

地震荷重方向の違いが薄肉エルボの構造強度に与える影響評価

Evaluation of impact on structural strength of a thin wall elbow by seismic load direction

*阿部 真人¹, 渡壁 智祥¹, 森泉 真², 月森 和之¹

¹(国)日本原子力研究開発機構, ²日立 GE ニュークリア・エナジー(株)

原子力配管用薄肉エルボを対象に最も厳しい地震荷重方向を塑性崩壊と疲労の観点から解析的に評価した。その結果、エルボにとっては、面内閉方向へ負荷される荷重条件が最も厳しいことを確認した。

キーワード：耐震評価, 有限要素法, 塑性崩壊, エルボ配管

1. 緒言

原子力発電施設において、地震時に機器・配管系に発生する荷重には様々な条件が考えられる。荷重方向の観点から見た場合、配管系は慣性力もしくは支持点間の相対変位により複雑な3次元挙動を示す。しかし、高速炉で想定する薄肉配管に関して各方向の荷重が構造強度に与える影響について定量的に整理した例は少ない。

本件では、地震荷重に対する薄肉配管の健全性評価に資することを目的として、配管の中でも応力集中が顕著な薄肉エルボに着目し、荷重方向が構造強度に与える影響を解析的に評価した。

2. 解析

現行の原子力配管の耐震評価において、防止すべき破損様式として塑性崩壊と疲労の2つを想定していることを踏まえ[1]、本研究においても、塑性崩壊と疲労の各々の観点からエルボにとって厳しい荷重方向を調査した。

塑性崩壊については、材料特性を弾完全塑性体と仮定したモデルによる弾塑性解析を実施して得られた結果から崩壊荷重である最大モーメントの値を比較して評価した。一方、疲労については、実際の評価において弾性解析に基づき実施されることを前提として、今回は弾塑性解析の弾性領域における局所応力の値によって評価した。

解析モデルを図1に示す。エルボをシェル要素でモデル化し、モデルの端部には、端部の断面変形を防止する目的で剛な梁要素を挿入した。荷重方向は、面内閉方向から面内開方向までを45°間隔で方向を変えた5ケースを想定し、端部Aを完全拘束とした上で、端部Bに各ケースの方向に変形するような荷重条件を与えた。直管部については、解析モデル上考慮した管端部の拘束がエルボの応力集中分布に影響を与えないように十分な長さ範囲を考慮した。なお、解析コードは汎用FEM解析コードFINAS ver21.0を使用した。

図2には、弾塑性解析の結果を端部B側直管の傾き角度とモーメントの関係で示す。得られた曲線から求めた最大モーメントの大きさを比較すると、面内閉方向に傾けるCASE1の最大モーメントが最も小さい結果となった。以上の結果より、塑性崩壊の観点からは、エルボにとっては面内閉方向への荷重条件が最も厳しいと考えられる。なお、最大モーメント時点における相当全ひずみが最大値を示す要素の位置は、CASE1においてエルボ横腹の内面でありその値は0.14mm/mmであった。

図3には、弾塑性解析における弾性領域（モーメント $2.0 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$ ）での応力強さの最大値を荷重方向ごとに比較したものを示す。本結果から、荷重を一定とした時に、最も高い応力が発生する荷重方向はCASE1の面内閉方向であった。即ち、エルボの疲労破壊を考える場合、優先して考慮すべき荷重荷重の方向は面内閉方向であると考えられる。

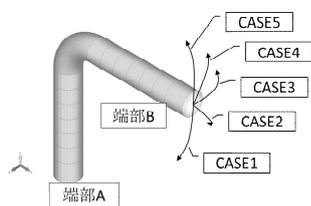


図1 解析モデル

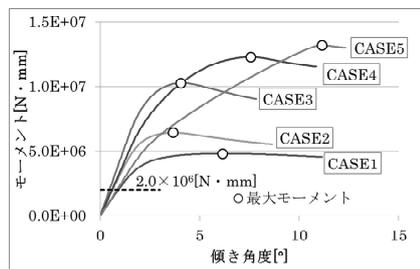


図2 弾性解析結果

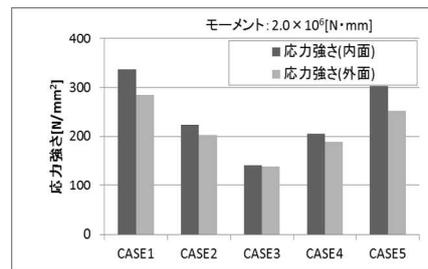


図3 応力強さ最大値

3. 結論

荷重荷重方向をパラメータとした解析を実施し、塑性崩壊及び疲労の観点からエルボにとって厳しい荷重荷重方向について検討した。その結果、塑性崩壊及び疲労ともに面内方向に荷重が負荷された場合が最も厳しい条件であり、耐震評価を行う際に注意を払うべき荷重方向であることを確認した。

参考文献

[1] 「発電用原子炉設備規格 設計・建設規格(2012年版)<第I編 軽水炉規格>JSME S NC-2012」(社)日本機械学会

*Masato Abe¹, Tomoyoshi Watakabe¹, Makoto Moriizumi², Kazuyuki Tsukimori¹

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Hitachi-GE Nuclear Energy