

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） ー「ないないずくし」から始まった溶接UTー

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・空挺レーダーシステムなど、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検査規準は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（500mm²）、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、30db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4φX4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

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と言う斜角探傷の基本原理が日本ではスペリー社の特許に抑えられていたと言

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。

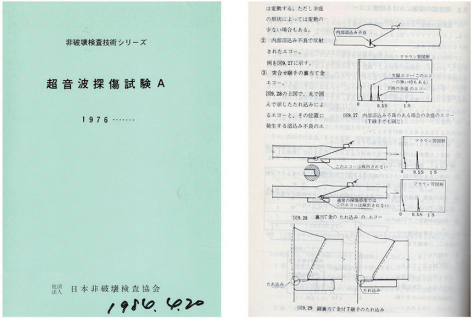


図1 日本非破壊検査協会 技量認定テキスト 1976年『超音波探傷試験A』に筆者が解説した溶接UT時の妨害エコー例

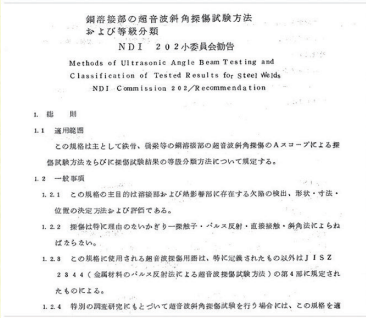


図2 NDI202小委勧告(1970)と小委委員長木村勝美先生（金材研：現物質・材料研究機構 非破壊研究室長）を囲む「木楽会」の集い

