

P-Δ効果を考慮した1自由度モデルの耐震安全性に関する研究

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

1995年に発生した兵庫県南部地震は、土木構造物に甚大な被害を与えたことは言うまでもないが、地震観測記録からこの地震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おらず、それらを導入した設計法の確立が必要不可欠であると考え。本研究では、大変形解析を行うため、P-Δ効果を考慮した1自由度モデル^{1),2)}(以下、回転1自由度モデルと呼ぶ。)について応答解析を行い耐震安全性について検討を行った。

2. P-Δ効果を考慮したモデル

P-Δ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)はバ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、神戸海洋気象台、エルセントロの観測地震記録のNS成分(水平)とUD成分(上下)を用いた。

3. 数値解析結果

回転1自由度モデルでは、回転軸のモーメントのつり合いから運動方程式を求めているので水平1自由度モデルの解析結果と比較する際は回転運動を水平運動に変換している。図-1に水平および回転1自由度モデルにおける固有周期と塑性率の関係を示す。全ての図で降伏震度が上より0.1から1.0となっている。エルセントロの場合は、水平および回転1自由度モデルによる塑性率の差は大きくないが、神戸海洋気象台の場合は、回転1自由度モデルにおいて短周期側で大きな塑性率を示していることが読み取れる。図-2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を示したものである。これより、神戸海洋気象台の場合は、短周期側で降伏震度が小さい程、塑性率の比率が大きくなっているが、エルセントロの場合は大きな差は見られない。図-3は各入力最大加速度を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変位を示したものである。これより、両入力の場合で150gal以上で回転、水平1自由度モデルの応答に違いが見られる。これは、履歴によるエネルギーの吸収が大きくなり、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。

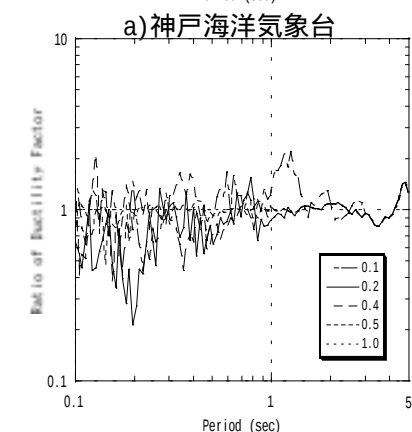
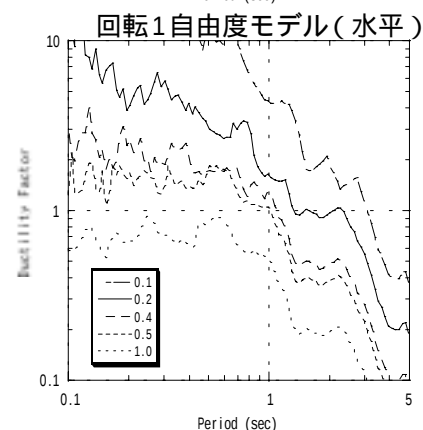
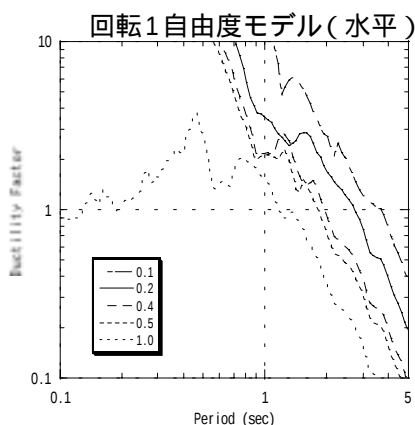
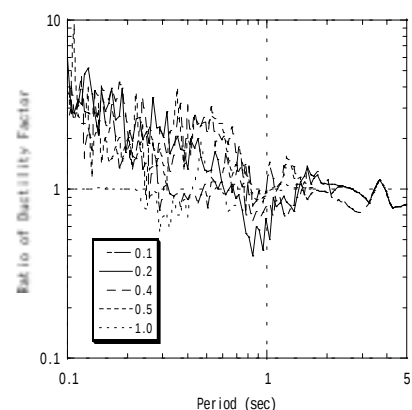
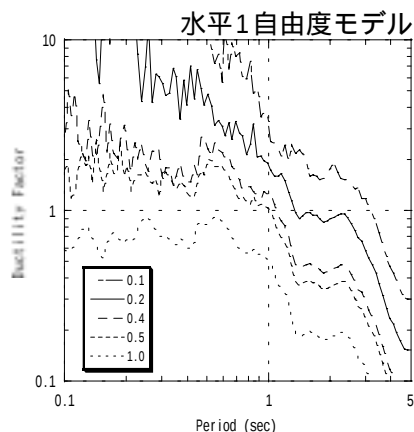
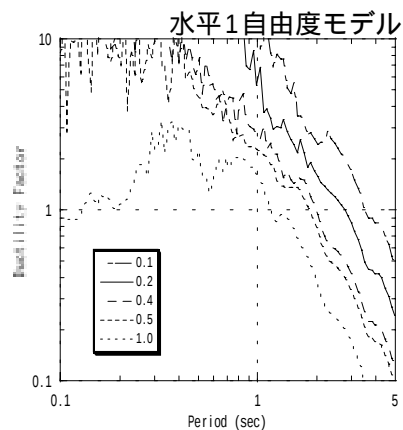
4. まとめ

神戸海洋気象台、エルセントロの観測地震記録の水平および上下動成分を回転1自由度モデルの入力地震動として、動的解析を行うことで水平1自由度モデルと比較検討を行った。しかしながら、大変形をする構造物の破壊過程を具体的に耐震設計に提示できたわけではない。今後は、構造物の破壊過程の解明を行うためにパラメトリックスタディを行った上で詳細な検討を行うとともに、基礎の並進および回転運動を考慮した多自由度モデルの開発を行う予定である。

参考文献:1)石山祐二,麻里哲広,井上圭一:構造特性係数の極値についてP-Δ効果を考慮した1自由度モデルの解析,日本建築学会構造系論文集,第520号,pp.29-35,1999.2)山下典彦,秦吉弥,原田隆典:P-Δ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, 塑性率, 耐震安全性, P-Δ効果

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

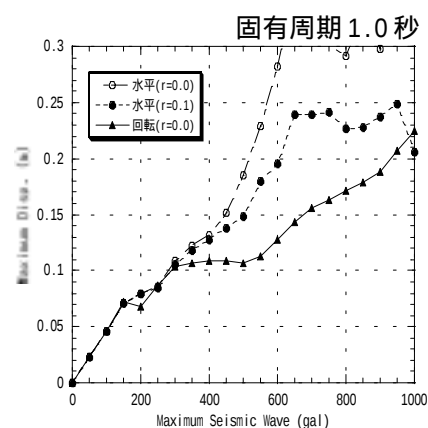
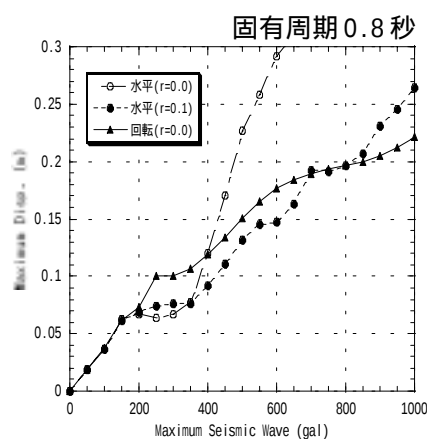
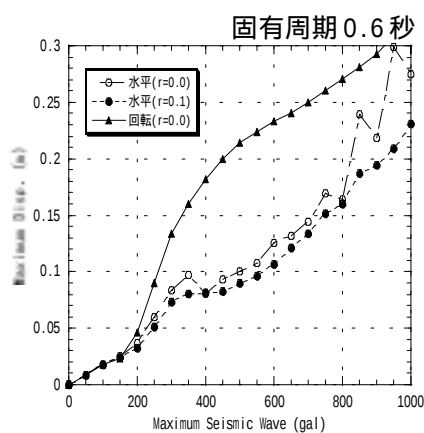


a)神戸海洋気象台

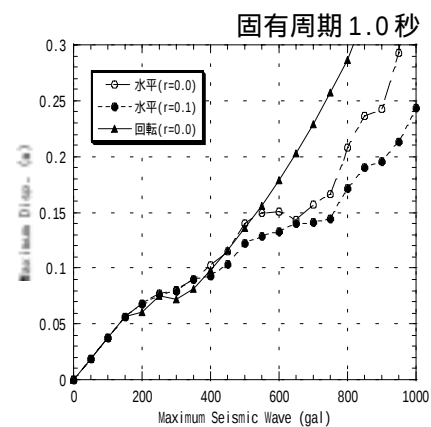
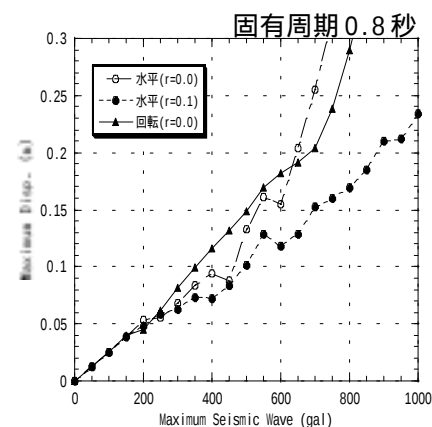
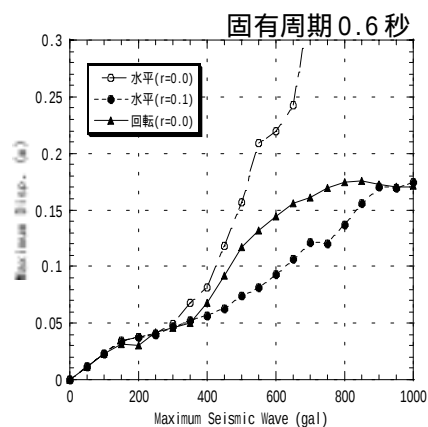
b)エルセントロ

図-1 応答スペクトルの比率

図-2 降伏震度による塑性率の比率



a)神戸海洋気象台



b)エルセントロ

図-3 入力最大加速度と最大応答変位の関係