クラス1 機器異材継手及び配管耐圧部溶接継手における 体積試験範囲適正化の検討*

堂崎 浩二^{*1}, 水谷 義弘^{*2}, 釜谷 昌幸^{*3}
町田 秀夫^{*4}, 岩崎 正伸^{*5}, 柴山 隆^{*6}
山本 智^{*7}, 牧原 善次^{*8}

Study on Modification of Examination Range in Volumetric Inspection for Dissimilar Metal Weld of Class 1 Components and Pressure Boundary Weld of Class 1 Piping

Koji DOZAKI^{*9}, Yoshihiro MIZUTANI, Masayuki KAMAYA,
Hideo MACHIDA, Masanobu IWASAKI, Takashi SHIBAYAMA,
Satoshi YAMAMOTO and Zenji MAKIHARA

^{*9} Plant Management Department, The Japan Atomic Power Company,
1-1 Kanda-Mitoshiro-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0053 Japan

Volumetric examination range is defined to cover the wall thickness for welds of category B-F and B-J in current JSME Fitness-for-Service (FFS) Code. Since it was not reasonable for examiners to have higher radiation dose due to meaningless data such as configuration echoes, a rule change of the volumetric examination range to 1/3 thickness of inner surface side from the whole thickness was proposed. By this modification in the examination range, advanced inspection techniques such as phased-array ultrasonic test would be applicable. Through the survey of various report, it was shown that the welds of these categories had not been suffered from any trouble which initiated from embedded flaw. Furthermore, the validity of the modification was also confirmed by showing the allowable flaw size for plant fabrication was smaller than that of the JSME FFS Code. Namely, any serious flaw is not initiated from inside the body during the plant operation, or, even if a flaw exists in plant fabrication, the size of the flaw is small enough from view point of the integrity assessment.

Key Words: Nondestructive Inspection, Welded Joint, Stress Corrosion Cracking, Fatigue, Volumetric Examination Range, Category B-F, Category B-J, Fitness-for-Service Code

1. 緒 言

(社)日本機械学会(JSME)維持規格は 2000 年版(初版)で欠陥評価法を中心に策定し⁽¹⁾, 2002 年改訂版で検査編を追加⁽²⁾, 2004 年版で補修編を追加し整備を進めてきている⁽³⁾. 昨今では, 検査関係の研究開発成果の規格への反映や, 試験範囲の適正化が望まれている.

これらの課題のひとつに, クラス1 機器異材継手及び配管耐圧部溶接継手における体積試験範囲を, 現行の板厚全体から内面側 1/3 体積に変更することが挙げられる.

本報では, 損傷事例調査と欠陥評価の観点からの検討を行い, この体積試験範囲の変更の妥当性を示す根拠を整理した.

2. 課題の概要

* 原稿受付 2008 年 10 月 22 日.

^{*1} 正員, 日本原子力発電(株) (☎ 101-0053 東京都千代田区田田美土代町 1-1).

^{*2} 正員, 東京工業大学大学院理工学研究科 (☎ 152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1).

^{*3} 正員, 原子力安全システム研究所 (☎ 919-1205 福井県三方郡美浜町佐田 64).

^{*4} 正員, (株)テブコシステムズ (☎ 135-0034 東京都江東区永代 2-37-28).

^{*5} 関西電力(株) (☎ 919-1141 福井県三方郡美浜町郷市 13 横田 8).

^{*6} 三菱重工業(株) (☎ 652-8585 神戸市兵庫区和田崎町 1-1-1).

^{*7} 正員, (株)東芝 (☎ 235-8523 横浜市磯子区新杉田町 8).

^{*8} 日立 GE ニュークリア・エナジー(株) (☎ 317-0073 日立市幸町 3-1-1).

E-mail: kouji-douzaki@japc.co.jp

JSME 維持規格 2004 年版において, 当該部は図 1 に示すように, 試験体積範囲が全板厚 t と規定されている. しかしながら, 高線量区域における体積試験において測定したデータに形状エコー等の欠陥検出に有用でないデータが多く含まれており, 試験員の被ばくが増大する一因となっている. そこで, ASME⁽⁴⁾や維持規格クラス2 機器の規定と同様に体積試験範囲を内面側から 1/3 t とする変更を検討した. この変更により, 図 2 に示すように探触子の走査範囲が小さくなり, 新しい検査技術であるフェーズドアレイ法(電子走査型)超音波探傷の適用が促進されることも期待される.

Fig.1 Volumetric examination range in JSME FFS Code

この体積試験範囲の変更の妥当性を検討するため、この変更により検査対象外となる材料内部を起点に有害な欠陥が発生した事例について調査した。具体的にはクラス 1 機器の既存の損傷事例調査結果 (EPRI, HPI, JSME) を活用し、該当部位での事例を調査し、SCC、疲労以外の損傷の有無を確認した。また、欠陥評価の観点からも検討を加えた。

Fig.2 Reduction of scanning range

3. 検討内容

3.1 損傷事例調査 それぞれの損傷事例を調査した結果を以下にまとめる。

(1) EPRI/PNL の高経年化評価関連文献⁽⁵⁾

- 異材継手または配管耐圧部の内部から発生するような損傷モードの記載はなかった。
- 供用中のラミネーション欠陥の発生と解釈されるような記載は見当たらなかった。

(2) JNES データベースにおける国内トラブル事例

- 1989.6 以降の法律/通達対象を主として調査した。
- 異材継手または配管耐圧部と類似の箇所においては、疲労、SCC、減肉以外の損傷は発生していない

(3) (社) 日本機械学会報告書「軽水炉原子力発電所で発生し得る損傷モードとその特徴」

以下の 2 例を除き、材料内部から進展する可能性のある事象はなかった。これらの例については、以下の通り検討した。

① 介在物起点の機械疲労

- 一般に介在物起点となるような疲労は高強度鋼および表面硬化材などで発生する。したがって、クラス 1 機器異材継手・配管耐圧部に使用されている材料には当てはまらない。

- (社) 日本溶接協会 GCF (Giga Cycle Fatigue) 小委員会 SUS316NG の高サイクル疲労試験を実施した結果、少数例ではあるが内部起点で疲労き裂が発生したとの報告がある。

- しかしながら、主に振動で発生する高サイクル疲労と超高サイクル疲労はき裂が発生してから破損に至る時間が短く貫通前にき裂を検出することは困難で、このことは体積試験範囲に依存しない。

② クラッド下割れ

- クラッド下割れはクラッドと母材の境界面から発生するものであることから、検査対象範囲が全体積から内面側 $1/3t$ になっても問題とすべき欠陥に対する検出は変わらない。
- クラッド下割れは容器で見られた事例であり、異材継手または配管耐圧部での発生事例はない。

以上より、検査範囲が全体積から内面側 $1/3t$ になっても問題とすべき欠陥に対する検出は変わらないことが明らかとなった。

3.2 欠陥評価の観点からの検討 溶接部に対しては製造時に RT により内部欠陥の検査が実施されている。しかし、判定基準を満足するサイズの欠陥が材料内部に存在する可能性がある。

材料内部の欠陥は、SCC ではなく、疲労により進展する。維持規格においては、疲労の場合は、評価不要欠陥寸法以下であれば無害な欠陥と判断できる。図 3 に示すとおり、製造時検査の判定基準から想定される欠陥の最大寸法が、評価不要欠陥寸法を下回ることを確認した。すなわち、製造時の初期欠陥は、健全性評価上問題ないと判断できる。

Fig. 3 Comparison of allowable flaw standards for NDE in fabrication and for FFS Code flaw evaluation

4. まとめ

損傷事例調査と欠陥評価の観点からの検討を行い、クラス 1 機器異材継手及び配管耐圧部溶接継手における体積試験範囲を、現行の板厚全体から内面側 $1/3$ 体積への変更が妥当であることを確認した。

文 献

- (1) JSME S NA1-2000
 - (2) JSME S NA1-2002
 - (3) JSME S NA1-2004
 - (4) ASME B&PV Code Sec. XI 2007
 - (5) J. V. Livingston, et. al., PNL-10717, A Review of
Information for Managing Aging in Nuclear
Power Plants, September 1995
-