

疲労割れの非破壊検査性能向上に必要な重要課題の抽出

Systematic Identification of Important Research Problems Necessary for Improving the Accuracy of Non-destructive Examination Techniques to Detect Fatigue Crack

東北大学 流体科学研究所	高木 敏行	Toshiyuki TAKAGI	Member
東北大学 流体科学研究所	青木 孝行	Takayuki AOKI	Member
(一財)発電設備技術検査協会	古村 一朗	Ichiro KOMURA	Member
(一財)発電設備技術検査協会	古川 敬	Takashi FURUKAWA	Member
東北大学 大学院工学研究科	遊佐 訓孝	Noritaka YUSA	Member
東北大学 流体科学研究所	浦山 良一	Ryoichi URAYAMA	Member

Abstract.

The PIRT process was developed as a part of the systematic and documented means of demonstrating the validation of best estimate simulation codes in USNRC licensing of nuclear power plants. In this paper the PIRT process was applied for finding influential factors giving an impact on the accuracy of ultrasonic testing and eddy current testing and related problems required to improve the accuracy and also reports the results that the problems were ranked from the viewpoint of importance, knowledge and confidence. This paper reports the detailed results of consideration.

Keywords: PIRT, inspection, ultrasonic testing, eddy current testing, fatigue, crack detection, crack sizing, accuracy, influential factor

1. 緒言

原子力発電所のような大規模複雑プラントシステムでは多くの系統、機器から成っており、疲労割れが発生する可能性のある部位は広範囲に分散して存在する。また、疲労割れには高サイクル疲労、低サイクル疲労及びその組み合わせがあり、その形態は一様ではない。このようなシステムにおいてシステム安全の観点から効率的効果的に疲労割れを管理する上で非破壊検査が果たす役割は大きい。なぜなら、その時点における機器の健全性を確認できるだけでなく、非破壊検査技術によって正確に把握された状態のデータを用いて疲労割れ評価技術で割れの発生・進展を正確に予測できれば、その後の管理を格段に効率的効果的に管理できるからである。

非破壊検査技術は常に検査精度向上に向けて研究あるいは技術開発されているが、検査精度向上のための課題や研究テーマを客観的で体系的に抽出する方法は見当たらない。そこで本研究ではできるだけ客観的で体系的な方法を用いて検査精度に影響する因子を抽出し、検査精度向上のために必要な重要課題を抽出することとした。

2. 適用方法

米国 NRC は原子力発電所の許認可手続きにおいて最

適評価コードの使用に際し、その妥当性を評価する方法として「解析コードのスケーリング、適用及び不確実性に関する評価手法 (CSAU 評価手法) ^[1]」を持っている。この手法の一部として現象の同定/ランキング表 (PIRT) があるが、これは、リソースが限られた中で CSAU 検討をやり遂げるための、体系的かつ検討のプロセスと結果が書類として残される手段として開発されたものである。主要な安全基準への影響やそれらの中で最も重要なことに焦点を絞って、現象やプロセスが PIRT の中でランク付けされる。

本検討は、PIRT 検討の先例^{[2][3]}を参考にして考案された研究課題抽出手法^{[4][5]}を用いて超音波探傷検査技術及び渦電流探傷検査技術の検査精度に影響を与える因子とその影響因子の観点から検査精度を向上させるために必要な重要課題を抽出した。検討手順を Fig.1 に示す。

3. 検討結果

検討の結果、超音波探傷検査及び渦電流探傷検査の検査精度に影響を与える因子が抽出され、その影響因子に関連して検査精度向上に必要な重要課題が抽出された。以下に抽出された重要課題を示す。

(1) 超音波探傷検査技術に関する重要課題

- ① 特殊励振方式の影響
- ② き裂 2 次元形状

- ③ き裂性状（き裂面およびき裂先端部近傍の凹凸・ファセット寸法・分岐）
 - ④ き裂内物質の状態（腐食生成物の有無，疎密）
 - ⑤ き裂の閉口状態（密着性）とその分布
 - ⑥ 受信回路のフィルター機能・特性
 - ⑦ 被検体表面の凹凸および表面粗さ
 - ⑧ 被検体材質の超音波特性（音速・減衰・拡散特性）
 - ⑨ 超音波の直進性(被検体内の均質性・異方性) の影響
- (2) 渦電流探傷検査技術に関する重要課題
- ① 励磁周波数の数（複数周波数励磁）
 - ② 励磁コイル配置（対向/垂直）
 - ③ 溶接の有無
 - ④ き裂内物質の状態（腐食生成物の有無，疎密）
 - ⑤ 磁場検出成分
 - ⑥ 励磁コイルリフトオフ
 - ⑦ 周波数（単一周波数励磁）
 - ⑧ 検出方式（単一方式/標準比較方式）
 - ⑨ き裂3次元性状（き裂面の3次元形状，ファセット寸法・分岐）

4. まとめ

利用可能な資源が限定されている今日の研究開発環境において客観性の高い方法で適切な研究課題を設定できるようにすることは極めて重要である。このため、本研究では客観性が高いと考えられる PIRT 手法を用いて超音波探傷検査技術及び渦電流探傷検査技術の検査精度向上に必要な重要課題を抽出した。

参考文献

- [1] B.E. Boyack, et al., “Quantifying Reactor Safety Margins: Application of Code Scaling, Applicability, and Uncertainty

Evaluation Methodology to a Large-Break, Loss-of-Coolant Accident,” U.S. Nuclear Regulatory Commission Report, NUREG/CR-5249, December 1989.

- [2] G.E. Wilson and B.E. Boyack, “The Role of the PIRT Process in Experiments, Code Development and Code Applications Associated with Reactor Safety Analysis,” Nuclear Engineering and Design, Vol. 186 (1998), pp. 23-37.
- [3] H. Horie and H. Matsumiya et al., “Phenomena Identification and Ranking Tables (PIRTs) for 4S -Loss of Offsite Power, Failure of a Cavity Can, and Sodium Leakage from Intermediate Piping Scenarios-”, The 13th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-13) N13P1093, Kanazawa City, Ishikawa Prefecture, Japan, September 27-October 2, 2009.
- [4] 青木孝行、他，“PIRT 手法を用いた研究課題抽出手法の検討”，日本原子力学会和文論文誌 Vol.12, No.3 (2013.09.01 発行) 掲載予定
- [5] 青木孝行、他，“PIRT 手法を用いた超音波探傷検査及び渦電流探傷検査の検査精度向上に必要な研究課題の抽出”，システム制御情報学会第 57 回研究発表講演会，（発表予定）

謝辞

本研究は、原子力規制委員会 原子力規制庁からの受託事業である「平成 24 年度高経年化技術評価高度化事業」の一部として実施した成果である。関係各位のご協力に謝意を表す。

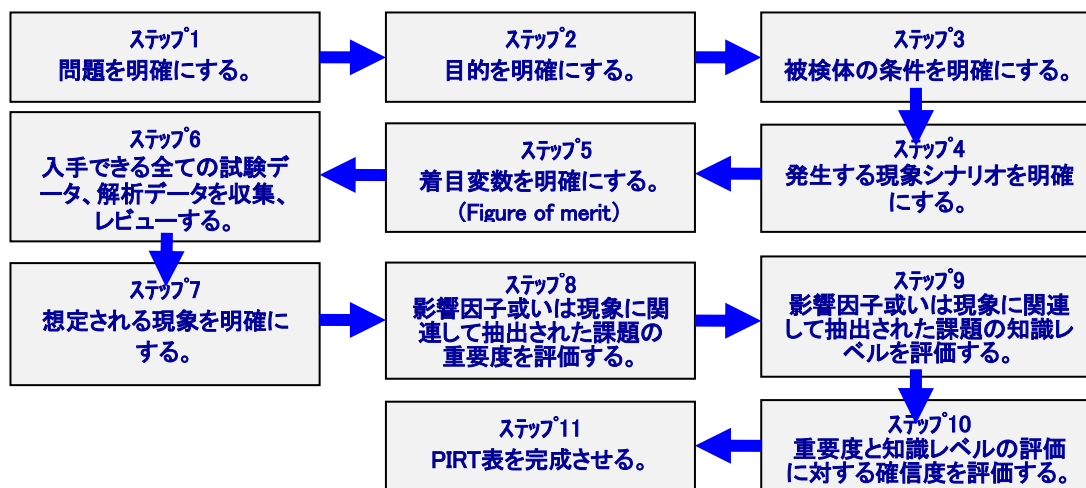


Fig.1 PIRT process for identifying important research problems to be solved to improve an accuracy of UT and ECT