

配管振動抑制自動提案システムの開発

振動を抑えられる固定サポート位置を自動提案

Development of an Automatic Piping Vibration Control Proposal System

Automatic Suggestion of Fixed Support Position to Suppress Vibration

(電力技術研究所 材料化学G)

火力発電所の小口径配管振動に対して、問題のある振動かどうか短時間に判別し、問題があれば振動を抑えられる固定サポート位置を、早期にかつ安価に自動提案できる手法(システム)を開発できた。モックアップ試験および実機配管振動不具合を対象に有効性を検証した結果、問題となっていた振動レベルが低減し、本システムが有効であることを実証できた。

(Materials Engineering & Chemistry Group, Electric Power Research and Development Center)

We have developed a method (system) that can quickly determine whether or not there is a problem with vibration in small-diameter piping at thermal power plants, and if so, automatically suggest a fixed support position that can suppress the vibration at an early stage and at a low cost. As a result of mock-up tests and verification of the effectiveness of the system on actual piping vibration problems, the vibration level that had been a problem was reduced, demonstrating the effectiveness of the system.

1 背景および目的

近年、出力変化の大きい再生可能エネルギーが急激に増加しており、その出力変動をカバーして需給バランスを調整するため、火力発電設備の起動停止回数が増加している。火力発電所には多様な配管(第1図)が使用されており、これらの配管は発電設備の起動停止過程では、内部流体の変動が大きいため、振動が増加する。従来の運用方法で耐えられた振動も、起動停止回数が増えることにより配管が破断し、電力安定供給の支障となることが懸念される。

現状、その配管振動が問題ある振動かどうかは不明であり、対策の必要性の判断が困難であった。さらに、配管振動を抑制するためには、配管の「つぼ」を抑える(適切な位置へ固定サポートを追設する)必要がある。しかし、適切な固定サポート位置を特定するには、専門技術者による振動測定および高度な解析(有限要素法)を行う必要があり、大幅な時間と費用を要する。発電所には多くの配管があるため、これらの解析はすべての振動問題に適用できず、根本的解決が困難であった。

そこで本研究では、配管振動トラブルを撲滅するため、問題のある振動かどうかを短時間に判別し、振動問題発生時に、振動を抑えられる固定サポート位置を早期にかつ安価に自動提案できる手法の開発を目指した。

2 固定サポート位置自動提案のアルゴリズム検討

①対象範囲の絞り込み

はじめに、あらゆる振動問題を扱うことは困難であるため、過去配管不具合実績の「配管サイズ」、「振動周波数帯」および「振動形態」について分析を行い、対象範囲を絞り込んだ。振動形態の分析では、不具合の大半を占めていた「共振振動」に絞り込んだ。共振振動は、配管側の固有振動数をずらすことで解消され、固定サポー

トの追設によって固有振動数をずらすことができる。よって、適切なサポート追設位置を割り出すことができれば、従来のような高度な解析(有限要素法)を行う必要が無く、配管の固有振動数をずらす簡便な方法で解決できるものと考えた。

②振動測定箇所の自動提案

振動測定の経験が乏しい場合、適切な測定箇所が選定できないため、測定箇所選定の標準化を図った。選定の考え方としては、短い直管ほど測定点を少なく、長い直管ほど測定点を多く設けることとし、操作者によって入力された配管情報(長さ、形状)を基に、システムが測定箇所および点数を選定する設計とした。これにより、システムによる測定箇所の自動指示が可能となった。

③振動レベルの判別

問題のある振動かどうかを判別するため、材料力学および破壊力学を応用した余寿命評価機能を考案した。材料力学の応用では測定した振動振幅から応力レベルを算出し、破壊力学の応用では得られた応力レベルを基に、



第1図 火力発電所の配管

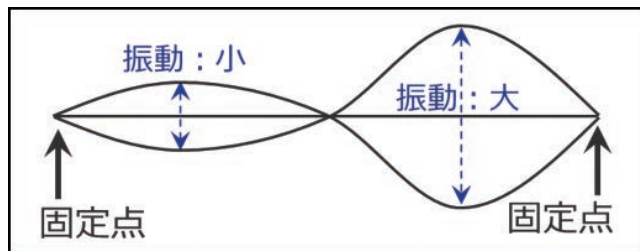
Stromeyer式等を用いて損傷度から余寿命を計算できる設計とした。これにより、システムによる振動レベルの早期判断が可能となった。

④固定サポート位置の自動提案

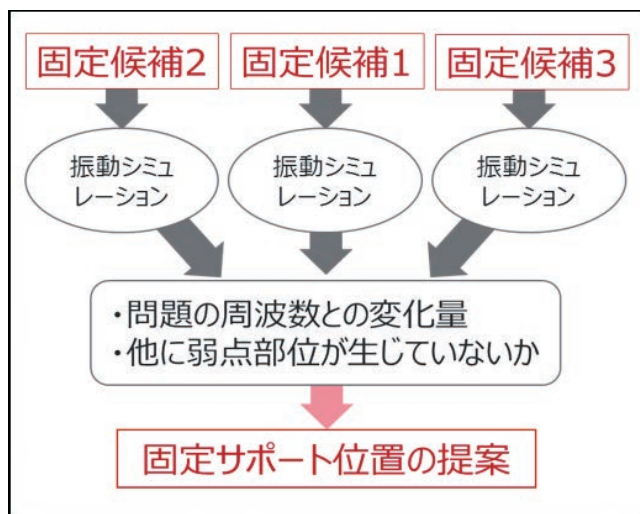
適切な固定サポート位置を特定するため、その選定手順を標準化し、システムでの自動化を図った。

はじめに、学会等で公開されている振動問題のケーススタディ、実験室での疲労試験および過去不具合の測定実績を基に、固定近傍部の振動測定特性に着目して（第2図）、固定サポート位置の候補を選定する。

次に、選定された各候補点について、第3図に示すように配管の固有振動数がどのように変化するか振動シミュレーションを行い、問題となっている固有振動数の変化量、および、他に新たな弱点部位が生じていないことを確認し、対策の有効性を評価する設計とした。これにより、システムによる固定サポート位置の早期自動提案が可能になった。



第2図 配管振動のイメージ



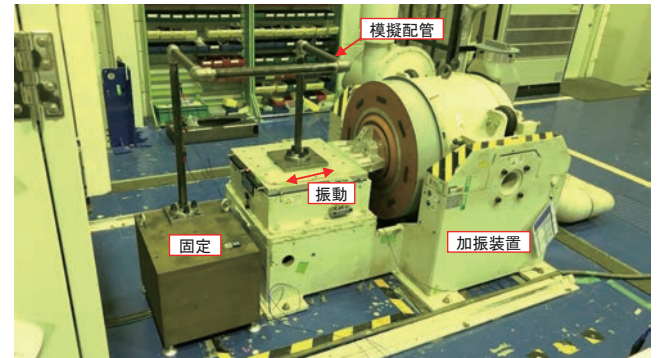
第3図 固定サポート位置の自動提案フロー

3 検証

模擬配管で共振振動を再現したモックアップ試験（第4図）を行い、専門技術者とシステムが導き出した固定サポート位置が一致したことを確認できた。次に、実機配管振動不具合を対象に検証を行い、システムで自動提案された固定サポートを追設することによって、振動レベルが低減したことを確認できた。よって、モックアッ

プ試験および実機配管不具合の両設備を用いた検証で、本システムが有効であることを検証できた。

また、モックアップ試験では、配管が破損するまで共振振動させる配管破損試験を行い、計算による余寿命評価時間と、実際に破断した時間を比較した。その結果、計算による余寿命評価時間は、実破損時間よりも厳しい結果となり、安全設計に沿った評価であることを検証できた。



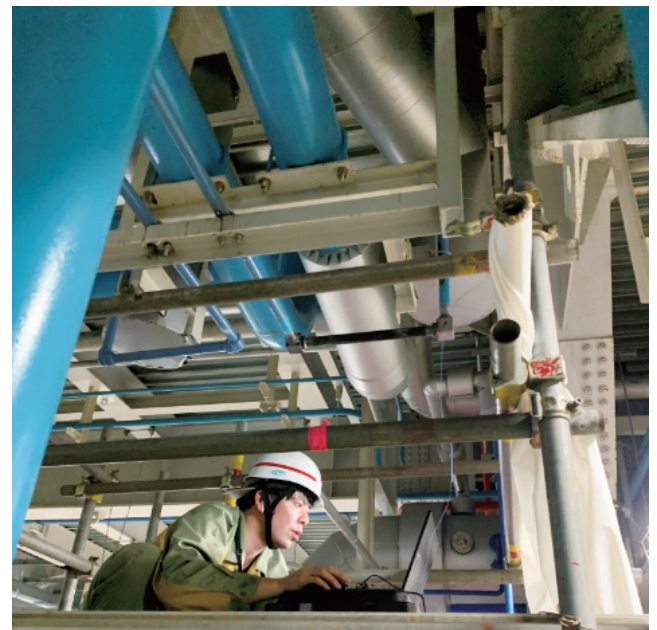
第4図 モックアップ試験の様子

4 研究成果

振動測定箇所の自動提案、振動レベルの判別、固定サポート位置の自動提案を考案したことにより、配管振動に対して、問題のある振動かどうか短時間に判別し、問題があれば振動を抑えられる固定サポート位置を早期にかつ安価に自動提案できる手法（システム）を開発できた。

5 今後の展開

現在、本システムの実機検証（第5図）を重ねており、操作性や適用範囲について更なる向上を目指している（2021年度～実運用予定（一部検証含む））。



第5図 実機検証の様子



執筆者／山崎俊紀