

藤盛 紀明

NPO 国際建設技術情報研究所 理事長  
秋田産業サポータークラブ 会長

## 溶接部の超音波探傷試験 (UT) 昔話 (序章)

JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」が近く最新の技術を盛り込んだ改定が予定されている。このJISが最初に制定（1975年）された時の専門委員の多くは鬼籍に入られたか、ご高齢となり制定時のことはほとんど忘れられてしまったようである。筆者はこのJIS制定時の専門委員会の幹事だったので、後輩に昔話を話しておく良いチャンスとして千葉県非破壊検査研究会（CNDI）の研究発表会で「UT研究・普及昔話」と題する講演を行った。その内容を本連載に数回に分けて記すこととし、今回はその第1回として、始まったばかりの当時の超音波探傷技術や関係者の国内外の様子を語ったものである。物語は清水建設が施工した全溶接超高層ビル・朝日東海ビル（1971年竣工）の安全性確保のために、当時の吉川清一社長が筆者に非破壊検査の研究を命じたことに始まる。このビルの検査のために筆者が立案した日本非破壊検査協会202小委員会勧告は非破壊検査協会規格（NDIS2404）となり、JIS Z 3060へと結実した。この規格の制定は多くの人の意思・哲学・熱意・好意・助力・連携の結集で本論はその物語である。

JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」は2002年版を発行して以来、改定なしに現在に至っている。2015年1月に専門委員会で改正案が審議され、近く最新の技術を盛り込んだ公示が予定されている。専門委員会の主要メンバーが、筆者が会長の千葉県非破壊検査研究会（CNDI）の幹事のため、会の研究会でその説明会が開催された。このJISが最初に設定されたのは1975年、今から41年前である。その時の専門委員の多くは鬼籍に入られたか、ご高齢となり制定時のことはほとんど忘れられてしまったようである。筆者はこのJIS制定時の専門委員会の幹事だったので、溶接部の超音波探傷試験（UT）の研究やJIS制定に至る経緯を話すようにとの依頼が、CNDI事務局長の立川克美氏（JIS改定専門委員の一人）から寄せられた。後輩に昔話を話しておく良いチャンスと思い引き受け、「UT研究・普及昔話」と題する講演を行った。

今回の記述はその序章的内容で、始まったばかりの当時の超音波探傷技術の国内外の様子を述べたものである。今後、本件について断続的に数回に分けて掲載予定である。

日本の超高層建築の曙は鹿島建設が施工した霞が関ビル（1968年竣工）であったことは誰でも知っている。しかし、その前段の話があることは全く知られていない。文献に記録されていない話で、筆者が清水建設勤務時代に、

当時の上司（副社長で退任、既に亡くなれた）から聞いた話である。霞が関ビルの以前に浜松町の貿易センタービル（超高層）の話が清水建設にあり、筆者の上司が密かにその準備作業を命じられたとのことである。しかし当時の経営トップが中止を命じ、準備作業チームは解散させられたとのことである。その後、朝日東海ビル（現・朝日生命大手町ビル、地上29階、地下4階、1971年竣工）の工事が持ち上がり、経営トップ（初めて同族以外からの社長）が新技術を導入したいとの意気込みを持たれた。当時、清水建設研究所は宝町の旧本社ビル（清水建設本社は現在ここに戻っている）にあり、地下が構造実験室であった。地下で何かの実験中に社長から呼び出しがあった。作業着と実験靴のまま社長室に行くと「今度超高層ビルを建設する。現場も全溶接とするのでその検査方法を開発せよ！」との下命であった（図1）。

当時、溶接部の検査は放射線透過試験（レントゲン検査：RT）であった。しかし、鉄骨の現場溶接は柱－梁溶接でT継手である。RTでは無理なことは少し勉強ただけで理解することができた。そのためいろいろな非破壊検査方法を調査し、超音波探傷試験（UT）が一番可能性の高いことを知った。筆者がUTの研究を始めた時期は、日本では製鉄会社での垂直探傷試験が主体であった。米国のAWS（アメリカ溶接

協会規格）やBS（英国規格）、DIN（ドイツ規格）では既に何らかの規定が存在したが、まだあいまいなものであった。超音波斜角探傷試験を用いて溶接部の各種欠陥の実データを積み重ね、実際的な試験方法を確立したのは、世界中でも筆者であると自負している。もちろん、その実現には多くの人のご指導、ご支援があった。本論は、序章としてまずはその物語である。

当時、超音波斜角探傷試験の装置は日本にも導入されていたが、材料に斜めに超音波を投入して検査する方法は米国スペリー社（その後スペリーランド、現在はハネウエルなどに引き継がれている）の特許で、研究はできても実務には利用困難であった（当時、東京計器製造所、現・東京計器がこの特許を保有）。しかし、その特許もまもなく切れて、西独クラウトクレーマー社の超音波探傷器が導入され、実務に活用されるようになった。

筆者がUTの研究を始めたと聞いて、清水建設の当時の機械担当常務（東大電気卒）が機械工場に超音波探傷器があると教えてくれた。これは第二次大戦終了直後に日本無線が開発したUSF-5と言う超音波探傷器であった（図2）。当時、超音波探傷器を日本で開発し、始めていたのは日本無線のほかは三菱電気、帝通、島津製作所であった。

超音波探傷技術の始まりは、ロシア（1929年）とドイツ（1931年）であった

が連続波で実用にはならなかった。現在のパルス法が活用されたのは、英国（1939年）、米国（1942年）であった。米国の方法こそが現在の1探触子パルス反射式で、これがスパーリー社の特許であった。1探触子パルス反射法と言う技術は軍事技術で、レーダーによる航空機探知（空）、潜水艦探知（海）技術からの応用であった。第2次世界大戦（1939-1945年）の時期の軍事技術が産業（当時は軍事産業）の超音波探傷技術に応用されていた。筆者が最初に活用した日本の音波伝搬基礎方程式も戦争中の潜水艦探知研究の論文（東工大実吉純一元学長）であった。

筆者がUTの研究に参画した当時、建設界にはこの分野の研究者・技術者は存在しなかった。そのため筆者が教えを頂いたのは金属材料研究所（現・物資材料研究所）の木村勝美氏、明治大学の井元鑑二教授、実務者では千代田加工建設の技術トップの高橋茂氏らであった。青春の一時期を建設と全く関係のない日本のトップ研究者・技術者（金属、電気、重工など）と過ごせたことは大変有意義なことであった。

UTに取り組んで初めて読み始めた雑誌は音響関係、金属材料関係、計測関係などであった。金属分野の超音波探傷研究では当時はドイツのBAM（西独連邦材料研究所）が最も進んでおり、木村先生の紹介でお会いした主任研究

員のビュステンブルグ氏とは世界中の会議で大いに議論したことを思い出す。ドイツは超音波探傷器も開発販売（クラウトクレマー社）し筆者も研究・実務に活用した。この探傷器（USR10W）を筆者に強く勧めたのは千代田加工建設の高橋技術主幹であった。氏は、プラント・圧力容器の材料・溶接を専門とする日本のトップ技術者で日本非破壊検査協会（JSNDI）の202小委員会（溶接部の超音波探傷）の委員長（1968-1969年）であった。氏は筆者に建築鉄骨溶接部の超音波探傷試験法の202小委員会勧告案作成を勧め、現場でも利用できる標準試験片A3の作成をも働きかけてくれた。先述の朝日東海ビルの鉄骨溶接部のUTはこの勧告案を用いて行われた。その後も、氏にはご自身の会社の直接の部下を指導するような雰囲気でご自身になって指導頂いた。

1965年に、東京都が水道管溶接部にUTを適用した。早速その検査を実施した日本工業検査の寺田邦夫氏の話をお聞きすることにした。氏はクラウトクレマー社で研修したとのことであった。筆者は彼の紹介で早速西独のクラウトクレマー社を訪問し、クラウトクレマー氏が直接出迎えてくれた。氏には白ワインに洋ナシを搾ったものを入れた飲み物をふるまって頂いた。お会いして知ったことだが、クラウトクレマー社は二人の兄弟で経営して

いる会社で、探傷器は小さな部屋で中年の女性が手作業で組み立てていた。中小企業のような会社で、なんだか心温まる気持ちで帰国したことを思い出す。寺田邦夫氏には、その後も実務で体験したことを教えて頂いた。また、筆者の研究成果を実務で確認して頂き、時には激しい議論を戦わせた。

日本では金材研の木村勝美氏の教えを乞うことにした。木村氏は、JSNDI 202小委員会の委員長（1972-1974年）を務めた。朝日東海ビルの結果を踏まえ、202小委員会勧告を改正して、JSNDI規格（NDIS2404-74 鋼構造溶接部の超音波斜角試験方法および等級分類）を制定した。さらに木村氏を委員長、筆者を幹事にJIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験」を提案、このJISは筆者が木村氏の後任として202小委員会委員長（1975-1979年）の時に制定された。

本連載は、溶接UTの序章である。JIS Z 3060の制定は多くの人の意思・哲学・熱意・好意・助力・連携の結集である。当時の清水建設社長の超高層建築を安全なものにしたいと言う信念、自社の若い部下のように筆者を指導してくれた高橋茂氏、金属理論・音響理論の一から鍛えて頂いた木村勝美氏、現場で会得した現象を惜しみなく開示してくれた寺田邦夫氏、多くの人の力の結集である。社会は多くの人のつながりであることを忘れないでほしい。



図1 溶接部の超音波探傷検査（UT）写真左：朝日東海ビルディング（現・朝日生命大手町ビル・全面的にUTを採用した初めての建物）写真右：UTの実施状況（現在）



私が使用した日本無線製 USF-5A  
（清水建設機械担当常務が1952年に購入）



日本造船などが購入した日本無線製 USF-5  
（N.D.I 30年史）

図2 日本最初の超音波探傷器

藤盛 紀明

NPO 国際建設技術情報研究所 理事長  
溶接学会フェロー

## 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。

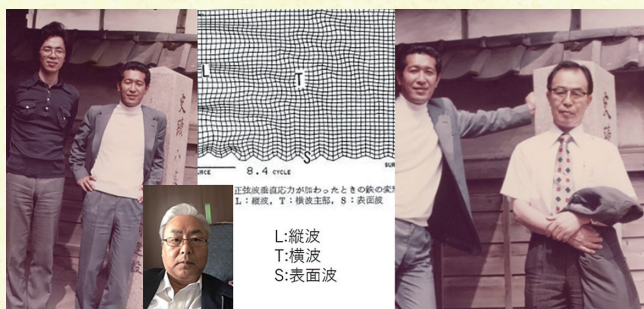


図1 齊藤鉄夫氏 (左) 春海教授 (右) と筆者 (齊藤さんの島根県の実家訪問) (中央図は春海教授・齊藤鉄夫共同論文「固体中弾性波伝播」より引用) (左下は連絡頂いた北陸非破壊検査の高倉忠弘会長)

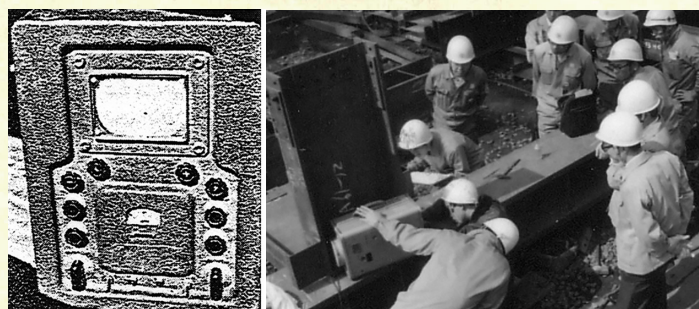


図2 日本無線 USF-5A (左) とクラウトクレーマー USIP-10W (右)

藤盛 紀明

NPO 国際建設技術情報研究所 理事長  
溶接学会フェロー

超音波探傷試験関連分野の有力者二人（異なる立場）から、溶接部の超音波斜角探傷試験（溶接UT）規格の初期の情報に関する質問を頂いた。溶接UT規格作成に初期から関わった人のほとんど亡くなられたので、私から聞きたいとのことであった。溶接UT規格の作成は基礎実験を含めて全て私がリードして行ったので、当時の委員会メンバーがご存命でも、「私でなければほとんど回答できない」と思ったものだった。しかしそれは思い上がりと言うもので、溶接UTとその規格の成立は、多くの人々のアドバイス、協力、関連する企業・学協会の努力の総力で成立したものであった。特に記憶に残る人物は、溶接UT関連の技術情報・人脈紹介で多くの支援を頂いた千代田化工建設Principal Engineer高橋茂氏、超音波探傷基礎理論のアドバイスを頂いた金属材料技術研究所（現国立材料研究所）非破壊研究室の木村勝美室長、溶接UTの実務情報の提供を頂いた日本検査コンサルタント専務取締役（後にオランダのエンジニアリング会社）の寺田邦男氏である。

筆者が溶接部の超音波斜角探傷試験方法に取り組んだのは、清水建設にとって初めての超高層建築「朝日東海ビル（1969年3月着工、1971年7月竣工）」の鉄骨工場の溶接検査であった。当時建築鉄骨の継手接合は工場では溶接、工事現場では高力ボルトが一般的であ

## 溶接部の超音波探傷試験（UT）昔話（3）

### —溶接UT規格の歴史—

鉄骨溶接部の超音波斜角探傷試験は今では日常的業務となっている。この試験の規格を担当する日本建築学会の鉄骨非破壊検査小委員会のメンバーには作成当時の委員は一人もいない。JISZ3060「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」を担当する委員会の委員も制定当初のメンバーは一人もいない。建築鉄骨溶接部の超音波探傷検査を職業とする団体の人と現在ISZ3060の委員をしている人から、これらの規格が作成された当時の様子、規格に記された専門的な内容について、そうなった理由を聞かれた。これらの規格作成時の人は筆者以外に存命の人はほぼいないとのこと。溶接UTの歴史を記しておくことは筆者の使命と考え記すことにした。建築の溶接UTの始まりは清水建設施工の超高層建築「朝日東海ビル」（1971年竣工）の鉄骨工場の溶接検査であることを記した。その工場の超音波試験のために、日本非破壊検査協会の溶接部の超音波探傷試験を担当する202小委員会に参加して検査方法を作成した。さらに協会規格NDIS2404-1970「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」、1973年日本建築学会「鋼構造建築接部の超音波探傷検査規準」、JISZ3060-1975「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」作成を主導した。その状況を年表的に示した。溶接UT規準の技術的内容の経緯は次回以降に記す。

った。ごくまれにはあるがリベット接合も存在していた時代である。そんな時代であったが、朝日東海ビルは現場接合も溶接とする全溶接鉄骨造で行うとする方針が出された。当時の清水建設吉川社長から社長室に呼び出され、「現場溶接の品質管理方法の研究開発をせよ」と命じられた（1967年）。筆者は本来コンクリートが専門で、清水建設入社し技術研究所配属直後、新潟地震（1964年6月）で傾斜したRC造アパートの建て起こし工事に参加した。第1回東京オリンピックの年である。その後、日本住宅公団（現UR都市再生機構）のPC版プレファブの開発に取り組んだ。PC版の接合は、中に埋め込まれた鋼材どうしの溶接接合だったが、筆者はその品質に疑問を抱いていた。そのため大阪大学溶接工学科に国内留学させて頂いた。筆者の上司の高校同級の渡辺正紀教授を紹介頂いたが、もうすぐ退官と言うことで佐藤邦彦助教授（直後に教授就任）の指導を受けることとなった。実際には、助手の松井繁朋氏の溶接継手の収縮実験の手伝い（見学？）などをさせて頂いた。松井氏は後に阪大助教授、川崎重工業常務取締役、新産業創造研究機構専務理事及び兵庫県立工業技術センター所長を歴任された。建築構造関係者にも良く知られている豊田正男阪大名誉教授は、当時大学院生だった。この留学では、渡辺・佐藤共著の『溶接力学とその応

用』を読むよう勧められた。この本は筆者が生涯で出会った専門書としては、最も高く評価する書籍である。短い期間であったが、大阪大学への溶接留学は筆者の人生を大きく左右した経験であった（図1）。

技術研究所に復帰してからは、早速建築鉄骨の溶接に関する研究を始めた。当時建築鉄骨溶接に採用され始めていたノンガス半自動溶接のアーク現象と機械的性質（この溶接は溶着金属にアルミ粒子「銀玉と呼ばれていた」が残存するなど問題が多かった）、鉄骨溶接時の変形と収縮、移動する熱源である溶接の3次元熱伝導、溶接欠陥と溶接接合部の強度などの研究に着手していた。当時の清水建設吉川社長から社長室に呼び出され、現場溶接の品質管理方法の研究開発を指示されたのはちょうどそのような時期であった。建築溶接部の欠陥と強度に強い関心があったので、「我が意を得たり」と言う思いであった。20歳代後半の頃で、良い研究テーマ・分野を模索していた時期でもあった。早速調査したところ日本非破壊検査協会（NDI、現JSNDI）を発見し入会した（1968年）。第2分科会（超音波）に加入し、溶接部の探傷を研究する202小委員会に加入した。当時の202小委員会委員長は前述の千代田化工の高橋氏であった。委員には高橋氏の次に202小委員会委員長に就任した木村氏もおられた。木村氏は東

工大（現東京科学大学）の先輩で、超音波波動理論についてご指導頂いた。

筆者に溶接UT規格の初期の状況を質問してきた人の一人は、JISZ3060：2015「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」の委員をしている人である。このJISの最初の作成は1975年9月で、彼はその当時の状況、JIS成立のプロセス、当時の溶接UTの置かれていた状況などを知りたいと言う。JISZ3060-1975作成の委員長は木村氏で、筆者は幹事であったが、このJIS制定時の様子はあまり思い出せなかった。筆者が非破壊検査・超音波探傷試験を行っていたのは20代後半から30代前半で、30代後半は鉄骨工場の精度などに取り組んでいた。超音波探傷試験の研究から遠ざかってすでに50年が経過している。筆者は1982年から研究職を離れて技術研究所企画課長兼資料課長、1985年には本社の総合企画室、1987年から4年間米駐在、帰国後は研究開発部門の管理職となり技術経営畑が長い。現在はMOT（技術経営）分野での会合が多い。超音波探傷試験関連の手持ちの資料は、清水建設内外のUT研究者に譲ってしまっている（一部は貸して欲しいと言う人に渡したが戻っていない）。質問に答えるために、保存していた雑誌投稿記事や報告書、NDIの書籍への投稿文書などを調査してみ

た。調査して分かったことは、溶接UTに関する調査研究・規準作成作業は、実務的な必要に迫られて短期間で行われている。筆者自身も多くの組織や委員会に並行的に参加して作業していたようである。まずはその様子を整理して年表的に記すことにした。溶接UTと関わりのない読者諸氏は興味は少ないと思われるが、建築鉄骨の構造設計や施工、研究に関わる人には基礎的情報として読んで頂ければ幸いである。

1967年：吉川社長より超高層建築「朝日東海ビル」の現場溶接の検査方法の研究開発を指示される。

1968年：NDI（現JSNDI）加入。202小委員会（高橋茂委員長）に参加。高橋委員長・木村室長のアドバイスを受けながら「建築鉄骨溶接部の探傷規格」（202小委規格案）検討。

1969年：202小委で現場用の小型標準試験片STBA-3試験片（感度調整・屈折角測定）検討。202小委規格（案）で「朝日東海ビル」の工場溶接（川崎重工野田工場）の超音波探傷試験実施。



図1 佐藤邦彦・大阪大学名誉教授（左）と豊田正男・大阪大学名誉教授

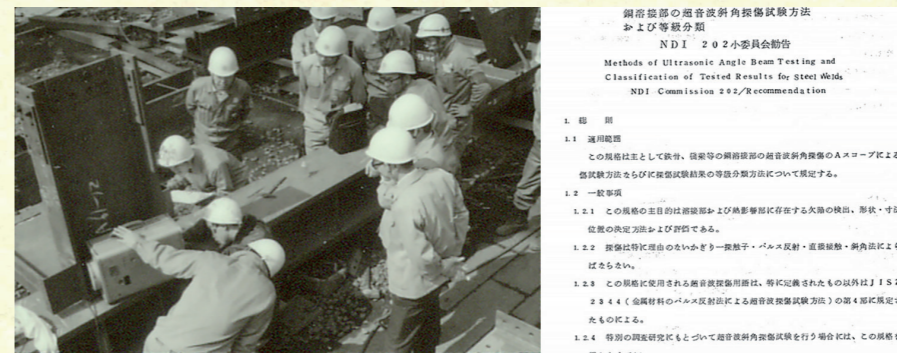


図2 NDI202小委員会勧告と朝日東海ビルの溶接UT検査（1989年）

1970年：1月日本建築学会「鉄骨非破壊検査小委員会」設置、建築学会規準作成着手。2月NDI第2分科会にてNDI202小委員会勧告「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」発表。NDIにてNDI202小委員会勧告をNDIS2404にする作業開始。日本建築学会「鉄骨非破壊検査小委員会」で、作成中のNDIS2404を準用して各ゼネコンで検査実施。朝日東海ビルの工場溶接検査・現場溶接検査実施。探傷感度・検出レベルなど、多くの課題把握。使用超音波探傷器はクラウトクレーマ社製USIP-10W（重量10kg）（図2）。12月NDIS 2404-1970「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」作成、制定は1971年、1974年に改定。

1971年：超音波探傷器展示会開催。東京計器・三菱電機・帝国電子研究所・島津製作所・日本無線・海上電機・リッカーマン（クラウト・クレーマ）・トレーディング（レーフェルト）が参加。クラウト・クレーマが、現場探傷用小型軽量探傷器USK-5Mを発売。

1973年：5月日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷規準」第1版第1刷制定、7月に発表。

1975年：9月 JISZ3060-1975「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」制定。NDIS2404-75は建築鉄骨の溶接UTのための規格で、JISZ3060はすべての構造物に適用される。原子力容器、圧力容器の検査は米国のThe American Society of Mechanical Engineers（ASME）規格、ISO規格に準じた方法であった。その調整がJIS作委員会の主たる議題であった。

本論は日本における溶接UTの大きな流れの解説のみとなってしまった。技術的内容の説明は、次回以降に行いたい。

藤盛 紀明

NPO 国際建設技術情報研究所 理事長  
溶接学会フェロー

1968年、日本非破壊検査協会（NDI 現JSNDI）に入会し、直ちに第2分科会（超音波）202小委員会（溶接部の探傷）に参加した。鉄骨溶接部の検査を超音波斜角探傷試験（溶接UT）でやれるようにしたいと委員長の高橋茂氏（千代田化工建設）に話したところ、「斜角探傷は米国スペリーランド社の特許になっているが、もうすぐ特許は切れるから遠慮せず研究しなさい」と言われた。当時、高橋氏は構造物の超音波探傷試験の国内トップ技術者で、この分野の素人だった筆者は、その言葉に従い、安心して溶接UTの基礎研究と検査方法の私案作成にまい進した。従って、スペリーランド社の特許とその有効期限については全く調べなかった。今考えてみれば、特許を全く調べずに行動したことは、危ない橋を渡っていたことになる。今回、あらためてスペリーランド（前はスペリー）社の日本特許を調べてみた。特許情報プラットフォームで検索したが発見できなかった。『非破壊検査の進歩 NDI30年史』によれば斜角探傷法に関する日本特許は、米国スペリー社が1949年に出願とあり、新特許法成立（1959年）によりスペリー社の特許は1969年まで有効であった。三菱電機で超音波探傷装置の開発を牽引してきた松山宏氏の『わが国の超音波探傷装置50年の歩み』によれば、スペリー社は1949年斜角探触子の日本特許を取得し、1970年

## 溶接部の超音波探傷試験 (UT) 昔話 (4) – 「ないないずくし」から始まった溶接UT –

筆者が溶接部の超音波斜角探傷試験を模索した時期（1968年）、斜角探傷に関する日本特許は米国スペリーランド社に抑えられていた。スペリーランド社は第二次世界大戦中、爆撃照準器・空挺レーザーシステムなど、優れた探索技術を製造販売していた軍需企業であった。スペリーランド社の日本特許は1969年で終了し、翌年1970年2月、筆者が提案した建築鉄骨溶接部のUT検査規程はNDI202小委員会勧告「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法及び等級分類」として発表された。当時日本では溶接UTに使える超音波探傷器・斜角探触子がなく、西独製探傷器で実験することになった。日本メーカーの超音波探傷器は真空管式で、電源はAC電源、重量10kgと言うレベルだった。溶接UTに利用できるレベルの感度や分解能を有する斜角探触子にはセラミック振動子が必要だったが、セラミック振動子の日本特許は欧米企業が抑えていた。日本メーカーの振動子は水晶振動子で、探傷感度が低く、総合分解能も非常に悪かった。筆者が鉄骨溶接部の超音波斜角探傷試験を始めた時は「ないないずくし」の状態だったことを報告した。当時構造物の超音波探傷試験技術の日本国内トップ技術者の千代田化工建設の高橋茂氏、スペリー社の特許を許諾されていた東京計器の山本英爾氏らの温かい支援を受けて溶接UTを完成させたことも報告した。

には米国特許も切れたとしている。筆者が朝日東海ビル（清水建設最初の超高層ビル）の鉄骨溶接部超音波探傷試験を正式実施したのは1970年で、特許問題はギリギリ解決していたことになる。筆者等がその時使用した超音波探傷器と探触子は、高橋茂氏のアドバイスで西独（東西合併前）クラウトクレーマ社製のUSA-10W（重量10kg）であったことも記しておきたい。またスペリー社の日本特許を引き継いだ東京計器の超音波探傷装置開発責任者山本英爾氏からは「スペリー社の探傷装置の斜角探傷性能は悪いので、クラウトクレーマ社の探傷装置でやりなさい」とアドバイスをいただいた。良き先輩に恵まれた日々であった。溶接UTに使用する斜角探傷の日本特許が外国企業に抑えられていたことは記録しておくべき重要事項である。

1969年、筆者は202小委員会に「建築鉄骨溶接部の超音波探傷方法試案」を提出した。試案の作成にあたってはDIN（ドイツ工業規格）、BS（英国規格）、ASME（アメリカ機械学会）規格、AWS（アメリカ溶接学会）規格を参考にしたが、建築鉄骨溶接部の検査を対象とした規格はなかった。DINはあまり参考にならなかった。ASME規格の超音波探傷関連規程はいろいろな章に分散して掲載され、超音波探傷法そのものはAWS規格を多く参照していた。両規格の寸法はインチ表示である

ことに大いに戸惑った。BSは検査規格としての形式はかなり整っていたが、規定内容は大雑把であった。例えば、斜角探触子の振動子寸法は、最大面積（500mm<sup>2</sup>）、長さ・幅の最大寸法（25mm）、周波数は1.0～6.0MHzの範囲、屈折角は45°～80°の範囲としているのみであった。

202小委提案試案の全体構成は、BSを参考にし、他はAWSを意識して独自案を作成したと記憶している。振動子寸法は、きりの良い数字として10mm X10mm、20mm X20mmとした。クラウトクレーマ社からは、8mm X9mmが良いとの申し出があったが、木村勝美氏（金属材料研究所・非破壊研究室長）の音場計算結果では両者に大きな差はないとのことで方針通りとした（IIW：国際溶接学会でも同じ質問があった）。屈折角は建築鉄骨の板厚などを考慮して70°を標準とした（35mm以上の厚板を考慮して45°も使用可とした）。欠陥長さの測定は、AWS・BS規程では左右走査して最大エコー高さから各々6db、20dbダウンするまでの走査範囲とするとしていたが、事前の模型欠陥の調査ではいずれも測定と言うには値しないレベルの誤差が出た。各種の人工傷で検討した結果、一定レベル以上のエコー高さを示す範囲を欠陥長さとした。外国規格にはなかった距離振幅特性曲線DAC（反射源の距離による音波減衰補正）を取り入れたが、理解を得るの

に苦労した記憶がある。探傷感度の設定では、外国規格では横穴が活用されていたが、日本では1966年に斜角探傷の感度校正用試験片としてNDI-STB-A2（縦穴）が販売されていた。従ってSTB-A2の4φ X4縦穴を利用して感度校正することにした（1スキップで探傷したエコー高さを50%に設定、欠陥長さはエコー高さが20%を超える範囲とした）。

1969年、202小委試案を利用して朝日東海ビルの川崎重工業（川重）野田工場と現場仮置き鉄骨の溶接UTのトライアルを行った。野田工場での検査は、寺田氏といろいろな意見交換しながらの手探り作業であった。DACを採用したが、寺田氏とその必要性で議論になったことを鮮明に覚えている。寺田氏は川重側の検査員として参加した。当時、鉄骨ファブリケーターの溶接UT知識はゼロであった。現在の溶接UTの検査技術者にとっては信じられないことと思われるが、建築鉄骨の溶接UTで最も困ったことは探傷器のブラウン管に現れるエコーが欠陥からのエコーか否かの判別であった（図1）。筆者が溶接UTを検討した当時、製鉄会社や製鋼会社での鋼板や鋳鋼材のUTは垂直探傷試験のみであった。鋼板の垂直探傷でブラウン管に現れる波形は、超音波の入射波（鋼板の表面）と鋼板の底面エコー（反対面）である。その間に現れるエコーが欠陥エコーで、欠陥の位置・深さも容易に判別可能であった。NDIは202小委員会での溶接UT規

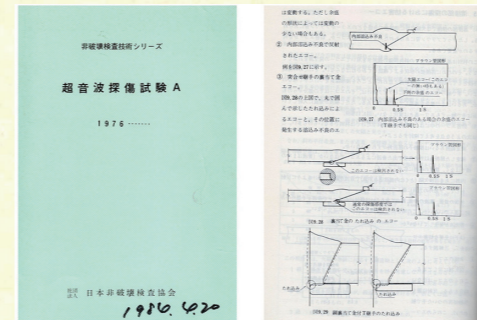


図1 日本非破壊検査協会 技量認定テキスト 1976年『超音波探傷試験A』に筆者が解説した溶接UT時の妨害エコー例

程の動きに合わせて1968年6月にUTの講習会と技量認定を開始した。この講習会で受講者が発した言葉は「ボトムが出ない！ ボトムが出なければ検査はできない！」であった。彼らは超音波の垂直探傷試験の経験はあるが、斜角探傷試験は初めてであった。斜角探傷試験では音波が斜めに投入され、欠陥がなければ反射エコー（底面エコーを含め）は現れない。初めて斜角探傷試験を体験した人々が発したこの言葉は今でも忘れられない。

朝日東海ビルの現場仮置き大梁の検査は、設計した日建設計、清水建設現場社員、川重社員など大勢立ち合いの下に行われた。極厚鋼材の突き合わせ溶接部であった。溶接部中央部に大きな欠陥を発見し、勢い込んでガウジングしてもらったところ、見つかったのは小さなブローホールの集合だった。筆者は大変困ったが、川重野田工場の製作課長からは、新しい手法と言うものはいろいろあるからと言って慰めて頂いた。彼は後に川重の社長に昇進された。担当の溶接技術者からは、「〇〇に刃物」と揶揄された。記憶不明だが、探傷感度を上げ過ぎていたと推測される。このような経験を経て、1970年2月NDI第2分科会においてNDI202小委員会勧告「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」（図2）を発表した。

音波を斜めに入射させて検査するという斜角探傷の基本原則が日本ではスペリー社の特許に抑えられていたと言



図2 NDI202小委勧告(1970)と小委員長木村勝美先生（金材研：現物質・材料研究機構 非破壊研究室長）を囲む「木楽会」の集い

う致命的問題は時間が解決した。しかし次に立ちはだかった課題は、日本では溶接UTに使える超音波探傷器・斜角探触子がなかったと言うことである。筆者は探傷装置の電機・電子的内容については専門外であるが、利用する立場からは切実な問題として、探傷器メーカーに色々要求をしてきた。1968年筆者がNDI202小委に参加し溶接UT検査法を検討していた時期、日本メーカーの超音波探傷器は真空管式で、電源はAC電源、重量10kg程度であった。一方、西独クラウトクレーマ社は1963年に完全トランジスタ化し、かつバッテリーで動作するポータブルタイプ（重量4kg）の超音波探傷器を開発していた。超音波探傷器の性能として重要なのは探傷感度、増幅の直線性（入力信号の大きさに応じてブラウン管に表示されるエコー高さが比例しているかどうかを表す性能）、総合分解能（異なる反射原からの波形を分離して表示できる能力）などである。当時、日本は水晶振動子の時代で、探傷感度が低く、総合分解能も非常に悪かった。溶接UTに利用できるレベルの感度や分解能の斜角探触子にはセラミック振動子が必要だったが、その日本特許は欧米の企業が保有していた。そのため、筆者の実験は、当時としては最高レベルの性能を有する西独クラウトクレーマ社製のUSA-10W（重量10kg）で行った（高橋茂氏のアドバイス）。溶接UTの研究開発は、ないないづくしで始まったのである。

藤盛 紀明

NPO 国際建設技術情報研究所 理事長  
溶接学会フェロー

日本で初めて本格的に溶接部の超音波斜角探傷試験が実施された建築物は朝日東海ビル(当時の名称、工期：1969年3月～1971年7月、鉄骨造、地上29階・塔屋2階、施工：清水建設)である。この鉄骨造の接合はすべて溶接接合であった。筆者は、全溶接構造の品質管理方法の研究開発を、社長室に呼ばれて(社命として)社長から直接指示された。筆者は日本非破壊検査協会(NDI、現JSNDI)の存在を知り、早速加入し202小委員会(溶接部の超音波探傷)に参加した。委員会の諸先輩のアドバイスを受けて、鉄骨の柱梁接合部(T型接合)の溶接検査に適する非破壊検査法として超音波斜角探傷試験を選択し、実用化した。その結果、朝日東海ビルでは工場溶接部分と現場溶接部分の両方で溶接UTが実施された。鉄骨構造で溶接UTを本格的に実施したのは、日本のみならず世界初と確信する。1964(昭和39)年、第1回東京オリンピックを契機に鉄骨造(S造)の着工面積は急増し、1968(昭和43)年にはS造の着工面積はRC(鉄筋コンクリート)造を凌駕した。この急増した鉄骨造生産を維持したのは、従業員30人以下程度の小規模鉄骨加工業であった。鋼構造・鉄骨工事・高力ボルト・溶接などの最低限の常識さえも有しない企業が多く、不良鉄骨が大きな問題となった。そのタイミングで建築鉄骨溶接部の非破壊検査に最適な超音波斜角探

## 溶接部の超音波探傷試験(UT) 昔話(5) —NDI202小委員会勧告(1970)からJISZ3060(1975)へ—

日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷規準(1973)、JIS Z 3060-1975「鋼溶接部の超音波探傷試験方法および試験結果の等級分類方法」の作成に実質に関わった人の多くは亡くなられた。筆者は、この規格の発端、NDI202小委員会勧告「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類(1970)」から担当してきた。この規格の初期の歴史を後世に伝える責任があると思い、JIS化までの物語を記す。規格で定める探傷方法の内容には、検査に使用する超音波の種類(周波数・屈折角)と入射波の強さ(探傷感度)、欠陥として評価する欠陥エコー高さ(検出レベル)、欠陥エコー高さ評価の分類方法、欠陥寸法の推定方法、検出された欠陥の有害度評価と合否判定などがある。これらの内容を正しく伝えようとする専門的内容となり一般読者にとっては興味のない記述となる。一方規格変遷にまつわる話題中心の記述では、技術的変遷と理由・根拠を知りたい専門家の期待には沿わないことになる。そのため超音波の専門的内容は特に記しておきたい内容にとどめる。初期規格の変遷は202小委員会1970、NDIS2404-1970、建築学会規準(1973)、NDIS-1974改定(JIS化に向けて)、JIS Z 3060-1975、建築学会規準第一次改定1979(JIS対応)である。検査関連の団体に講演を依頼されているので、そこで詳細を語る予定である。

傷試験(溶接UT)を開発し、規格化した。絶妙なタイミングでの登場で、溶接UTの需要は鉄骨造増加に比例して急増した。この検査をビジネスとする検査会社の設立も急増した。朝日東海ビルでの溶接UT実施結果を参考にして、202小委員会は1970年2月の第2分科会(超音波部門)で、NDI202小委員会勧告「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」を公表した。この勧告の特徴は欠陥を第1種(球状欠陥)と第2種(方向性を有する欠陥)に分類したことである。朝日東海ビル工事の検査で極厚材溶接部の微小ブローホールを不合格とした反省である。探傷感度・欠陥検出レベル・欠陥長さ測定方法はそれまでの筆者の実験を参考にした。NDIは202小委員会勧告を非破壊検査協会規格(NDIS)にするために「UW委員会」を設置し、1970年12月NDIS2404 1970「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法」及び等級分類」を完成させた。この規格では欠陥種別の分類は記されていない。代わって距離振幅特性曲線を用いたA・C・Bのエコー高さ区分線(6db差)、エコー高さの領域(I～IV)が設定された。筆者の研究で、欠陥種類はエコー高さである程度考慮できることが判明していた。探傷感度はC線(STB-A24φX4)、欠陥指示長さはB線を超える範囲、Ⅲ・Ⅳ領域では6dbダウン範囲(図1)とした。筆者が202小委勧告

やNDIS2404に基づいて、鉄骨ファブリケーターの工場溶接を全数検査したところ、月産4,000t以上の会社で不合格の発生率が40%～70%、月産数百t程度では不合格率100%の会社が散見された。欠陥発生は、両面開先の突き合わせ溶接の裏はつり不足、柱梁T型継手溶接の裏当金のルート間隔不足、過大なルート面などであった。大手ファブリケーターでも不合格溶接が多く出たことに危機意識をもち、藤本盛久・東工大教授にお願いして、日本建築学会「鋼構造分科会(藤本主査)」に、「鉄骨非破壊検査小委員会」を設置して頂いた(1970)。委員長は鋼構造の大御所仲威雄・東大名誉教授、幹事・委員にも鋼構造の有力者が多く就任された。実質的に議論を進めたのは筆者の他わずか数名であった。委員会に参加した大手ゼネコンのメンバーはNDI202小委員会勧告、NDIS2404による鉄骨溶接UT結果を持ち寄って議論した。各社の検査結果は筆者が行った検査結果と同様に非常に危惧すべきものだった。1973年5月、日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査準」が公表された。NDIS2404に準じたが欠陥指示長さは10dbダウンとした。日本非破壊検査協会では1973年、NDIS2404をJIS化するための改定委員会を発足させた。委員会メンバーには製鉄・鋳鋼、原子力圧力容器、タンク、化学プラント、建築学会(鉄骨非破壊検

査小委員会委員)などが参加した。委員長は金属材料研究所の木村勝美、幹事は筆者(鉄骨)、高橋茂(圧力容器)、富士岳(製鉄)の3人で溶接関連主要分野から選出された。1974年6月NDIS2404 1974「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」改定版を公表した。この規格はアメリカ機械学会(ASME)の圧力容器規格を勘案した内容になった。ASME規格は1971年版で非破壊検査を追加していた(Sec. V. Nondestructive Examination)。圧力容器の溶接継手は4分類に分けられ、溶接UTの活用も建築鉄骨とは異なり、垂直探傷やタンDEM探傷も重要な探傷方法である。屈折角も45° 60° 70° が設定された。NDI202小委員会勧告・NDIS2404-70、建築学会UT規準など建築鉄骨関連規格では屈折角70°を標準とし、板厚が厚い場合はビーム路程を短くするために45°も許容するとしている。60°を除外したのは、ルート溶け込み不足、表面開口割れでは横波の大部分が縦波に変換してしまうとしたからである。この見解はコーナー部に屈折角60°の探触子から発射された超音波が入射した時の横波反射率の減少(13%に減少)を危惧したためである。しかし筆者の溶接欠陥の調査研究を屈折角別に整理した結果は以下であった(図2)。1) 45°は70°60°に比し欠陥からのエコー高さが低い。特に内部溶け込み不良、内部割れのエコー高さは低い。2) 60°はほぼ70°に近いエコー高さが得られた。危惧されたルート溶け込み不足からの反射エコーも良く確認される。ただし表面開口割れの実データはない(欠陥作成が難しい)。3) 70°はどの欠陥種類からも高いエコー高さが得られた。60°を使用としないとする見解は理想的なコーナーエコーの場合で、実欠陥では問題ないと思われるが、建築鉄骨の板厚・形状では70°標準で十分と考える。

1975年、NDIはJISZ3060「鋼溶接

部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」作成委員会を開催した。このJISZ3060はNDIS2404-1975をほぼ踏襲した。ただし当時の通産省の「発電用原子力設備に関する技術基準」は米国ASME規準にほぼ類似したものであったので、よりASMEよりの内容が追加され(例えば厚板の欠陥指示長さ測定は6dbダウン法：図1)、同年9月JISZ3060-1975として制定された。JIS制定専門委員会の委員には非破壊検査や各種構造物分野の大御所が名を連ねた。委員会会長は石井勇五郎先生(筆者の学位論文の審査委員)、溶接部会の部会長は鶴田明先生(朝日東海ビル設計担当の日建設の顧問)だったことは深い縁を感じる。日本建築学会は1975年5月JISZ3060の制定に対応した改定のために非破壊検査小委員会を再開した。1977年6月に改訂作業が完了し、1978年8月に公表、1979年8月出版した。当時ボックス柱が採用され、ダイヤフラムの取り付けに消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接が採用され、そのため垂直探傷が記載された。狭開先溶接が利用されるようになり、開先面の融合不良検出対策としてタンDEM探傷も採用された。近接する欠陥は同一欠陥群として評価する「欠陥評価長さ」と言

う概念をこの改定から採用した。合否判定に荷重状況(静的・疲労、引張・圧縮)を考慮したのもこの改定からである。

朝日東海ビルでの溶接UT経験で、筆者は多くの課題に直面した。それらの課題解決のために、NDIS2404、建築学会規準、JISZ3060制定と並行して精力的に調査研究を行った。その結果を1969年～1973年の間に日本建築学会論文報告集、非破壊検査協会誌、溶接学会大会、AISC-JSSC合同会議などに矢継ぎ早に発表した(参考文献1 P97～99)。溶接欠陥からの反射波は人工欠陥の反射波とは全く異なる。そのため一つの欠陥種類について35体程度の試験片を作成して、実験を行った。このデータを整理分析して「欠陥長さ測定法」「探傷感度と欠陥検出レベルの設定法」などを提案した。接触媒質に関する論文も発表した。その直後に論文に合致する商品を販売する会社が現れ、びっくりした記憶がある。記載した内容は筆者が20歳代後半から30歳前半の頃、50年以上前の話である。現在の関係者の参考になれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 「鋼構造建築溶接部の超音波斜角探傷試験に関する研究」清水建設研究所研究報告 第9号 1977(昭和52)1月

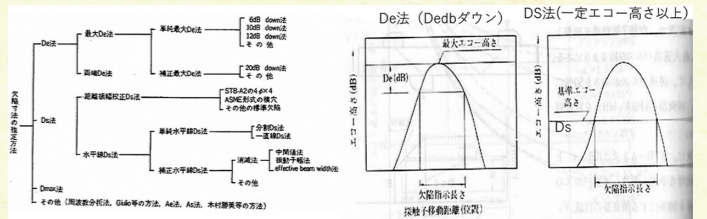


図1 欠陥長さ推定方法の分類(参考文献1:筆者学位論文)

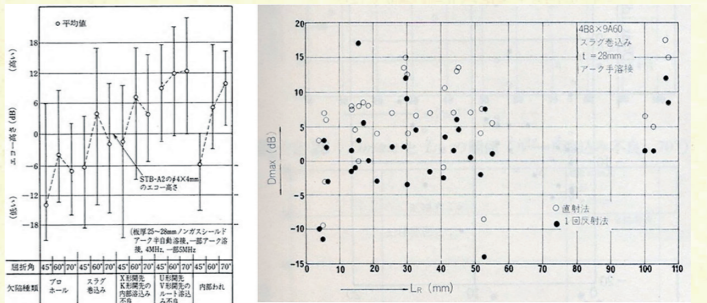


図2 自然溶接欠陥のエコー高さ(左:総合図 右:屈折角60°スラグ巻き込み)(参考文献1 筆者学位論文)

藤盛 紀明

NPO 国際建設技術情報研究所 理事長  
溶接学会フェロー

## 溶接部の超音波探傷試験(UT)昔話(6)

本年5月CIW検査業協会総会で「溶接UT規格の歴史」の講演を行った。その準備の過程で、今までの5回の連載で書き洩らした重要なエピソードがあることに気が付いた。筆者が溶接UTの研究を始めた当時、超音波探傷の研究は国内外を問わず、理論と模型欠陥による実証実験がほとんどであった。筆者の研究は理論と実欠陥データによる実用的な分析をしたことに特徴がある。実験に使用した各種の溶接内部欠陥を有する溶接部を神業のように的確に作成して頂いた東京鉄骨橋梁の溶接職長滝野忠男氏について紹介した。NDIのUT資格試験開始直後の受験講習会で話した内容について記したが、紙面の都合で極く一部になってしまった。溶接UT研究は筆者がグループリーダーだった清水建設技術研究所の「鉄骨グループ」メンバーの総力の結果である。過去5回の報告では倉持貢氏、斎藤鉄夫氏のことを紹介したが、今回さらに溶接UTの欠陥検出率、検査員による検査結果のバラツキ、鉄骨溶接部の抜取り検査の在り方などを担当した中辻照幸氏を紹介した。溶接UT研究や規格作成は多くの産学・諸団体の連携で進められたものなので、それに参加した人々についても紹介した。CIW講演会で配布した溶接UT歴史年表、NDI202小委勧告からZ3060-75にいたる溶接UT規格内容の変遷表は千葉県非破壊研究会HPのCNDIアーカイブに掲載予定である。

CIW検査業協会(溶接協会の認定検査事業社の団体、以後CIW)の依頼(実際は筆者が提案)で「溶接UT(溶接部の超音波探傷試験)規格の歴史」の講演を本年5月に行った。筆者がこの分野の研究を行い、協会・学会・JISの溶接UT検査規格作成を行ったのは20歳代後半から30歳代半ばで50年前のことである。ことの始まりは「会社で初めて手掛ける超高層建築(1969年起工1971年竣工)、その鉄骨を工場・現場含めて全溶接で行いたい。そのためには溶接部の品質管理をしっかりしておきたい」と言う当時の清水建設経営者の強い意向から始まったものである。当時はリベット構造も残っている時代、鹿島建設が手掛けた霞が関ビル(1965年起工1968年オープン)も現場接合はハイテンボルト接合の時代であった。社長命令として行った溶接UT研究の始まりや規格作成の経緯を現役の技術者に話しておきたいと言う気持ちが沸いて、安藤会長に話したところ、早速総会で話をさせて頂いた。CIWの歴史は古く、1982年「溶接検査事業者懇談会」として34社で発足している。今から43年前でJISZ3060-1975「鋼溶接部の超音波探傷試験方法および試験結果の等級分類方法」が制定されてから8年後のことである。現会長はジャストの安藤純二会長で古くからの友人である。前会長の逸見俊一氏(検査サービス)は同郷の秋田県人で、筆者が会長だった秋

田産業サポータークラブにも加入頂いた。1992年にこの協会の代表幹事に就任した中野盛司氏(CXR)は、筆者とはゴルフ仲間であった。CXRの当時の社名は中国エックス線だったと記憶している。良く知っている人達の協会なので、気軽に提案したものであった。実際は、当日会場で見た人たちは安藤会長以外全く知らない人達で、50年の歳月を感じたものであった。幸い、講演会終了後の懇親会では昔の仲間数名と語り合うことができた。

溶接UTの歴史を語ることになったきっかけは、非破壊検査の古くからの友人達からJISZ3060-1975の創設時の状況を教えて欲しいとの要望があったことである。彼らはJISZ3060-1975創設時から2015年改訂に至る変遷を説明するよう求められていると言う(2025年6月19日開催の日本非破壊検査協会(JSNDI)の総合シンポジウムのようなことである)。彼らは現行のJISZ3060-2015の委員で、彼らも次回の改正を最後に委員辞退するとのことであった。JISZ3060-2015改訂の委員は皆彼らより若いとのこと。NDI(現JSNDI)202小委員会(溶接UT)試案(1968)・勧告(1970)「鋼溶接部の超音波探傷斜角試験方法および等級分類」作成の当初からJISZ3060-1975に至るまで主導してきたのは筆者で、その経緯を何らかの形で後世の残す役割があると思い安藤会長に提案した。講演時に配布した

資料はどこかで伝承されかもしれないが不確実である。当誌『鉄構技術』に執筆すればかなり長期に残ると思っている。CIW検査業協会での講演資料を準備してみて、現在までの5回の連載では重要なエピソードが抜けていることに気が付いた。今回それらを記すことにした。

超音波探傷の研究は国内外を問わず、理論と模型欠陥による実証実験がほとんどであった。現在でもその傾向が強いのではなかろうか。筆者の研究は理論と実欠陥データによる実用的な分析をしたことに特徴があると思っている。問題は各種の溶接内部欠陥(ブローホール、スラグ巻き込み、溶け込み不足、融合不良、ワレなど)を有する溶接部をどのようにして作成するかであった。さらに付け加えると、筆者の要求は溶接部の色々な位置に、色々な寸法の欠陥を発生させることであった。幸いなことに筆者が溶接研究でお世話になった人々の中に溶接技術の神様がいた。東京鉄骨橋梁(現・日本ファブテック)の溶接職長だった滝野忠男氏である。筆者が関与した工事現場で溶接に問題があるたびにお願いして指導頂いた匠である。良い溶接をする技に優れている彼は、どうすれば、どのような欠陥が発生するかを熟知していた。彼は筆者の希望通りの欠陥を希望の位置に、希望の寸法で作成してくれた。奇跡のような環境で、筆者の溶接UT研究の

恩人の一人である。

CIW講演の最初のタイトルスライドに筆者が関わった溶接・非破壊検査・鋼構造関連の役職などを記した。2枚目のスライドでは筆者の非破壊検査関連の経歴を紹介した。かなりわざとらしい、オレガオレガ！のPR風だが、筆者がかつてこの分野に携わっていたことを知っている人はほとんどいないと思い紹介した。タイトルスライドに記した肩書は「溶接学会フェロー、元『溶接技術』編集委員、日本非破壊検査協会名誉会員、日本鋼構造協会名誉会員、秋田県・山形県・千葉県非破壊検査研究会顧問」で、あまり長くなるので建築学会やJIS関連は記していない。今見てもオレガオレガ！のPR風の冷や汗ものであるが、2枚目のスライドを図1に示す。

CIWの講演で強調したことの中に、NDI（現JSNDI）のUT資格試験開始直後の受験用講習会で話した内容がある。当時、「探傷画面を見る時には正面から見なさい」と言うことは必ず強調した。CIWの講演会でこのことを話した際に、怪訝な顔をされた方が多かった。読者諸氏はどうだろうか？（筆者の理解であるが）当時の超音波探傷器の画面はブラウン管で、波形が表示される面とビーム路程測定用目盛りが記載されている面（ガラスまたはプラスチック？）には視差があった。現在は液晶ディスプレイか有機ELで視差の問題は解消されているので、私の話は理解できなかったのではないだろうか。よく見かけたので警告したのは「STBやRBの不携帯」である。このことは現在もわからないはずである。夏場の建築鉄骨の現場溶接のUTでは、日中の鉄骨の温度が急激に上昇する。探触子の屈折角や感度に影響がでる。50年前の経験であるが社内検査と受け入れ検査に差があり、どちらが正しいか判定を頼まれたことがある。結論は両者の差は鉄骨の温度差の影響であっ

た。NDI202小委勧告で溶接UTが開始した直後は、接触媒質の重要性の認識が薄く「接触媒質の誤用」も多く、重要な注意点であった。現在のJISZ3060-2015では多様な接触媒質が示され、探傷面の手入れも大雑把なように思われる。圧力容器製作側の意見が強いのではなからうか？溶接UT規格が整備され、UT検査資格保有者もかなり増加した時に発生したのは、有能な検査技術の離脱であった。理由は1) 従来の放射線透過試験（RT）で大丈夫だった溶接がUTでは不合格になる。鉄骨ファブリケーターや溶接工にとっては納得できない。2) 不合格溶接部分をガウジングしても欠陥が発見されない。3) RTはフィルムという証拠があるが、UTは検査技術者の記録のみで、信用性ができない。などであった。溶接UT方法が開発され規格化される以前はRTのみが溶接内部欠陥の非破壊検査法であった。RTで発見され易い欠陥はポリュームのあるもので、ワレや融合不良のような空洞の少ない欠陥の検出は苦手である。UTが発見し易い欠陥はRTとは逆になる。さらにガウジングではRTで発見される欠陥は確認容易だが、UTで発見される欠陥は目視では発見が困難な場合が多い。筆者の経験で

は、溶接UT初期には欠陥が発見できないようにガウジングする溶接工も散見された。講習ではこのことをかなりしつこく話した。UTとRTでは検出し易い欠陥種類が異なるということは、現在では常識と思われるが、UT開始当初はそのような認識はほとんどなかった。建築では設計変更が多く、図面を信用し過ぎないことも強調した。これは現在でもあることで、BIM活用普及のネックの一つになっている。板厚変更も良くありボックス部材は要注意と話した。

講演では筆者がリーダーだった清水建設技術研究所鉄骨グループについても紹介した。倉持貢氏、斎藤鉄夫氏（現公明党代表）については本連載で既に紹介したが、超音波関連で活躍したメンバーに中辻照幸氏\*（阪大溶接卒）がいる。彼は溶接部の超音波探傷試験の信頼性（検査員による測定誤差など）、品質管理のための統計的手法・抜取検査手法について担当した。溶接UTの実用化と普及は多くの恩師・仲間との協力で行われた。一人一人紹介はできないが、講演で紹介したお名前を図2に示す。溶接UT規格変遷、歴史年表は千葉県非破壊研究会のHPに掲載予定である。

※中辻照幸氏は改名して現在は中辻輝紀氏

**日本非破壊検査協会経歴**  
副会長（1992年 - 1993年） 理事（数回）  
第2分科会（超音波探傷）主査202小委員会（溶接UT）委員長

**非破壊検査関連表彰歴**  
1972年 非破壊検査協会創立20周年記念論文賞  
1978年 非破壊検査協会論文賞  
1986年 非破壊検査協会論文賞  
2003年 日本非破壊検査協会功績賞

**非破壊検査関連現職**  
日本非破壊検査協会名誉会員  
秋田県 秋田県非破壊検査技術研究会 顧問  
千葉県 千葉県非破壊検査研究会 顧問  
山形県 山形県超音波探傷技術研究会 顧問

**非破壊検査・鉄骨検査執筆**  
『鉄構技術』連載検査に強くなる話（1998年10月～1999年11月）  
『受け入れ検査のための鉄骨工事検査の手引き』共著 鋼材倶楽部  
『超音波探傷試験』共著 日本非破壊検査協会  
『溶接部の超音波探傷試験』共著 日本非破壊検査協会  
『圧接部の超音波探傷試験』共著 日本圧接協会

図1 筆者の非破壊検査関連経歴

木村勝美（金属材料技術研究所：UT全ての恩師）  
高橋 茂（千代田化工建設：斜角探傷の導師）  
寺田邦男（日本検査コンサルタント：溶接UT開発仲間）  
倉持 貢（清水建設技術研究所：溶接UT開発パートナー）  
斎藤鉄夫（清水建設技術研究所：溶接・圧接UT理論研究仲間）  
中辻照幸\*（清水建設技術研究所：溶接UT信頼性研究仲間）  
加藤 功（日本鋼管：鋼管溶接UT研究仲間）  
松井一彦（日本工業試験所：溶接UT研究仲間）  
小倉幸夫（日立建機：溶接UT研究仲間）  
山崎利一（日本鋼管：溶接UT研究仲間）  
名取孝夫（ジャスト：溶接UT研究仲間）  
清田文範（新日本非破壊検査：溶接UT研究仲間）  
大島正昭（鹿島建設：鉄骨UT研究仲間）  
沖本 弘（竹中工務店：鉄骨UT研究仲間）  
古沢平夫（東京大学：鉄骨UT研究仲間）  
高橋正二（三菱地所：鉄骨UT研究仲間）  
岸上守孝（IHI：川向うのUT仲間）  
白井越郎（千葉県機械金属試験所：川向うのUT仲間）  
守井隆史（川崎製鉄：川向うのUT仲間）  
立川克美（千葉県機械金属試験所：川向うのUT仲間・CNDT育ての親）  
小林洋治（クラウトクレマ：溶接探傷器アドバイザー）  
太田耕二（東京計器：探傷器開発仲間）  
星野克宏（ジャパンプローブ：探触子研究仲間）

図2 溶接UT思い出の人達（所属は当時：筆者の記憶）