

8

非破壊試験技術実用化研究委員会

8.1 委員会設立と経緯

(一社)日本溶接協会が、本年、70周年記念を迎えるにあたり本委員会の2008年から2018年までの活動報告について述べる。本委員会は、歴史的には、放射線透過試験(RT; Radiographic Testing)においてX線装置の代替線源として低エネルギー γ 線源の開発および適用の確立が不可欠とされたため、国内に初めて核燃料再処理施設を建設するための技術開発として、1992に「低エネルギー γ 線源実用化試験委員会(略称Yb委員会)」を発足して、その成果は γ 線源の実用化試験に至った。一方、“きず”の高さ測定技術に関して、2000年度からは、 γ 線源の適用のみならず、

デジタルラジオグラフィ(以下D-RTという)技術あるいはそれに関連してのきず高さ測定技術などの実用化、普及活動などを旨とし、当協会の専門委員会として“非破壊試験技術実用化研究委員会”(Application of NDT techniques for industrial fields: 略称 AN委員会、大岡紀一委員長)を発足させて、より幅広いNDTの実用化を実施してきた。2008年からのおよそ10年間は主として、D-RTに関する試験研究、標準化活動としてのJIS化、D-RTの教育・訓練などを行ってきた。

8.2 委員会の目的、趣旨

各種プラントなどにおける溶接構造物などの安全性を確保することの重要性が年々高まりつつある中、AN委員会を設置して、国内でフィルムラジオグラフィ(以下、F-RTという。)に代わってのD-RTがISO規格の制定によって、より加速されたことによるニーズの高まりに応える。また、きず高さの測定にも対応しての試験研究を進め

る。

一方、ISO規格のJIS化を早急に進めてD-RTの現場活用を容易にする。さらに、実験による試験研究の成果に関して、国内外での発表を行うとともに、国際の場での新しい技術の情報交換を積極的に行い技術向上を図る。

8.3 委員会活動の経緯

国産Yb-169線源の安定供給および原子力分野での再処理施設における配管の検査への実用化など、所期の目的は達成された。そこで、上述したように、AN委員会を設置して、F-RTに代わってのD-RTのISO規格の制定によって、各種産業界からこの規格のJIS化が強く望まれるに至った。これに応えるべく、実験をとおしての試験研究の成果を盛り込んだD-RTの参考図書を発刊し

ている。また、これを用いてD-RTを実施する試験技術者の国内初の技術講習会を開催して、規格に基づく適正なD-RT試験技術の普及を行ってきた。

一方、ISO規格のJIS化については、D-RTの現場適用を容易にすることから、早急に進めて、順調にJIS化を行った。さらに、実験による試験研究の成果に関して、国内の非破壊試験に関する

発表はもとより国外のコンファレンスにおいても発表を行ってきている。また、国際の場での情報

交換を積極的に実施している。

8.4 委員会の活動状況

2008年度は、きずの測定に関して、これまで試験・研究に用いてきた疲労割れ平板および管試験体について、横波斜角セクタースキャンおよび縦波斜角セクタースキャンによるフェーズドアレイ超音波探傷試験を行い、放射線透過試験の結果と比較検討を実施した。

一方、D-RT技術に関しては、まず低エネルギーを用いた放射線透過写真とそれをデジタル化した画像との比較のための試験研究を行い、ISO規格に規定する内容の妥当性を確認するために、具体的な実験方法を検討した。

2009年度からは、D-RTのJIS規格の制定にあたり、D-RT規格の現状についてEN規格等の調査などを行い、CR (Computed Radiography) およびD-RTを改正JIS Z 3104に取り入れる場合の規格化対応の全体構成、用語の定義、透過写真の像質の種類、透過写真の必要条件および透過写真の観察について検討を行い、(一社)日本非破壊検査協会の主催する放射線分科会およびシンポジウムで、3回にわたって、その成果を発表し、D-RTのJIS化の必要性および重要性を述べた。低エネルギー領域におけるD-RTにおいてEN関連規格内容の妥当性の確認のための実験に孔形試験片3セットを製作し、これによる予備の実験を実施した。撮影したフィルムのデジタル化およびIP (Imaging Plate) による撮影は5社が実験を分担し、集合実験として行った。

一方、針金形透過度計を用いてのDR回送実験に関して予備の実験の結果、画像を拡大すると、デジタル化しても識別でき、拡大率を上げるとごみ、きずなどの分離が困難となることが予測され、また、観察器は低い濃度では識別し難いので、濃度の低いものは観察器の輝度を下げる必要があり、各社の観察器の輝度を測定しておくことを確認した。今後、孔と線の識別の違いを各社において調べることにした。これまでAN委員会での試験・研究の成果をまとめて2009年11月にパシフィコ横浜で開催されたAPCNDT (アジア・太平洋非破壊試験会議) 2009に、RT-GUCHI (Geometric Unravel for Crack Height Image) 法とUT法の結果を纏めたものを発表した。また、APCNDT2009横浜で来日したドイツのBAM所属の

Dr.EwertによるD-RTに関する講演会を11月13日(株)千代田テクノル本社を会場に実施し、これまでのAN委員会の活動状況を紹介して、有意義な技術的情報交換ができた。また、フィルム法とCR法の最適撮影条件における撮影時間の検討が必要であることが今後の課題として挙げられ、実験で確認をすることとなった。

2010年度はD-RTの回送実験で、まずフィルム法で撮影した透過写真の観察結果について、最小識別孔径およびDuplex Wireが分離して識別できているか否かについて実施した。D-RT画像の観察については、あらかじめDVDに収録済みの画像を画像観察装置 (2セット) により、透過写真の観察はシャークカステン (2セット) と拡大鏡、デジタルマイクロスコープを用いて実施した。

一方、デジタイザーに関しても検討を行い、ISO規格では高い性能のデジタイザーを要求しているため、FCR (Fuji Computed radiography) でのIPのデータを観察することも、今後重要と考えられ、濃度の薄い所は像の拡大が必要で、半影像の少ないくっきりした像がデジタイザーに必要であると判断された。一方、デジタイジング画像のprofile分析結果についてはDuplex wire像の場合、欧州 (BAM) での評価方法 (評価手順、使用している解析ソフトなど) を調査し、国内の実験結果からもISOにおける規定についても確認を行った。さらに、透過度計の針金像の場合、フーリエ変換法を使用したMTF評価の適用性について欧州の実情を調査した。



写真 8.1 BAM でのキックオフ会議

海外調査についてはドイツの材料研究所 (BAM) および非破壊検査協会 (DGZfP) を訪問し、欧州におけるD-RT等の現状について調査し、併せてJWESのAN委員会の活動状況を紹介するとともに、DRに関する実験結果についても報告し、質疑応答を行った。

今後、継続してデジタイジングに関する試験・研究を進めるとともに、DRおよびIPを主体としたCRへの展開を図ることとし、DR、CR等の適用技術の確立および規格化の検討についてはデジタイジングを含めての検討およびそれに関連しての技術ハンドブックをも検討することとした。

2011年度は、低エネルギー領域におけるRT写真デジタル化におけるEN関連規格の妥当性の確認のための実験について、貫通孔を付与したTPを用いて回送実験で撮影採取したIPによるデータの集合観察実験を実施した。管電圧200kV以下のX線による撮影実験を行い、撮影後に透過写真像と比較することによって解像度の把握を行うとともに、Duplex wireのIQI像からEN規格に従いMTFの評価を行った。一方、今後の実験に使用する試験片の選定のために、これまでに製作した各試験片について検討した。また、きずのサイジングのためにUTでは斜角法やTOFD法により試験を行い、RT手法としてのGUCHI法による試験を実施した。

さらに、RT線源の製造・供給は、平成23年度における東日本大震災の影響を受けて、RT線源の製造・供給にも支障が生じた。一方、規格化の推進についてはCR、DRを改正JIS Z 3104に組み込む場合の規格化対応の全体構成などを主に検討を行ってきたが、今後は関連するISO規格を翻訳JISにすることも視野に入れて早急に規格化の検討を推進することとした。

2012年度は、実欠陥に近似した模擬欠陥を付与した試験体を用いてX線による実験を行い、欧州規格をベースに策定が進められているISO規格 (ISO/FDIS17636-2:2011) の妥当性の確認試験を進めた。試験体の選定では、RTフィルム上で検出、かつ、きずの幅が判明している試験体とした。

実験では厚さ9mm～50.2mmの4体の炭素鋼平板 (1体あたり3個のき裂を付与) を対象とし、実験計画にあたってISO / FDIS 17636-2:2011 (Non-destructive testing of welds -Radiographic testing-Part 2: X- and gamma ray techniques with digital detectors) 規格を主に、国内のRT規格の適用状況を勘案してJIS Z 3104:1995「鋼

溶接継手の放射線透過試験方法」、JSME S NB1-2007「発電用原子力設備規格溶接規格」の一部を参考とした。

ISO規格の妥当性の確認およびCR法のJIS規格、JSME溶接規格 (ASME規格) への適合性、欠陥判別性などの実力評価をまとめるために、集合観察実験の結果を集約し、実験における課題の抽出を行った。

2013年度は、欠陥付与試験体3体に加え、知見の拡充を図るため、SCCおよび疲労き裂を付与した試験体を新たに導入し、より実機に近い条件で実験を行った。試験条件はISO規格のクラスBで高い構造ノイズIPを選択する場合を取り上げ、推奨最大値よりも20%低い管電圧を印加したIP (CR法) の撮影実験を行った。また、原子力施設の見学を計画し、北海道電力泊発電所での現地見学会を行い、電力関係者とデジタルRT技術等について意見交換を行った。

2014年度は、デジタル撮影 (DR) 法の実力評価およびISO規格 (ISO 17636-2:2013) の妥当性の確認を目的に、実欠陥に近似した模擬欠陥を付与した試験体を用いISO規格 (ISO 17636-2:2013) の妥当性を確認した。一方、ガンマ線の適用性の確認を目的に、SCCおよび疲労き裂を付与した試験体を用いた実験を行うとともに、更なるIP (CR法) 画像の像質改善を目指しX線により追加実験を試みた。また、原子力施設の見学を計画し、中国電力島根原子力発電所での委員会を兼ねた現地見学会を開催した。

一方2010年度から検討を進めてきたD-RTに関するハンドブック「工業分野におけるデジタルラジオグラフィの基礎とその応用-フィルムからデジタルへの展開-」が完了し、発刊することができた。

2015年度は、試験体厚さの加算による最適IP



写真 8.2 中国電力島根原子力発電所



写真 8.3 三菱重工業(株)長崎造船所



写真 8.4 デジタルラジオグラフィ講習会

(CR法)条件の確認および γ 線 (Ir192)による針金形透過度計および有孔形透過度計の識別性改善に関する追加撮影を行い、9社による集合実験を行った。

前年度発刊した「工業分野におけるデジタルラジオグラフィの基礎とその応用—フィルムからデジタルへの展開—」を基に東京および大阪で実習を含む講習会を開催し、D-RTの普及拡大を図った。一方、非破壊試験技術の実用化を図るための知見を得る目的で、今回は三菱重工業(株)長崎造船所を見学した。

2016年度は、昨年度までの観察実験データの整理および評価を行った。その結果として、識別性において、ばらつきが見られたことから、過去に撮影したCR画像について9社による集合実験により再観察を行った。D-RTの普及・拡大を目的に前年度に引き続き、7月に東京および大阪で実習を含む講習会を開催した。

一方、非破壊試験技術の実用化を図るための知見を得るため、秋田県産業技術センターおよびJAXA能代ロケット実験場を見学した。なお、2016年度からAN委員会の委員長を学校法人もの

つくり大学の岡紀一から日立GEニュークリア・エナジー(株)の横田和重に交代となった。

2017年度は、CR画像の定量的な評価方法として有効な試験方法を確認するための検討を昨年度に引き続き行い、透過厚さの違う有孔形透過度計を複数配置し、針金形透過度計の場合と同様に、識別の限界値を確認することを目的とし、7社による集合実験を行った。D-RTの普及・拡大のため、2015年度より毎年実施している講習会を9月に東京、10月に大阪で開催した。

また、本年度の現地見学会は(株)シーエックスアールの研修開発センターおよびマツダ(株)を訪問した。非破壊試験技術者の育成や新技術の導入、他分野での非破壊試験の適用状況などの情報が得られた。

一方、多方面からの長年のD-RTに関するJIS化の要望に応じて、JWESで原案の作成を行った。その結果、JIS Z 3110「溶接継手の放射線透過試験方法—デジタル検出器によるX線及び γ 線撮影技術」を、2017年9月20日に制定した。これは10年以上にわたって、AN委員会で進めてきた試験・研究の成果が反映された結果である。さら



写真 8.5 第15回APCNDT開会式挨拶(APFNDT会長として)



写真 8.6 第15回APCNDT発表者の集合写真

に、2017年11月には、第15回APCNDT (ASIA PACIFIC CONFERENCE ON NON-DESTRUCTIVE TESTING) がシンガポールにおいて開催され、海外技術交流としてAN委員会の委員による活動の成果報告として4件の発表を行うとともに、参加国との技術交流を図って、国外のD-RTに関する新しい情報などが得られた。

なお、2011年度からは集合実験の形を取り、実験には、富士フィルムビジネスサプライ(株)、GEセンシング&インスペクション・テクノロジー(株)およびポニー工業(株)がCR法による撮影を実施した。撮影した透過画像(以下、CR画像という)はAN委員会参加メンバーである(株)IHI検査計

測、(株)シーエックスアール、新日本非破壊検査(株)、東芝電力検査サービス(株)、ポニー工業(株)および日立GEニュークリア・エナジー(株)の6社による観察を集合実験で行った。また、2013年度および2014年度の集合実験には、富士フィルムおよび(株)三菱重工業(株)が加わって8社、2015年度および2016年度は、(株)リガクが参加して9社、2017年度は、東芝電力検査サービス(株)、富士フィルム(株)、(株)IHI検査計測、ポニー工業(株)、(株)シーエックスアール、新日本非破壊検査(株)、(株)リガクおよび東京都立産業技術研究センターの7社によって行った。

8.5 主な成果と今後の展開

以上の活動は単に委員会としての試験・研究にとどまらず、国内の各種施設の見学会を実施し、また国内外での研究発表、さらには海外調査および情報交換を積極的に行って、国内外の研究機関などと交流を深めながら推進してきている。試験・研究の成果はISO規格を基にしたD-RTのJIS制定に活用され、JIS規格の発行に至ったが、このJIS規格が今後の各種工業分野でのD-RTの更なる普及・拡大に繋がるのが期待される。施設見学では、北海道の泊原子力発電所、島根県の島根原子力発電所、秋田県産業技術センターおよび

JAXA能代ロケット実験場、三菱重工業(株)長崎造船所などを訪問し、種々のNDTに関する知見が得られた。国際的にはD-RTの分野でドイツのBAMとの交流、外国人専門家を招聘しての技術交流さらには、アジア・太平洋非破壊試験連盟主催の横浜およびシンガポールでの国際カンファレンスで、試験・研究の成果を発表するとともに、NDTに関する情報を入手することができた。今後、これらの情報などをAN委員会の試験・研究に反映させ、新たな試験研究の展開を図っていく。