

溶接部の超音波探傷試験 (UT) 昔話 (2)

—溶接UT開幕前夜—

本連載論第69回 (2016年4月)「溶接部の超音波探傷試験昔話 (序章)」執筆から8年が経過した。北陸非破壊検査の高倉会長から連絡があり、北陸新幹線延伸されたら上京するので会いたいとのことであった。彼は鉄骨溶接部の検査に超音波斜角探傷試験 (溶接UT) が導入された直後に清水建設技術研究所に研修に来ていた。その当時は、斉藤鉄夫氏 (現国土交通大臣) が清水建設に入社した直後で、斉藤氏は超音波探傷試験の基礎的研究として、固体中弾性波の伝播研究を担当していた。高倉会長からのメールで、第69回を序章として、以後数回に分けてその後を記す予定だったことを思い出した。そこで今回は溶接UT物語の第2回として、溶接UT規格の原点であるNDI202小委員会勧告を提案する直前までの様子、溶接UT開発のゼロからのスタートの様子を記す。当時日本では、超音波探傷試験は垂直探傷用で、製鉄会社・重工業会社などで鋼板欠陥検査などに時々利用されている程度だった。日本には斜角探傷も手作りで実験していた。ようやく西独クラウトクレーマー社の探傷器と斜角探傷子を手に入して基礎的実験研究を行った。当時の射角探傷試験は米国Sperry社が特許を抑えていて、実験はできるが実務利用ができない状況だった。特許切れを待って、千代田化工建設高橋茂氏、金属材料研究所木村勝美氏らの指導で、NDI202小委員会勧告を提案する迄の様子を記した。

今年3月16日、北陸新幹線の金沢～敦賀間が延伸され、東京～福井間が乗り換えなしでアクセスできるようになる。先日、北陸非破壊検査 (本社：福井県福井市) 代表取締役会長の高倉忠弘氏 (図1) からメールがあり、北陸新幹線が延伸されたら東京に行くので会いたいとのこと。高倉氏は、筆者が溶接部の超音波斜角探傷試験 (溶接UT) のNDIS (日本非破壊検査協会規格)、JIS、日本建築学会基準を定め、実務適用推進を積極的に進めている時期に知り合った。高倉氏は始まったばかりの溶接UT習得のために、当時筆者が勤務している清水建設技術研究所で研修した。当時、筆者の超音波探傷実験室は研究所本館から独立した建物であった。検査会社、鉄骨ファブリケーター、設計事務所、同業のゼネコンなどから大勢の方が研修に来ていて、ワイワイガヤガヤ・喧々ごうごうであった。遠くは沖縄・九州・秋田からも来ていた。中には鉄骨工場を閉鎖して検査業に転職された人もいた。QCコンサルタントを設立した荒井均氏も高倉氏と同期の研修生である。高倉氏の話では現国土交通大臣の斉藤鉄夫氏も一緒だったと言う。斉藤氏は超音波理論解析のために東工大からリクルートし、私の研究グループに入った直後であった。応用物理学科大学院修了の斉藤氏は、群馬大学春海佳三郎教授と固体中弾性波伝播の研究を行った (図1)。鋼材など

の固体中を、超音波が伝導する様子を画像で示した。これにより溶接UTの際に、超音波が収束・拡散して伝播する様子、欠陥やコーナーで反射・屈折する様子などが目で確認できるようになった。

高倉氏のメールで思い出したのは、本連載論の第69回 (2016年4月)「溶接部の超音波探傷試験昔話 (序章)」は「溶接UT昔話」の第1回で、その後数回に分けて記載予定であったことである。それから8年が経過し、すっかり失念していた。そこで今回はその2回目を記載することにした。第69回では始まったばかりの溶接部の超音波探傷技術の国内外の状況や筆者と一緒に研究開発を推進あるいは指導して頂いた関係者の様子を語った。筆者の溶接UTの研究 (日本における建築鉄骨の溶接UT研究の始まり) は、清水建設施工の現場全溶接超高層ビル「朝日東海ビル」 (1971年竣工) の現場溶接の検査法開発を当時の清水建設社長から直接指示されたことから始まったことも記した。この超高層ビルの検査のために、筆者が立案したNDI (現JSNDI日本非破壊検査協会) 202小委員会勧告がNDIS2404 (鋼構造物溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類)、JIS Z 3060 (鋼溶接部の超音波探傷試験方法) へと展開した様子も記した。

今回は筆者が当時の社長から直接指示された直後から、溶接UT規格の原

点であるNDI202小委員会勧告を提案する直前までの様子を具体的に記す。現在は建築鉄骨のみならず、造船・压力容器・原子力施設・プラントの溶接部検査では溶接UTは常識になっている。検査技術者も製品品質管理担当者も溶接UTを日常作業の一環として何の疑問もなく使用している。普段何の疑問もなく使用している検査が、どのようにして実務に使用できるようになったかを知ることで、その技術の持つ意味を再認識し、愛着を持って頂けるのではなからうか。技術が日常作業になった時に事故は発生する。日本における溶接部の超音波斜角探傷試験の実用化に至る物語を記しておくことは、大きな事故を防ぐためにも重要と思う。

当時の超音波探傷試験は、鋼板の上から超音波を垂直に投入する検査方法 (垂直探傷試験) であった。製鉄会社や重工業会社で、鋼板・車軸の検査などにわずかに利用されている程度。溶接部の非破壊検査は、放射線透過試験 (X線検査) で行うのが一般的な時代。溶接部をUTで垂直探傷しようとする場合には、溶接部のビードを削除し表面を平滑に仕上げる必要がある。建築鉄骨工事で、溶接部の検査だけのためにビードを平滑にする手間をかけることは、ほぼ不可能である。鉄骨現場溶接部で最も検査を必要とするのは柱・梁のT型接合部である。この形状の溶接部位ではビード表面を研磨しても、

最も検査したい接合部分は検査できない。国内外の文献を調査したところ、超音波を物体に斜めに投入して検査する方法（斜角探傷試験）があることを知った。音波を鋼材に斜めに入射させる探触子を探したが、日本では見つけれなかった。そこで垂直探触子に、アクリルの楔を貼り付けて斜角探触子を手作りした。超音波探傷器を探したところ、第二次世界大戦直後に日本で製造された日本無線製の超音波探傷器 USF-5A (図2) が清水建設の機械工場に存在することを知りびっくりした。戦後間もなく日本でも超音波試験の研究が始まり (1948年)、三菱電機 (1949年)、日本無線 (1952年)、帝通電子研究所などで超音波探傷器の製造が開始されていた。筆者が超音波探傷試験の研究を始めた頃 (1968年) でも超音波探傷器は希少品であった。戦後、軍の技術者の多くは産業界に就職し、清水建設に就職した軍事技術者 (東京帝大電気学科卒業) が機械担当常務となり、できたばかりの超音波探傷器を購入していたらしい (余談だが、筆者が清水建設技術研究所に配属された時の所長大築志夫氏は元海軍技術中佐、東京帝大航空学科卒、海軍の偵察機「ぎょううん曉雲」設計主任)。超音波試験の情報をいろいろ調査した結果、日本非破壊検査協会 (NDI、現JSNDI) があり、超音波試験の分科会 (第2分科会) があることを知った。そこで協会に参加し、第2分

科会の会議に参加した。筆者が初めて参加した分科会会場は海上電気 (現カイジョー) の講堂だった。なぜ海上電気なのか聞いたところ、戦時中の音響測探技術 (潜水艦探知機? 魚群探知機) のメーカーで超音波計測技術の草分けだとの説明を受けた。その会場で当時の超音波探傷技術・研究の最先端の人々と知り合うことができた。特に、基礎理論は金属材料技術研究所 (現物質・材料研究機構) 非破壊研究室・木村勝美室長、溶接 UT 検査は千代田加工建設高橋茂・プリンシパルエンジニアの二人には大変懇切丁寧にご指導いただいた。高橋氏から、溶接 UT 検査器ならばドイツのクラウトクレーマー社の探傷器と斜角探触子が今の世界の最先端だとアドバイスされ、早速購入した。USIP-10W (10W) (図2) という探傷器で重さは10kgもあった。驚いたことは、射角探傷は米国 Sperry 社に特許が抑えられていることだった。実験はできるが、実務利用する場合には Sperry 社 (当時、東京計器が日本で販売) の探傷器を利用する必要があった。東京計器の超音波探傷器の担当者は東工大の先輩であった。彼は大学の後輩との思いからか「Sperry 社の探傷器は、射角探傷には不向きだよ」と教えてくれた。そこで高橋氏に相談したところ、Sperry 社の特許はもうすぐ切れるので、かまわず 10W で実験を行いなさいとのアドバイスを受けた。高橋氏は、NDI

第2分会202小委員会 (溶接部の探傷) の委員長をされており、この小委員会への参加を要請され、即座に参加した。その小委員会で高橋・木村両氏から溶接部の超音波探傷試験の規格を提案せよとの指示を受けた。高橋氏からは、AWS (American Welding Society: アメリカ溶接協会) に溶接 UT 検査規程があることを教えて頂いた。調査したところ ASME (The American Society for Mechanical Engineers アメリカ機械学会)、AISC (American Institute of Steel Construction アメリカ鋼構造協会) でも AWS の規格を一部準用していることを知った。AWS、ASME、AISC などの米国規格のほか、英国規格 BS (British Standard)、DIN (Deutsches Institut für Normung: ドイツ工業規格) を調査し、溶接 UT 規格で規定すべき項目の全容が理解でき、大変参考になった。しかしながら、UT の基本である超音波探傷器の性能、探傷感度設定方法、欠陥寸法測定方法、検出レベルなどがまちまちで根拠不明であった。筆者が検査対象とする工事時期が迫り、必要最小限の実験を行い、「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類案」を NDI202 小委員会に提案し、202 小委員会勧告を作成した。しかし、この規格で検査したところ多くの問題点が明確になった。その課題とは何か、課題を解決して NDIS2404-74 を作成に至る物語は別途記したい。



図1 齊藤鉄夫氏 (左) 春海教授 (右) と筆者 (齊藤さんの島根県の実家訪問) (中央図は春海教授・齊藤鉄夫共同論文「固体中弾性波伝播」より引用) (左下は連絡頂いた北陸非破壊検査の高倉忠弘会長)

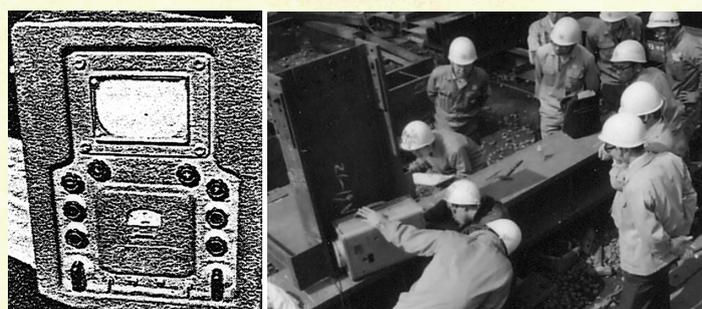


図2 日本無線 USF-5A (左) とクラウトクレーマー USIP-10W (右)