連載
第47回

建設関連産業の未来のための技術評論

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

建築鉄骨の品質規準覚書

信州大学、中込忠男教授は破壊力学、地震時の鋼材の衝撃破壊、溶接品質、鉄骨接合部、自動溶接、非破壊検査などで大変幅広い研究をされ、この3月に最終講義をされた。1995年の阪神・淡路大震災は建築鉄骨構造に大きな被害をもたらした。その中には筆者らが定めた間違った施工標準に起因する被害、逆に我々の定めた規準が過剰品質であったと判明したものもあった。中込教授はこれらについて研究し大きな研究成果を挙げられた。筆者は、自身が関与した日本建築学会の超音波探傷検査規準の合否判定は溶接方法・溶着金属の機械的性質の向上などにより、我々が当初定めた合否判定基準の数倍長い欠陥長さでも許容されると考えていた。規準の「1章 1.2. 一般事項 1.2.2 超音波探傷検査の範囲及び判定結果の処置は、当事者間において構造物の規模、溶接部の有する構造耐力上の重要度などを考慮して定める」は非破壊検査の限界を明言したものであったが、ほとんど考慮されてこなかったように思われる。筆者が主査を務めた『鉄骨精度測定指針』の規準値は実際の経験値の集積で、その多くは科学的・技術的データが少なかった。筆者はこれらについて中込教授の科学的・技術的追及を期待したものであった。

信州大学、中込忠男教授の最終講義をお聞きした（図1）。先生の研究のいくつかはかつて筆者が関与した技術項目で、すべての講義は大変興味深く、筆者自身の若かりし頃を思い出しながら拝聴した。退官記念講演と言っても従来と全く異なる形式で、中込先生の人柄をよく表していた。講演は先生の研究歴を追って順に紹介されたが、先生は全体の流れや概要を話され、研究内容の詳細報告は実務を担当した先生のお弟子さん達によって行われた。

筆者の「思い」では、建築鉄骨溶接研究の大先達は仲威雄（学術）、鶴田明（学術＋実務）両先生で、多くの指導を頂いた。両先生に続く建築鉄骨溶接の研究者は森田耕次氏（学術）と筆者（実務）と自負している（もちろん、ほかにも多くの研究者がおられるが勘弁頂きたい）。筆者らの次世代の建築鉄骨溶接の研究者の筆頭が中込教授である。中込教授の研究内容は破壊力学、地震時の鋼材の衝撃破壊、溶接品質、鉄骨接合部、自動溶接、非破壊検査などで大変幅広い。先述のように筆者の研究歴と大いに重なる。そのため筆者は中込教授にお会いするたびに、やり残したもの、我々が定めた規準類で学術的・技術的根拠の少ないもの、技術的根拠があったが時代の変化や材料・工法の進展により改正の必要なものについての研究をお願いしてきた。

1995年の阪神・淡路大震災は、それまでの地震で被害が少なく地震に強いと思っていた建築鉄骨構造に大きな被害をもたらした。その中には我々の世代が定めた間違った施工標準に起因するもの、逆に我々の定めた規準が過剰品質であったと判明したものがあった。中込教授はこれらについて鋭く切り込み大きな研究成果を挙げられた。本論ではその中から超音波探傷規準の合否判定と鉄骨精度標準に関わるものについて主として言及してみる。

筆者は20代、30代で溶接部の超音波探傷試験の研究を行い、溶接部の超音波探傷試験JIS Z 3060-1975の作成、日本建築学会の「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準」の作成を担当した。JISでは、検出された欠陥は分類・評価を行うが合否判定は使用者間で別途定めることとした。建築学会の基準は商取引に活用することを念頭においたので合否判定を明確に定めた。

そのため溶接欠陥を内在させた溶接継手試験を多数行った。当時の溶接は溶接棒による手溶接とノンガス半自動溶接が主であったので試験体の溶接はこれらで行ったと記憶している。当時のノンガス半自動溶接は未だ研究開発途上で溶着金属にアルミが析出するなどして靱性が著しく劣るものであった。破断面に現れるアルミの析出物を見て、「銀球（ぎんたま）」と呼んでいたものである。当然破断強度も破断時の伸び性状もノンガス半自動溶接の方が悪く、超音波探傷試験結果の合否判定はこの溶接のものが採用された。現在ではCO_2半自動溶接が主で溶着金属の性質も著しく向上しているはずである。

中込教授には、建築鉄骨溶接部の超音波探傷試験の合否判定を変更すべく溶接学会や日本鋼構造協会で調査研究委員会を設置し、規準改訂推進をお願いした。筆者は溶接方法・溶着金属の機械的性質の向上などにより、当初定めた合否判定基準の数倍長い欠陥長さでも許容されると考えていた。実際、阪神・淡路大震災で全く無被害と判定された鉄骨の柱・梁接合部を超音波検査したところ不合格欠陥が多数発見された例もある。

建築学会規準で筆者が特に意識して定めた条項は「1章 1.2 一般事項 1.2.2 超音波探傷検査の範囲および判定結果の処置は、当事者間において構造物の規模、溶接部の有する構造耐力上の重要度などを考慮して定める」であった。この基準による合否判定は超音波検査による商取引上の判定で、構造物の安全を直接定めたものではないと言う主旨であった。検査基準にこのような条文を入れることには当時、大いに異論があり議論された記憶がある。しかし、超音波探傷試験方法の各種規定の基本的な研究を積み重ねた筆者は、非破壊検査の利点・欠点を熟知しており、その限界も良く理解していたからである。

中込教授の研究ではフラックスタブ

利用による溶接端部欠陥発生とその構造的問題が指摘された。そのため溶接端部欠陥の検査強化と合否判定のより厳格化が示された。ファブリケーターの生産性向上策の結果生じた過大入熱やパス間温度の問題も指摘され、鉄骨製作者の負担アップ方向の指摘がなされた。学術的、構造安全上は中込教授の指摘は全く正しいものである。しかし、筆者の「思惑（鉄骨製作は過剰品質を強いられている。研究の進歩によってより緩和されるべき）」とは大きく異なるもので、中込教授に筆者が期待したことと大きく異なるものであった。退官記念では端部以外の欠陥はより大きなものが許容されるべきとあり、少し納得したものであった。

溶接部の超音波探傷研究の後、筆者は鉄骨工事の精度について調査研究を行った。恩師藤本盛久先生にお願いし、建築学会に「鉄骨工事試験検査小委員会」を設置させて頂いた。小委員会の委員は原則としてファブリケーター、設計者、ゼネコンの鉄骨研究者とした。実はこの小委員会立ち上げに先立ってAISC（米国鋼構造協会）を訪問した際、AISCの諸規準策定委員はファブリケーター出身者と設計者が主であったことを知ったからである。当時のAISCの担当者の説明は「我々はこの基準で鉄骨製作を行う。それでよければ発注・購入してほしい」と言うもので「目からうろこ」であった。

早速ファブリケーター各社の製作基準を収集整理し、鉄骨製作精度の実態調査を行い、諸外国の基準を集め・整理して1982年に「鉄骨精度検査基準」を作成し、『鉄骨精度測定指針』を発行した。前述のように規準値決定のためのデータは実際の経験値の集積で、科学的・技術的データではなかった。そのため、作成過程の議論では設計側委員はより厳しく、鉄骨製作側委員はより緩くと言うことになり、最後は粘った方が勝ち、合宿しての審議では先に寝てしまった方が負けと言う感じであった。例えば「溶接部のビード表面の不整」、「ビード表面のピット」などは溶接工の技量推定、美観、見えない内部欠陥推定などが議論の課題で、科学的議論にならないものである。検査官のその日の気分で左右されてしまうような不合理を避けるために、取りあえず決めておかなければならないものであった。そのような経緯から筆者は中込教授に、より科学的・技術的根拠での鉄骨製作精度基準作成を期待した。

1995年の阪神・淡路大震災における鉄骨被害で顕著だったものにスカラップからの破断、裏当て金溶接部からの破断があった。

スカラップ設置の徹底などは筆者らが溶接性向上のために大いに推奨したものであった。中込教授の研究ではスカラップを設けないノンスカラップ工法がより構造安全であることが技術的に証明された。ファブリケーターにとっても工数削減となり構造的、ビジネス的にも大変喜ばしいことである。

筆者が超音波探傷試験の研究を進めて最初に作成した規準は、日本非破壊検査協会NDIS2404-70「鋼構造溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」であった。探傷感度がかなり厳しく、欠陥の検出レベルも異常に厳しく設定してしまった。超高層建築の板厚70mm（と記憶）の大梁の現場溶接を検査し不合格と判定したが、ガウジング結果ではブローホールが数個しか見つからなかった（図2）。以後、筆者は探傷感度、欠陥検出レベル、欠陥長さの測定方法などの研究を進め、より妥当な検査方法にすべく努力した。

日本の建築鉄骨の制度・規準は多くの部分で未だ厳しすぎるところがある。TPPの時代、アジアの時代に日本の規準はより妥当なアジア規準、TPP規準に変化する必要がある。筆者はかつて「全構連（現全国鐵構工業協会）鉄骨検査規準」を作成し、全構連検査機関が検査したものは運搬トラックに「全構連検査合格品」の幕を張ってはどうかと提案した。実際に委員会を結成して活動したが途中で挫折した。理由不明だがこの提案は今でも有効と思っている。製作基準は実際に製作する側が主に作成すべきもので、そのためには他に批判されないような自主規制・権威の確立と社会からの認知が必要である。

図1　中込教授最終講義

工場・現場で全面的にUTを採用した始めての建物（1971）

UTの実施状況（1971年）

UTの実施状況（現在）

図2　超高層建築の初期の超音波探傷検査（UT）