地震 PRA の配管系フラジリティ評価における非線形応答係数評価手法

Evaluation methodologies of non-linear response coefficient for piping systems fragility assessment in seismic PRA

*大野 陽平[1]，酒井 理哉[1]，嶋津 龍弥[1]
[1]電力中央研究所

配管系のフラジリティ評価において弾性解析結果から非線形応答を簡便に予測するため，2 種類の非線形応答係数評価手法について検証を行い，弾塑性解析と各手法の精度比較により適用性を確認した。

キーワード：原子力発電所，地震 PRA，配管系フラジリティ，非線形応答係数，疲労

1. 緒言

地震 PRA の配管系フラジリティ評価において，塑性変形が生じる配管系の現実的応答を弾塑性時刻歴応答解析で評価すると多くの時間とコストを要する。そこで、弾性解析の結果から非線形応答を評価する手法について検討を行った。

2. エルボ配管の面内曲げ疲労評価における非線形応答係数の適用性

線形応答から非線形応答を予測するための補正係数の一つに、非線形応答係数がある。非線形応答係数は線形応答に対する非線形応答の比率であり、設計・建設規格の Ke 係数と類似の考え方である。また、線形応答から非線形応答を予測する手法はフランスの RCC-MRx 規格にも規定されている。そこで、Ke 係数と RCC-MRx の 2 つの手法を用いた非線形応答時の疲労評価精度を、エルボ配管の繰返し面内曲げの静解析を対象に、Abaqus2020 を用いて弾塑性解析結果と比較することで検証した。

解析モデルを図 1 に示す。100A sch80 の 90° ロングエルボの両端に，長さ 1000 mm の直管が接続されているモデルとした。材料特性には STPT380 の引張試験結果を与え，片側の直管端部をピン支持とし，もう片方の端部に振幅の異なる 100 サイクルの入力変位を与えた。図 2 にエルボ脇腹部内面の周方向ひずみをレインフロー法でサイクルカウントし，炭素鋼の設計疲労線図から疲労累積係数を算出した結果を示す。横軸は 3 倍の設計引張強さ Sm に対する一次+二次応力の比率を表している。RCC-MRx の評価手法は Ke 係数に比べ精度が良く，弾塑性解析に比べ安全側の評価であった。

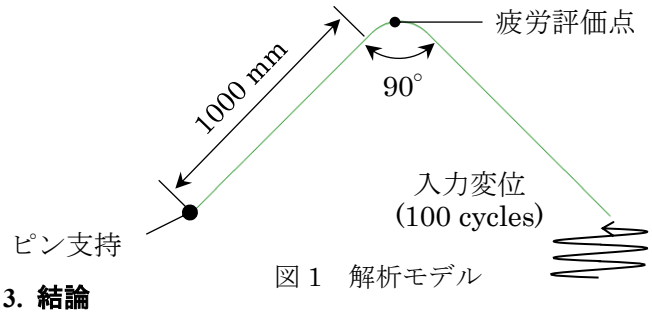

図 1　解析モデル

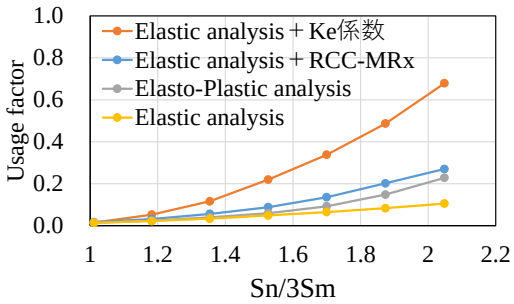

図 2　疲労評価結果

3. 結論

静的条件下ではあるが，RCC-MRx の手法を用いることで非線形応答を精度良く評価できることを明らかにした。今後は動的条件への適用性を検証するとともに、必要に応じて動的条件への拡張を図る。

*Yohei Ono[1], Michiya Sakai[1], Ryuya Shimazu[1]
[1]Central Research Institute of Electric Power Industry