

## 鉄骨造建築物の耐震性能と加工

### Seismic Performance and Fabrication of Steel Building Structure

甲津功夫

Isao KOHZU

Seismic performance of steel building structure is closely related to selection of the design performance level, as well as quality of fabrication, in the case of welded moment resisting frame. The current institution system to certify the quality assurance at shop welding stage is reviewed and discussed. Future subject on the steel fabrication, necessary to grasp more accurately the seismic performance, is proposed.

#### 1. はじめに

兵庫県南部地震の鉄骨建築物の被害は、研究者、構造設計者、建築行政官、鉄骨加工に携わる技術者や技能者を始めとする多くの専門家のみでなく、建築主や一般の人々に至るまで、数多くの教訓を与えた。重要な教訓として、建築物の耐震性能レベルに対する建築主、設計者、施工・加工者間での共通の理解、認識の必要性が挙げられる。たとえば、大地震時に建物の塑性変形を許容するという性能レベルが建築主に十分に理解されていなかったため、地震後の再使用が不可能となって、建築主と設計者や施工者との間でトラブルとなった事例がある。建築物の構造安全性の最低限のレベルは建築基準法で保証されるとしても、大地震後の建築物の再使用性や修復性については建築主と設計者が十分に協議して定める必要があり、こうして設計を行うことが本来の性能設計であると考えられる。建築物の用途（重要度）と設定される構造性能（とくに大地震後の再使用性や修復性）の違いから、性能レベルは大地震後も無損傷とするものから建て替えを前提とするものまで数段階のレベルが設定できるが、鉄骨造建築物では各性能レベルに応じた接合部設計を行うことは、柱や梁などの部材設計とともに重要である。同時に、設計で定めた接合部の性能レベルが、施工者や鉄骨加工業者（ファブリケーター）に十分に認識されるように設計図書を整備することと、施工者やファブリケーターには性能レベルに合致した施工・加工技術と品質管理体制が求められる。構造設計の段階では、実際に使用する材料の機械的性質が不明であり、鋼材規格に対応した設計基準値（F値）に基づいて設計することになる。従って設計建物の耐震安全性の検証はF値を用いて行われる。完成した建物の実際の耐震性能は、本来、使用された鋼材の機械的性質と鉄骨加工工場における加工と建設現場における施工（鉄骨建て方）の実情に応じて定まる。規格鋼材の機械的性質の実勢値はJISや建築基準法あるいは国土交通大臣の認定材料として定められた規格値であるF値を上回ることから、構造計算の方法が適切である限り、実際の建物の耐震性能は原設計時に計算された耐震性能を上回ると予想される。しかし、実使用鋼材の機械的性質に基づく再計算により、より正確な耐震性能を求めることや、鉄骨加工および現場施工状況を踏まえて、接合部の実耐力を求めて建物の耐震性能を再評価することはほとんどないので、建物の実耐震性能は不明のままである。建物完成時に実性能を把握しておくことは、資産価値を正確に評価することや将来、コンバージョンを計画するなどストックとしての既存建物の活用を行う際にも重要となる。

ここでは、設計で定めた鉄骨造建築物の耐震性能レベルを実現するために、設計と鉄骨加工における現状の問題点を抽出し、解決すべき今後の課題について、私見を述べたい。

#### 2. 鉄骨加工における性能評価の現状

建物の耐震性能に関わる鉄骨加工工場における現行での性能評価は、溶接部（とくに完全溶込み溶接部）の構造性能がある一定の水準を確保しているか否かを評価するもので、鋼種や板厚の違いに応じて表1のようなグレード毎に、その適否が判定される。

表1 認定工場のグレードと適用範囲

グレード	鋼種・板厚等の原則	対称建物の規模・階数の上限値		
		延べ床面積	高さ（軒高）	階数
J	400N級・16mm以下	500㎡	13m（10m）	3
R	400、490N級・25mm以下	3,000㎡	20m	5
M	400、490N級・40mm以下	—	—	—
H	400、490、520N級・60mm以下	—	—	—
S	—	—	—	—

溶接部の構造性能が、ある一定水準以上確保されていることを客観的に評価するために、管理技術者の資格・能力、必要な製造設備と検査設備、加工・製作を行うために必要な工作基準や検査基準などソフトウェア、ハードウェアの両面にまたがる整備がなされていることと、一定水準を確保するための具体的な溶接施工法や条件、即ち、溶接技能者資格、溶接姿勢、開先形状、エンドタブの材質と形状及びその取り付け法、溶接ワイヤ、溶接電流・電圧、予熱、溶接入熱・パス間温度管理など多岐にわたる項目について、その適否が評価される。以上の諸項目がすべて適切であると評価された申請鉄骨加工工場に対して、指定性能評価期間である（株）日本鉄骨評価センターまたは（社）全国鐵構工業協会から、グレードに応じた図1の「性能評価書」が、国土交通大臣から図2の「指定書」と図3の「認定書」が発行される。

「性能評価書」の適用範囲に記述されている別添の「1. 品質管理体制」とは、品質管理技術者及び責任者（工場に配置されている有資格管理技術者及び責任者）、社内基準（工作基準等を整備し、適切に維持管理している）、製造設備の種類、検査設備の種類などの内容について記述したものである。「性能評価書」では、「鉄骨製作工場において溶接された鉄骨の溶接部」が定められた適用範囲内で建築基準法施行規則第1条の3第1項の規定に係る評価基準を満たしていることが示されている。

施行規則第1条の3第1項の規定とは、文献3に依ると、

「施行規則第1条の3（確認申請書の様式）第1項」

「（抜粋）確認の申請書に添える図書のうち、国土交通大臣があらかじめ安全であると認定した構造の建築物又はその部分（認定書）に係る場合で、当該認定に係る認定書の写しを添えたものにおいては、国土交通大臣が指定した図書を除く（指定書）。「認定書」は「鉄骨製作工場において溶接された鉄骨の溶接部が安全である」ことを認定しているものであり、「指定書」は確認申請の際に認定書の写しを添えることによって省略できる図書が、溶接部に係る構造詳細図であることを指定したものである。」（引用文中でゴシックとした部分は筆者による）

即ち、性能評価された工場で鉄骨を製作する場合に、建築確認申請書の工場溶接部分に係る構造詳細図を省略できる、ということである。

「認定書」では、建築基準法第68条の2第1項の構造方法等の認定に関する規定に基づいて、法施行規則第1条の3第1項の規定に適合することが認定される。認定された構造方法又は建築材料とは定められた適用範囲内での「鉄骨製作工場において溶接された鉄骨の溶接部」である。

〇〇H〇〇〇〇-J S A〇〇

## 性能評価書

〇〇〇 株式会社

代表取締役 殿

平成 年 月 日付で性能評価の申請があった下記の件について、当社評価業務委員会において慎重審議の結果、その建築鉄骨溶接部の構造が当社で定めた基準に適合しているものと評価します。

平成 年 月 日

株式会社 日本鉄骨評価センター

代表取締役社長 〇〇〇〇

### 記

1. 件名 鉄骨製作工場において溶接された鉄骨の溶接部

2. 評価区分

建築基準法施行規則第1条の3第1項の規定に係る評価基準

(鉄骨製作工場の性能評価業務方法書に規定する「Hグレード」)

3. 鉄骨製作工場名及び所在地

鉄骨製作工場名

所在地

4. 適用範囲

下記及び別添の「1. 品質管理体制」による。

①鉄骨溶接構造の鋼種、板厚、溶接方法、予熱条件など。

②作業条件(下向きなど)、溶接技能者資格。

③溶接材料と入熱、パス間温度の組合せは、別添に示す「3. 入熱・パス間温度」による。

5. 評価内容

1) 評価業務委員会

委員長以下委員名

2) 工場審査者

3) 評価番号 〇〇H〇〇-J S A〇〇

4) 評価内容

鉄骨製作工場の性能評価業務方法書に基づき評価諸元表に示す申請図書、工場における書類等の品質管理及び実施状況の評価を行った結果、建築鉄骨溶接構造を製作する建築鉄骨製作工場が、「4. 適用範囲」に示す範囲において工場の品質管理体制及び実施状況が当社性能評価業務方法書に規定する「Hグレード」の評価基準に適合すると評価された。

図1 性能評価書の例(1)

国住指第 一 号  
平成 年 月 日

## 指 定 書

建築基準法施行規則第1条の3第1項の規定に基づき、確認申請書に添える図書から除く図書として、同項の表一(は)項に掲げる構造詳細図のうち下記の建築物の部分に係る図書を指定する。

名 称  
代表者氏名

国土交通大臣

### 記

1. 認定番号
2. 認定した建築物の部分の名称  
鉄骨製作工場において溶接された接骨の溶接部
3. 認定した建築物の部分の内容
  - (1) 鉄骨製作工場の名称及び所在地  
名 称  
所在地
  - (2) 適用範囲
    - ① 鉄骨溶接構造の400N、490N及び520N鋼種で板厚60mm以下の鋼材とする。ただし、通しゲイアフラム（閉光なし）は400N、490N及び520N鋼種で板厚70mm以下の鋼材とする。又、ベースプレートの板厚、Gコラム及びSTコラムのパネル厚内部の板厚が50mmを超える場合は150℃以上の予熱を行う。
    - ② 作業条件は下向、横向及び立向姿勢とする。溶接技能者の資格はSA・3Fと3H及び3VかA・3Fと3H及び3Vとする。
    - ③ 溶接材料と入熱、ガス間温度の組合せは下表による。ただし、400N鋼種のSTKR、BCR及びBCPの作業条件は、YGW-11、15で入熱30KJ/cm以下、ガス間温度250℃以下、YGW-18、19での作業条件は入熱40KJ/cm以下、ガス間温度350℃以下とする。又、490N鋼種のSTKR及びBCPの場合の作業条件は、YGW-18、19で入熱30KJ/cm以下、ガス間温度250℃以下とする。

鋼材の鋼種	溶 接 材 料	入 熱 (KJ/cm)	ガス間温度(℃)
400N鋼種	JIS Z3211, 3212	40以下	350以下
	YGW-11, 15		
	YGW-18, 19		
	JIS Z3214		
490N鋼種	YGA-50W, 50P	40以下	350以下
	JIS Z3212	90以下	250以下
	YGW-11, 15	40以下	350以下
	YGW-18, 19		
520N鋼種	JIS Z3214	30以下	250以下
	YGA-50W, 50P		
	YGW-18, 19		

図2 指定書の例(2)

# 認定書

国位指第 - 号  
平成 年 月 日

名 称  
代表者氏名

国土交通大臣

下記の構造方法又は建築材料については建築基準法第68条の26第1項（同法第88条第1項において準用する場合を含む）の規定に基づき、建築基準法施行規則第1条の3第1項の規定に適合するものであることを認める。

## 記

1. 認定番号
2. 認定をした構造方法又は建築材料の名称  
鉄骨製作工場において溶接された鉄骨の溶接部
3. 認定をした構造方法又は建築材料の内容
  - (1) 鉄骨製作工場の名称及び所在地  
名 称  
所在地
  - (2) 適用範囲
    - ① 鉄骨造橋脚の400N、490N及び520N級鋼で板厚60mm以下の鋼材とする。ただし、通しダイヤフラム（閉塞なし）は400N、490N及び520N級鋼で板厚70mm以下の鋼材とする。又、ベースプレートの板厚、Gコラム及びSTコラムのパネル厚内側の板厚が50mmを超える場合は150℃以上の予熱を行う。
    - ② 作業条件は下向、横向及び立向姿勢とする。溶接技術者の資格はSA・3Fと3H及び3VかA・3Fと3H及び3Vとする。
    - ③ 溶接材料と入熱、ガス間温度の組合せは下表による。ただし、400N級鋼のSTKR、BCR及びBCPの作業条件は、YCW-11、15で入熱30KJ/cm以下、ガス間温度250℃以下、YCW-18、19での作業条件は入熱40KJ/cm以下、ガス間温度350℃以下とする。又、490N級鋼のSTKR及びBCPの場合の作業条件は、YCW-18、19で入熱30KJ/cm以下、ガス間温度250℃以下とする。

鋼材の種類	溶 接 材 料	入 熱 (KJ/cm)	ガス間温度(℃)
400N級鋼	JIS Z3211、3212	40以下	350以下
	YCW-11、15		
	YCW-18、19		
	JIS Z3214		
490N級鋼	YGA-50W、50P	40以下	350以下
	JIS Z3212	50以下	250以下
	YCW-11、15	40以下	350以下
	YCW-18、19		
520N級鋼	JIS Z3214	50以下	250以下
	YGA-50W、50P		

図3 認定書の例（2）

### 3. 溶接接合部の性能評価と工場認定制度

それでは「鉄骨製作工場において溶接された鉄骨の溶接部」の何が評価され、認定されたことになっているのだろうか。建築基準法施行令、第三章 構造強度、第五節 鉄骨造（接合）、第六十七条の2に依ると、

「構造耐力上主要な部分である継手又は仕口の構造は、その部分の存在応力を伝えることができるものとして、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。（以下省略）」

とあり、この施行令第六十七条の2を受けて建設省告示 1464 号（平成 12 年 5 月 31 日）では、

「鉄骨造の継手又は仕口の構造方法を定める件

建築基準法施行令第 67 条第 2 項の規定に基づき、鉄骨造の継手又は仕口の構造方法を次のように定める。

建築基準法施行令第 67 条第 2 項に規定する鉄骨造の継手又は仕口の構造は、次の各号に掲げる接合方法の区分に応じ、それぞれ当該各号に定める構造方法を用いるものとしなければならない。

一 高力ボルト、ボルト又はリベットによる場合、次に定めるところによる（以下省略）。

二 溶接による場合、次に定めるところによる。

イ溶接部は、割れ、内部欠陥等の構造耐力上支障のある欠陥がないものとし、かつ、次に定めるところによらなければならない。

(1) 柱とはりの仕口のダイアフラムとフランジのずれについての規定

(2) 突合せ継手の食い違いについての規定

(3) アンダーカットについての規定

ロ鋼材を溶接する場合にあっては、溶接される鋼材の種類に応じ、それぞれ次の表（省略）

に定める溶着金属としての性能を有する溶接材料を使用しなければならない。」

と規定されている。本告示の二、ロの表には、溶接される鋼材の種類（400～520 ニュートン級炭素鋼及び 235、325 ニュートン級ステンレス鋼）と、鋼材に対応する溶着金属としての性能（降伏点又は 0.2% 耐力（ステンレス鋼は規定無し）、引張強さ）が定められており、溶着金属の機械的性質には鋼材の規格下限値が与えられている。更に、定められた溶着金属としての性能を確保する上で、使用される溶接材料については、建設省告示第 1446 号（平成 12 年 5 月 31 日）で、

「建築物の基礎、主要構造部等に使用する建築材料並びにこれらの建築材料が適合すべき日本工業規格又は日本農林規格及び品質に関する技術的基準を定める件

第一 建築基準法第三十七条の建築物の基礎、主要構造部その他安全上、防火上又は衛生上重要である部分に使用する建築材料で同条第一号又は第二号のいずれかに該当すべきものは、次に掲げるものとする。

（中略）

五 溶接材料（炭素鋼、ステンレス鋼及びアルミニウム合金材の溶接）（以下省略）」

に示されるように J I S 規格に基づく適正な溶接材料を用いることが規定されている。

以上より、工場認定制度においては、定められた鋼種と適正な溶接材料を用いて認定工場（S グレードを除く）で溶接される接合部の溶着金属は被接合材である鋼材の規格下限値の強度を確保している、ことを国土交通大臣が認定している。一方、設計で使用される溶接継目の断面に対する許容応力度及び材料強度を求める際の基準強度（基準法施行令第 92 条及び 98 条）

は、建設省告示第 2464 号第 2, 第 4 に定められているように被接合鋼材の基準強度と同等であり、施行令 67 条の 2 即ち告示 1464 号の技術基準に従う限り、国土交通大臣の認定の有無に拘わらず、いずれの工場で溶接された接合部であっても所定の設計強度が確保されるという形式になっている。従って大臣認定工場で溶接された接合部が、法令で規定される溶接部の設計強度の確保以外に、良好な靱性が保証されているなど特段の構造性能を確保しているか否かは全く触れられていない。現行の改正建築基準法以前では、表 2 の建設省告示 1103 号と住指発 220 号通達に規定されていたように、鉄骨製作工場の設備などに応じて、溶接部の許容応力度を被接合材の許容応力度と同等あるいは 0.9 倍して設計することとなっていた。0.9 倍（いわゆる 0.9 掛け）の是非は別として、しかるべき作業条件を満たしていない製作工場で溶接された建築鉄骨の溶接部は、強度を低減することが義務づけられていたわけである。

表 2 建設省告示1103号と住指発220号通達

年代	事項
1981	溶接部の許容応力度、材料強度（建築基準法施行令第 92、98 条、告示 1794 号）。告示 1794 号：鋼種と作業条件で溶接部の長期許容応力度を設定。0.9 掛け明示。建設省告示1103号発効。
1982	建設省告示1103号住指発220号通達（耐震強度並びに高度の品質確保）施行令92条（溶接継目の断面に対する許容応力度）、98条（溶接継目の断面に対する材料強度）に基づき、高度の品質を確保しうる作業方法の条件 1. つぎの（1）および（2）に定めるところにより作業すること。 （1）鋼材の種類に応じて必要な自動溶接装置その他の溶接機器及び自動ガス切断機その他の加工機器を備え、かつ、これらの機器及び溶接方法に関して十分な知識及び技量を有する者が溶接を行うこと。ただし、昭和55年建設省告示1794号第2の表に掲げる鋼材のうち、溶接用鋼材（具体的には、490級SM材、SMA、SN、STK、STKR材、520級SM材）以外の鋼材を溶接する場合において、回転ジグ、ポジショナー等常に下向きで作業できるような設備をして作業するときは、この限りでない。 （2）溶接部が割れ等の欠陥を有するものとならないよう、非破壊検査その他の検査を行うこと。 2. 前号に掲げるもののほか、建設大臣がこれと同等以上に高度の品質を確保しうると認める方法により作業すること。

#### 4. 接合部の性能評価に関する最近の動向

以上述べてきたように、現行の工場認定制度では、工場で溶接される建築鉄骨の溶接部の設計強度を施行令で定めた基準に基づいて定めてよく、その際に確認申請書類から構造詳細図を省略できるということが評価、認定されている。しかし、建築物の性能評価を行い、適切な性能保証をするためには、設計段階で予め定めた性能、即ち、強度のみでなく部材の塑性変形能力の要求値に応じた製作・加工がなされることと製品の品質が適正であることを証明するための具体的な手段、方法が提示されねばならない。大地震時にラーメン骨組の梁端溶接接合部に要求される基本的な力学性能は通常の場合、梁部材の塑性変形に伴うエネルギー吸収する過程において早期に破断することなく十分な変形追随能力を有することである。しかし、梁に要求される、あるいは想定される最大塑性変形量や弾塑性の繰返しに伴う塑性変形の累積量は骨組の固有周期、骨組の形式、部材断面の大きさ、更には想定する地震入力の特性によって一概には定まらないので、構造設計者は、建築物それぞれの要求性能を正確に施工者やファブリーケーターにわかりやすく示す必要がある。

文献 4 では、角形鋼管柱と H 形断面梁からなる通しダイアフラム形式の梁端接合部を対象として、建築基準法に規定された許容応力度等計算、限界耐力計算、超高層建築物等を対象とした時刻歴応答解析に基づく計算などで耐震設計に相当する部分に対して、地震時に梁端に生じる最大塑性回転角（必要変形性能）を、実際の梁端接合部が保有する破断までの最大塑性回転角（保有変形性能）が上回ることを確認するものとして、詳細な設計法と関連する溶接施工法が示されている。保有変形性能を保証するための溶接施工条件のうち、重要となる項目は、入

熱量、パス間温度、鋼種に応じた溶接ワイヤ規格などであるが、これらの組合せは、基本的には先に述べた鉄骨製作工場認定制度におけるグレード別適用範囲に記載された溶接条件と大きな差はなく、それよりも溶接される鋼材と溶接部のシャルピー衝撃値の大きさが設計継手耐力に大きな影響を与える内容となっている。

AISCの「Seismic Provisions for Structural Steel Buildings」<sup>5)</sup>では、耐震骨組の非弾性回転能力の大小に応じて、Special Moment Frame(SMF)、Intermediate Moment Frame(IMF)、Ordinary Moment Frame(OMF)の3種類の等級に分類して、それぞれの種類の骨組に対して非弾性回転能力の下限値を0.03、0.02、0.01radに設定している。これらの非弾性回転能力を保証するために、柱や梁、パネルゾーン、梁端接合部などの構造詳細が骨組の等級に応じて細かく定められている。また、FEMA-350「Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings」<sup>6)</sup>では、膨大な実験結果に基づいてSMF、IMF、OMFの各等級に相応しい柱梁接合部詳細(柱、梁の鋼種や断面寸法、板厚、梁端フランジと柱フランジの溶接条件など)を提示している。従って、構造設計者は実験等によって新しい構造詳細の力学性能を独自に確認しない限り、提示された構造詳細のいずれかを実施建物に採用することになる。設計で要求する鋼構造骨組の性能を実現するため、実際の鉄骨加工や建て方時の品質確保の方針・方法については、FEMA-353「Recommended Specifications and Quality Assurance Guidelines for Steel Moment-Frame Construction for Seismic Application」<sup>7)</sup>によると、地震時に溶接部で予測される塑性変形の程度に応じて表3のようなカテゴリA、B、Cが定められ、また、鋼構造骨組全体としての耐震余裕度や仕口、継手に発生する応力の種類に応じて、表4のようなカテゴリH、M、Lが定められていて、溶接作業工程中における品質管理、品質確認のために要求される内容がこれらの組み合わせに対して設定されている。このようにFEMAによると、鉄骨加工業者及び建て方業者に対して当該建築物の耐震性能要求ランクが明示されていることになるから、溶接作業条件、溶接工程管理、検査方法と内容について建物ごとに明確に区別して設定できるものと考えられる。

表3 溶接部の耐震要求性能カテゴリ

要求レベルと内容		例
A 高	発生応力が降伏レベル以上となる溶接部で、歪硬化域に到達する可能性のある場合	梁フランジ-柱フランジ完全溶込み溶接部のうち、無補剛タイプ、弱パネル型でRBS(ドッグボーン)タイプ、自由フランジタイプの梁端構造詳細を有するもの
B 中	発生応力が降伏レベル付近になる溶接部であるが、非弾性歪を無視できる程度のもの	梁フランジ-柱フランジ完全溶込み溶接部のうち、強パネル型でRBSタイプ、ハンチ付き、カバープレートタイプなどの梁端構造詳細を有するもの
C 低	発生応力が設計耐力を下回ると予測される溶接部、あるいは発生応力が圧縮応力となる溶接部	せん断力や圧縮力を伝達する完全溶込みまたは部分溶込み溶接部で上記以外のもの



表4 溶接接合部または骨組のカテゴリー

レベル	適用範囲
H 高	耐震余裕度の低いラーメン骨組（主方向の水平力に抵抗する梁部材が階あたり4本以下のもの） 2以上の床の鉛直荷重を支持するせん断抵抗型接合部 引張力を伝達する継手
M 中	耐震余裕度のあるラーメン骨組の接合部 水平力抵抗要素を付加したラーメン骨組の接合部 2部材以上から伝達される床の鉛直荷重を支持するせん断抵抗型接合部 せん断力、圧縮力を伝達する継手
L 低	1部材のみを支持する、せん断、圧縮、引張抵抗型接合部で、水平抵抗要素を構成しない接合部 鉛直荷重を伝達する役割を持たない接合部

## 5. 溶接接合部の合理的な性能評価の確立に向けて

### 5.1 設計者による耐震要求性能ランクの明示

建築物の耐震性能要求ランクを設計図書に明示することは、特別な場合を除いて通常は行われていない。しかし、性能設計本来の目的に照らせば、建築物の保有する性能あるいは保有すべき性能を建築主だけでなく施工者や製作者が認識できるように提示することは、設計者の責務であると考えられる。

### 5.2 耐震要求性能ランクに対応する製作技術と品質保証体制に基づくグレードの明示

既に述べたように、現行の工場認定制度においては当該工場で溶接施工できる建物規模や使用鋼種などによってグレードを分類していて、柱梁溶接接合部の構造詳細の違いによる要求構造性能を確保できる製作能力や品質保証体制については、工場の性能評価の対象とはなっていない。言い換えると、認定工場では建物規模と使用鋼種、溶接作業条件、溶接技能者資格、溶接材料と溶接条件、品質管理体制及び実施状況などが評価基準に定めた適用範囲内であれば、レ形開先裏当金付き完全溶け込み溶接部に代表される通常の溶接接合部すべてを安全に製作できる建前となっている。しかし、文献4で対象としている角形鋼管柱とH形断面梁からなる通しダイアフラム形式の梁端溶接接合部では地震時の脆性的破断を防止することを目的に、梁端部の保有変形性能を確保するための梁端接合部の設計法を始めとして、シャルピー吸収エネルギー量を始めとする鋼材の力学的性質や梁端接合部溶接施工法などの内容について相当に厳しい条件が課せられている。一方、文献4で性能改善を図っている従来からの標準的な通しダイアフラム形式の梁端溶接接合部詳細に代わって、梁端フランジ溶接部に過酷な塑性変形を強要しない接合法も提案され実施されている。これらの新しい接合法を採用した梁端フランジの完全溶け込み溶接部に要求される力学性能（とくに変形性能）は従来工法に比べて厳しくなく、地震時においても理論上弾性範囲内に止まるよう工夫された接合法もある。これら新旧の接合法における梁端完全溶け込み溶接部に等しい耐震性能を要求することは合理的ではなく、構造性能設計方針に即した個々の接合法、接合詳細を実際に加工・製作できる技術の評価する必要があると考えられる。

### 5.3 ファブリケータによる設計内容（とくに耐震性能要求ランク）に対する理解

設計図書に明示された建築物の耐震性能要求ランクを、ファブリケータが十分に理解して加工・製作にあたる必要のあることは言うまでもない。現行の工場認定制度においては工場の品質管理体制の維持・向上を図るための品質管理技術者及び責任者として、グレードに応じて鉄

骨製作管理技術者 1, 2 級、一、二級建築士、WES 1, 2 級資格者、建築鉄骨製品検査技術者、建築鉄骨超音波検査技術者、NDI UT レベル 2, 3 資格者など数多くの有資格者を必須条件としている。これらの技術者に対して、耐震性能要求ランクの内容についての教育が求められる。

#### 5.4 現場溶接部の品質管理と品質保証

現行の工場認定制度の対象範囲は工場溶接に限定されていて、現場溶接部の品質管理、品質保証体制について工場認定制度に該当する法的に規定されたものは現時点ではない。1995 年兵庫県南部地震での被害調査によると、梁端下フランジ側溶接部の損傷事例は梁端フランジ溶接部での全損傷事例に占める割合が、工場溶接に比べて現場溶接の方が 2 倍を超えること、また、現場溶接部の破壊のうち下フランジ側溶接部のクレーターを起点とするものが全体の 42.3% を占めることが指摘されている（文献 8）。梁端フランジと通しダイアフラムあるいは箱形断面の柱とを現場溶接とする工法は、主として中層建物以上で採用され、溶接施工を行う業者は通常のファブリケータとは限らず、現場溶接専門業者がゼネコンの管理の下に施工することも多い。大規模な建設現場ではゼネコンの鉄骨工事に関する品質管理責任者や設計監理者によって現場溶接部の品質が確保されるが、小規模な建設現場では鉄骨工事に精通した技術者が存在しないことも多く、工場溶接に比べて品質管理体制が整備されているとは必ずしも言えない。

#### 5.5 実性能の把握

設計図書で指定された鋼材や溶接材料を、鉄骨加工時に適正に使用していることは、材料の規格証明書に基づいて証明される。規格証明書は、JIS 規格等に照らして該当材料が合格品であることを証明しているのであるが、合格判定をした根拠となる機械的性質や化学成分などの実測値が明示されている。ここでは、実測値を合格判定の根拠として使用される以外に、より有効な活用を提案したい。即ち、規格証明書に基づく材料の実測値を用いて、建物の性能をより正確に把握することである。設計段階では使用材料の実性能を把握するのが一般に困難であるため、材料のばらつきや機械的性質の実勢値を参考に設計が進められる。たとえば柱材に冷間成型角形鋼管を、梁材に H 形鋼を使用するラーメン骨組において梁降伏先行型架構を実現するために、F 値に基づく柱、梁の曲げ耐力の比に予め余裕を持たせるようにして部材断面を定めることが行われている。しかし、完成した骨組が設計通りに梁降伏先行型架構となっていることは直接的に証明されておらず、また柱、梁の曲げ耐力比の実情は不明である。更に梁端溶接接合部においては、実際の梁フランジ母材と溶接部の降伏および破断耐力比が不明であるから、材料規格証明書や溶接施工記録などから設計で定めた接合部の要求性能が満たされていると判断されても、定量的には証明されていない。

建物の実性能を把握する上で、規格証明書等に記載された実測値を用いるとすれば、現状の記載項目だけでは不十分であり、H 形鋼を例に挙げるとフランジ、ウェブそれぞれの機械的性質の実測値などを盛り込む必要がある。

#### 6. まとめ

鉄骨造建築物の耐震性能は、設計で検証された要求性能と加工品質によって定まる。本論では、とくに鉄骨加工における性能評価の現状について分析し、建築物の実耐震性能を把握して地震後の再使用性や修復性を判定する上で必要とされる今後の検討課題について私見を述べた。

#### 参考文献

- (1) (株) 日本鉄骨評価センター、性能評価業務方法書に依る。
- (2) (社) 全国鐵構工業協会及び大分県鐵構工業会のホームページに依る。
- (3) 日本鉄骨評価センター、全国鐵構工業協会、「鉄骨製作工場認定制度の仕組みと狙い」、鉄構技術、2001.10、p.19-25。
- (4) 「鉄骨梁端溶接接合部の脆性的破断防止ガイドライン・同解説」、日本建築センター、平成 15 年 8 月。

- (5) "Seismic Provisions for Structural Steel Buildings" , American Institute of Steel Construction Inc., April 15, 1997.
- (6) "Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings" , Federal Emergency Management Agency, FEMA-350, June, 2000.
- (7) "Recommended Specifications and Quality Assurance Guidelines for Steel Moment-Frame Construction for Seismic Application" , FEMA-353.
- (8) "Designs to Prevent Brittle Fracture in Beam-end Connection" , K. Morita, STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW, No5, December, 2003, pp.4-6.