

UME-122	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） http://www.nuciac.jp/nucia/kn/KnTroubleView.do?troubleId=3124		本資料の 作成者名
整理番号	資料のタイトル 発電機冷却水系統からの冷却水の漏えい		梅村文夫
失敗事例のタイトル フランジを追加設置したために生じた高サイクル疲労（共振）		一次原因（材料要素） 高サイクル疲労（共振）	
機種 発電プラント 発電機冷却水系統	部品 計装用取出し配管	材料 SUS304L	概略の寸法 外径：8 cm
損傷発生時の状況 定期検査直後の定格熱出力調整運転中に、発電機冷却水系の計装用取出し配管の溶接部から、冷却水が霧状に漏れ出した。冷却水は純水であり、電気伝導率にて管理されており、 $0.2 \mu S/cm$ と十分低い値であった。 今回の定期検査では、作業前に、作業性と安全性の改善を目的に、当該配管水平部の途中にフランジを追加設置した。その直後の、定格出力調整運転中の損傷事例である。			
調査内容とその結果 割れは、溶接止端部近傍に沿って、配管の円周方向に広がっていた。破面は平坦で、疲労特有のビーチマーク模様が、管外面から内面に向けて観察され、かつ疲労破面の特徴であるストライエーション模様が確認された。 配管の固有振動数を計測した結果、固有振動数は116Hzであり、発電機が発生する振動数120Hzとの共振域にあった。き裂がある状態での固有振動数測定結果（前述、116Hz）をモデル化し、そのモデルを用いて、配管にき裂がない状態の解析を行ったところ、配管の固有振動数は120Hzになることが判明した。これは発電機の電磁振動数と一致するものであり、調整運転中に配管が共振を引き起こしたことが分かる。また、共振による発生応力を評価すると、40～55MPaとなり、当該溶接部（ステンレス鋼）の疲労強度である28MPaを上回ることが確認された。			
損傷発生のシナリオ 定期検査作業時に、配管の水平部途中にフランジを追加設置したため、当該配管の固有振動数が128Hzから120Hzへ変化し、発電機の振動数120Hzと同じ固有振動数となった。そのため、プラント運転開始に伴い、発電機の振動と当該配管が共振し、振動応力が高まり、発電機からの配管取出し溶接部にき裂（高サイクル疲労）が発生・進展した。			
対策（損傷発生時にとられた対策あるいは現在とるべきと考えられる対策） 配管を取り替えるとともに、発電機の振動数との共振を回避するため、配管にサポートを2箇所追加した。保修関係者に、今回の事象を含め、回転機器との共振による配管損傷事例について周知徹底を図る。また、工事する場合の設計検証の対象項目に、発電機と配管の共振に係る評価項目を追加する。フランジの追加、サポート位置の変更、弁の仕様、配管レイアウト変更のように、配管の固有振動数が変化する可能性のある工事は、事前に共振事象について検証するようにする。			
教訓 発電機に付属する配管へのフランジの取り付けは、配管の振動特性に影響を及ぼすという認識と知識が不十分であったことが、高サイクル疲労の直接的な要因と考えられる。発電機のような大型の回転機器に接する配管に共振現象が生じると、短期間で割れが発生することを十分知る必要がある。			
備考			
主要因		教訓とすべき対象者	
チェックボックス		チェックボックス	
<input type="checkbox"/>	当時の技術レベルでは不可抗力	<input type="checkbox"/>	設計者
<input type="checkbox"/>	情報伝達不備・不足	<input type="checkbox"/>	製作者 / 建設担当者
<input type="radio"/>	担当者不勉強/教育不十分/意識不測	<input type="checkbox"/>	検査者
<input type="checkbox"/>	指示ミス	<input type="radio"/>	使用者
<input type="checkbox"/>	うっかり、ぼんやり	<input type="radio"/>	メンテナンス者
<input type="checkbox"/>	その他	<input type="checkbox"/>	その他