

アコースティック・エミッション試験に関する規格の動向

中村 英之^{*1}
Nakamura Hideyuki

1. はじめに

一般社団法人日本非破壊検査協会（JSNDI）は、「非破壊検査法に関する調査・研究を行い、技術水準の向上・普及を図り、もって学術文化の発展に寄与する」ことを目的とする学術団体であるが、政府機関から認められた非破壊検査・試験に関する規格の公的な審議団体でもあり、国内規格については『標準化委員会』が、国際規格については『ISO 委員会』が、それぞれ協会内に設けられ、その役割を担っている。

それぞれの委員会では、NDT 方法に応じた専門別委員会または SC グループ（SC：Sub-Committee）が組織され、規格の定期的な見直しや新規提案などが行われている。

筆者は、JSNDI の標準化委員会および ISO 委員会の委員であり、それぞれの委員会におけるアコースティック・エミッション試験（AT）部門の小委員会の委員長（またはグループ長）を務めることから、AT に関する規格の動向について紹介する。

なお、AT は、一般的な非破壊検査技術者に馴染みが薄いことから、その概要についても説明を加えることとする。

2. AT の概要と適用の現状

アコースティック・エミッション（Acoustic Emission- 略称 AE）とは、直訳では「音の放出」となるが、材料に応力が加わることにより材料内部に蓄積されたひずみエネルギーが微小破壊や変形等により解放されるとき、その一部が超音波領域の弾性波として放出される事象をいう⁽¹⁾。

この放出された弾性波を AE 波と呼び、AE 波を計測することにより材料の強度や健全性を評価することをアコースティック・エミッション試験（AT）と呼ぶ。

同じ音響的検査手法である超音波探傷試験（UT）では、プローブを走査し、きずからの反射エコーを検出することによりきずの位置や寸法を評価するが、AT では、図 1 に示すようにセンサを試験対象に取付け、試験対象に応力を負荷することにより材料自身から発する AE 波を検出する手法である。したがって AT では、センサを走査することは必要としない。

AT では、AE 波の特徴を示す AE パラメータデータによる解析や波形そのものの形状や周波数を解析し、損傷の種類や程度を評価するほか、複数のセンサを用いることにより地震の震源地の標定と同様に各センサへの AE 波到達時間差から損傷位置を算出することも可能である。

*1：検査事業部 技術部 NDE グループ 部長 博士（工学）

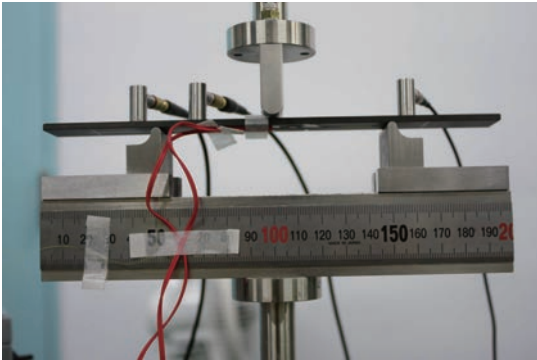


図1 CFRP 試験片の曲げ試験時 AE 計測

AE 技術は、1950 年代に研究が始まり、1960 年代には大いに期待され、日本国内でも多くの研究機関や企業で研究された。しかしながら、経験と技術の不足により過小評価され、産業界の多くでは期待通りの成果が得られることはなかった⁽²⁾。

なお、日本では、産業界での AE 技術の普及は進まなかったものの、大学等における研究は継続して進められ、諸先輩方々の努力の結果、今日では日本の AE 技術は世界をリードするまでに至っている。

近年、コンピューターの性能（処理速度とデータ量）が格段に向上するのに伴い、多彩な処理能力を有する解析ソフトが開発され、かつては困難とされた解析も短時間で行えるようになり、有効な計測技術として見直され、計測技術の向上とともに従来にはない適用分野の広がりが見られるようになった。

近年、コンクリートの損傷評価におけるトモグラフィの応用⁽³⁾や、インターネットによる橋梁の遠隔モニタリング⁽⁴⁾など従来からの適用分野においても技術革新が見られるほか、複合材料の強度や健全性評価⁽⁵⁾、タンク底板の腐食評価⁽⁶⁾などに加え、高性能電池の性能評価⁽⁷⁾や植物の活動度の評価⁽⁸⁾（植物や樹木の生長・健康状態の監視）など幅広い分野で AE の適用が始まっている。

3. ISO 委員および標準化委員会の紹介

図2に ISO 委員および標準化委員会の組織図を示す。国際標準化機構（ISO）において、非破壊検査に関する規格を審議する委員会 TC（Technical Committee）は、TC135 であり、日本が幹事国を務め、その事務局は JSNDI 内に設置されている。また、TC135 には、それぞれの検査手法に応じた SC（Sub-Committee）が設置されている。さらに各 SC では、それぞれの幹事国が中心となり SC 会議が開催され、各手法に応じた ISO 規格の審議や規格制定の賛否を問う投票が行われている。

日本国内では、JSNDI の中に ISO 規格を審議するための ISO 委員会が設置され、各 SC を担当する委員や関連する業界団体の代表者で委員会メンバーが構成され、オブザーバーとして、TC135 議長や政府関係者が参加している。また、各 SC 担当委員は、ISO 国際会議における日本代表を務めるほか、SC 別に規格を審議するための SC 対応グループのグループ長を務める。

筆者が担当する AT に関する規格については、ISO 国際会議においては SC9 が審議の場となるが、国内では、JSNDI の ISO 委員会傘下に属する SC9 グループが審議の場となる。SC9 グループでは、検査会社、AE 装置メーカー、大学関係者、センサーメーカー等から選任された 11 名のメンバーにより、審議案件に対する日本国としての意見集約が図られている。

話は少し遡るが、ISO TC135（非破壊検査）において、アコースティック・エミッション（AE）は 2007 年まで音響的検査手法の SC（Sub-Committee）である SC3 に含まれ、超音波探傷試験（UT）と同様に取り扱われていた。しかしながら、近年、AE の世界的な普及拡大を受け、2007 年 10 月に TC135 の新たな SC として「SC9（AT）・幹事国ブラジル」が創設され、アルゼンチンのブエノスア

イレスにて第一回 SC9 会議が開催された。

これと同時期に、日本国内では ISO TC135 の各 SC に対応するために、組織の見直しが行われ、JSNDI の ISO 委員会の傘下に各 SC に対応する SC グループが組織された。

その後、SC9 会議は、2008 年の上海会議は地震で中止となったが、2009 年ブラジル・サルバドール、2010 年ロシア・モスクワ、2011 年ブラジルのポート・デ・ガリーニャ、で毎年開催され、2012 年 4 月には南アフリカ・ダーバンで開催された。

現在、SC9 では、これまでの会議を経て以下に示す 4 つの WG (Working Group) が創設され、各分野に分かれ規格の提案・審議が行われている。

WG1 (金属材料) - コンビナー：オーストリア

WG2 (複合材料) - コンビナー：ブラジル

WG3 (漏えい検知) - コンビナー：アルゼンチン

WG4 (AE 技術全般) - コンビナー：日本

一方、国内に目を向けると、日本国内における AT の適用状況は、製造装置に組み込まれ製品の

品質管理に用いられる事例は見られるが、大学、公的研究機関および企業の研究開発部門における研究目的での利用に留まるものが多い。

このため、これまでは他の NDT 方法と比較して、一般的な製造や保守の現場で用いられる事例が少なく規格を必要とする事案も少ないことから、制定された規格も少なく、その整備が進んでいないのが現状である。

このような状況の中で AE に関する国内規格を審議する場として標準化委員会における AE 専門別委員会がある。ここでは、SC9 グループと同様の業種から選任された 7 人の委員が所属し、NDIS、JIS、その他関連規格の見直しを行っているが、近年、適用分野の広がりが見られる中で、新たな規格が求められるケースも出てきている。

4. 規格の動向

2007 年に日本から NDIS2109 - 「相互校正法によるアコースティック・エミッション変換子の絶

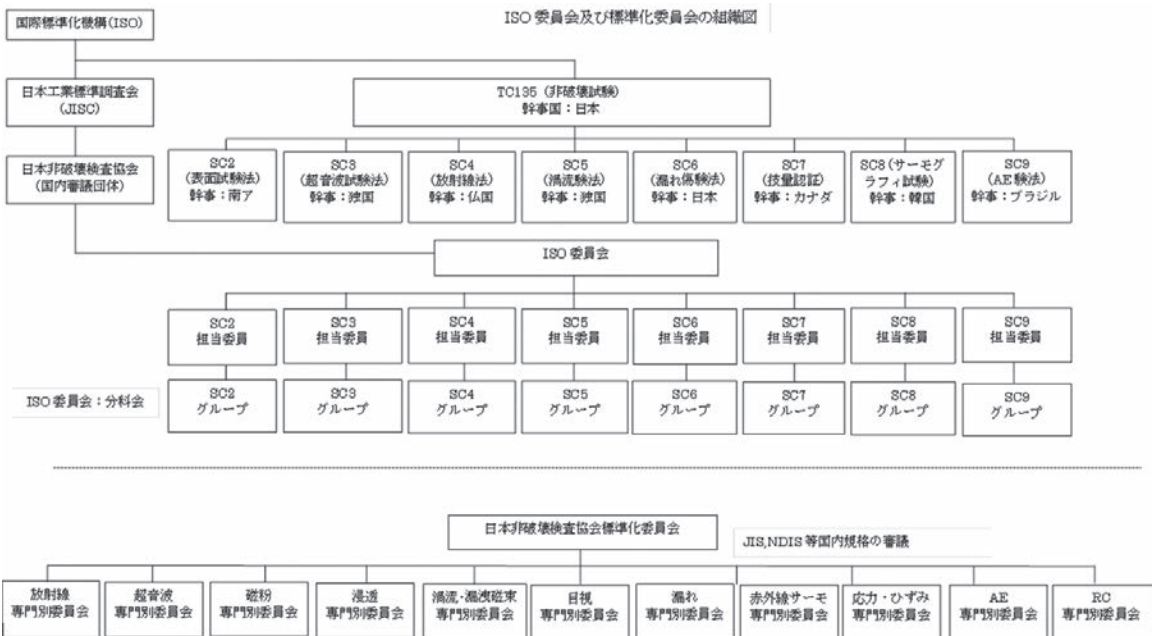


図 2 ISO 委員会及び標準化委員会の組織図

対感度校正方法」をベースとした規格を提案し、一旦は提案が否決されたが、その後 TR (Technical Report) として再提案した。その後、4年に亘る議論の末に賛成多数で提案が通り、2011年12月に「ISO TR 13115 Non-destructive testing-Methods for absolute calibration of acoustic emission transducers by reciprocity technique」として初版が発行された。またウィーン協定による欧州規格 CEN の投票も通り、英国、オランダをはじめとする 11 か国で既に国内規格として発行されている。今後、提案国である日本でも JIS 化を進める予定である。2010年のモスクワ会議において、コンクリート評価の研究が進んでいる日本から、コンクリート評価に関する規格を提案してほしいという意見が出された。これを受け、NDIS2421「コンクリート構造物のアコースティック・エミッション試験方法」をベースとした下記に示す規格 (N0042/0043、N0044/0045、N0046/0047 の 3 件) を提案した。ところが、審議に入るための条件「5 か国以上のエキスパート選任」で、日本、アルゼンチン、ドイツ、英国の 4 か国の参加表明しか集まらず、プロジェクトが頓挫する事態となった。

2012年南アフリカでの会議において問題を提起した結果、オーストリアの協力が得られることとなり、プロジェクトをスタートできる条件が整った。

しかしながら、本件については、5 か国からエキスパートの選出表明はあったものの、エキスパートの指名選出に遅れが生じ、TMB (Technical Member Board) により、Inactivity との判断を理由にプロジェクトそのものがキャンセルとされた。これに対し、WG4 コンビナー (日本) からの働きかけにより、5 か国からのエキスパート選出が達成され、2013年6月にブラジルのポート・デ・ガリーニャで開催された SC9 会議において、再投票が行われることが認められ、プロジェクトの再投票を行うこととなった。なお、本プロジェクト

は、エキスパートがそろい、技術そのものに対する反対意見も少ないことから、スタートできれば早期に制定される見込みである。

N0042/0043

- Measurement Method for Acoustic Emission Signals in concrete (コンクリートにおける AE 信号計測方法)

N0044/0045

- Test Method for Damage Qualification of Reinforced Concrete Beam by Acoustic Emission (鉄筋コンクリートビームにおける損傷評価試験方法)

N0046/0047

- Test Method for Classification of Active Cracks in Concrete Structure by Acoustic Emission (コンクリート構造物のクラック分別方法)

その他、他の国から提案された新規提案は以下の通りであり、各提案とも賛成多数で審議入りが認められ、現在、審議中となっている。

N0061 (提案国: アルゼンチン)

- Standard Practice for Leak Detection and Location Using Surface-Mounted Acoustic Emission Sensors (漏れ検知関連)

N0065 (提案国: ブラジル)

- NDT-Acoustic Emission-Testing of Fiber reinforced polymers-Specific methodology and general evaluation criteria (FRP 材料試験関連)

NWIP (提案国: 中国)

- NDT-Acoustic Emission Testing on Overhead Travelling Cranes and Portal Bridge (クレーンの強度評価関連)

TC58 (ガス容器) /SC4 からの連携提案

- Liaison proposal from ISO/TC58/SC4 (ガス容器関連規格検討での連携)

この 5 年間で制定された AE に関する規格は、日本提案の TR13115 のみであるが、前述のように

審議中の新規提案は6件あり、その半分は南米や中国などの新興国からの提案である。これは、これまで規格の整備が進んでいなかったAEの分野で、従来の手法にとらわれない新興国でその活用が進んでいることの現れと考える。

5. まとめ

社会インフラの老朽化が大きな問題になりつつある今日、全ての設備に対し精度の高い検査を実施することは時間的にもコスト的にも現実的ではなく、より簡便な方法で損傷箇所を絞り込み、事前に破損の予兆を検知したりすることが求められている。AE試験は、無人での遠隔モニタリングや広範囲を同時に検査することが可能であり、今後、これらの特性を活かし社会インフラのグローバル診断への適用が期待される。

AE法による診断技術の普及には、信頼性の高い評価手法を確立することが課題となるが、評価手法の信頼性を担保するための標準化が一層重要となる。

今後、ATの普及に伴い、標準化が進むことが予想され、新規規格の提案や他国が提案した規格の審議案件は増加するものと思われる。その中で、日本がこれまで世界をリードして築き上げたAE技術を実用に移す段階で標準化委員会およびISO委員会が果たす役割は増々重要になると考える。

参考文献

- (1) 一般社団法人日本非破壊検査協会：アコースティック・エミッション試験Ⅰ、pp. 4-5、(2008)
- (2) 一般社団法人日本非破壊検査協会：アコースティック・エミッション、pp. 1-2、(1990)
- (3) 塩谷智基、桃木昌平、鎌田敏郎：AEによる橋梁コンクリート床板の損傷評価、アコースティック・エミッション部門講演会資料AE-00008、pp. 23-28、(2014)
- (4) 湯山茂徳：海外における社会基盤構造物のオンラインモニタリング事例、アコースティック・エミッション部門講演会資料AE-00007、pp. 17-22 (2014)
- (5) Yoshihiro Mizutani, Kouki Saiga, Hideyuki Nakamura, Takahiro Arakawa and Akira Todoroki, INTEGRITY EVALUATION OF COPVS BY MEANS OF ACOUSTIC EMISSION TESTING, 28-Europan Conf. AE Testing, pp. 37-42 (2008)
- (6) Hideyuki Nakamura, Takahiro Arakawa, Hiraku Kawasaki, Kazuyoshi Sekine and Naoya Kasai, STUDY OF IDENTIFICATION AND REMOVAL METHOD FOR DROP NOISE IN AE MEASUREMENT OF TANKS, Journal of Acoustic Emission 27, pp. 281-290 (2009)
- (7) 松尾卓摩、内田匡哉、長秀雄、リチウムイオン電池の充放電中に発生するグラファイト電極の損傷によるAE信号の発生メカニズムの推定、アコースティック・エミッション総合コンファレンス論文集 巻18th、pp. 27-30 (2011)
- (8) 蔭山健介：植物の茎部における径変化とAEの同時測定、アコースティック・エミッション特別研究委員会 No.125 資料 No.006-322、pp. 15-21 (2006)



検査事業部 技術部
NDE グループ
部長 博士(工学)
中村 英之
TEL. 045-791-3523
FAX. 045-791-3247