

# LDIによる局部減肉を考慮した配管系の耐震安全性評価（その1） －浜岡原子力発電所の減肉管理－

Seismic safety evaluation of piping system with local wall thinning by LDI(Part1)  
-Thinning Management of piping system in Hamaoka Power Station-

中部電力株式会社	尾西 重信	Shigenobu ONISHI	Member
中部電力株式会社	釘本 三男	Mitsuo KUGIMOTO	Member
(財)電力中央研究所	酒井 理哉	Michiya SAKAI	Non-Member
(財)電力中央研究所	森田 良	Ryo MORITA	Non-Member
(財)電力中央研究所	松浦 真一	Shin-ichi MATSUURA	Non-Member
(財)電力中央研究所	稲田 文夫	Fumio INADA	Non-Member

In Hamaoka Power Station, thinning management of piping system is considering earthquake resistance. Current management method is too conservative due to assumption that has large range thinning by liquid droplet impingement erosion (LDI). Therefore, we are developing reasonable earthquake safety evaluation method suited for locally-thinning caused by LDI. To understand the influence on earthquake resistance by the locally-thinning, fixed quantity evaluation was executed based on an actual thinning case.

**Keywords:** Liquid Droplet Impingement Erosion(LDI), Seismic safety evaluation, Thinning Management

## 1. 背景

浜岡原子力発電所の配管減肉管理は、必要最小厚さによる配管減肉管理に加え、耐震性を考慮した配管減肉管理を実施している。

液滴衝撃エロージョン（LDI）の減肉形状は一般に局部減肉であるが、耐震性の確認においては減肉測定を行っている範囲を一樣減肉させた解析モデルを用いているため、非常に保守的な評価となっている。

## 2. 浜岡原子力発電所の配管減肉管理

浜岡原子力発電所の配管減肉管理は、減肉に係る工学的知見や運転経験等に基づき、減肉環境条件や使用材料により「減肉が顕著に発生すると予想される範囲」と「顕著ではないが減肉の発生する可能性がある範囲」の2つの区分に分類して、厚さ測定を行い、減肉傾向を把握し、余寿命評価を行っている。「減肉が顕著に発生すると予想される範囲」は、使用材料及び減肉環境条件（蒸気系配管の湿り度1.5%以上、水系配管の溶存酸素濃度15ppb以下）により流れ加速型腐食（FAC）の発生の可能性が高い範囲及び自他プラントで発生した減肉事例で反映が

必要とした範囲としており、LDIによる減肉事例もこの区分に入る。また、「顕著ではないが減肉の発生する可能性がある範囲」は、使用材料及び減肉環境条件によりFACの発生の可能性が低い範囲としている。

平成19年3月に改正した社内手引に基づき、従来の必要最小厚さによる配管減肉管理に加え、耐震性を考慮した配管減肉管理を実施している。具体的には、耐震性の考慮として、耐震上の裕度を有した管理値（公称厚さの75%の厚さ）による評価とその評価結果に応じて詳細な耐震解析あるいは対策工事を実施するプロセスを加えている。

管理対象は、FAC及びLDIが懸念される箇所（「減肉が顕著に発生すると予想される範囲」としており、耐震性の確認方法は、減肉測定を行っている範囲を一樣減肉させた3次元梁モデルを用い地震による発生応力を算出している。

## 3. LDIによる局部減肉配管に対する耐震性への影響の試算

LDIは一般に局部減肉であるが、減肉管理で採用している耐震解析モデルは、減肉測定を行っている範囲を一樣減肉させた保守的なモデルとなっている。そこで、評価に用いている耐震解析モデルの保守性を確認するために、実機のLDIによる減肉事例をもとに試算した。

連絡先: 尾西 重信, 〒461-8680 愛知県名古屋市東区東新町1番地, 中部電力株式会社,  
電話: 052-951-8211,  
E-mail: Onishi.Shigenobu@chuden.co.jp

### 3.1 評価方法

実機減肉事例の肉厚測定結果に基づき、3次元FEMによりモデル化し、梁モデルにより算出された評価対象エルボ部の発生荷重及びモーメントを3次元FEMモデルに静的に負荷することにより発生応力を算出する。

なお、減肉配管の荷重変位特性が、健全管と比較し有意な変化がある場合は、剛性変化に見合う当該部の肉厚を設定し梁モデルに反映する。評価フローを図1に示す。

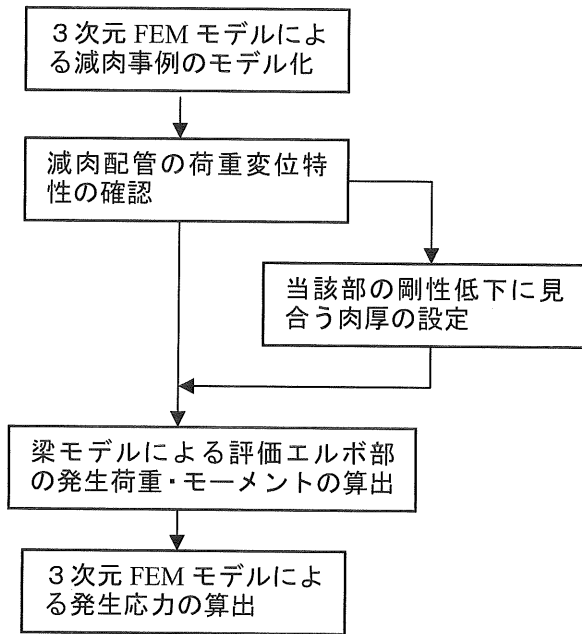


図1 3次元FEMモデルによる局部減肉の詳細評価フロー

### 3.2 減肉事例のモデル化

実機減肉事例に基づき、製造最小肉厚を下回った減肉箇所を覆う領域に減肉を想定してモデル化した。なお、減肉管理における耐震評価の保守性を確認するために、減肉部の板厚は、全周一律に公称厚さの75%、減肉部以外の板厚は公称厚さとした。減肉を想定したFEMモデルを図2に示す。

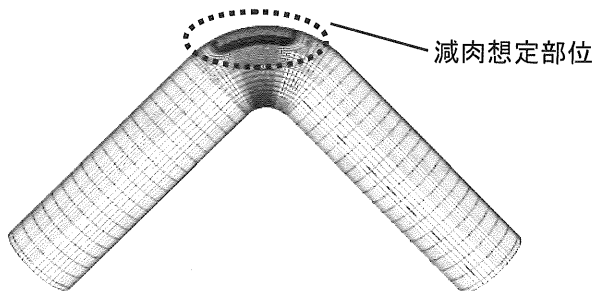


図2 減肉を想定したFEMモデル

### 3.3 荷重変位関係の確認

減肉による剛性低下を確認するために、エルボ面内曲げ、面外曲げの荷重変位関係を確認した。

面内曲げの荷重変位関係の解析結果を図3、面外曲げの荷重変位関係の解析結果を図4に示す。

評価の結果、面内曲げに対する健全管と減肉配管の荷重変位関係は、概ね一致する結果となった。また、面外曲げに対する減肉配管の剛性は、健全管の剛性に比べ10%低下しているものの固有周期への影響は軽微であると考えられ、梁モデルへの反映は実施していない。

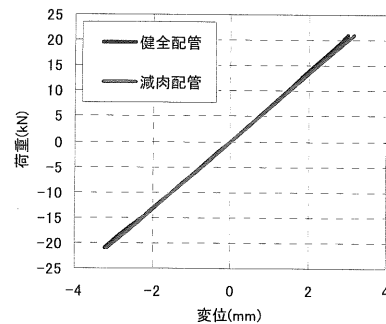


図3 荷重-変位関係の解析結果(面内曲げ)

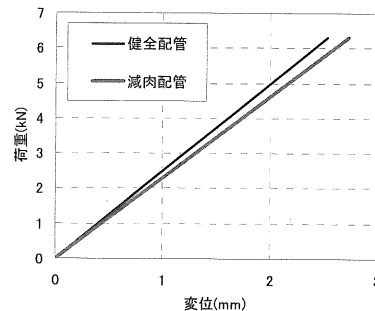


図4 荷重-変位関係の解析結果(面外曲げ)

### 3.4 3次元FEMモデルによる発生応力の算出

3次元FEMモデルによる解析結果の例を図5に示す。減肉はエルボ背側に位置しているが、エルボ側面において最大応力が発生しており、健全配管と同様な応力分布となった。

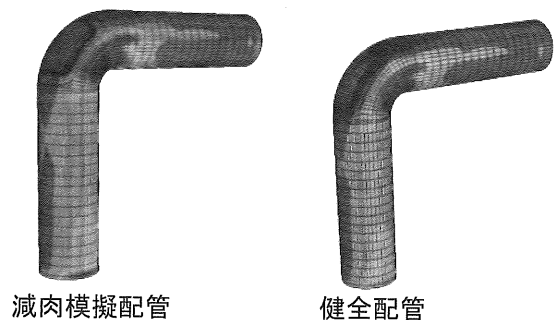


図5 減肉/健全配管の応力分布

### 3.5 発生応力の比較

減肉管理で採用している保守的な配管解析モデル\*と実機減肉事例に基づく FEM モデルによる地震荷重に対する発生応力の算出結果を表 1 に示す。

減肉管理で採用している評価法は、実機減肉事例に基づく評価法に比べ 3 割程度保守性を有していた。また、減肉配管と健全配管の発生応力は同程度であった。

\*：減肉測定を行っている範囲を一樣減肉させた 3 次元梁モデルによる耐震評価

表 1 地震荷重に対する応力算出結果

評価モデル	減肉形状	解析結果 (内圧+地震荷重)
減肉管理評価モデル (梁モデル)	全周一様減肉	20MPa
実機減肉事例に基づく 3次元 FEM モデル	部分減肉	14.5MPa
	健全	14.2MPa

## 4. L D I による減肉配管耐震評価手法の高度化の検討方針

実機減肉事例に基づく減肉形状を模擬した耐震評価により、減肉配管と健全配管の発生応力は同程度であることを踏まえると、L D I による局所的な減肉は耐震性へ影響を及ぼさないと判断される。

今回の評価は、特定の減肉事例による評価結果であることより、より一般的な評価とするために、液滴径、蒸気速度等をパラメータとした流動評価に基づく L D I による減肉形状の予測手法について検討する<sup>[1]</sup>。

また、上記で予測した減肉形状に基づき減肉エルボの試験体を製作し、減肉配管と健全配管の耐震試験を行い地震時の挙動を把握することにより、合理的な L D I による減肉配管耐震評価手法を検討する<sup>[2]</sup>。

これらの一連の検討により、現行の保守的な評価方法の合理化・高度化を進めている。

## 参考文献

- [1] 森田 良, 酒井理哉, 尾西重信, 釘本三男, 稲田 文夫, 松浦真一, L D I による局部減肉を考慮した配管系の耐震安全性評価 (その 2) — L D I による局部減肉形状の検討 —, 日本保全学会第 7 回学術講演会, 投稿中, (2010)
- [2] 酒井理哉, 松浦真一, 森田 良, 稲田 文夫, 尾西重信, 釘本三男, L D I による局部減肉を考慮した配管系の耐震安全性評価 (その 3) — 配管試験による耐震性への影響の把握 —, 日本保全学会第 7 回学術講演会, 投稿中, (2010)