IV 品質保証と管理

2. 非破壊検査技術

大岡 紀一*

Nondestructive Inspection Technique

by OOKA Norikazu*

キーワード：非破壊検査，非破壊試験関連規格，ISO規格，内部検査，表面検査，放射線透過試験，超音波探傷試験

2.1 概要

各種プラントの機器・配管，建築，橋梁，運輸等の大型構造物，それらを構成する部材等の製造過程及び保守保全において，非破壊検査は品質保証及び品質管理の目的を達成するための一手段である．一般に，溶接構造物における溶接部に対しては最終的に溶接終了後に外観検査，磁粉探傷検査，浸透探傷検査等の表面検査や放射線透過検査，超音波探傷検査等の内部検査が実施されるだけでなく，溶接前には開先検査など，溶接中には多層盛溶接の層間や裏はつり部の検査などに表面検査が適用される場合がある．一方，機器等の状態監視，診断にAE（アコースティックエミッション）試験及びサーモグラフィ試験が適用されてきている．対象となるきずは品質管理の面からそれを検出するだけでなく，その試験結果は設計及び製造工程にフィードバックされ，それらの改良・改善に有益となる．すなわち，ISO9001（品質マネジメントシステム）におけるPDCAサイクルのCheckにおいて重要な役割を果たすことになる．非破壊検査によって最終製品の健全性を確保することは保全などにおいても供用期間中の各種プラントの機器や配管，輸送用機器，建築，橋梁等の安全性を維持していくことに繋がっていくことである．保全などにおいて非破壊検査の対象となる損傷は材料劣化，割れ及び腐食減肉などであり，使用されている材料，使用環境，運転条件，過去の履歴等によりその発生形態が異なるので，これらに留意して適用する非破壊検査手法等を選定する必要がある．一方，非破壊検査を実施した場合にその結果の精度と信頼性については，適用した試験方法及び試験条件が妥当であるか否かを事前に確認することが望ましいが，模擬試験体の製作や非破壊試験実施後の切断試験による確認を行おうとすると必ずしも経済的とは言えない．このため，例え

ば放射線透過試験では透過度計や階調計を用いて透過写真の像質を管理あるいは評価することによって，間接的に試験方法及び試験条件の妥当性の確認を行っている．この他に試験装置が所定の性能を満足していること及び試験技術者の力量（必要な技量・資格を有していること）が規定される．このように規格・基準に従って試験・検査を実施することによって，ある品質レベル以上の試験・検査結果が得られるように管理が行われていることになる．

2.2 全体の関連規格及び試験技術の動向

非破壊試験を実施する際には信頼性のある客観的な結果を得るために，一般に非破壊試験技術に係わる規格・基準が引用される．その最も代表的なものは日本工業規格（JIS）であるが，原子力や火力発電プラント，石油石化・化学プラント等の公共性の高い大型構造物などに対しては法令などにより，また具体的な実施手順等については，JIS規格，各種団体規格など既存の規格・基準を引用し規定している場合が多い．JIS規格の制定及び改正に際しては，最近の国際化社会を反映してISO（国際標準化機構）規格が引用されるのが基本である．これは，国際的な障害を排除し貿易の不均衡をなくすことを共通認識として，強制規格及び任意規格ともに国際規格との整合化に配慮してのことである．そのため，できる限りISOの考え方を取り入れる方向で実情に配慮したJIS規格の制定，改正が行われている．国際規格のJIS規格などへの採用において国際規格との同等性の程度は「一致（IDT）」、「修正（MOD）」及び「同等でない（NEQ）」に分類されており，「一致」及び「修正」が国際規格を採用していることになる．国際規格は，規格作成プロセスでの透明性，公開性，平等性が確保されること，及び作成された国際規格は世界の市場のニーズを適切に反映したものであることが必要となっている．非破壊試験に関しては，ISO/TC135（非破壊試験に関する専門委員会）に相当する欧州における委員会はCEN TC138であり，近年，これにはTC135議長あるいは幹事（現在は日本が議長・幹事国）がObserverの形で参加して相互の連携を図っている^{1, 2)}．ISOに対する日本の標準化活動は，これまでの長い間，他の先進工業国と比較すると受け身的であった．

原稿受付 平成20年3月26日

* (社)日本溶接協会 The Japan Welding Engineering Society

非破壊試験分野においても日本からの国際規格原案を提出することは少なく、他国の規格案に対するコメントのみにとどまっていた。しかし(社)日本非破壊検査協会が1992年にTC135の幹事国業務を、1995年にSC6(漏れ試験)の幹事国業務を受けて以来、国内はもとより国際的にもより積極的な活動を展開してきている³⁾。一方、国家規格と民間団体規格との比較において、一般に直接的な公的関与の多少に応じて分類し、強制法規における強制基準、公的標準(いわゆる「デジュール標準」)、非公的標準(「デファクト標準」)及び標準化されないものに分類されJIS規格はデジュール標準、(社)日本非破壊検査協会規格のNDISあるいは(社)日本溶接協会規格のWESのような規格はデファクト標準として分類されることになる⁴⁾。

2.3 非破壊試験関連規格及び技術の動向

非破壊試験関連のISO規格についてTC135は勿論のこと、「溶接」の専門委員会であるTC44、「鋼」の専門委員会であるTC17でも取り扱っている規格が少なくない。一方、近年TC108(Mechanical vibration and shock)では機器の状態監視、診断に前述のAEあるいはサーモグラフィを用いて試験する際の技術者の認定に関する規格の制定が進められている。2008年3月現在で1998年から2007年までのTC135におけるISO関連規格の制定等の状況は以下のようなものである。共通規格としてTC135ではISO9712(非破壊試験—技術者の資格認証)が2005年に改訂され、非破壊試験の一般用語の定義はTechnical SpecificationとしてTS18173が、更に資格試験に用いられる試験体の不連続部に関してTS22809として制定された他2件である。TC44(溶接関連専門委員会)ではFDIS(Final Draft ISO)に関して、超音波探傷試験ではオーステナイト系ステンレス鋼及びニッケル基合金溶接継手など4件、磁粉探傷試験、浸透探傷試験及び渦電流試験がそれぞれ1件である。なお、超音波探傷試験規格でTC44で扱うステンレス鋼溶接部に関わる規格がここ数年増加の傾向にある。一方、渦電流探傷試験規格についてTC44では1件もないが、TC135ではISO/DIS(Draft ISO)として、用語の定義、一般原則、装置に関する性能等5件が審議中であり、いずれはISO規格となる。従って、ISO規格がない現在、今後は日本からの意見を積極的に提案していく予定となっている⁵⁾。一方、目視試験規格としてTC135では表面試験の金属組織レプリカ及び目視検査の手段—低倍率拡大レンズの選択の2件、TC44では1件のみで、2005年に溶融継手の外観試験としてJISZ3090を制定している。TC17は鋳鋼品の表面品質の目視試験と定義の1件となっている^{2, 4)}。

ISO関連規格以外ではCEN(ヨーロッパ標準化委員会)のEN及びBS(イギリス規格協会)、米国のASTM(米国材料試験協会)、ANSI(米国規格協会)、ASME(米国機械学会)などにおいて多くの規格を制定している⁴⁾。国内の民間団体規格としてはNDISやWESなどの他、(社)軽金属溶接構造協会、(社)ステンレス構造建築協会、(社)日本圧接協会、(社)日本アルミニウム協会、(社)

日本エルピーガスプラント協会、(財)日本海事協会、(社)日本軽量機器工業連合会、(社)日本建築学会、(社)日本コンクリート工学協会、(社)日本電機工業会なども非破壊試験に関連する独自の協会規格を制定している。なお、国内規格として(社)日本非破壊検査協会が制定、改正、確認の見直しなどを行っているJIS規格を参考までに挙げると、2008年1月現在、共通関連では8件、資格及び燃焼関連では3件、放射線関連で17件、超音波関連で25件、磁粉・浸透関連で11件、渦電流・漏洩関連で7件、漏れ関連で6件、AEでは1件である。一方、団体規格としてのNDIS規格では、3件の目視試験関連規格、9件のひずみ関連規格、4件のサーモグラフィ試験関連規格、9件のコンクリート関連規格、1件の電位差法に関連する規格など、およそ60件である。

次に、非破壊検査の動向として主な試験技術を挙げる。放射線透過試験関連では、主流であるX線フィルムによるラジオグラフィに代わって、イメージングプレートに代表されるデジタルラジオグラフィが、撮影後の画像処理技術による三次元映像化をより実用的なものにしている。さらに画像の管理、画像による計測技術等の活用が期待されるが、デジタルラジオグラフィ技術の実用化にはJIS化が当面の課題でもある。一方、検査の適用は構造物の溶接部からコンクリート、小型電子部品や文化財などに拡大が図られてきており、これに伴うマイクロフォーカスX線装置、あるいは大型構造物への適用のための高エネルギーX線装置としての電子線加速器などの開発研究も進んできている。

超音波探傷試験関連ではガイド波、非線形超音波、フェーズドアレイシステム等の適用が注目されてきている。ガイド波は、ここ数年配管への広領域超音波探傷手法としての利用が増えつつあり、鉄道レール、石油タンク、ボイラーチューブなどのきず及び減肉などの検査への実機適用に向けた検討も行われている。また、き裂及び材料の評価においてより微細なきず及び材料内部組織の変化などの検出が可能な非線形超音波に関する研究が行われている。一方、欠陥の高さあるいは深さの高精度測定技術に関し、特に原子力分野においてこれらの技術はPD(Performance Demonstration, 性能実証)認証制度に取り込まれた^{5, 6)}。規格としてNDIS 0603が制定され、超音波探傷試験技術者に対して探傷装置、手順書と一括した超音波探傷試験システムの性能実証が2006年1月から開始された。なお、今後は原子力分野以外でのPD認証制度の展開が期待される。PDでは端部エコー法、フェーズドアレイ法、モード変換波法、TOFD(Time of Flight Diffraction: き裂先端部回折波伝搬時間測定)法の適用が規定されている。この中で、フェーズドアレイ技術はきずの検出あるいはサイジングに必須の技術として、最近、適用のための研究開発が多方面で進んでおり、注目されてきている。今後はより高精度のき裂サイジング装置、き裂周りの波動解析シミュレーションとデジタル処理を組み合わせた画像化技術の開発研究が進められるであろう⁷⁾。また、非接触技術としてレーザー超音波、電磁超音波および空中超音波の試験研究も進められている⁸⁾。

一方、表面探傷試験技術では上記PD制度の導入に伴

うサイジングの影響を受け、維持基準の考え方が広まり、保守検査におけるきずの定量性が求められ、き裂寸法の定量評価、微小き裂の高感度検出、鋼板裏面のきずや腐食の分布、鋼材の材料評価等の方向への試験研究が渦電流探傷試験、磁粉・漏洩磁束探傷試験分野において進んでいる⁸⁾。

2.4 まとめ

以上、非破壊検査技術について品質保証と管理の観点から述べたが、検査に係る試験技術は個々の試験成果をベースとした標準化であり、国内では各種団体等によるJISの規格化である、と同時に国際規格（ISO）との整合

化でもある。したがって、今後は広範囲な各種団体等を含めた体制での国内外の諸規格への対応が不可欠であると考えらる。

文 献

- 1) 大岡：非破壊検査による品質管理などに関する講習会資料 JSNDI, 2008. 2.
- 2) 大岡：非破壊検査, vol.56 (2007), No.8, pp427-434.
- 3) 大岡：非破壊検査, vol.55 (2006), No.2, pp77-83.
- 4) JIS ハンドブック, 非破壊検査, 2007.
- 5) 大岡：JWES RUMPES Vol.19, No.3, Autum, 2005.
- 6) NDIS 0603-2005「超音波探傷システムの性能実証における技術者の資格および認証」.
- 7) 三原：非破壊検査, vol.56 (2007), No.8, pp394-399.
- 8) 小井戸：非破壊検査, vol.56 (2007), No.8, pp400-404.