第Ⅱ部 産業界の最近の動向と溶接工学

Ⅳ 品質保証と管理

2. 非破壊検査技術

横 野 泰 和*

Non-Destructive Inspection Technologies

by YOKONO Yoshikazu*

キーワード：非破壊検査，非破壊試験，放射線透過試験，超音波探傷試験，標準化，デジタル化，ISO 規格

2.1 概 要

非破壊検査は，一般にものづくりの工程においてほぼ最終段階で適用され，製品や構造物の品質を保証するという間接的な役割をもつことから，世の中が不況に陥ったときに少し遅れてその影響が現れると言われている．事実，2008年10月のリーマンショックに端を発した世界同時不況の影響が現れたのはその直後ではなく，2009年の後半になってから非破壊検査に関する仕事量が徐々に減少して，2010年に入ってその傾向が次第に顕著になってきている．一方，原子力発電所の供用期間中検査（ISI）のように法律で取り決められた保守検査など，その安全性が最優先されるものに関しては，従来通りの仕事量が確保されており，世の中の不況に左右されることは比較的少ない．いずれにしろ，好況・不況に関係なく，社会の安全・安心を守ることは必須の要求事項であって，非破壊検査なしでその要求を満足することはできないことは事実である．

このような状況下で，非破壊検査を発注する側では，検査結果の精度や信頼性を損なうことなく，効率を高めコストを下げるのが最大の課題であり，そのために新たな非破壊検査手法の開発・導入が望まれている．近年のデジタル化，信号処理など周辺技術の急速な発展に伴い，非破壊検査においても，自動化，高精度化，高能率化を目的とした最新技術が開発され，検査方法の選択肢が非常に多様化しつつあるが，一方その役割を十分に果たすためには，これらの新しい技術の基準化，標準化が非常に重要となる¹⁾²⁾．

2.2 非破壊検査技術の動向

非破壊検査に関連する最大規模の国際会議はWCNDT（World Conference on Non-Destructive Testing）であり，2008年の10月に中国の上海で第17回の会議が開催された．このときはまだ世界同時不況の影響もなく，また

北京オリンピック終了後の活況に沸く中国での開催ということもあって，参加登録者は50カ国から764名（うち中国は234名）を数えた．また同時に併設された展示会では，出展件数が202件（うち中国が78件）で，上記の参加登録者以外の来場者数が，三日間で延べ8,300名と非常に盛況であったと報告されている³⁾．

論文の発表件数は39カ国471件で，国別の発表件数及びNDT方法別の発表件数をそれぞれ図1及び図2に示す．国別では，開催国の中国が圧倒的に多くほぼ1/3を占め，ロシア，ドイツ，イギリスに次いで日本が5番目に位置しており，地理的な影響もあってかアメリカとカナダはやや少なくその次に名前を連ねている．NDT方法別

図1 国別発表件数（合計：39カ国，471件）

図2 NDT方法別発表件数（合計：471件）

原稿受付 平成22年4月10日

*正 員 ポニー工業（株） Member, Pony Industry Co., Ltd.

図3 主要国の NDT 方法別発表件数

では、超音波探傷試験（UT）が全体のほぼ40%を占め、放射線透過試験（RT）と渦電流探傷試験（ET）がこれに続いている。なお、磁気探傷試験（MT）が45件と比較的多いように思われるが、この半数以上は中国とロシアが研究に力を注いでいる磁気メモリ（Magnetic Memory）に関するもので、通常の磁粉探傷試験に関するものは15件程度であった。UTに関しては、フェーズドアレイ、TOFD、ガイド波などの新技術に関連するものが多くを占め、RTに関しても、デジタルラジオグラフィ（DR）やコンピュータイドラジオグラフィ（CR）に関連するものが大半であった。

中国を除く主要国の NDT 方法別発表件数を図3に示す。UTに関しては、どの国もかなりの件数を占めており、特に日本は総数の70%を占めている。なお、さらに詳細をみるとフェーズドアレイに関しては、カナダ、日本及びドイツの発表が多く、ガイド波についてはアメリカ、イギリス及び韓国が多く、それぞれの国ごとに研究テーマの捉え方が異なっているようである。一方RTに関しては、ドイツが圧倒的に多くの発表を実施しており、DRの分野でイニシアチブを取ろうとする動きがあるものと思われる。

溶接部の非破壊検査に関する最近の動きとしては、現行の規格に従った方法を実施するだけでなく、新しい技術を実際に適用するための検討が行われている。RTに関しては、従来から一般に用いられているフィルムによる撮影方法から、放射線検出器を用いてデジタル化した画像を得る方法に置き換えようとする動きがある。これを実現するため、フィルムによる従来のRTとデジタルRTによる検査結果を比較した研究が多く発表されており、規格化の基礎データが揃いつつある⁴⁻⁹⁾。またUTに関しては、従来のAスコープ表示による手動一探触子法をTOFD法やフェーズドアレイ法に置き換えようとする動きがあり、画像化による記録性の向上と技術者の技能への依存度の低減が図られている¹⁰⁻¹⁵⁾。これらの実績が今後の標準化の動きに大きく影響するものと考えられる。

2.3 非破壊検査の規格化・標準化

溶接構造物や各種製品に対する非破壊検査方法に関しては、従来から適用されている一般的な方法についてはすでに規格の整備が行われており、ISOとの整合化も進められてきている。一方、新技術を導入するに当たって、その規格化、標準化がこれからの課題となっている。

RTにおけるデジタル化に関して、すでに海外では規格化が先行しており、撮影したフィルムをデジタイザによりデジタル化する方法として、ISO14096:2005（Non-destructive testing - Qualification of radiographic film digitization systems -）が制定されている。フィルムの代わりに放射線検出器を用いてデジタル画像を得るCR及びDRに関しては、欧州規格であるEN規格及び米国のASME規格などに規定されている。なお、EN規格とASME規格では考え方に相違があり、現在日本国内で標準化するに当たって、（社）日本非破壊検査協会においてワーキンググループを設置して内容の吟味・検討が進められている¹⁶⁾。なおCRに関して、国内では配管の腐食減肉の評価に用いられることが多く、日本電気協会規格JEAG4224-2009「原子力発電所の設備診断に関する技術指針—放射線肉厚診断技術」及び日本機械学会規格JSME S TB1-2009「発電用火力設備規格 火力設備配管減肉管理技術規格」において、その評価方法が規定されている。

超音波探傷試験に関する新技術の規格化の動きとして、TOFD法に関して米国ではASMEのCode Caseに基づいてRT代替の手法として適用されており、また欧州でもすでにEN規格が制定されており、ウィーン協定に基づいてCENリードのISOとして提案され現在審議が進められている。また、フェーズドアレイ法に関しては、すでに米国のASTM E2491（Standard Guide for Evaluating Performance Characteristics of Phased Array Ultrasonic Examination Instruments and Systems）として規格化され、これもASMEのCode

Caseに基づいて実用化が推進されており、一方欧州から CEN リードの ISO として新規提案され、これから内容の詳細について吟味・検討が行われる状況にある。

国内では、TOFD に関して (社) 日本非破壊検査協会規格である NDIS2423:2001「TOFD 法によるきず高さ測定方法」をきずの検出にも拡大して適用する検討が始まっている。また、(社) 日本機械学会の JSME S NA1:2000「発電用原子力設備規格 維持規格」が2008年に改正され、(社) 日本電気協会の JEAC 4207:2008「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」を引用し、きず高さの定量評価を目的としてフェーズドアレイ法の適用について規定している。

このように非破壊検査の標準化において、デジタル化技術がその中心的役割をもつものと予想される。

2.4 まとめ

溶接・接合部の非破壊検査は、その手法及び技術内容が多様化される一方で、適用される分野はますます広がるものと考えられる。このため、適用に際しては、規格・基準等の標準化の整備とともにその国際化がさらに要求される傾向にある。非破壊検査に関連する ISO は、主として日本が議長国である TC135 で議論されるが、溶接部の非破壊検査に関する ISO は TC44 に含まれるものも多い。欧州主導型と言われる ISO と独自路線の米国との両方の動向に留意しながら、これらに係わる国内の学協会の関係者が有機的に活動することが、非破壊試験関連規格のグローバル化においての最重要課題であると考えられる。

文 献

- 1) 大岡：第II部 産業界の最近の動向と溶接工学 IV 品質保証と管理
2. 非破壊検査技術，溶接学会誌，Vol.77，No.5，pp132-134 (2008)。
- 2) 横野：溶接接合教室 第4章 溶接施工管理 4-4 溶接・接合部の非破壊試験方法と検査，溶接学会誌，Vol.78，No.3，pp37-47 (2009)。
- 3) 井上：第17回 WCNDT 参加報告，非破壊検査，Vol.58，No.1，p.p.21-24 (2009)。
- 4) 加藤：放射線透過試験の活動報告と今後の展望，非破壊検査，Vol.58，No.8，p.p.294-297 (2009)。
- 5) S. A. Mango, et al.: Predictive Model of Key Performance Measures for Computed Radiography, Material Evaluation, Vol.67, No.1, pp17-22 (2009)。
- 6) R. Pincu, et al.: The Transition from Conventional Radiography to Digital Radiography, Material Evaluation, Vol.67, No.5, pp499-506 (2009)。
- 7) C. A. Marinho, et al.: Film Replacement by Digital Technique in Weld Testing, Material Evaluation, Vol.67, No.5, pp529-539 (2009)。
- 8) U. Ewert, et al.: Strategies for Film Replacement in Radiography Films and Digital Detectors in Comparison, 17th WCNDT, 25-28 October 2008, Shanghai China。
- 9) J. Beckmann, et al.: Improved procedure for Computed Radiography - A Comparative Study on Weld Tube Sections by Film Radiography and Computed Radiography, 17th WCNDT, 25-28 October 2008, Shanghai China。
- 10) 廣瀬：超音波探傷試験の活動報告と今後の展望，非破壊検査，Vol.58，No.8，p.p.298-305 (2009)。
- 11) 古川ら：超音波探傷検査技術の動向，非破壊検査，Vol.57，No.12，p.p.556-560 (2008)。
- 12) S. K. Nath, et al.: An Ultrasonic Time of Flight Diffraction Technique for Characterization of Surface Breaking Inclined Cracks, Material Evaluation, Vol.67, No.2, pp141-148 (2009)。
- 13) S. K. Nath, et al.: Reliability Analysis of Time of Flight Diffraction Characterization of Inclined Cracks, Material Evaluation, Vol.67, No.5, pp529-539 (2009)。
- 14) E. Sjerpe, et al.: International Institute of Welding Commission VC Update, Material Evaluation, Vol.67, No.4, pp400-403 (2009)。
- 15) M. Moles, et al.: Bevel Incidence Angle Requirements for Encoded Phased Arrays, Material Evaluation, Vol.68, No.1, pp29-36 (2010)。
- 16) 大岡ら：デジタルラジオグラフィ法適用のための規格化への取組み，(社) 日本非破壊検査協会第7回放射線シンポジウム講演論文集，pp.35-39 (2010)。