

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

| | | |
|------------------|------|-------|
| 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

橋脚高さが高く自重の重い構造物では、P-効果の影響が大きくなることが予想される。しかしながら、基礎的な水平振動のみを扱った1自由度モデル(以下、水平1自由度モデルと呼ぶ。)では、重力による復元力の低下を考慮したP-効果による影響を扱った大変形解析を行うことはできない。本研究では、P-効果の影響を考慮した設計法の確立が必要不可欠であると考え、大変形解析を行うため、P-効果を考慮した1自由度モデル(以下、回転1自由度モデルと呼ぶ。)について非線形応答解析を行い、各固有周期に対する塑性率の比率を求め、P-効果の抽出を試みた。

2. 回転1自由度モデル

P-効果を考慮した研究は数多く行われているが、そのほとんどが微小変形を扱ったものである。ここでは、図-1(a)に示すような大変形を扱った回転1自由度厳密モデル¹⁾および図-1(b)に示すような微小変形を扱った回転1自由度近似モデルについて検討し、運動方程式を求めると各々次式で表される。

$$\ddot{\phi} + 2\xi \frac{2\pi}{T} \dot{\phi} + \frac{M(\phi)}{mH^2} = -\frac{\ddot{X}}{H} \cos\phi + \frac{g + \ddot{Y}}{H} \sin\phi \quad (1)$$

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

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 は構造物の回転角、 H は橋脚高さ、 g は重力加速度である。さらに、 \ddot{X} は水平方向、 \ddot{Y} は鉛直方向の入力地震動加速度であり、地震動の水平成分に加え、鉛直成分を考慮できることが、ここで用いる回転1自由度モデルの特徴である。回転1自由度モデルの非線形復元力特性は、モデルの回転軸で生じる塑性ヒンジを想定した回転バネによって評価するものとし、復元力モーメントと回転角の関係は、完全弾塑性モデルで表されるものとする。

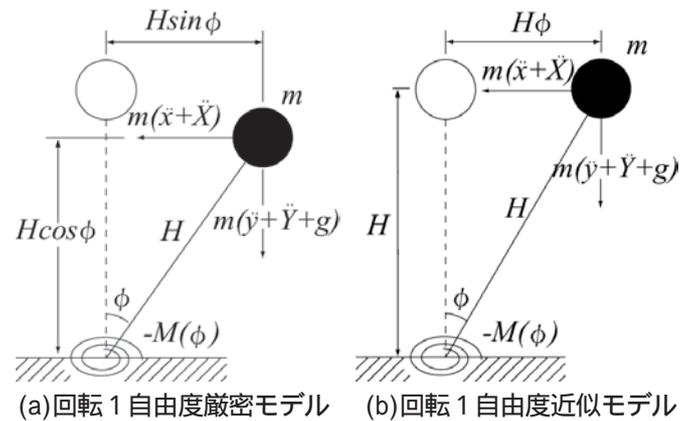


図-1 回転1自由度モデル

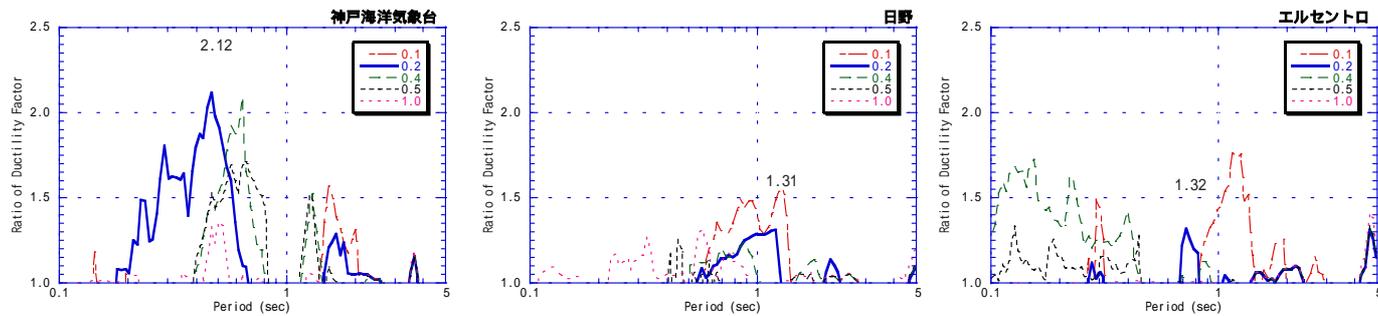
3. 数値解析結果

非線形応答解析においては、微小時間 $\Delta t = 0.001 \text{ sec}$ 、減衰定数 $\xi = 5\%$ 、橋脚高さ $H = 15 \text{ m}$ とし、構造物の降伏震度は5ケース(0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 1.0)について検討した。入力地震動としては、神戸海洋気象台、日野およびエルセントロの観測地震記録のNS成分(水平)・UD成分(上下)を用いた。なお、水平1自由度モデルの非線形復元力特性についても比較のため、完全弾塑性モデルで表されるものとした。

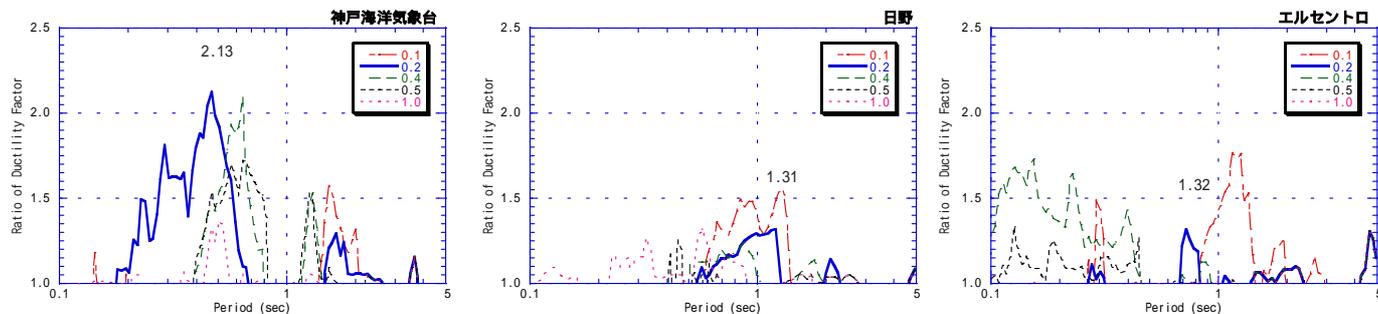
図-2は回転1自由度モデルの塑性率を計算し、水平1自由度モデルの塑性率との比率をとったものである。鉛直地震動を考慮した場合の回転1自由度厳密モデルの降伏震度0.2における解析結果に着目し固有周期と塑性率の比率の最大値を示すと、それぞれ0.47秒で2.12倍、1.21秒で1.31倍、0.72秒で1.32倍となっている。鉛直地震動を考慮しなかったモデルにおいては、全周期帯において鉛直地震動を考慮したものと比べ、塑性率の比率は小さくなった。具体的に、塑性率の比率が最大値となる固有周期において最大変位を比較してみると、その差は各モデル共に約10%の減少であった。また、今回入力地震動として用いた各観測記録においては、回転1自由度厳密モデルと近似モデルとの解析結果の間に大きな差は生じなかった。

キーワード：P-効果，塑性率，回転1自由度モデル，非線形応答解析

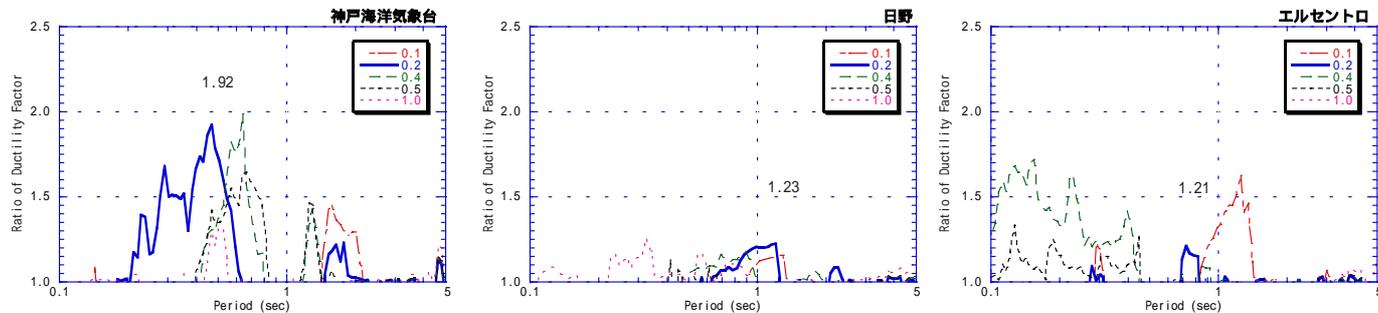
連絡先：〒651-2194 神戸市西区学園東町8丁目3番 TEL.078-795-3267 FAX.078-795-3314



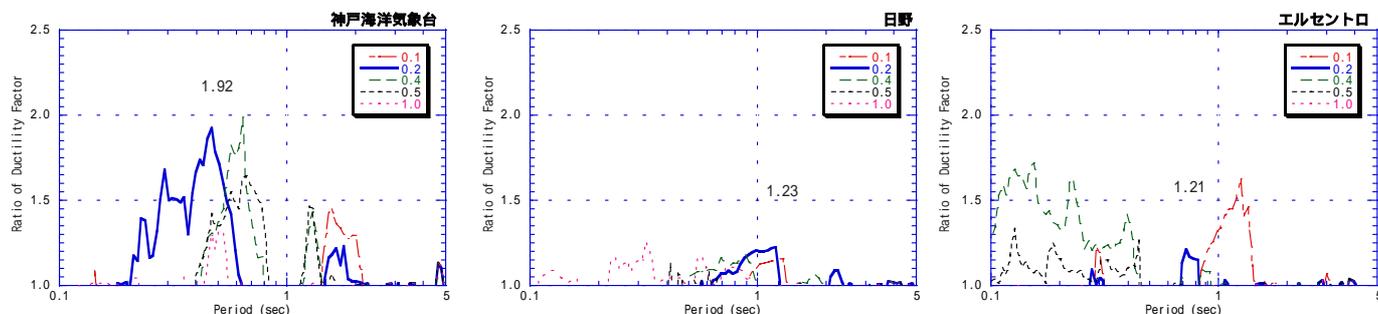
(a)回転1自由度厳密モデル



(b)回転1自由度近似モデル



(c)回転1自由度厳密モデル(鉛直地震動無)



(d)回転1自由度近似モデル(鉛直地震動無)

図-2 降伏震度による塑性率の比率

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録の水平・上下動成分を回転1自由度モデルの入力地震動として塑性率を算出することにより得られた結果を以下にまとめる.

- (1)回転1自由度モデルにおいては塑性率の比率が最大2.13倍となり, 構造物の破壊過程にP-効果が影響を与えていることがわかった.
- (2)今回入力した観測地震記録において塑性率の比率は, 鉛直地震動を加味しない場合, 全周期帯において小さくなった.

今後は, 大変形を考慮した回転1自由度モデルにおいて具体的にP-効果を抽出し, 構造物の破壊過程にそれがどの程度影響を与えているのかを詳細に検討していく予定である.

参考文献

1) 山下典彦, 秦吉弥, 竹内翔, 原田隆典: P-効果を考慮した1自由度モデルの動的非線形性に関する研究, 第5回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 土木学会, pp.183-188, 2002.