

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、(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)ーNDI202小委員会勧告(1970)からJISZ3060(1975)へー

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はほとんど亡くなられた。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小委勧告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-A2 4φX4)、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、垂直探傷やタンデム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デム探傷も採用された。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が、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

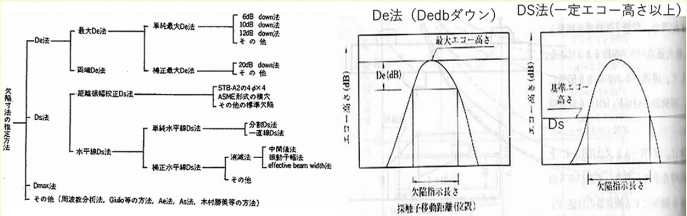


図1 欠陥長さ推定方法の分類(参考文献1：筆者学位論文)

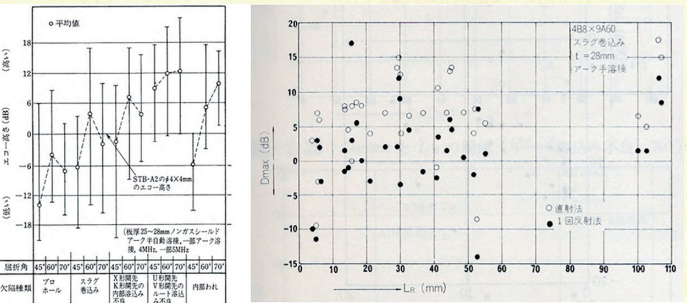


図2 自然溶接欠陥のエコー高さ(左：総合図 右：屈折角60°スラグ巻き込み)(参考文献1 筆者学位論文)