

プロジェクト課題 - 設備運用・保全技術の高度化

検査・予測・監視の統合化設備診断技術

背景・目的

国内の火力発電所は累積運転時間10万時間を経過した経年火力が80%程度を占めており、特に運転時間が20万時間を超える発電所では高温機器での損傷の顕在化が懸念されている。一方、高い熱効率を有する超々臨界圧火力発電所においては、9Cr鋼などの高クロム鋼製蒸気配管の溶接熱影響部(HAZ)においてクリープ損傷に起因する様々な不具合が発生している。これらの発電

設備を安全かつ合理的に運用・管理する上では、従来にもまして信頼性の高い設備診断技術が必要とされる。

本課題では、これまでに当所が進めてきた超音波を用いた先進的な非破壊検査技術および損傷の進行を高精度に予測する解析技術を高度化するとともに、各技術の特徴に基づき、それらを適切に組み合わせた統合化設備診断技術の構築を目指す。

主な成果

1 溶接金属の形状推定技術の開発

溶接部のクリープ損傷の進行は溶接部開先形状の影響を受けることから、クリープ損傷を適切に評価するためには溶接金属の形状に関する正確な情報が必要である。

そこで、溶接部からの超音波散乱波を計測することにより、再溶接まで含めて溶接金属の形状と幅を非破壊的に推定できる方法を開発した(図1)。

2 溶接施工時の温度履歴の推定

多層溶接下における材料の強度を適切に評価するためには、第一段階として、溶接施工に起因した複雑な温度分布と各点での温度履歴を定量的に把握する必要がある。そこで、9Cr鋼溶接施工時の温度実測結果に基づいて、溶接シミュレーションで

仮定する溶融部分の形状を決定した(図2)。この溶融部分の形状を溶接シミュレーションに適用することにより、9Cr鋼製大径管溶接部のHAZ幅と各点での温度履歴を推定することが可能になった。

3 内圧応力条件下の長手溶接配管のクリープ強度の評価

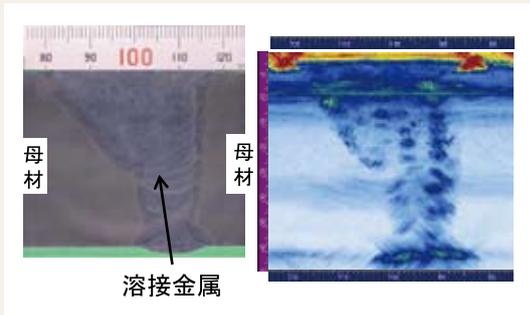
多数の小型長手継手管(外径:60mm)および実機寸法配管試験体1体(外径:686mm)に対して内圧クリープ試験を実施した結果、内圧条件下におけるクリープ寿命は単軸データと同等またはやや短寿命側となる傾向が観察された(図3、図4)。クリープ損傷の実態であるポイドは、内圧下では外表面よりも

肉厚内部で顕著に発生する傾向が観察された。さらに、実機寸法配管試験体においては、破断直前まで試験体の変形量も僅かであったが、破断時には長手溶接HAZの貫通き裂の形成とともに大きな変形をとめないながら急速に破壊する挙動が見られた(図5)。

4 クリープ寿命評価法の提案

実験結果から明らかとなった溶接部の損傷挙動とその解析的検討に基づいて、応力多軸性の影響を考慮できる高クロム鋼長手溶接部のクリープ寿命評価法を提案した。

提案したクリープ寿命評価法を9Cr鋼および12Cr鋼の各内圧クリープ試験に適用したところ、長手溶接部の寿命が高い精度で予測されその妥当性が実証された(図6)。



(a) 実物の切断写真 (b) 超音波による断面画像

図1 溶接金属の形状推定

超音波の溶接部からの超音波散乱波を計測することにより、溶接金属の形状と幅を2mm以内の誤差で推定することが可能となった(材質:9Cr鋼)。

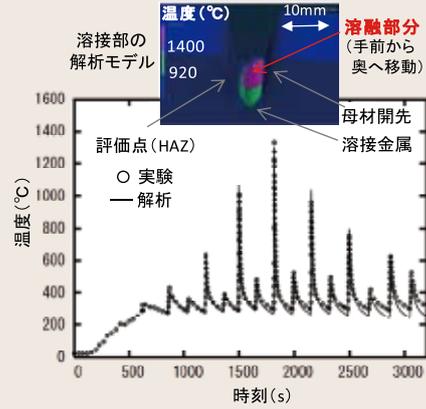


図2 9Cr鋼の溶接シミュレーション

被覆アーク溶接の多層パスに起因した複雑な温度履歴と温度分布を定量的に再現することができた。

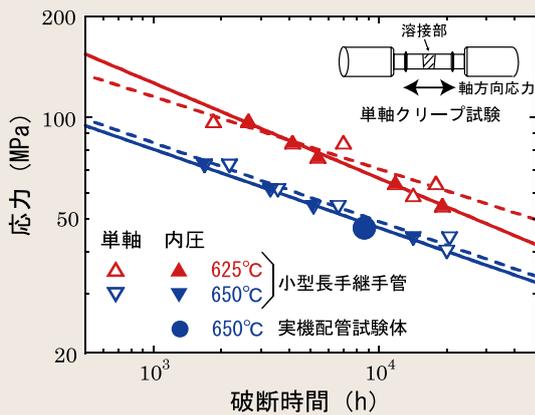


図3 9Cr鋼溶接継手のクリープ試験の結果

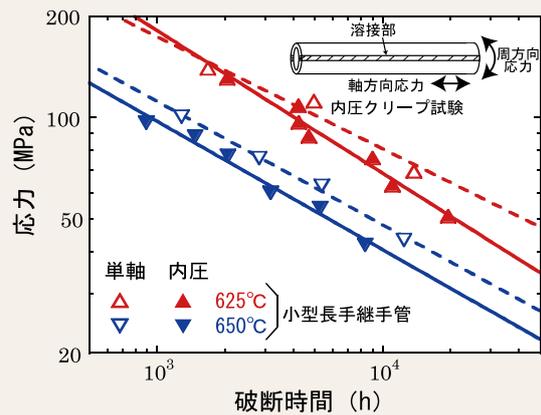


図4 12Cr鋼溶接継手のクリープ試験の結果



図5 破壊した9Cr鋼実機配管試験体の外観 (温度:650℃、破断時間:約8600時間)

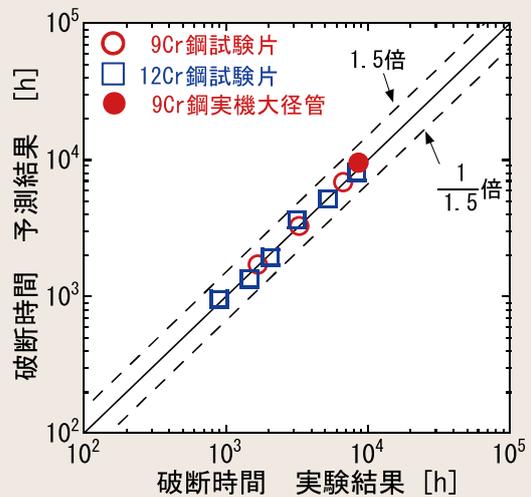


図6 クリープ寿命評価法の適用結果