

重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

軽水炉機器・配管に対する非破壊検査技術の開発

背景・目的

原子力発電施設をはじめとする電力関連設備を適切に維持・管理し、安全性を確保するために、機器を構成する金属材料の欠陥の有無を非破壊で検査する技術が重要である。本課題では、軽水炉の安全に関連する重

要な機器について、最適な非破壊検査技術を開発するとともに、その検査手法の「規格化」や、必要に応じた「PD認証制度化*1」などの取組みを通じ、軽水炉の安定運転を支援することを目的とする。

主な成果

1 埋込み基礎ボルトの疲労き裂測定手法の開発

原子力発電所の大型機器を固定している埋込み基礎ボルトに発生した疲労き裂を非破壊で検査する手法の開発に向け、フェーズドアレイ超音波法*2で探傷する場合の超音波の伝搬シミュレーションを実施し、2つのピークが出現することを見いだした(図1)。さらに、き裂を模擬した人工欠陥付与ボルトに対する探傷検査を実施して2つのピークを

観測し、シミュレーション結果を確認した。これらの反射ピークはき裂深さと相関を有することから、本手法によりボルトに発生したき裂の深さを推定することが可能であることが確認できた。なお、本手法によるき裂深さの推定値は実際のき裂深さより2mm程度大きく見積もる結果となっている。

2 低炭素ステンレス鋼の応力腐食割れ発生・成長挙動の解明

沸騰水型軽水炉の再循環系低炭素ステンレス鋼配管の応力腐食割れ(SCC)発生・成長挙動を解明するため、実験室加速試験法として知られるすきま付定ひずみ曲げ(CBB)試験法*3を用いてSCC発生挙動を観察した。その結果、CBB試験片に発生したSCCき裂の深さ分布は、試験片表面のひずみ条件によらないこと、また20ミクロン(表面か

らの1粒界分の平均深さに相当)以上のき裂の発生数は初期には時間とともに緩やかに、その後は急激に増加する傾向にあること(図2)を明らかにした。本試験で観察された20ミクロン以上のき裂は、微小き裂の合体の結果として生じた可能性もあることから、さらにき裂の合体過程を評価する必要がある[Q13008]。

3 PD認証制度の有効性を確認

日本非破壊検査協会のPD認証規格(NDIS0603)に基づく沸騰水型軽水炉の再循環系ステンレス鋼配管溶接部のSCC深さサイジングのPD試験の結果(2006年3月から2013年1月まで、合格者:44名、受験者:89

名)を分析し、合格者の測定誤差はばらつきが非常に小さいことを示した(図3)^[1]。これはPD認証制度が機能し、SCCき裂深さの高精度測定を通じて、軽水炉の維持・管理に有効であることを示唆している。

*1 軽水炉の非破壊検査における超音波探傷試験システムの性能実証による技術者の認証の制度。

*2 複数の素子から構成される探触子に対して各素子の送受信タイミングを電子的に制御し、異なる伝搬方向と集束位置の超音波を励起させる技術をもちいた探傷方法。

*3 試験片を曲げて応力を付与し、隙間により環境条件を厳しくする加速試験方法。

[1] H. Shohoji et al., E-Journal of Advanced Maintenance Vol.4, 125-132, 2013

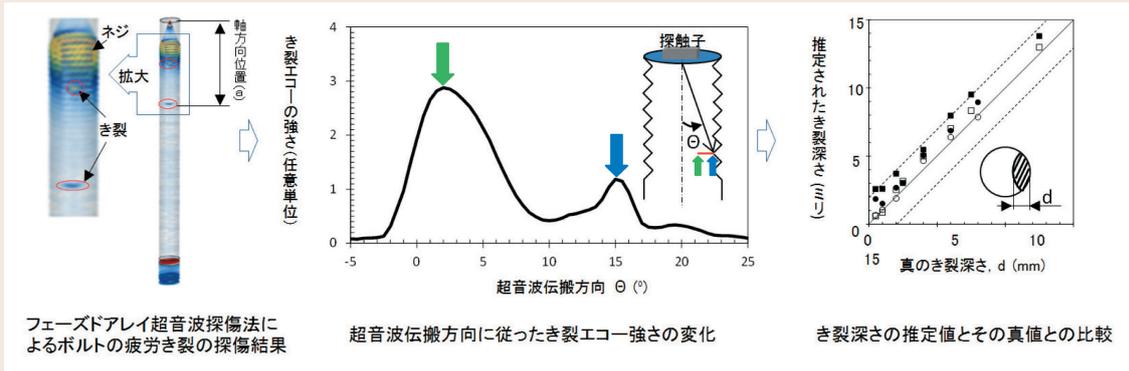


図1 埋込み基礎ボルトの疲労き裂測定手法

フェーズドアレイ超音波法でボルトに発生したき裂を探傷すると、き裂の開口部と先端付近での反射に対応する2つのピークが出現する(き裂が浅い場合は両ピークが重なり見かけ上1つとなる)。このき裂先端からの反射ピークはき裂深さと相関があることから、き裂深さの推定が可能となる。

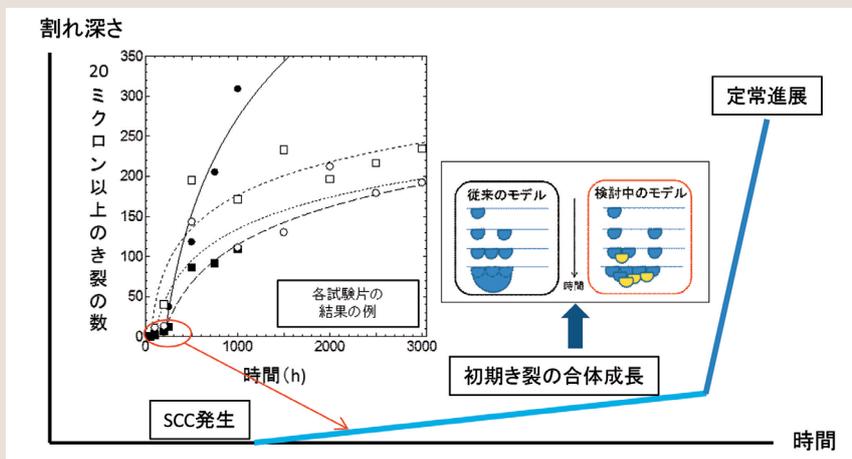


図2 低炭素ステンレス鋼のSCCき裂(20ミクロン以上)数の経時変化

低炭素ステンレス鋼のCBB試験で得られた20ミクロン以上のき裂の数は、初めは穏やかに増加し、その後急激な増加へと変化する。初期の穏やかな増加は、表面き裂が合体後すぐに進展に進む従来モデルでは説明できず、微小き裂の合体が引き続き生じていると考えられることから、今後、応力腐食割れ発生・成長挙動の解明には、き裂の合体過程の詳細な検討が必要である。

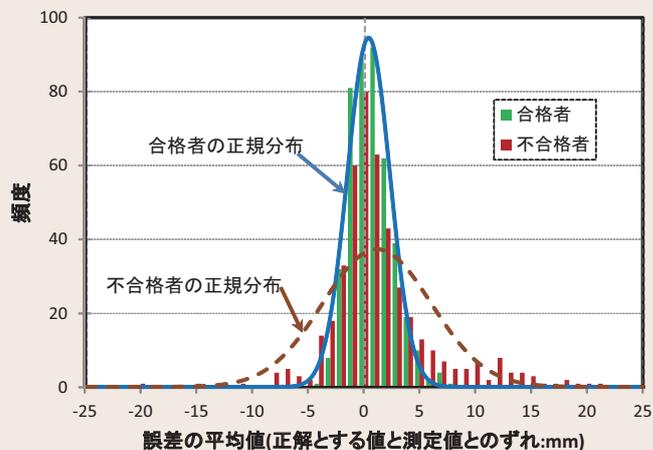


図3 PD試験結果の分析結果

合格者のSCCき裂深さの測定誤差の平均値は0.33mmで、標準偏差は1.92mmであり、不合格者の平均値は1.05mmで、標準偏差は4.87mmであった。