

建築鉄骨「プロセス・施工編」

建築鉄骨における 溶接施工プロセスと品質管理*

小林 光博**



Architectural Steel Structure (Process & Construction)

Welding Construction Process and Quality Control in Architectural Iron Frame*

by KOBAYASHI Mitsuhiro**

キーワード 建築鉄骨, 構造形式, 溶接施工プロセス, 溶接施工方法, 品質管理

1. はじめに

建築鉄骨の特徴として、様々な断面形状を有する。接合部の形状が複雑である。施工する鋼材の板厚が薄鋼板（6mm）から厚鋼板（100mm）まで幅広い。様々な強度の鋼材を適用している（200 N/mm²～780 N/mm²、最近では1000 N/mm²の物件もある）等があげられる。従って、建築鉄骨の溶接施工には、これら複雑なパラメーターを考慮し、要求品質を確保しつつ、施工効率の高い溶接方法を選択する必要がある。建築鉄骨における溶接の歴史は、1907年開発の被覆アーク溶接に始まり、様々な溶接接合部ディテールへの対応、溶接の高効率化の要求に合わせ、サブマージアーク溶接（1935年開発）、エレクトロスラグ溶接（1951年開発）、炭酸ガスシールドアーク溶接（1953年開発）等を取り入れ現在に至っている。本稿では、超高層建築物をメインに建築鉄骨における製品形状毎の製作方法、溶接・接合プロセスおよび施工、検査・品質管理について概説する。

2. 製品と工法

2.1 建築鉄骨における製品の形状

建築鉄骨における製品とは、柱、間柱、大梁、小梁、ブレース、その他2次部材を言う。柱の形状には、主に超高層建築物に用いられている鋼板組立箱形断面柱（以降ボックス柱と称す）、中～高層建築物に用いられている円形鋼管柱、角形鋼管柱、低層建築物に用いられている十字形

柱、T字形柱、H形鋼柱等がある。梁、ブレース材にはH形や角形鋼管、円形鋼管が主に用いられている（図1）。

なお、最近の超高層建築物の柱は、ボックス柱、円形鋼管柱、角形鋼管柱の内部にコンクリートを充填させるCFT（Concrete Filled Steel Tube）構造が主流となっている。この構造は鋼管とコンクリートの相互拘束効果（コンファインド効果）により軸圧縮耐力・曲げ耐力、変形性能が増大することにより、従来のS造、RC造、SRC造に比べ耐震性が向上する他、柱断面、柱鋼板厚が小さくでき、経済的であるという利点がある（図2）。

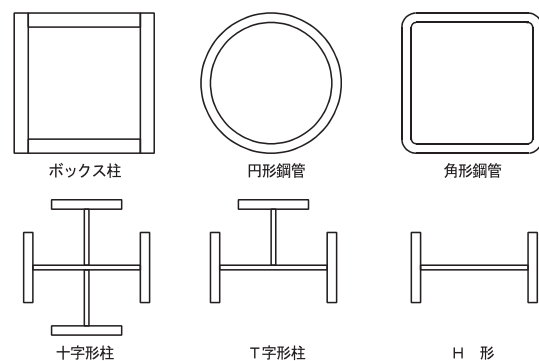


図1 建築鉄骨部材の形状

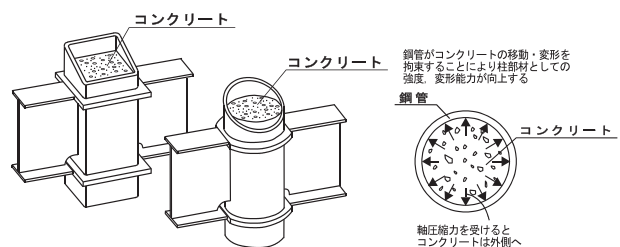


図2 CFT 構造の概要

*原稿受付 平成23年5月30日

**賛助員 株式会社駒井/ハルテック 富津工場 生産技術部 技術課 課長
Support member, Komaihaltec Corp.

2.2 製作方法（ボックス柱の製作）

ボックス柱の特徴として、以下の2項目が挙げられる。

- ①ボックス柱内部に梁取り合い部の補剛材として内蔵された鋼板（内ダイアフラム）を有する
- ②柱を構成する4枚の鋼板は、大きな軸力を負担するため比較的板厚が厚い

前者は閉鎖断面となることから、エレクトロスラグ溶接という特殊な溶接施工方法を採用している。後者は、板厚が厚く、溶接長が長いということから、溶接生産性を考慮して、サブマージアーク溶接が適用されている。エレクトロスラグ溶接及びサブマージアーク溶接の概要については3章で説明する。

図3にボックス柱の製作フローチャート例を、図4にボックス柱製作手順図を示す。

最近では先に説明したCFT構造が増えてきているので、内ダイアフラムには中央にコンクリート充填用の孔と、四隅に空気抜き用の孔を開けるようになっている。フローチャート例としたのは、製作工場のレイアウトや製品の形状等によってエレクトロスラグ溶接、角溶接の順序が異なる場合があるためである。大入熱工法の製作手順としては、①角溶接→エレクトロスラグ溶接（1回目）→エレクトロスラグ溶接（2回目）、②エレクトロスラグ溶接（1回目）→角溶接→エレクトロスラグ溶接（2回目）、③エレクトロスラグ溶接（1回目）→エレクトロスラグ溶接（2回目）→角溶接の3パターンがある。

2.3 製作方法（円形鋼管柱・角形鋼管柱の製作）

2.2で説明したボックス構造では一部例外もあるが、柱-梁接合部の形式は柱スキンプレートが通った柱貫通形式が用いられることが多い（図5）。逆に円形鋼管柱、角形鋼管柱の場合はダイアフラムが通った通しダイア

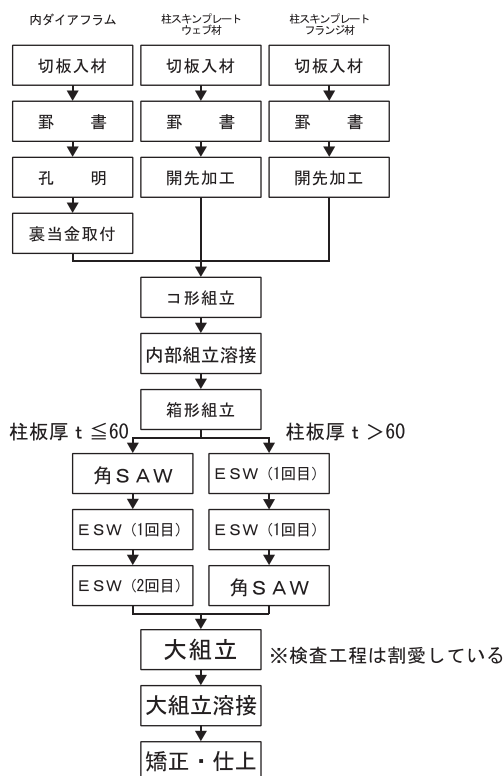


図3 ボックス柱製作フローチャート例

ラム形式（梁貫通形式）が用いられるケースが殆どである（図6）。

よって、円形鋼管柱および角形鋼管柱では、溶接施工方法もボックス柱とは大きく異なる。通しダイアフラム形式の製作方法は、大きく分けて2種類あり、シャフト先行型とコア先行型に分かれる。シャフト先行型は、柱主幹となる円形鋼管・角形鋼管と通しダイアフラムを全て組立て、先に溶接を完了してから仕口部材を組立て、溶接する方法である（図7）。コア先行型は、通しダイアフラムとその内部の柱材、仕口部材を組立て、溶接完了した後、中間部材となる柱材を組立て、溶接する方法である（図8）。

いずれの方法でもエレクトロスラグ溶接やサブマージアーク溶接での施工は困難なため、一般的にはソリッドワイヤによる多関節型ロボット溶接で施工している（写真1）。

2.4 製作方法（柱付仕口）

柱-梁接合部には、【ブラケット形式】=梁端部を仕口（ブラケット）として柱部材に工場溶接で取付けるもの（図9）と、【ノンブラケット形式】=梁端接合部をそのまま現場溶接とするもの（図10）の2種類がある。

ブラケット形式は地震時に曲げ応力が大きくなる梁端溶接部を、溶接施工管理を行いやすい工場にて施工することができること、比較的に熱の小さい横向姿勢で施工することが可能なことから、溶接施工に起因する溶接金属の性能低下（強度・靱性低下）の恐れが少ないと考えられ、阪神大震災以降多く採用されてきた。しかし、ノンブラケット形式と比較すると接合部が増えるため、経済性に劣るという欠点がある。よって昨今は、梁フランジ端部を拡幅し、梁端溶接部で塑性変形を起こさないような設計にして、ノンブラケット形式とするケースが増えている（写真2）。最近では、ブラケット形式は一部ブレース取り合い等があり、ノンブラケット形式が適用できない場合に用いられていることが多い（写真3）。

2.5 製作方法（梁・ブレース部材）

梁・ブレース部材は一般的にはH形鋼が用いられている。ブレースについては一部円形鋼管や角形鋼管も用いられることがある。H形鋼の設計サイズが既製の形鋼サイズにない場合は、溶接組立H形鋼（BH鋼）として製作するケースが多い。BH鋼のフランジウェブ溶接は一般的にすみ肉溶接で、サブマージアーク溶接で施工されるケースが多い。

3. 溶接接合プロセスおよび施工

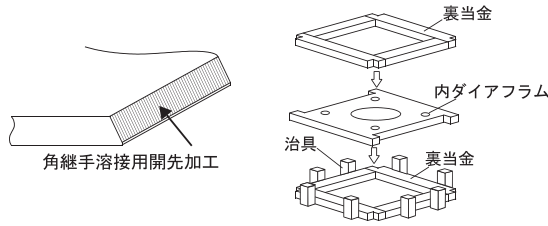
3.1 被覆アーク溶接（SMAW）

建築鉄骨における被覆アーク溶接は、ほぼ用途が限られている。主に組立溶接や溶接外観の補修溶接に適用されている。

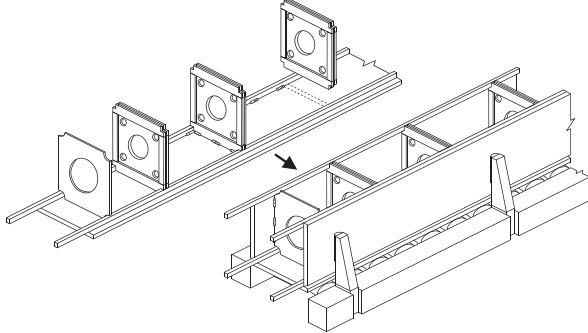
3.2 ガスシールドアーク半自動溶接（GMAW）

ガスシールドアーク半自動溶接は、建築鉄骨で主流となる溶接工法である。使用する溶接ワイヤは溶け込みが深く、コストパフォーマンスに優れているJIS Z 3312「軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用のマグ溶接及びミグ溶

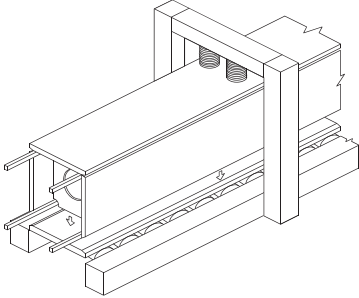
①角継手開先加工と内ダイアフラム裏当金取付



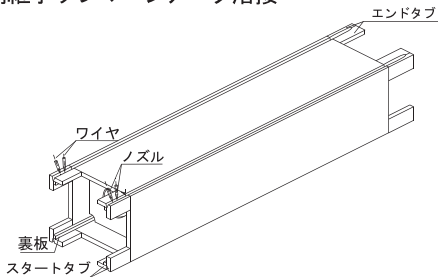
②コ形組立（内部組立溶接）



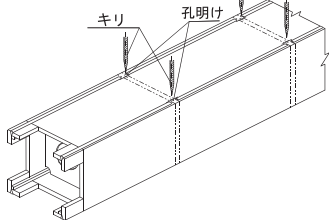
③箱形組立（角継手開先内にて組立溶接）



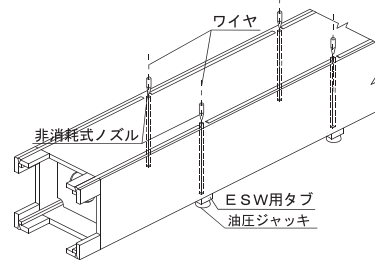
④角継手サブマージーク溶接



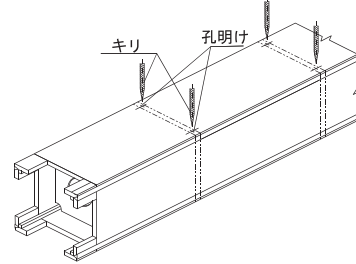
⑤エレクトロスラグ溶接用孔明け（1回目）



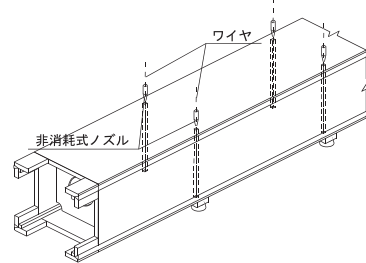
⑥エレクトロスラグ溶接（1回目）



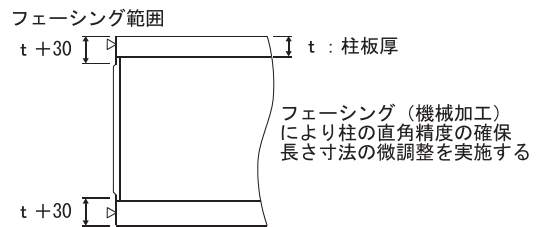
⑦エレクトロスラグ溶接用孔明け（2回目）



⑧エレクトロスラグ溶接（2回目）



⑨フェーシング



⑩大組立・溶接

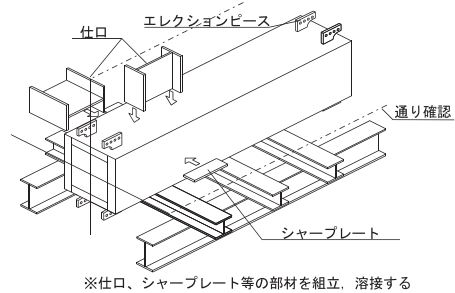


図4 ボックス柱の製作手順

接用ソリッドワイヤ」ワイヤ径（1.2φ～1.4φ）が主流で、立向姿勢溶接や一部溶接外観が重視される部位には、JIS Z 3313「軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ」ワイヤ径（1.2φ）が用いられている。シールドガスの種類は、コストが安い炭酸ガス100%を使用するケースが多いが、ロボット溶接等ではビード外観が良く、スパッタの発生量が少ないアルゴン

80%+炭酸ガス20%の混合ガスを用いる場合もある。

3.3 エレクトロスラグ溶接（ESW）

エレクトロスラグ溶接とは、ボックス断面を構成する鋼板（以降柱スキムプレートと称す）と内ダイアフラム、裏当金（主に電炉材平鋼を使用）に囲まれた穴状の開先内に熔融スラグを形成し、スラグ浴の抵抗発熱を利用して、母材、裏当金、溶接ワイヤを溶融、一体化させ

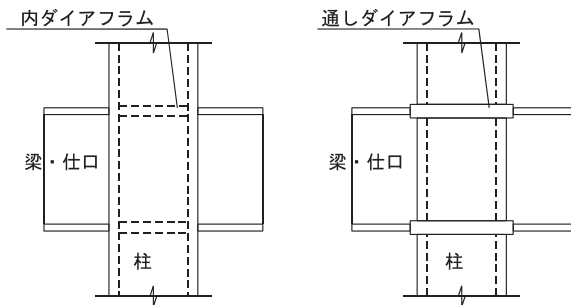


図5 柱貫通形式

図6 梁貫通形式

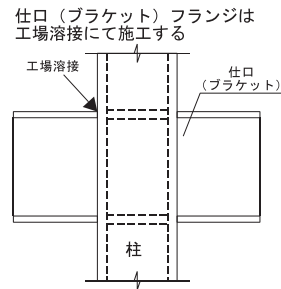


図9 ブラケット形式

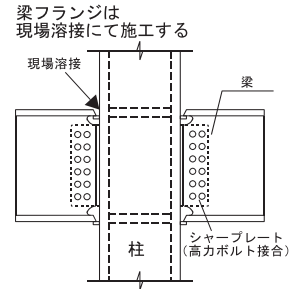


図10 ノンブラケット形式

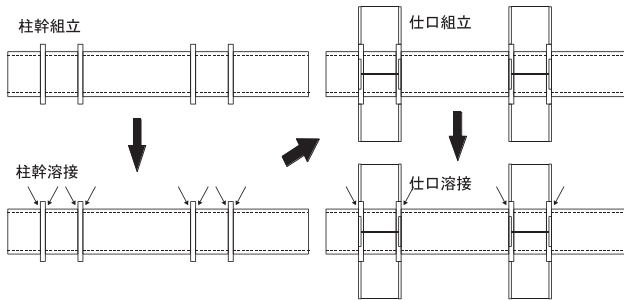


図7 シャフト先行柱の型製作手順

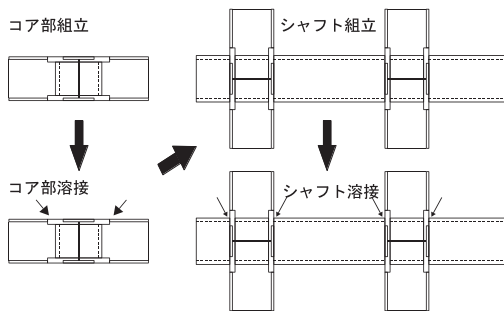


図8 コア先行型柱の製作手順

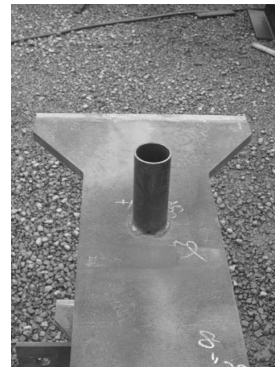


写真2 梁端部の拡幅

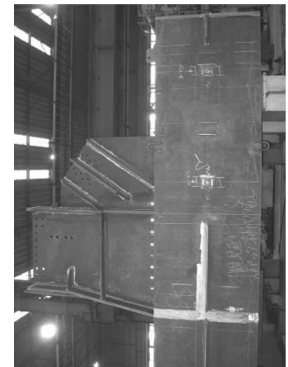


写真3 軸ブレース付き仕口

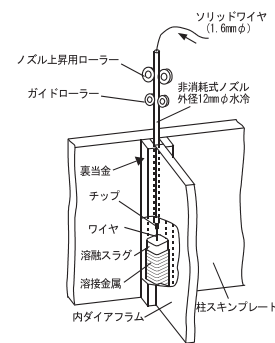


図11 エレクトロスラグ溶接 写真4 エレクトロスラグ溶接



写真1 ロボット溶接

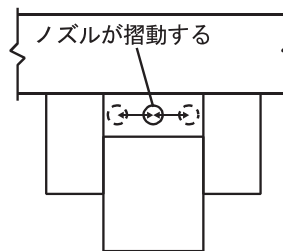


図12 オシレート ESW

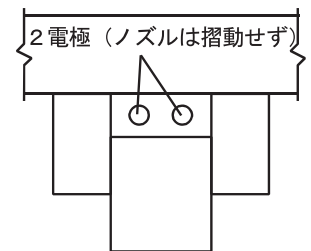


図13 2電極 ESW

る自動溶接工法である。溶接は、穴状の開先内を下から上に向けて溶融金属が盛り上がる形で行われる（図11, 写真4）。内ダイアフラムが厚い場合は、ノズルをオシレート（振幅）させて対応する場合（図12）と電極数を増やして対応する場合がある（図13）。

3.4 サブマージアーク溶接 (SAW)

サブマージアーク溶接とは、粒状のフラックスを溶接線に沿って散布し、このフラックス中に電極ワイヤを送り込み、電極ワイヤ先端と母材の間にアークを発生させて行う自動溶接である（図14, 写真5）。

サブマージアーク溶接には比較的入熱の大きい1パス溶接（図15）と、入熱の小さい多層サブマージアーク溶接（図16）に大きく分けられる。前者は2電極タンデムサブマージアーク溶接として板厚60mm程度（装置の性能により異なる場合がある）以下の角溶接を2000A程度の大電流により6.4φの太径ワイヤを一気に溶かし、1パスで施工するという非常に能率の良い施工法である。フラックスには合金成分を添加できるボンドフラックスを用

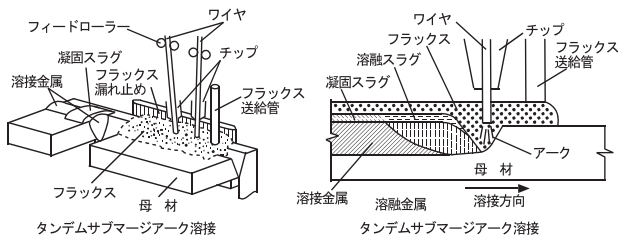


図14 サブマージアーク溶接の原理



写真5 サブマージアーク溶接

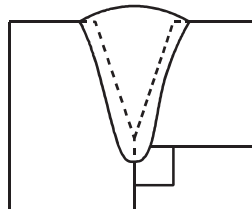


図15 1パス SAW

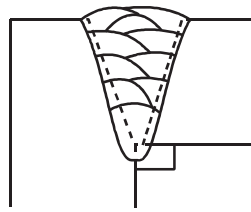


図16 多層 SAW

いるため、溶接金属の化学成分調整ができ、大入熱でも溶接金属の性能が劣化することがないが、スラグの剥離性が比較的悪く多層溶接には向いていない。後者は、1電極サブマージアーク溶接または2電極タンデムサブマージアーク溶接で、ワイヤ径4.8φ~6.4φの太径ワイヤを1000A以下の比較的low・中電流域で施工する工法である。フラックスには主に溶融フラックスが用いられている（一部スラグ剥離性を改良したボンドフラックスを用いる場合もある）。溶融フラックスは、合金元素添加が出来ないので、大入熱で施工すると機械的性能が満足できないことから、大入熱の溶接には向かないが、スラグの剥離性が優れているので多層サブマージアーク溶接向きである。ボックス柱製作における多層サブマージアーク溶接は、板厚がかなり厚く、装置の電気容量の関係で1パス施工が出来ない場合や、入熱量の制限値が規定されている鋼種の角溶接に適用されている。

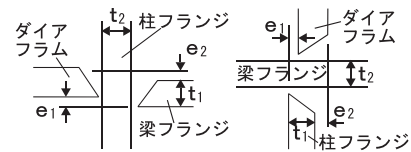
4. 検査・品質管理

4.1 寸法検査

寸法検査には、部材の長さ、部材のせい、部材の幅、階高、部材の曲がり、部材断面の直角度、仕口部の長さ及び角度、部材のねじれ等の測定項目がある。無論、最終製品の精度管理を行うにあたり、工作段階、組立段階においても、ボルト孔位置、組立部材のずれや食い違い

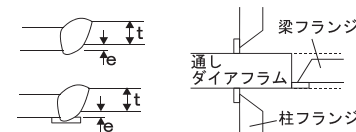
名称	図	管理許容差	限界許容差
(1) 梁の長さ ΔL		$-3 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +3 \text{ mm}$	$-5 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +5 \text{ mm}$
(2) 柱の長さ ΔL		$L < 10 \text{ m}$ のとき: $-3 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +3 \text{ mm}$ $L \geq 10 \text{ m}$ のとき: $-4 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +4 \text{ mm}$	$L < 10 \text{ m}$ のとき: $-5 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +5 \text{ mm}$ $L \geq 10 \text{ m}$ のとき: $-6 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +6 \text{ mm}$
(3) 階高 ΔL		$-3 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +3 \text{ mm}$	$-5 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +5 \text{ mm}$
(4) 梁の曲がり e		$e \leq \frac{L}{1000}$ かつ $e \leq 10 \text{ mm}$	$e \leq \frac{1.5L}{1000}$ かつ $e \leq 15 \text{ mm}$
(5) 柱の曲がり e		$e \leq \frac{L}{1500}$ かつ $e \leq 6 \text{ mm}$	$e \leq \frac{L}{1000}$ かつ $e \leq 8 \text{ mm}$
(6) せい ΔH		$H < 800 \text{ mm}$ $-2 \text{ mm} \leq \Delta H \leq +2 \text{ mm}$ $H \geq 800 \text{ mm}$ $-3 \text{ mm} \leq \Delta H \leq +3 \text{ mm}$	$H < 800 \text{ mm}$ $-3 \text{ mm} \leq \Delta H \leq +3 \text{ mm}$ $H \geq 800 \text{ mm}$ $-4 \text{ mm} \leq \Delta H \leq +4 \text{ mm}$

図17 寸法精度管理値の一例



ダイアフラムとフランジのずれ規定値
 e : e_1, e_2 の小さい方
 $t_1 < t_2$ の時: $e \leq t_1 / 4$ かつ $e \leq 5 \text{ mm}$
 $t_1 \geq t_2$ の時: $e \leq t_1 / 5$ かつ $e \leq 4 \text{ mm}$

図18 仕口とダイアフラムのずれ規定値



$t \leq 15 \text{ mm}$ の時: $e \leq 1.5 \text{ mm}$
 $t > 15 \text{ mm}$ の時: $e \leq t / 10$ かつ $e \leq 3 \text{ mm}$

通しダイアフラムと梁フランジ溶接部では梁フランジは通しダイアフラム鋼板の板厚内部で溶接しなければならない

図19 突合せ継手の食い違い規定値

等の管理を行う必要がある。部材の精度管理は、「建築工事標準仕様書 (JASS 6) 鉄骨工事 付則 6 鉄骨精度検査基準」に基づき行っている。精度管理の一例を図17に示す。鉄骨精度検査基準には、管理許容差及び限界許容差という二つの管理値が設けられている。管理許容差は、工場製作における精度管理目標値で、製品の95%以上がこの値を満足するよう要求されている。限界許容差は、製品検査合格判定のための基準で、この値を超えた場合は製品検査不合格となり、補修の対象となる。

名称	図	管理許容差	限界許容差
(1) 隅肉溶接のサイズ ΔS		$0 \leq \Delta S \leq 0.5S$ かつ $\Delta S \leq 6 \text{ mm}$	$0 \leq \Delta S \leq 0.8S$ かつ $\Delta S \leq 8 \text{ mm}$
(2) 隅肉溶接の余盛の高さ Δa		$0 \leq \Delta a \leq 0.4S$ かつ $\Delta a \leq 4 \text{ mm}$	$0 \leq \Delta a \leq 0.6S$ かつ $\Delta a \leq 6 \text{ mm}$
(3) 完全溶け込み溶接突合せ継手の余盛の高さ h		$B < 15 \text{ mm}$ のとき: $0 < h \leq 3 \text{ mm}$ $15 \text{ mm} \leq B < 25 \text{ mm}$ のとき: $0 < h \leq 4 \text{ mm}$ $25 \text{ mm} \leq B$ のとき: $0 < h \leq (4/25)B \text{ mm}$	$B < 15 \text{ mm}$ のとき: $0 < h \leq 5 \text{ mm}$ $15 \text{ mm} \leq B < 25 \text{ mm}$ のとき: $0 < h \leq 6 \text{ mm}$ $25 \text{ mm} \leq B$ のとき: $0 < h \leq (6/25)B \text{ mm}$
(4) 完全溶け込み溶接T継手の余盛の高さ Δh		$r \leq 40$ ($h = \frac{L}{4}$) のとき: $0 \leq \Delta h \leq 7 \text{ mm}$ $r > 40$ ($h = 10$) のとき: $0 \leq \Delta h \leq \frac{L}{4} - 3$	$r \leq 40$ ($h = \frac{L}{4}$) のとき: $0 \leq \Delta h \leq 10 \text{ mm}$ $r > 40$ ($h = 10$) のとき: $0 \leq \Delta h \leq \frac{L}{4}$
(5) アンダーカット e		0.3mmを超えるアンダーカットは、存在してはならない。ただし、アンダーカット部分の総和が溶接部分全体の長さの10%以下であり、かつその断面が鋭角的でない場合においては、アンダーカットの深さを1mm以下とすることができる。	

図20 溶接外観検査管理値の一例

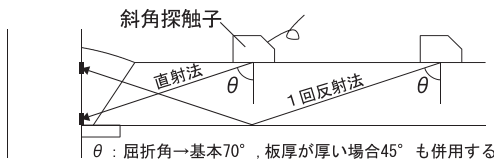


図21 斜角探傷法

また阪神淡路大震災において、鉄骨造建築物の溶接部の破断による被害が多く確認されたことから、平成12年に建設省告示1464号が施行され、仕口とダイアフラムのずれ量と突合せ継手の食い違い量に規定が設けられた(図18, 図19)。

4.2 溶接外観検査

建築鉄骨における溶接外観検査は重要視される検査の一つで、目視にて確認できる隅肉溶接部のサイズ・余盛高さ、アンダーカット、食い違い・ずれ、オーバーラップ、ビード不整、ピット有無について確認している。判定基準は、「建築工事標準仕様書 (JASS 6) 鉄骨工事付則6 鉄骨精度検査基準」の溶接の項目(図20)に従っている。管理許容差、限界許容差の内容については、寸法検査において先述した通りである。

4.3 非破壊検査

建築鉄骨溶接部の完全溶け込み溶接部における内部欠陥の検査は、超音波探傷検査が主流となっている。これは、建築鉄骨の特徴として、完全溶け込み溶接部にT継手タイプが多いことから、放射線透過検査が困難であるためである。超音波探傷検査では、一般的な溶接部の内部欠陥を斜角探傷法(直射法および1回反射法)(図21)で確認する他、エレクトロスラグ溶接部の溶け込み幅、内部欠陥の有無を垂直探傷法(図22)で確認している。

4.4 内質検査(入熱・パス間温度の確認)

溶接金属は、極端に冷却速度が遅くなると、引張強さ

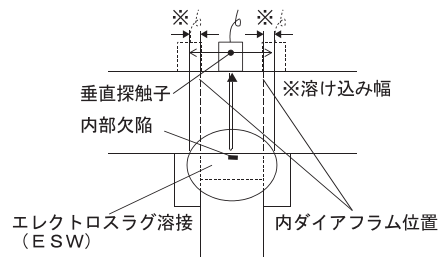


図22 垂直探傷法

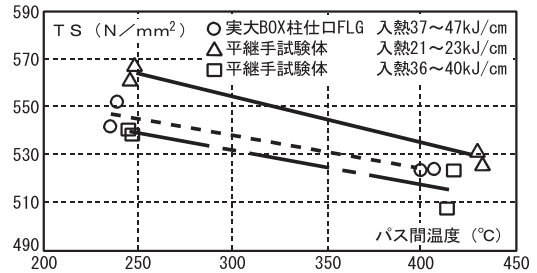


図23 入熱-パス間温度と溶接金属引張強さ

板厚 mm (パース数)	標準積層図	板厚 mm (パース数)	標準積層図
9 (2パース)		2.8 (10パース)	

図24 最小パース数積層図提示による入熱管理

や韌性が低下することが確認されている。建築鉄骨では基本的に崩壊機構として梁降伏形を想定していることから、柱-梁接合部における梁端部等の大地震等で塑性化することが想定される部位については、極端に冷却速度が大きくなることがないように、溶接部の溶接入熱やパス間温度に制限値を持たせ冷却速度をコントロールする必要がある(図23)。

「建築鉄骨の梁端溶接接合部の脆性的破断防止ガイドライン・同解説」²⁾では、引張強さ 400~490 N/mm²級の鋼材(炭素鋼)を梁材および通しダイアフラムに使用する場合を適用範囲として、板厚 12~40 mm の範囲の梁フランジ溶接継手及び通しダイアフラム溶接継手において、溶接金属の 0°C シャルピー吸収エネルギー vE_{act} が 70 J 以上ないと、継手破断耐力係数 γ_f を 1.0 と与えないとしている。同ガイドラインでは vE_{act} が 27 J 以上では、 $\gamma_f = 0.9$ とすることが記載されており、継手耐力を 0.9 掛けしなければならない。鉄骨製作における一般的な入熱管理は、板厚毎に各規定入熱で施工した場合の最小パース数を算出し、その最小パース数以上の溶接パスで施工することでを行っている(積層管理=図24)。

一方パス間温度管理は、規定パス間温度以上で溶融(透明に溶ける)する温度チョークを溶接線の中央部開先縁端部から 10 mm 位置に塗布し、温度チョークが溶けないことを確認してから、次の溶接パスを置くことで管理している(図25)。

しかし監理者側からみると、上記に示した方法では、実際に溶接に立ち会わない限り、規定の入熱管理・パス

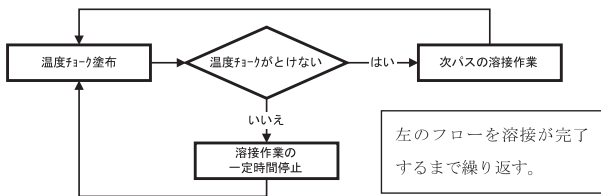


図25 パス間温度管理フロー

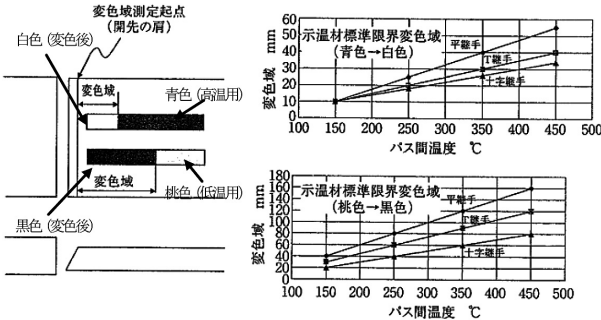
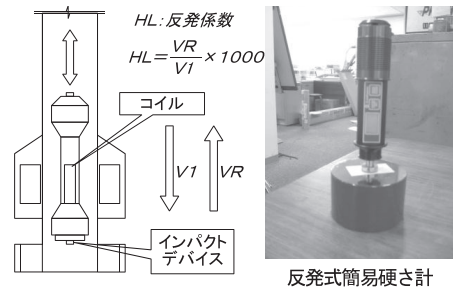


図26 示温度塗料による内質検査

間温度管理が行われたか確認できないという問題があった。そこで、溶接完了後でも規定の入熱管理・パス間温度管理が行われたかを検査する方法（内質検査）として、示温塗料を用いた検査方法と、簡易硬さ計を用いた検査方法が提案されている。示温塗料とは、塗布面がある一定温度で一定時間保持された時、塗布した塗料の色が変色（不可逆性）するもので、溶接部の冷却速度が遅いほど変色域が広がることにより、適正な冷却速度管理が行われたか溶接後確認できるというものである。使用されている示温塗料の色は青色（高温用）、桃色（低温用）の2種類あり、青色は白色に、桃色は黒色に変色する。継手形状のタイプ、管理パス間温度の値別に実験データに基づく標準限界変色域が設定されている（図26参照）。一方簡易硬さ計を用いた方法は、溶接部の表面を平滑に仕上げ、そのビード表面の反発係数（HL）を測定し、溶接金属の引張強さを推定する方法である。これは、金属の硬さと引張強さに相関関係があることから、実験に基づき求められた換算式に測定した反発係数（ばらつきが20以下となるまで測定した反発係数10点の平均値）を代入し、溶接金属の引張強さを推定する方法である。なお、簡易硬さ計により溶接金属の引張強さを算定する場合、使用する簡易硬さ計の機種により換算式が異なるので、注意が必要である（図27参照）。

入熱・パス間温度管理の重要性については、行政側も認識しており、東京都では「鉄骨造等の建築物の工事に関する東京都取扱要綱（平成17年3月15日改正）」において、ある一定規模の鉄骨造等の建築物の溶接部に対し、「内質検査」により溶接金属が母材（鋼材）の機械的性質を下回ることがないことを確認するよう記載している（当該溶接部が極めて稀にみる大地震においても塑性域に達しないよう設計した場合、構造計算および適切な補強により構造耐力上の安全を確認した場合は除く）。なお内質検査は、必ずしも本書に示した示温塗料、簡易硬さで行わなければならないというのではなく、成分分析等の精度の高い試験方法により溶接金属が母材の機械



反発式簡易硬さ計

引張強度換算式：Ts(N/mm²)=1.91×HL-289
 Ts：引張強さ※上記式は写真掲載機種の場合

図27 簡易硬さ計による内質検査

的性質を下回らないことを確認する方法や、溶接プロセス検査として入熱、パス間温度を適正に管理する方法を監理者、施工者（ゼネコン）、鉄骨加工会社（ファブリーケーター）間で事前に協議をして決める方法（溶接施工時に抜き取りで施工者、検査機関等が立会う等）も採用されている。

4.5 大入熱溶接部の品質管理について

溶接部の冷却速度が遅くなると溶接金属の引張強さや靱性が低下することを説明してきた。半自動溶接では入熱、パス間温度を管理することで、冷却速度をコントロールすることが出来るが、エレクトロスラグ溶接やサブマージアーク溶接（1パス施工タイプ）のような大入熱工法では入熱、パス間温度を管理することは不可能である。また大入熱工法では、半自動溶接に比べ溶接部の冷却速度が遅いため、強度、靱性の低下は避けられない。大入熱工法が適用される部位は、内ダイアフラムの溶接、ボックス柱の角継手等で、一般的には地震時に塑性化を想定していない部位が殆どではあるが、構造物の配置やディテールによっては、特殊な曲げ応力が作用する可能性があるということ、設計・監理者より溶接部に靱性を要求される場合もある。大入熱溶接部における要求靱性の値は2011年5月現在では必要な靱性値が公的に示されていないことから、設計・監理者の判断するところとなり、定まってはいない。大入熱溶接部に70J以上の衝撃値が要求された場合、半自動溶接のような入熱、パス間温度により溶接冷却速度を管理できないことから、ミルメーカー、溶接材料メーカーより、鋼材及び溶接材料の化学成分を調整し、大入熱施工による強度、靱性低下を抑制した大入熱対策用鋼が販売されている。溶接部の強度、靱性の確保のためには、入熱の小さい溶接施工方法を採用する方法もあるが、これらは溶接効率が悪いため、材料単価は上がるが、大入熱対策用の鋼板、溶接材料を用いるケースが殆どである。また、エレクトロスラグ溶接部でダイアフラム板厚に対し柱スキムプレートが薄い場合は、柱スキムプレートの熱容量が小さいため溶接により熱くなり、溶接部を冷やす冷却効果が小さくなる。その場合、柱スキムプレートが内ダイアフラムより厚い場合と比較して、冷却速度が一番遅いエレクトロスラグ溶接の溶接金属（DEPO）中心部等で、衝撃値が低下する傾向が見られ、大入熱用の鋼板、溶接材料を用いても70J以上を確保することが厳しいケースもある（図28、図29）。

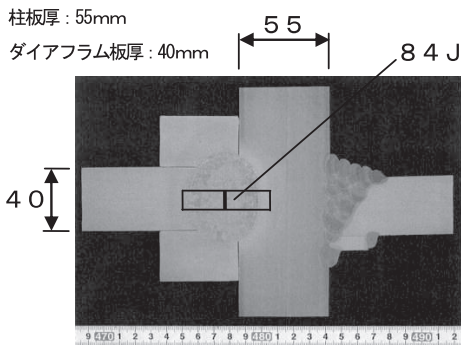


図28 ESW部 DEPO 中心寸部衝撃値 (例)
柱板厚>ダイアフラム板厚の場合

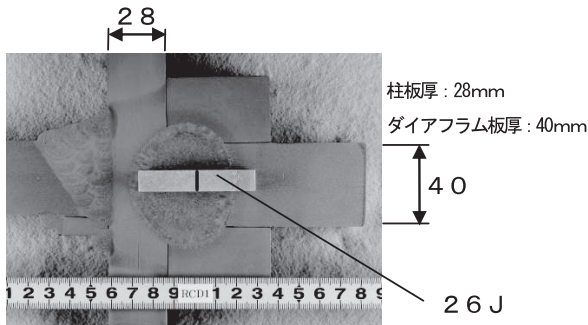


図29 ESW部 DEPO 中心部衝撃値 (例)
柱板厚<ダイアフラム板厚の場合

しかし、内部欠陥がなければ、破壊の起点になりうるのはエレクトロスラグ溶接部の裏当金のスリット部分と考えられ、その近傍の DEPO 靱性が高ければ、中心部の靱性が低くても破壊に至らないとの考え方もあるので、大入熱溶接部の必要靱性値については、試験前に事前に設計・監理者と協議することをお勧めしたい (図30)。

5. おわりに

建築鉄骨の溶接を取り巻く環境は、阪神大震災以降のこの十数年で大きく変化した。建築物の耐震性確保のために、性能設計が行われるようになり、溶接施工方法に

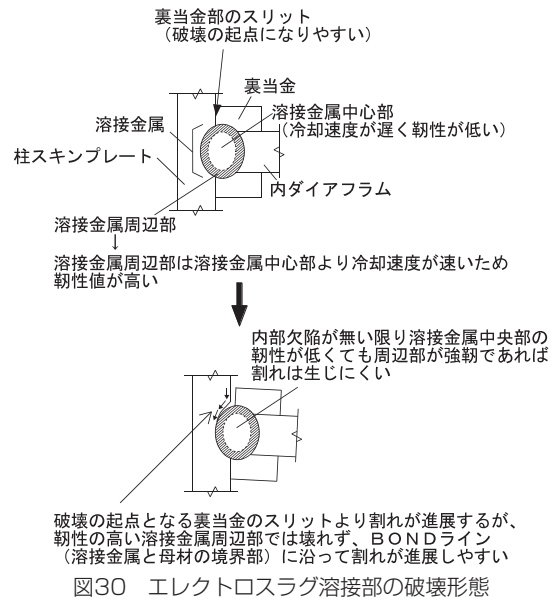


図30 エレクトロスラグ溶接部の破壊形態

対する様々な制約が設けられるようになった。また、近年では日本国内の景気低迷や新興国の鋼材需要の増加に伴い、鋼構造建築構造物の設計では経済設計が重要視され、それに対応した形で鉄鋼メーカーからは、多種・多様な機械的性能を有する鋼材が販売され、それに併せた溶接材料が開発された。溶接施工管理面、溶接材料管理面の両方で鉄骨製作会社が管理すべき項目は増加し、管理内容も複雑になってきている。管理者を増やすことも考えられるが、鉄骨単価の現状からみれば、それも難しい。これらの管理を経済性も考慮しつつ、いかに正確に行い、設計監理者、施工者に証明していくかが、建築における鉄骨製作会社の課題と言えるだろう。

参考文献

- 1) 「建築工事標準仕様書 JASS 6 鉄骨工事」 (社) 日本建築学会発行。
- 2) 「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」 (財) 日本建築センター発行。