キャンペーン特集

ステンレス建築構造物の
溶接施工と検査

ステンレス建築構造物の溶接施工*

田原 正明**, 浮辺 昭男***, 千葉 弘美***

Welding Procedure and Fabrication for Stainless Steel Architectural Structures*

by Masaaki Tahara**, Akio Ukibe*** and Hiromi Chiba***

キーワード: ステンレス鋼, 建築, 鉄骨構造物, 溶接施工, PS235-SUS304, 炭酸ガスアーク溶接, 開先形状, 表面研磨仕上げ

1. はじめに

昭和63年, 建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業への新素材・新材料利用技術の開発」の一テーマとして, 新ステンレス鋼が取り上げられ, 平成5年3月に5年間の研究期間を終了した。この間, 著者らは, 当プロジェクトで使用される構造部材試験体の製作, 及び, ステンレス協会の「ステンレス鋼構造設計・施工規準」(案)の一般認定取得のための個別認定対象物件について, ステンレス鋼構造物の製作を行って来た。

今回, 表1の実証物件例を中心に, ステンレス鋼構造物の製作および溶接施工に関して, その方法や

表1 ステンレス鋼構造物溶接施工実施物件

物件名	主要構造材形状・サイズ・仕口部	表面仕上
1. アラヤ特殊金属㈱ 東北営業所管理棟 ^{1, 6)}	柱: □-250X250X9 梁: B H-298X149X5X8 仕口部 通シタフツム	鏡面 鏡面
2. ㈱上野メタルックス 東北営業所事務棟 ^{2, 7)}	柱: □-250X250X9 梁: B H-250X200X6X9 仕口部 山形フレーム・ハン付	ヘアライン ヘアライン
3. 日新製鋼㈱加工技術研究所 “アネックス” ^{3, 4)}	柱: □-250X250X9 梁: B H-350X175X9X12 仕口部 通シタフツム・テーパー	鏡面 NO.1
4. 住友金属工業㈱(波崎研究 センター食堂棟 ^{5, 8)}	柱: R H-250X250X9X14 仕口部 柱頭部仕口	ヘアライン

*原稿受付 平成5年3月10日

**正員 トピーメタリ㈱ Member, Topy Metall, Ltd.

*** トピーメタリ㈱ Topy Metall, Ltd.

普通鋼と比較しての特徴についてまとめた。

2. ステンレス鋼建築構造物における 施工の特徴

ステンレス鋼建築構造物で最も注意すべき点は, 溶接組立されたままの構造物が, 溶接部を含めてすべての部分が無塗装, 無被覆のまま, 製品表面意匠として使用される事であり, 溶着金属自身が, 表面外観の一部となる。また, 製作, 施工工程では, 製品外観を保護するため, 各種表面仕上げを施された材料は, 養生されたままの状態で各種の加工が加えられる。

表面仕上げ面は, 一旦, 疵や表面汚染を生じると, その除去や修復に多大の労力とコストを要し, 高級表面仕上げ面程, その完全な修復は難しい。さらに, 現地建方工事では, ガス切断が出来ない, 孔明け加工や現場溶接が難しい等修正工事が容易でなく, 工場製作時に製品精度を確保しておくことが必要である。

従って, この様な条件を考慮した, 的確な加工方法や溶接施工方法を選択することが重要である。

3. ステンレス鋼建築構造物の製作

3.1 製作工場

ステンレス鋼の建築構造物を製作するには, 普通鋼建築鉄骨の製作技術・技能の外に, ステンレス鋼設計上の特徴(意匠性・構造特性)と, ステンレス鋼特有の各種材質特性, 加工・溶接特性, および表面仕上げ特性等を理解している管理技術者と作業に習熟している技能者が必要である。現在, ステンレ

ス協会では、ステンレス鋼構造物の品質保証と安全の確保を目的に、加工工場認定制度や技術・技能資格検定制度が検討されている。

3.2 製作要領

今回の製作物件は、建築基準法第 38 条にもとづく特認申請を行ったもので、各物件の「工場製作要領書」は、ステンレス協会施工ワーキンググループでの検討と財団法人建築センターの鋼構造評定委員会の部会、および、設計者・元請施工業者の承認を得たものである。

3.3 構造物組立工程

ステンレス鋼構造物の加工工程は、基本的には普通鋼と同じであるが、表面仕上げ、各工程での形状矯正、最終工程での厳重な養生・梱包等は、普通鋼と異なる内容の工程と考えられる。これらの工程は、ステンレス鋼構造物の製作にとって、非常に重要である。

3.4 ステンレス鋼材

今回の各物件で、使用されたステンレス鋼鋼材の諸規格を表 2 に示す。これらのステンレス鋼材は、特に建築構造用途として、「0.1%オフセット耐力値」「降伏比」などの機械的性質に関わる性能値を新たに規定し、構造性能を保証した材料である。これらの規格値は、「ステンレス協会ステンレス鋼構造設計・施工規準」(案)による設計の前提条件となるものである。

3.5 表面仕上げ・保護皮膜

ステンレス鋼構造材では、通常、中厚板が使用され、表面肌は、No.1 (ショット・酸洗材) であるが、意匠性を重視する部材・部分については、ヘアライン仕上げや鏡面仕上げが用いられた。一般的に、表面仕上げされた材料表面は、表面保護フィルムでカバーされるため、取扱いに注意を要する。通常、こ

の保護皮膜は、現場工事施工を含め、最終仕上げ工程まで除去されない。

3.6 溶接技術者

普通鋼構造物の溶接施工及び管理に関する技術者の資格認定基準には、日本溶接協会によるものがあり、ステンレス鋼構造物の施工に当たっても、同種の技術、知識が必要である。従って、今回は、同資格の保有者 (WES 1 級, WES 2 級) でかつ、ステンレス鋼構造特有の溶接技術に関する知識と経験を有する管理技術者が施工管理を行った。

3.7 溶 接 工

ステンレス鋼の溶接は普通鋼の溶接に比べて難易度が高く、健全な溶接を行うには十分な技量と経験が必要である。ステンレス鋼構造物の溶接品質を確保するため、JIS Z 3821 の各溶接方法における資格取得者とした。

さらに、上記の資格保有者でも、建築構造部材の特徴を熟知している溶接工は少なく、ステンレス協会溶接ワーキンググループでは、複雑な仕口形式となる物件では溶接品質を確保する目的で、事前に技量付加試験を行い、技量の確認を行った。その詳細については、文献-3 を参照されたい。

3.8 溶接材料

使用された溶接材料を、表 3 に示す。最近、ステンレス鋼構造材の溶接に使用される溶接材料として、ステンレス協会規格が制定されたので、参考のため、付記した。基本的には、JIS 規格と同じであるが、構造用強度部材に使用するため、機械的性質の耐力値を規定したものである。詳細は、ステンレス協会規格を参照されたい。

表 3 使用された溶接材料規格

規 格 名 称	規 格	種類の記号
ステンレス 鋼被覆棒 溶接棒	JIS Z 3221-1988	D308
ステンレス 鋼棒 溶接棒 入りり付	JIS Z 3323-1989	YF308
溶接用ステンレス 鋼棒及びワイヤ	JIS Z 3321-1988	Y308
建築構造用ステンレス 鋼溶接材料 (参考)	SAS 522-1992	AD308 AY308 AYF308 AS308
ステンレス協会規格 平成 4 年 8 月 1 日制定		

表 2 使用されたステンレス鋼材規格

規 格 名 称	規 格	種類の記号
建築構造用ステンレス 鋼材	SAS 601-1988	PS235-SUS304
ステンレス 協会規格	平成元年 6 月 1 日制定	
熱間圧延ステンレス 鋼形鋼	SAS 211-1988	A-SUS304
ステンレス 協会規格	平成元年 6 月 1 日制定	
一般構造用ステンレス 鋼角形鋼管	SAS 311-1988	A-SUS304 TKR
ステンレス 協会規格	平成元年 6 月 1 日制定	
構造用ステンレス 鋼高力六角棒・六角ナット・平座金のセット	SAS 701-1988	10T-SUS 10-SUS 35-SUS
ステンレス 協会規格	平成元年 6 月 1 日制定	
ステンレス 鋼棒	JIS G 4303-1988	SUS304-B

4. ステンレス鋼の溶接施工

4.1 溶接方法

ステンレス鋼の熱に対する性質は、普通鋼のそれとは異なり、普通鋼と同様の溶接方法で行うと変形がでたり、性能を低下させることもある。今回使用

した溶接方法は、ステンレス鋼の溶接方法として、最も広範囲に使用されているフラックス入りワイヤを用いた炭酸ガスアーク溶接（自動溶接、半自動溶接）及び、ティグ溶接である。仮付け溶接には、ティグ溶接による、なめつけ溶接を行い、本溶接には、炭酸ガスアーク半自動溶接を使用した。ただし、溶接形状が複雑であったり、溶接姿勢が難しい場合で、溶込み不良の生じやすい初層の溶接には、溶加棒を用いたティグ溶接が用いられている。なお、梁材に使用した溶接 H 形鋼は、フラックス入りワイヤによる炭酸ガスアーク溶接のライン自動溶接で行われた。

4.2 開先形状および開先面

図1 アラヤ特殊金属(株)東北営業所管理棟の仕口部・柱形状および開先形状

図1, 2, 3, 4に柱梁仕口部ディテールと開先形状を図5, 6, 7, 8, に仕口部・柱の写真を示す。開先形状は、溶接作業性だけでなく、溶接ひずみ、溶接金属の母材による希釈などに大きな影響を与えるので、母材厚さ、継手形式、溶接方法、溶接姿勢、溶接条件などに応じて適切に選択しなければならない。一般的に、ステンレス鋼の溶接では、普通鋼に比較して溶込み量が少なく、ルート間隔が、狭過ぎると溶込み不足を招き易く、また広過ぎると割れ、スラグ巻き込み等溶接欠陥を生じ易い。

4.3 溶接条件

表4及び表5に、溶接条件を示す。

4.4 溶接ひずみの防止

ステンレス鋼は、普通鋼に比べて熱膨張係数が大きく熱伝導率が小さいので、溶接歪みには、特に注

図2 (株)上野メタルックス東北営業所事務棟の仕口部・柱形状および開先形状

図3 日新製鋼(株)加工技術研究所“アネックス”の仕口部・柱形状および開先形状

図 4 住友金属工業㈱波崎研究センター食堂棟の仕口部・柱形状および開先形状

図 5 アラヤ特殊金属㈱東北営業所管理棟の仕口部・柱 (写真)

図 6 日新製鋼㈱加工技術研究所“アネックス”の仕口部・柱 (写真)

意を払う必要がある。組立に当たっては、取付け治具、溶接治具、仮付け溶接等による位置決めと固定を慎重に行い、油圧ラム、万力等でおさえつけたり、補強材を取付けて変形を抑制した。この場合、鋼製のものが用いられるが、母材との接触面はステンレス鋼板等を使用し、直接鉄が付着しないように注意が払われた。また、加工形状によっては、プレス曲げ加工により、逆歪み(予歪)が施された。最終工程での形状矯正では、点状や線状加熱も行われたが、

図 7 ㈱上野メタルックス東北営業所事務棟の仕口部・柱 (写真)

図 8 住友金属工業㈱波崎研究センター食堂棟の仕口部・柱 (写真)

表 4 溶接 H 形鋼炭酸ガスアーク溶接(自動溶接)溶接条件

	脚長 (mm)	ワット径 (mm)	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	ガス流量 (l/min)
水平すみ肉溶接	4.0	1.2	150 ~ 180	24 ~ 27	400 ~ 550	20 ~ 25
	5.0	1.2	170 ~ 200	25 ~ 28	350 ~ 500	20 ~ 25
	6.0	1.2	180 ~ 220	26 ~ 29	300 ~ 400	20 ~ 25
	7.0	1.2	190 ~ 230	27 ~ 30	250 ~ 350	20 ~ 25
下向き肉溶接	8.0	1.2	180 ~ 220	26 ~ 29	400 ~ 550	20 ~ 25
	9.0	1.2	200 ~ 240	27 ~ 30	350 ~ 450	20 ~ 25
	10.0	1.2	220 ~ 260	28 ~ 32	300 ~ 400	20 ~ 25

全体ひずみの修正は難しく、加工前工程でのきめ細かい形状矯正が、最も有効な方法である。また、ひずみ量を正確に求める必要がある場合は、実物大の試験体を製作して、事前に変形量を確認する方法がとられた。

4.5 溶接部の洗浄

表5 炭酸ガスアーク溶接（半自動溶接）溶接条件

(突合せ溶接、T継ぎ手溶接、溶接姿勢：下向き、ワイヤ径：1.2 mm)

板厚 (mm)	開先 形状	裏面 で	開先角度 θ_1, θ_2	ノット間隔 G (mm)	ノット面 R (mm)	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (mm/min)	ガス流量 (l/min)
≧6	レ	なし	35~45	0~2	0~2	150~200	25~30	350~600	20~25
	レ	あり	35~45	6	0~2	180~250	25~30	350~600	20~25
	V	なし	45~60	0~2	0~2	160~220	25~30	350~600	20~25
	V	あり	45~60	6	0~2	180~250	25~30	350~600	20~25
≧12	レ	なし	35~45	0~2	0~2	180~260	25~30	250~500	20~25
	レ	あり	35~45	6	0~2	180~260	25~30	250~500	20~25
	V	なし	45~60	0~2	0~2	180~260	25~30	250~500	20~25
	V	あり	45~60	6	0~2	190~260	25~30	250~500	20~25
≧20	レ	なし	35~45	0~2	0~2	180~260	25~30	250~500	20~25
	レ	あり	35~45	9	0~2	180~260	25~30	250~500	20~25
	V	なし	45~60	0~2	0~2	180~260	25~30	250~500	20~25
	V	あり	45~60	9	0~2	190~260	25~30	250~500	20~25
	K	なし	45~60	0~2	0~2	190~260	25~30	250~500	20~25

「寸法記号」

溶接加工によって生じたスケール、スパッタ、スラグ等は、グラインダーやワイヤブラシ等で除去後、サンドペーパー、スコッチブライト、フラップホイール等を用いて研磨調整が行われた。溶接部近傍や裏面には、溶接焼けマークが発生するが、その除去には中性除去剤を使用する簡易電解研磨法も簡便で、効果的である。

作業に用いる小道具（グラインダー、ワイヤブラシ、回転ブラシ、ハンマー等）は、ステンレス鋼専用の物を用い、軟鋼その他の金属と混用しない様にした。

4.6 溶接部の検査、補修

溶接部の検査は、設計図書により実施し、不良箇所は仕様書や製作要領書に従って補修され、溶接部およびその周辺の外観を損なわない様に注意深く行われた。

4.7 溶接部の非破壊検査

ステンレス鋼溶接部の非破壊検査は、その仕様により、浸透探傷試験、超音波探傷試験、および放射線透過試験が行われた。ステンレス鋼溶接部の超音波探傷試験は普通鋼の場合と同様に可能である。ただし、ステンレス鋼溶接部の溶着金属は、柱状組織のため、妨害エコーが多く、普通鋼の溶接部の探傷に比べて、探傷は難しい。

超音波探傷検査に当たっては、検査対象の溶接と

同一条件で施工したりファレンスブロックを作成し、探触子の性能および、判定基準の内容を事前に確認する事が必要である。詳細は、「ステンレス鋼構造溶接部の超音波探傷検査基準」（ステンレス協会）を参照されたい。

4.8 製品検査

溶接部の外観検査、製品検査については形状、寸法の検査項目および精度に関し、日本建築学会「鉄骨精度検査基準」建築工事標準仕様書・同解説 JASS6 鉄骨工事 1991 日本建築学会（付則 6. 鉄骨精度検査基準）によった。

4.9 建築構造成用ステンレス鋼溶接施工基準

ステンレス協会溶接ワーキンググループでは、溶接施工基準を設定すべく、各種開先形状による溶接継手試験体を製作し、外観試験、超音波探傷試験、マクロ試験、曲げ試験による評価試験を実施し、現在、取りまとめ中である。

5. おわりに

今回のステンレス鋼構造物の製作は、実証物件を作ることを主眼としたため、比較的小規模で、構造的にも、単純化された溶接構造物であった。従って、その溶接施工は、一品一様の手作りのものであった。また、構造物の溶接・組立加工は、すべて工場製作で行い、現地組立施工は、高力ボルト接合によ

て行われた。今後、ステンレス鋼が建築構造材として、認知されれば、ステンレス鋼の特徴を生かした設計、すなわち、意匠性、耐食性、耐火性能、非磁性等諸特性を生かした設計がなされると期待される。これにともない、表面仕上げの多様化、材料の高強度化、建築規模の拡大・大型化、更に、他材料との組合せ使用、現地溶接施工等多くの要求が出されると予測される。そのため、生産性、経済性向上や溶接品質の信頼性の向上等、工場の溶接作業改善はもちろん、新技術開発として、窒素添加高強度ステンレス鋼の加工・溶接施工、厚物構造材の溶接施工、普通鋼との異材溶接施工と品質管理、現地溶接施工による組立て等、総合的な溶接加工技術の開発を進める必要がある。

参 考 文 献

- 1) 計良光一郎, 志村保美: ステンレス建築構造物とそのケーススタディ s-a NO. 90 Vol. 16 頁 10
- 2) 計良光一郎, 志村保美: ケーススタディ 1 アラヤ特殊金属(株)東北営業所管理棟 s-a NO. 90 Vol. 16 頁 13
- 3) 計良光一郎, 志村保美: ケーススタディ 2 榊上野メタレックス東北営業所事務棟 s-a NO. 90 Vol. 16 頁 19
- 4) 計良光一郎, 志村保美: ケーススタディ 3 日新製鋼(株)加工技術研究所“アネックス” s-a NO. 90 Vol. 16 頁 26
- 5) 計良光一郎, 志村保美: ケーススタディ 5 住友金属工業(株)波崎研究センター食堂棟 s-a NO. 90 Vol. 16 頁 38
- 6) 志村保美: アラヤ特殊金属(株)東北営業所管理棟ビルディングレター 1992. 7 頁 39
- 7) 志村保美: 榊上野メタレックス東北営業所事務棟ビルディングレター 1992. 7 頁 45
- 8) 笠島幹男, 山田卓三, 宇田津明哉: 日新製鋼(株)加工技術研究所“アネックス”ビルディングレター 1992. 7 頁 53
- 9) 足立直行: ステンレス鋼の柱を有する食堂の構造設計ビルディングレター 1992. 7 頁 67

本誌会告欄108頁に関連

1994 年国際接着シンポジウム (IAS 94 JAPAN) “International Adhesion Symposium in Japan”

主 催 日本接着学会

協 賛 溶接学会他

日 時 平成 6 年 11 月 6 日 (日) ~ 10 日 (木)

会 場 国際平和会議場「パシフィコ横浜」

参加国 フランス, イギリス, カナダ, スウェーデン,
ドイツ, 中国, タイ, スペイン, ロシア, 米国,
その他

テーマ (1) 表面と界面, (2) レオロジーと力学, (3) 機能
性接着剤, (4) 粘着技術, (5) 医療用接着剤, (6)
環境と接着, (7) その他 (分析方, 機器, 耐久性
など)

特別講演 ド・ジャンヌ教授 (1991 年ノーベル賞受賞)

研究発表形式 口頭発表, ポスター発表

発表申込方法 発表ご希望の方は, 下記にお問い合わせ
のうえ, 平成 5 年 9 月 1 日までに所定用
紙に発表タイトルを記入し, アブストラ
クトとともにご送付下さい。

問合せ先 〒556 大阪市浪速区日本橋 4-2-20

コア日本橋 203

日本接着学会 事務局

(電話 06-634-7561, FAX 06-634-7563)