

検査・予測・監視の統合化設備診断技術

背景・目的

近年、高効率プラントである超々臨界圧火力発電所では、高クロム鋼製蒸気配管溶接部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。また、累積運転時間が20万時間を超える経年火力発電所においても高温機器での損傷が懸念されている。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、従来にも増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、これまでに当研究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で予測する解析技術を高度化すると共に、検出された損傷の運転中の変化をモニタリングできる監視技術を開発する。さらに、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を構築する。

主な成果

1. 形状変化部に適用可能な超音波非破壊検査技術の開発

超音波非破壊検査法は内在欠陥の検出に有効であるものの、ボイラ配管における溶接部の表面からの盛り上がり部分（余盛）や管台部等の形状が大きく変化する部位（形状変化部）への適用は困難であった。そこで、形状変化部に対しても適用可能な超音波非破壊検査法を開発するために、信号処理技術を活用した表面形状の推定手法を考案した [Q10021]。既往研究で開発した超音波フェーズドアレイ非破壊検査技術に本推定手法を組み込んだ探傷方法を余盛形状付試験体に適用した結果、従来の超音波非破壊検査法では検出が困難であった形状変化部の内在欠陥も正確に検出できることが明らかとなった（図1）。

2. 高周波ガイド波による局所減肉の検出

配管の液滴衝撃コロージョン等の局所的な減肉を検出するために、従来よりも周波数の高いガイド波^{*1}を用いた配管減肉測定手法を構築すると共に、これに基づいた高い検出能の探傷装置を開発した [Q10011]。曲率半径が大きい構造物に比べてガイド波の長距離伝搬特性が劣る小口径配管やエルボ配管に本技術を適用し、各配管における減肉の検出限界を明らかにした（図2）。さらに、ガイド波の測定結果におけるエコー強さを指標とすることにより、減肉の深さも推定できることを明らかとした。

3. 配管系統応力解析プログラムの計算時間の短縮

既往研究で開発したボイラ配管系統に対する応力解析プログラムに関して、配管系統全体を3次元要素で正確にモデル化した対象も短時間で計算できるように、演算部分に改良を加えた。計算時間の大半を占める連立方程式の解き方を直接解法から大規模解析に適した反復解法のアルゴリズムに変更した結果、先に開発した応力解析プログラムと比べて約1/20の計算時間で応力分布を評価することが可能となった（図3）。

* 1：肉厚全体を振動させて伝搬する超音波の振動モードであり、優れた長距離伝搬特性を有する。

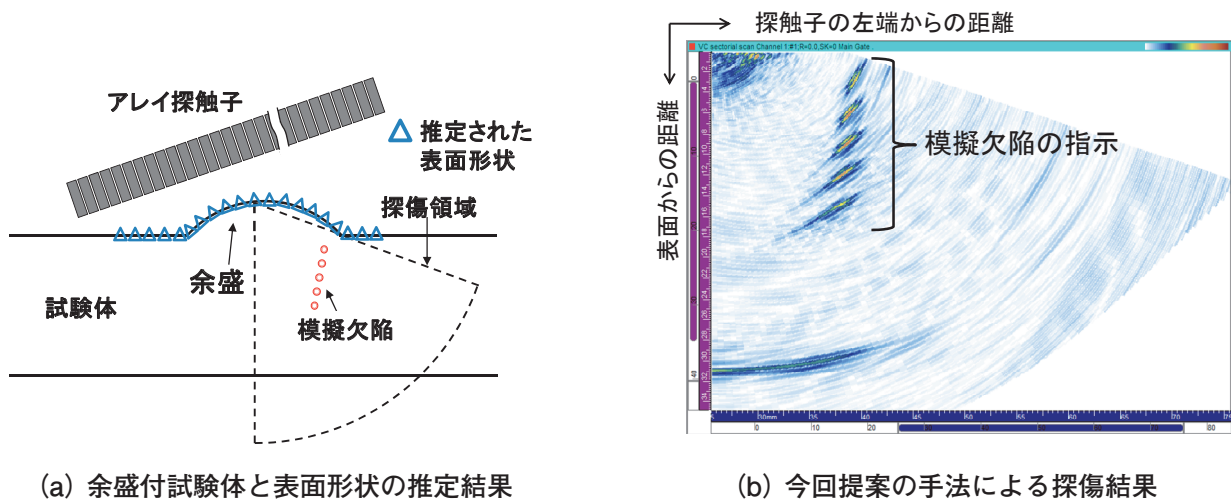


図1 超音波非破壊検査法による余盛付試験体の探傷結果

信号処理技術を用いて表面形状を適切に推定することにより、形状変化の影響を考慮することが可能となった。その結果、従来の超音波非破壊検査法では検出が困難な余盛付試験体の内在欠陥を高い精度で検出することができた。

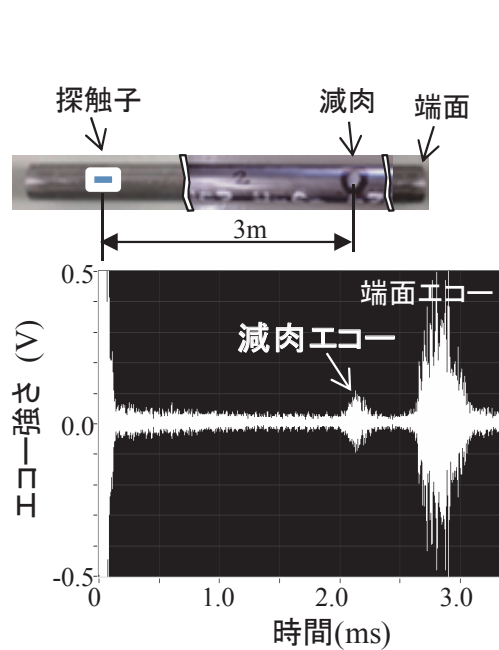


図2 高周波ガイド波による小口径配管(外径34mm、肉厚6mm)の局所減肉の測定結果
高周波ガイド波を用いることにより、肉厚の20%程度の深さの局所減肉を約3m離れた位置からでも検出することができた。エコー強さを用いることにより、減肉深さも推定可能となった。

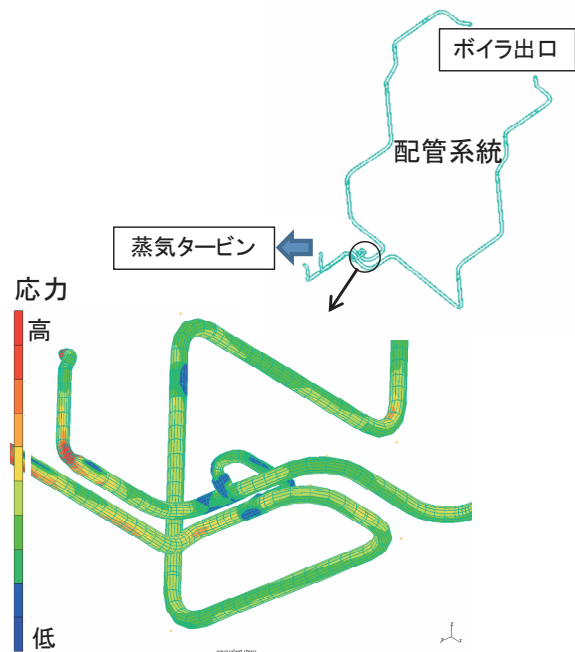


図3 3次元の大規模応力解析結果例
解析プログラムの演算部分を改良することにより、配管系統全体を3次元要素で正確にモデル化した大規模解析を、従来と比べて大幅に短い計算時間で実施することが可能となった。