

梁端接合部の溶接施工 -これまでの経緯とこれからの課題-



神戸大学教授 博士 (工学) **岡中剛**

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震では、数多くの建物が甚大な被害を被った。鉄骨造建物も倒壊し、貴重な人命が奪われている。倒壊にまで至った建物は、所謂、不良鉄骨と呼ばれる接合部の溶接に不備があった建物である。しかし、当時の標準的な溶接施工が行われていた接合部においても、梁端破断に代表される破壊が数多く見られた。

日本の耐震設計では、巨大地震に対して部材の塑性化を許容し、地震により入力されるエネルギーを鋼材の優れた塑性変形能力で吸収することを前提としている。ラーメン構造の場合では、主に梁端に塑性ヒンジを形成し、塑性ヒンジの回転能力に期待する設計が行われる。多くの設計者は、この仮定を疑わずに設計していたはずであり、彼らの受けた衝撃は大きかったと思う。また、鉄骨造建物の施工に携わっている監理者、ゼネコン、ファブリケータの技術者が受けた衝撃も大きかったはずである。

兵庫県南部地震以後、多くの研究機関が、梁端破断の問題に取り組み、その成果が現在の設計・施工に活かされている。本稿では、梁端破断に関するこれまでの研究の経緯を振り返るとともに、今後の溶接施工に関する課題について私見を述べたいと思う。

2. スカラップに起因する梁端破断

スカラップに起因する梁端破断の例りを図1に示す。当時のスカラップ形状は、スカラップ底がほぼ直角に梁フランジと交わっており、かつ、裏当て金の組立て溶接が連続して行われていた。兵庫県南部地震では、スカラップ底に延性亀裂が発生し、梁フランジの脆性破断に繋がっている。このスカ

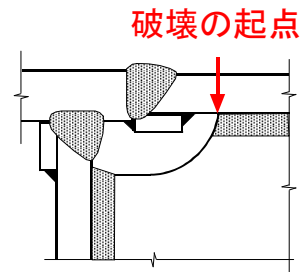


図1 スカラップ底を起点とする破壊¹⁾

ラップ問題は、地震以前から一部の研究者によって指摘されており、スカラップ底の歪集中とフィレット部の低靱性が、脆性破壊の原因である。地震の翌年の1996年に改定された「JASS 6」には、現在の複合円形式およびノンスカラップ形式が標準として記載されるとともに、裏当て金の組立て溶接は、スカラップ底を避けて行うようになっている。

現在の「JASS 6」においても、両スカラップが併記されているが、両者の塑性変形能力には明確な差があり、やはり、ノンスカラップ形式の方が優れている。塑性ヒンジを形成する梁端については、フィレット部の破壊靱性を気にしなくても良いノンスカラップ形式を推奨したい。

最近でもスカラップに起因する梁端破断の問題は起こっている。サブマージアーク溶接 (SAW) によって組み立てられた先組みビルト H 梁の脆性破壊に関するものであり、これには SAW 金属の破壊靱性が影響を与えている²⁾。

3. 梁フランジの完全溶込み溶接部の破断

溶接部が破断した実験例を図2に示す。地震後に行われた

実大実験³⁾において、SN490B 材を梁に用いた実験に見られた破壊である。鋼製エンドタブと梁フランジの小端に形成されるスリット底に延性亀裂が発生し、溶接部の脆性破壊に至っている。

この実験例は、2つの問題点を示唆している。1つ目は、溶接金属の機械的性質(強度および破壊靱性)に関するもので、入熱量、パス間温度および溶接ワイヤの化学成分が問題となる。溶接条件が、溶接部の機械的性質に影響を与えることは、よく知られていたが、実験資料の蓄積と明確な規定が無かったため、適切に管理されていない場合があった。この実験例では、板厚 25mm の梁フランジを 1 層 1 パスで最終層まで溶接している。その後、多くの溶接施工試験が行われ、また、1999 年には、YGW18 が JIS に追加されている。現在では、「鉄骨製作工場大臣認定性能評価基準」に入熱量およびパス間温度の管理値が記載されることになった。

2 つ目の問題点は、付け放した鋼製エンドタブである。鋼製エンドタブのスリット底には、大きい歪集中が生じ、延性亀裂が発生し易い。一方、鋼製エンドタブの切断には、多大な手作業を要する。鋼製エンドタブに代わって、1980 年代後半から普及し始めた固形エンドタブを用いると、溶接始終端の歪集中は緩和される。しかし、固形エンドタブを用いると溶接始終端に溶接欠陥が発生しやすく、破壊の起点と欠陥位置が一致することになる。さらに、溶接始終端の欠陥は一般に適用されている UT 検査では検出が困難である。ジレンマに陥る。その後、固形エンドタブの使用に伴う溶接欠陥が塑性変形能力に与える影響を調べる実験を駒井ハルテックと共同で行い⁴⁾、その研究成果は、「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準 (UT 規準)」の付則 2 に反映されている。

4. 今後の課題

前述した溶接欠陥の評価は、梁端の溶接部に留まらず、今後の大きい課題の 1 つだと考えている。UT 規準の合否判定基準は、1973 年に制定されて以来、鋼材、溶接材料、溶接技術、検査技術の進歩や建築基準法が変化しても改定されずに現在に至っており、品質管理基準を判定とする基準 (Quality Control Level -QC 判定基準) の段階に留まっている。合否判定の対象となる溶接欠陥が直接的に構造物の損傷につながるかを判定できる合理的な基準 (Engineering Critical Assessment Level -ECA 判定基準) の確立が必要である。



図 2 梁フランジ溶接部の破断³⁾

例えば、筆者の行った角形鋼管柱の柱端溶接部を対象とした実験によると、初層(内面)の溶接欠陥による影響は無く、最終層(外面)の欠陥による影響は大きい⁵⁾。このように欠陥断面率だけでは評価できず、欠陥の入っている位置や欠陥高さが重要である。最近では、フェーズドアレイ探傷による UT 検査が、建築構造の分野でも導入されつつある。検査技術の発展とともに合否判定基準を再整備する時期にきている。

近年、大型物件には 550N/mm² 級鋼材や 590N/mm² 級鋼材の使用が増加してきている。さらには、780N/mm² 級鋼材が開発され、実用に供せられ始めている。鋼材の高強度化は、建築鉄骨の設計自由度を増すものであり、豊かな建築空間の創出に繋がる。一方、鋼材の強度が高くなると、溶接施工技術の難度も高くなる。これまでの研究資料の多くは 490N/mm² 級以下の鋼材のものであり、建築鉄骨の高強度化に際しては、構造実験と施工試験の蓄積によって適切な溶接条件を標準化していく必要がある。

以上の課題を解決するには、各業界・各企業の積極的な研究活動と建築学会等の委員会への活発な参加が望まれる。

参考文献

- 1) 日本建築学会近畿支部鉄骨構造部会：1995 年兵庫県南部地震鉄骨造建物被害調査報告書，1995.5
- 2) 日本鉄鋼連盟：先組みビルト H 梁のサブマージアーク溶接施工ガイドブック，2019.10
- 3) 日本建築学会近畿支部鉄骨構造部会：通しダイアフラム形式で角形鋼管柱に接合される H 形鋼梁の塑性変形能力に関する実大実験報告書，1997.7
- 4) 吉村鉄也，田淵基嗣，田中剛，安井一浩：鉄骨造柱梁溶接接合部の構造特性に与える溶接欠陥の影響，鋼構造年次論文報告集，第 10 巻，pp.21-26，2002.11
- 5) 田中剛，上田遼，中澤好道，鎌倉和彦：柱の塑性変形能力に及ぼす溶接欠陥の影響，鋼構造年次論文報告集，第 22 巻，pp.680-687，2014.11