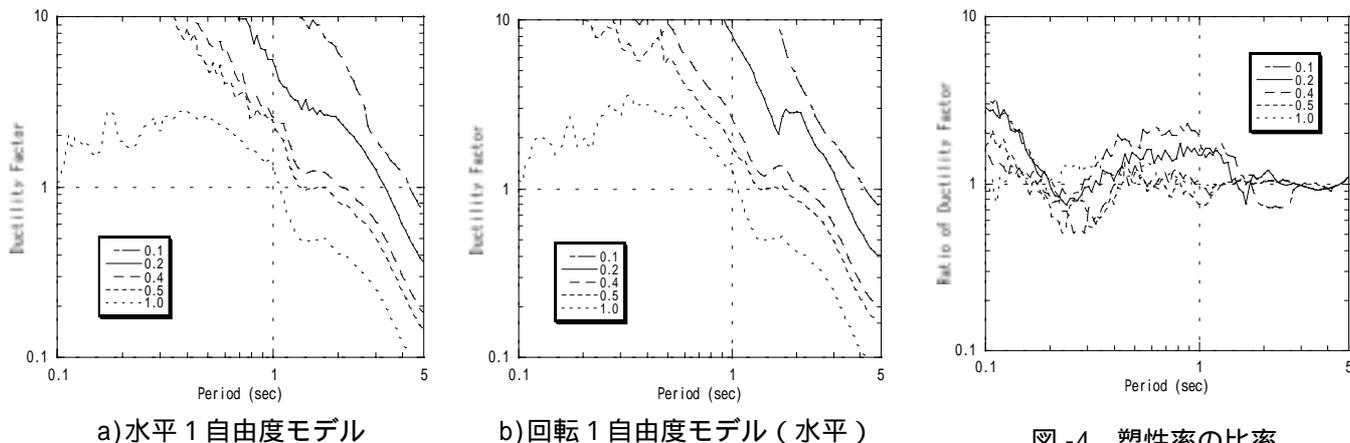


図 -3 降伏震度による塑性率

図 -4 塑性率の比率

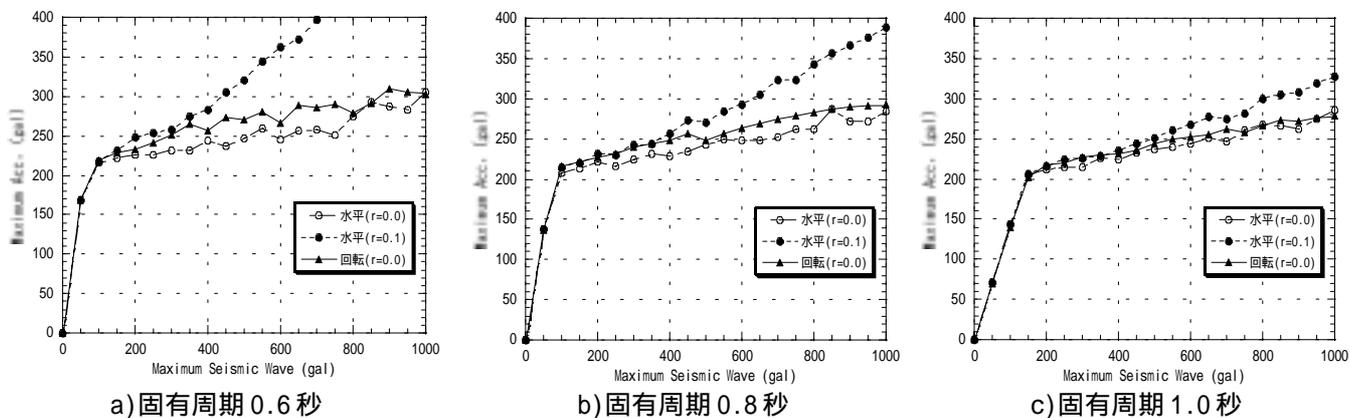


図 -5 入力最大加速度と最大応答加速度の関係

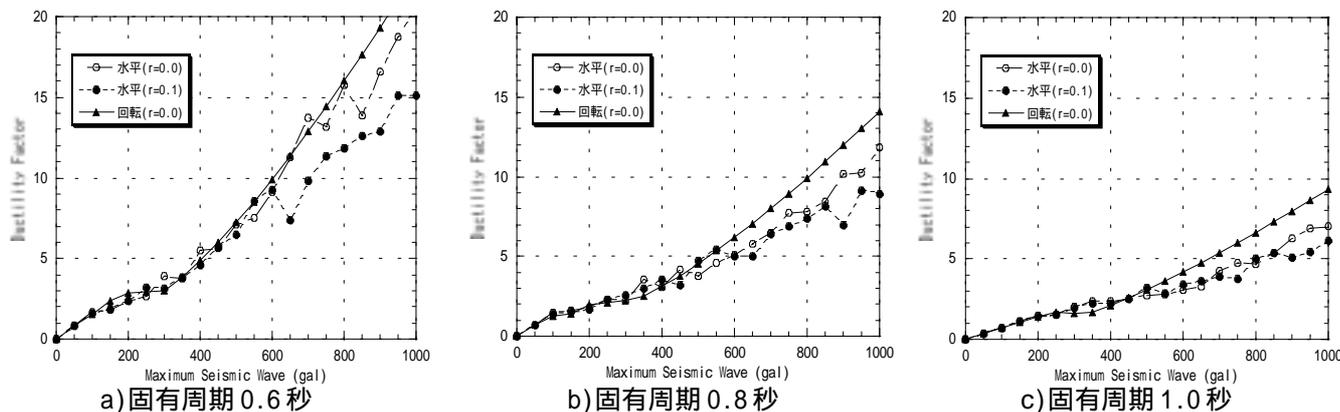


図 -6 入力最大加速度と塑性率の関係