

重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

軽水炉の機器・配管健全性評価

背景・目的

配管の主要な劣化事象である流れ加速型腐食(FAC)や液滴衝撃エロージョン(LDI)に対しては、日本機械学会の配管減肉管理技術規格に基づき、肉厚測定による配管減肉管理がなされている。同規格の改訂ロードマップに従い、FACやLDIの機構に基づく精度の高い予測手法を開発することにより、減肉管理に係わるより効果的な資源配分が期待される。

また、発電プラントで一般的に多く使用されている従来材(一般構造用圧延鋼材:SS

材)については、さらなる安全性向上を図るため材料規格からの削除が検討されており、その代替として溶接性や靱性に優れた建築構造用圧延鋼材(SN材)が有力な候補として挙げられているが、原子力プラントへの適用には詳細材料特性の評価に基づく早期の規格化が求められている。

本課題では上記に関して、配管減肉予測手法の開発・高度化と実機プラントへの適用に向けた実用化を図ると共に、SN材の規格化に向けた高温強度特性の評価を行っている。

主な成果

1 水単相流系統配管データによる配管減肉予測ソフトウェアFALSETの検証

当所では、FACおよびLDI減肉予測手法を、実際にプラントの減肉管理に適用することを目的として、配管減肉予測ソフトウェアFALSET[L11007]を開発している。PWRプラントの復水・給水系配管(水単相流系統)の減肉データを用いて本ソフトウェアの検

証を行った結果、減肉後の残余肉厚を概ね±10%以内で予測できることを確認した(図1)[L12403]。今後、実機データを用いた更なる検証・改良の積み重ねによる予測精度の向上と、学会管理規格への導入を図り、減肉管理ツールとしての実用化を目指す。

2 気液二相流条件下の流れ加速型腐食の予測に向けた評価手法の構築

発電プラントの抽気・ドレン系配管等において発生しうる気液二相流条件下のFACに対する予測モデルの開発を目的として、当該配管において想定される流動様式(環状流)に特有な現象の評価手法を構築した。流動因子に関しては、管内壁に生成される液膜の挙動(厚さ・流速)の実験値を精度良く予測できる解析手法を開発した(図2)[L12008]。

また、水化学因子に関しては、pH調整剤の気液分配挙動を考慮して、液膜pH値の計算手法を整備した(図3)[Q11025]。水単相流条件とは異なるこれらの評価事項を考慮し、今後、既存の予測手法を気液二相流条件へと拡張し、実験・実機データを用いた検証を経て、FALSETの適用範囲の拡大を目指す。

3 高い安全性を有するSN材の高温強度特性の評価

軽水炉プラントの支持構造物等に使用されている従来材(SS材)に比べ、優れた溶接性と高い靱性を有する建築構造用圧延鋼材(SN材)を実機で使用可能とするため、原子力発電設備規格材料規格の策定に必要な高温下での引張データを体系的に取得した。降伏点や引張強さの温度依存性は材料、

板厚の違いによらず定性的にほぼ同じであり、鋼材のチャージによる違いは小さいことを確認した(図4)。また、不純物元素であるPまたはSの含有量やひずみ速度は引張特性に及ぼす影響が小さいことを明らかにした[Q13009]。

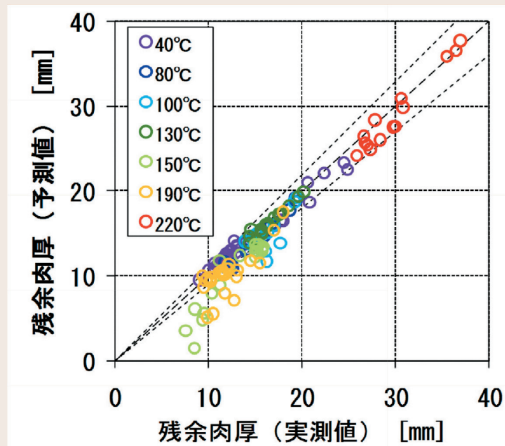


図1 実機プラント配管(単相流)の残余肉厚の実測値とFALSETによる予測値との比較

代表PWRプラントの復水・給水系統配管のエルボ約160体における減肉による残余肉厚に対し、FALSETによる評価は、一部に過小評価が見られるものの、概ね±10%以内の精度で予測できる。

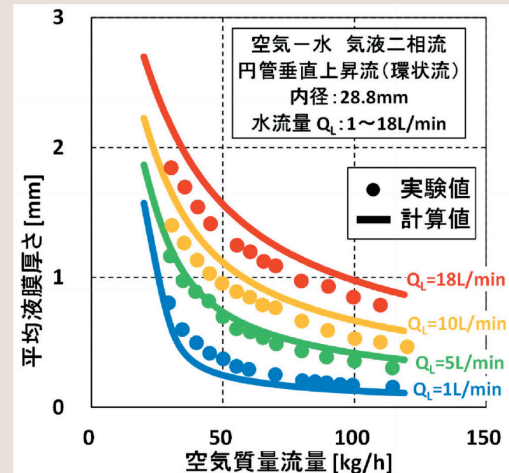


図2 気液二相流(環状流)における液膜厚さの評価

既存文献⁽¹⁾から引用した気液二相流体系実験の液膜挙動データ(平均液膜厚さ)を、当所開発の解析手法により概ね定量的に予測できる。

(1) 植田、能勢、日本機械学会論文集39、325 (1973)

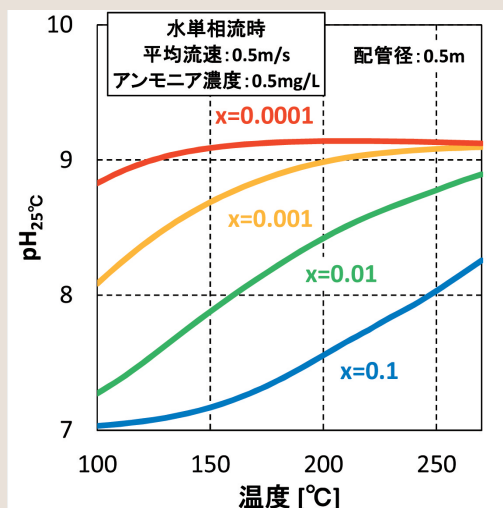


図3 気液二相流条件におけるpH調整剤の気液分配挙動に伴うpH値の評価

pH調整剤(アンモニア)の気液各相への分配挙動を考慮し、液膜pH値の温度および乾き度(x)への依存性を、簡便に評価できる。

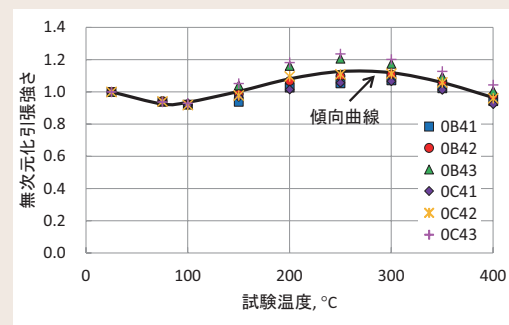


図4 SN材の引張強さの温度依存性

高温での引張強さを常温での引張強さで無次元化してその温度依存性を示した。0B41～0B43はチャージの異なるSN400B鋼(厚さ40mm)、0C41～0C43はチャージの異なるSN400C鋼(厚さ40mm)を表す。両鋼の主たる違いは不純物元素(PまたはS)の含有量であるが、温度依存性は一本の傾向曲線で表すことができる。