

溶接管理技術者の体験紹介

## 建築鉄骨における溶接接合部の 性能確保のためのポイント

株式会社 大林組  
新 居 努

### 1. はじめに

鋼材は高い強度と優れたじん性を有する材料として多くの構造物で用いられており、建築の分野においても、中小建物をはじめ、超高層建物や大空間建築で多用されている。

従来、鉄骨造の建物は、材料のもつ特性から、じん性に富む耐震性能の優れた構造として考えられていたが、1994年のノースリッジ地震、1995年の兵庫県南部地震（阪神大震災）において、溶接部の破断や母材の破断、柱脚部の損傷、ブレースや柱材の座屈等、初めて本格的な地震被害を受け、倒壊・崩壊した鉄骨造も多数あった（図1）。

筆者は阪神大震災当時、大阪で建築構造設計の業務に従事していた。震災翌日にはチャーターした元漁船で神戸元町付近に入り、震災直後の生々しい状況を目の当たりにして、大きな衝撃を受けた。それまで、日本では地震により多数の建物が倒壊するようなことはあり得ないと考えていたし、特に鉄骨造についてはそのように思っていた。当時、構造設計に従事していた大多数の方が同様の感覚であったと思う。

阪神大震災を大きな契機として、自らの技術者として無知を恥じるとともに、二度と同様の被害を起こさないように建物の設計を行うことの重要性を改めて痛感した。



図1 阪神大震災での建物の被害事例

建築社会全体としても、阪神大震災での大きな被害を受けて、鉄骨造の耐震性能について改めて根本的に見直されることとなり、産官学を挙げての研究や実用的開発が精力的に行われ、今日に至っている。

また、阪神大震災や東日本大震災での大きな地震被害を背景として、BCP (Business Continuity Plan : 事業継続計画) の観点から、重要施設では地震後にも高いレベルでの機能維持が求められるようになってきており、鉄骨造建物に求められる社会のニーズも時代とともに高度化してきている。これらの高いニーズに応えるため、免震構造や制振構造が飛躍的に増加・普及してきているが、まだ大部分の鉄骨造建物が、鉄骨架構そのものの塑性変形能力に期待した設計がなされているのが実情である。

ここでは、現在でも大多数を占める一般的な建築鉄骨造建物を対象として、建築物の構造設計・工事監理に携わる立場から、溶接接合部の構造性能を確保するためのポイントについて述べる。

## 2. 建築鉄骨の溶接接合部に求められる性能

鉄骨造の建物で、地震時に最も大きな応力を受け、塑性化の可能性が高い梁や柱の端部は、溶接接合により形成されるのが一般的である。このように、最も過酷な部位を溶接接合していることが、建築鉄骨の最大の特徴であり、したがって、建物の耐震性能は溶接接合部の性能によって左右される、と言っても過言ではない。

過酷な条件にさらされる溶接接合部に求められる構造的な性能は、その部位や設計で想定される応力や塑性化のレベルにより異なるが、最も基本的な性能は弾性限強度と塑性変形能力である。材料面でそれらの性能を示す規格値としては、降伏点強度・引張強度・降伏比・伸び・絞り・シャルピー吸収エネルギー・硬さなどが挙げられるが、あくまでも建物全体としての性能を確保するためには、単に材料的な規格値を満足するだけでなく、形状的な影響や内質的な影響も加味した総合的な性能としてとらえる必要がある。

特に、地震時に溶接部での塑性化を許容し、その部分でのエネルギー吸収を期待している一般の鉄骨造建物では、地震時に生じる大振幅での多数回繰り返し変形においても破断しないだけの高い変形能力が求められ、そのためには、冶金的な観点および力学的な観点からのトータル視野での判断が重要である。また、その実現のためには、設計・材料・製作のすべての面からの適切な関与が不可欠となる。

## 3. 溶接接合部の性能確保のためのポイント

鉄骨造建物の耐震安全性を確保するためには、架構全体としての塑性変形能力を確保することが最も重要であるが、塑性変形能力に直接大きな影響を与える以下の3つの項目に焦点をあて、性能確保のためのポイントについて述べる。

### (1) 鋼材

建築鉄骨で用いられる主な鋼材としては、阪神大震災以前は、SS400 材、SM490A 材、STKR400 材等が多用されていたが、阪神大震災直前の1994年、建築鉄骨特有の溶接性等に対応するために、降伏比の上限やZ方向の絞り値、厳しい化学成分が規定されたSN材がJIS規格化されている。しかし、規格化当初は適用される事例はごく限られたものだけであった。

阪神大震災における多数の溶接部破断などの被害を受け、溶接部でのぜい性破断を防止するための工夫が材料面からも重要視され、じん性能の高い材料が普及する契機となった。そのため、震災後急速にSN材の適用が進み、現在では主要な溶接部位に広く適用されるようになっている。また、柱材

として主に用いられる角形鋼管では、冷間成形角形鋼管 STKR が主として用いられていたが、製造過程で塑性加工の影響を受け、その塑性変形能力に疑問があることから、SN 材をベース材とした冷間プレス鋼管 BCP や冷間ロール鋼管 BCR 材が規格化され、現在ではほぼすべての建物で用いられるようになっている。

その後、建物の高層化や大スパン化などの多様性が進み、これらへの対応のため、建築構造専用の高強度 600N/mm<sup>2</sup> 級の鋼材も多数開発され、じん性にさらに配慮した HAZ 部でのじん性値を保証するような材料も供給されている。さらには、700~1000N/mm<sup>2</sup> 級の超高強度鋼材も開発され、現段階では弾性限範囲に限定されているが、実建物へも適用も行われている。

材料の選定は溶接部の性能を確保するための第一歩であり、目標とする性能や使用する部位の特性に応じて特性を十分に理解した上で選定することが非常に重要である。

## (2) 溶接条件および溶接材料

溶接接合部のじん性確保のためには、母材の材料特性と共に、溶接条件・溶接材料が大きな影響を与える。そのため、使用する溶接材料や溶接方法・溶接電流・電圧・ガス流量・ワイヤーエクステンション・予熱・後熱などの溶接条件の設定においては、その結果として得られる溶接部の性能を十分に認識した上で決定する必要がある。

特に、大入熱・高パス間温度で溶接を行った場合、降伏点強度や引張強度の低下やじん性の低下が生じる可能性があり注意が必要である。建築鉄骨用として、比較的大入熱・高パス間温度でも高い強度・じん性が確保できる YGW18・YGW19 が 1999 年に JIS 規格化され、現在では広く用いられているが、建築鉄骨で多用される CO<sub>2</sub> 半自動溶接を行う場合は、あらかじめ溶接材料に合致した標準積層図を定めて溶接施工時の管理を行い、定められた溶接条件を守ることが重要である。また、サブマージアーク溶接やエレクトロスラグ溶接などの大入熱溶接では、必要に応じて溶接施工試験を行うなど、さらに入念な品質管理が重要である。

## (3) 継手・仕口形状

阪神大震災で被害を受けた溶接接合部は、①梁下フランジのスカラップ底やエンドタブからの亀裂・破断 (図 2)、②仕口部でのすみ肉溶接部からの亀裂・破断、③仮設ピースの溶接部からの破断、などが挙げられる。そのうち、②と③は、設計や製作上の配慮により回避できる問題であったが、①については設計の根幹に関わる大きな課題であった。

主な原因としては、材料面でのじん性不足に加え、床スラブの合成効果による下フランジ側での引張ひずみの増加と、スカラップ底やエンドタブの切り欠き部での応力集中が考えられた。そのため、スカラップ形状については多くの研究がなされ、改良型スカラップやノンスカラップ工法が開発され、現在ではほぼすべての建物で用いられている。また、エンドタブについては応力集中の比較的少ない固形タブの使用が積極的に行われている。ただし、固形タブ部の溶接には高い技量が必要であるため、採用に際しては注意が必要である。

このように、継手・仕口の形状が耐震性能に極めて大きな影響を直接与えるため、できるだけ応力集中を緩和した継手形状・ディテールとすることが肝要となる。

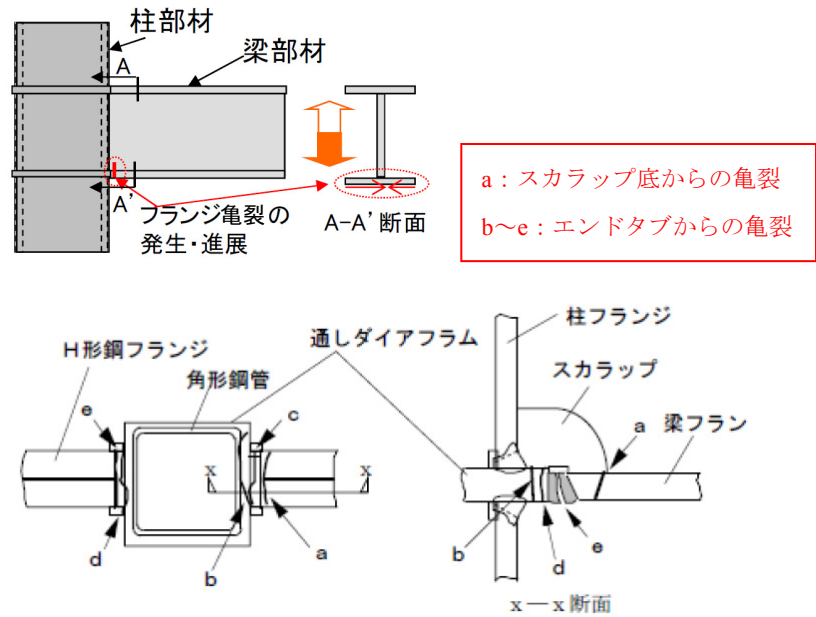


図2 阪神大震災における梁下フランジ端部からの破断

一方、梁端部での溶接部破断を根本的に解決する方法として、現在、高層建物を中心に多く採用されている「梁端部拡幅工法」(図3)についてここで紹介する。

従来の柱梁接合部では、塑性化が避けられない梁端部を溶接により構成していたが、梁の端部を拡幅することでそこでの応力レベルを低下させ、塑性化部位を梁端部から梁中央側の母材部に変えることができ、これにより高い塑性変形能力を確保することができる工法である。

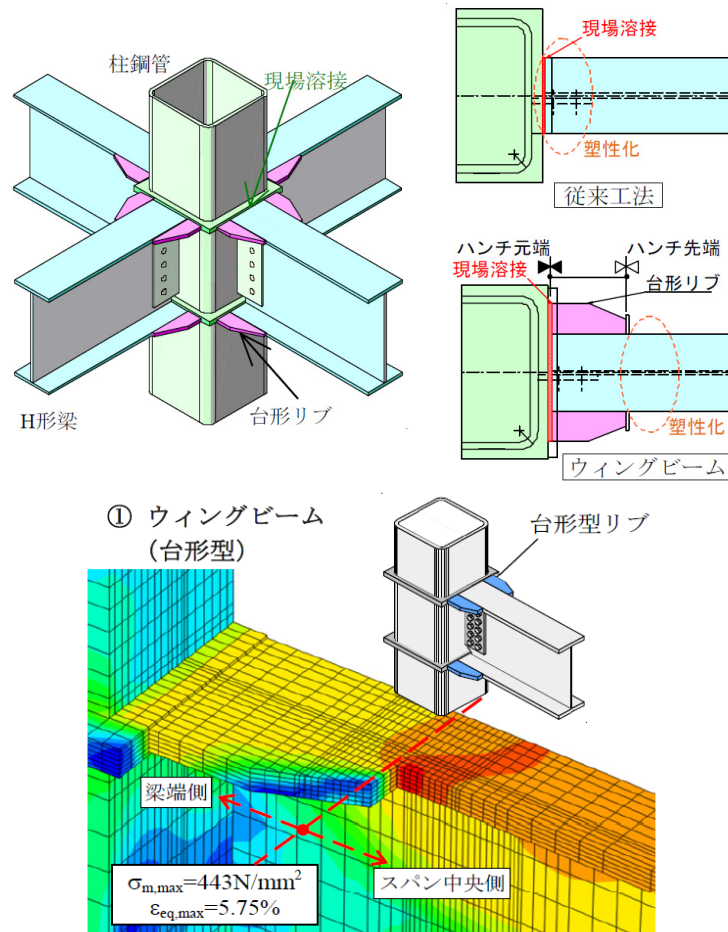


図3 梁端部拡幅工法の例

#### 4. まとめ

上述のように、溶接接合部の性能には、様々なファクターが関連しており、設計者・製作者・施工者・監理者のすべてが十分な知識と技術を持ち、設計・製作に携わっていくことが重要である。また、材料の多様化、溶接関連技術の進歩、社会からの要求の高度化など、刻々と進歩する状況の中で、常に最新の技術を身に着け、最適な判断を行っていく必要がある。

これからも鉄骨造は間違いなく建築物の主流であり続けるものであり、社会のニーズを満足する真に安心・安全な鋼構造建物を作り上げ、阪神大震災と同じ被害は二度と繰り返さないことが、私達技術者の重要な使命であろう。

#### 新居 努（あらい つとむ） 溶接管理技術者特別級

##### <略歴>

1988年 大阪大学 工学部 建築工学科 卒業

1990年 大阪大学 大学院 工学研究科 建築工学専攻 修了

1990年 株式会社大林組 入社 大阪本店 構造設計部 配属

2015年 株式会社大林組 設計本部 構造設計部 部長

現在に至る