

(解説)

建築鉄骨向け溶接材料の最新動向とラインナップ紹介

山本貴大*1・于航*2・井上有人*1・幸村正晴*3

Latest Trends and Lineup of Welding Consumables for Structural Steel Column

Takahiro YAMAMOTO・Hang YU・Yuto INOUE・Masaharu KOMURA

要旨

建築鉄骨製作に使用されるガスシールドアーク溶接材料、サブマージアーク溶接材料、エレクトロスラグ溶接材料の最新動向、ならびに、鋼材強度クラスに応じた溶接材料のラインナップを紹介する。

Abstract

This paper presents the latest trends in consumables for gas shielded arc welding, submerged arc welding, and electroslag welding, which are commonly used in the construction of structural steel column. Also introduced is the lineup of welding consumables, which is tailored to the strength class of the steel.

検索用キーワード

建築鉄骨、ガスシールドアーク溶接、ソリッドワイヤ、フラックス入りワイヤ、サブマージアーク溶接、エレクトロスラグ溶接、590 MPa級鋼用溶接材料、780 MPa級鋼用溶接材料

ま え が き = 2025年現在、高さ325 mの日本一高い超高層ビルとなる麻布台ヒルズ森JPタワーや、2028年に竣工予定の高さ385 mとなるTOKYO TORCHが注目を集めており、首都圏を中心に建築需要が拡大している。近年の高層ビルや商業施設などは、空間の確保や経済効率の向上などを目的として、柱と柱の間隔を広げる大スパン化や柱の大型化などの傾向が強まっている。これに伴い、使用される鉄骨は厚肉化や大断面積化が進んでいるが、鉄骨重量の増加により加工や運搬コストの増加が課題となる。この課題を解決する手段の一つとして鋼材の高強度化が挙げられ、近年では、引張強さ550 MPa級鋼や590 MPa級鋼といった高強度鋼材の適用が拡大し、さらに、引張強さ780 MPa級鋼も超高層建築物に適用され始めている¹⁾。

建築鉄骨分野の溶接工程は、溶接技能者不足が課題となるいっぽうで、生産性向上や溶接品質の向上が求められている。鉄骨ファブリケータ工場内では、冷間成形角形鋼管の溶接に垂直多関節型ロボットを用いた自動溶接が普及しており、溶接組立箱形断面柱（以下、BOX柱という）では多電極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施工法が適用されている。

当社は、さらなる生産性や溶接品質の向上のニーズに応えるべく、建築鉄骨向けロボットシステムと専用溶接ワイヤの開発、さらに引張強さ780 MPa級鋼を含めた各強度クラスの鋼材に対応する溶接材料の開発を進めている。本稿では、建築鉄骨製作に使用されるガスシールド

アーク溶接材料、サブマージアーク溶接材料、エレクトロスラグ溶接材料の鋼材強度クラスに応じた溶接材料のラインナップを紹介するとともに、各溶接材料の最新動向について紹介する。

1. 炭酸ガスアーク溶接用ソリッドワイヤ

1.1 鋼材強度クラスに応じた溶接材料のラインナップ

鋼材強度クラスに応じた建築鉄骨向けソリッドワイヤのラインナップを表1に示す。

建築鉄骨で使用される代表的な柱材として鋼板を冷間加工にて成形した建築構造用冷間成形角形鋼管（以下、コラムという）が挙げられる。コラムは、冷間成形による加工硬化により、素材である鋼板の強度よりも上昇しているため、溶接材料は加工硬化の影響を考慮して選定する必要がある²⁾。例えば、引張強さ590 MPa級コラムには、690 MPa級鋼用炭酸ガスアーク溶接用ソリッドワイヤであるTRUSTARCTM注1) MG-70およびTRUSTARCTM MG-70R (N)を選定する必要がある。

鉄骨ファブリケータ工場内では、コラムの溶接に垂直多関節型ロボットを用いた溶接ロボットシステムが広く使われている。当社の建築鉄骨向け溶接ロボットシステムには、高能率化や低スパッタを実現するREGARCTM注2) プロセスを搭載しており、このプロセス専用ワイヤが

脚注1) TRUSTARCは当社の登録商標である。

脚注2) REGARCは当社の登録商標である。

*1 溶接事業部門 技術センター 溶接開発部 *2 溶接事業部門 技術センター 溶接開発部 (現 溶接事業部門 品質マネジメント部)

*3 溶接事業部門 技術センター 溶接システム部

表 1 建築鉄骨向け炭酸ガスアーク溶接用ソリッドワイヤの一覧
Table 1 List of CO₂ solid wires for building structures

Grade of steel plate		TS ^{※1} 400 MPa / YP ^{※2} 235 MPa	TS 490 MPa / YP 325 MPa	TS 520 MPa / YP 355 MPa	TS 550 MPa / YP 385 MPa	TS 590 MPa / YP 440 MPa	TS 780 MPa / YP 630 MPa
Welding joint	Column type						
Column-Column (for robot welding)	Square pipe column	FAMILIARC™ MG-50R			TRUSTARC™ MG-60R	TRUSTARC™ MG-70	
		FAMILIARC™ MG-50R(N)			TRUSTARC™ MG-60R(N)	TRUSTARC™ MG-70R(N)	
		FAMILIARC™ MG-50R(A)			TRUSTARC™ MG-60R(A)		
		FAMILIARC™ MG-56R					
		FAMILIARC™ MG-56R(N)					
		FAMILIARC™ MG-56R(A)					
	Circular pipe column	FAMILIARC™ MG-50R		TRUSTARC™ MG-60R			TRUSTARC™ MG-80
		FAMILIARC™ MG-50R(N)		TRUSTARC™ MG-60R(N)			TRUSTARC™ MG-82
		FAMILIARC™ MG-50R(A)		TRUSTARC™ MG-60R(A)			
			FAMILIARC™ MG-56R				
			FAMILIARC™ MG-56R(N)				
			FAMILIARC™ MG-56R(A)				
Column-Beam, Beam-Beam, Column-Column (for semi-auto welding)		FAMILIARC™ MG-50				TRUSTARC™ MG-80	
			FAMILIARC™ MG-56			TRUSTARC™ MG-82	
				TRUSTARC™ MG-60			

※1 TS : Tensile Strength
※2 YP : Yield Point

(N) シリーズ, (A) シリーズである。(N) シリーズは REGARC™, (A) シリーズは NEW REGARC™, それぞれのプロセス専用溶接ワイヤである。

1.2 NEW REGARC™ 溶接専用ソリッドワイヤ FAMILIARC™^{注3)} MG-56R (A)

NEW REGARC™ プロセスは, 従来の REGARC™ プロセスの波形制御をさらに最適化し, グロビュール領域における溶滴移行形態の安定性向上およびスパッタ低減を実現しており, 最大ワイヤ送給速度は従来の 16.4 m/min から 18.0 m/min, 最大溶接電流は 320 A から 340 A に拡大している。ワイヤ送給速度の増加に伴い, 送給経路の内面からワイヤに与える反力は上昇する。したがって, ワイヤ表面の銅めっきなどが脱落しやすくなり, 送給経路内の部位であるライナー, インナーチューブ, チップに固形物が堆積することで, 安定したワイヤ送給が阻害される³⁾。そこで, 当プロセスに適用する専用溶接ワイヤとして, 特殊な表面処理を施すことで安定したワイヤ送給性と詰まり量を軽減した (A) シリーズを開発した。

(A) シリーズの FAMILIARC™ MG-56R (A) について, FAMILIARC™ MG-56R (N) を比較に NEW REGARC™ プロセスにおけるライナー, インナーチューブ, チップに堆積する固形物詰まり量を評価した。溶接電流 350 A で 5 時間の溶接を実施し, ワイヤ 10 kg 当たりの送給経路内固形物詰まり量の測定例を図 1, チップ付根の外観写真を図 2 にそれぞれ示す。FAMILIARC™ MG-56R (A) は, ワイヤ表面とコンジットライナーあるいはインナーチューブとの摺動(しゅうどう)摩擦抵抗が低減したことで, 送給経路内でワイヤ表面の銅めっきが脱落しにくかったと考えられる。

溶接継手性能は, コラム (490 MPa 級コラム, 板厚 32 mm) と通しダイアフラム (JIS G 3136 SN490B, 板

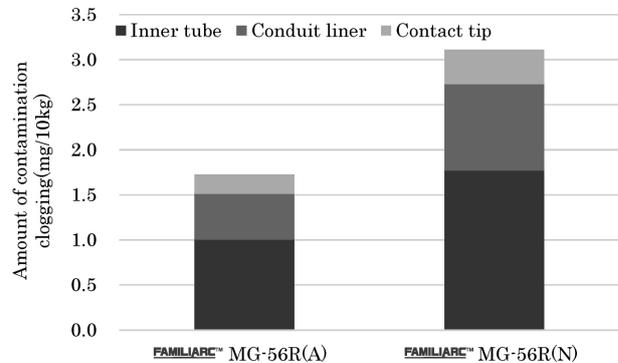


図 1 送給経路内 固形物詰り量の一例
Fig.1 Example about amount of contamination clogging in wire feeding route parts

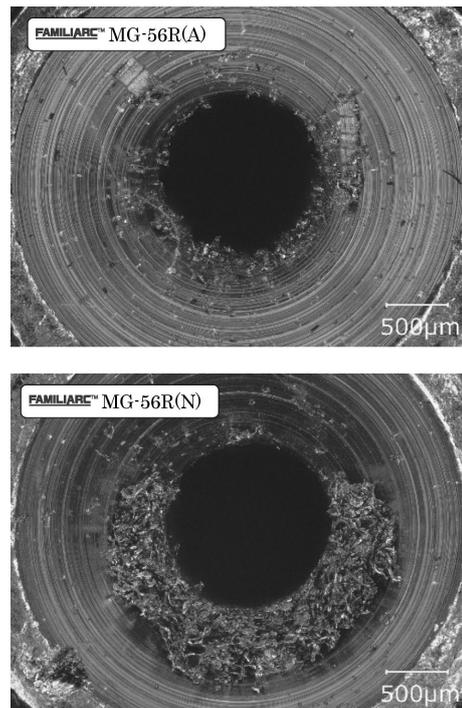


図 2 チップ付根の堆積物
Fig.2 Contamination clogging at base of the contact tip

脚注 3) FAMILIARC は当社の登録商標である。

厚36 mm) の溶接で評価した。溶接入熱 35 kJ/cm 以下、パス間温度 250℃ 以下とし、ルートギャップ 4 mm、10 mm の二つの継手を作製した。平板部および角部の断面マクロと積層要領を図 3、ルートギャップ 10 mm の溶接金属の機械的性質を表 2 に示す。なお、シャルピー衝撃試験片はコラム上面から板厚方向へ深さ 7 mm の位置で採取した。断面マクロから、溶込みやビード表面は良好な形状を示しており、溶接金属の強度とシャルピー吸収エネルギーも建築鉄骨で求められる基準を十分に満たしていることが確認された。

1.3 780 MPa 級鋼用ソリッドワイヤ TRUSTARC™ MG-82

建築鉄骨の工場および現場における半自動溶接においても、高能率な溶接施工が求められる。溶接材料に求められる性能として、溶接金属の機械的性質だけでなく、溶接作業の前後工程を効率化する溶接作業性についても改善ニーズがある。とくに、スパッタ、ワイヤ送給性の改善が求められており、当社はこれらのニーズに対応する技術開発を行っている。表面処理技術によるワイヤ送給性の改善はその一つであり、高張力鋼用ソリッドワイヤにもこの技術を適用させている。780 MPa 級鋼用ソリッドワイヤ TRUSTARC™ MG-82 の事例を紹介する。

TRUSTARC™ MG-82 の改良品は、製造過程でワイヤに表面処理を施すことにより、従来品と比較して優れたワイヤ送給性やアーク安定性を実現している。過酷な条件でワイヤ送給性を評価するため、図 4 の概念図で示

すとおり 6 m の長尺トーチケーブルの一部を直径 300 mm の送給経路とし、溶接時の溶接電流、アーク電圧、送給抵抗を評価した。ワイヤ径 1.2 mm、溶接条件 300 A、36 V、30 cm/min で溶接を実施した結果を図 5 に示す。改良品は従来品と比較して、ワイヤ送給抵抗の変動が小さく、安定していることが分かる。ワイヤ送給

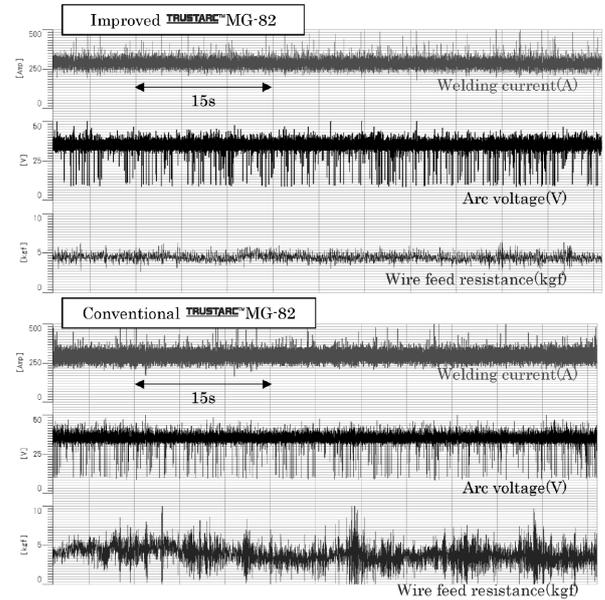


図 5 TRUSTARC™ MG-82 改良品と従来品を用いた溶接電流、アーク電圧、送給抵抗の変動

Fig.5 Fluctuation of welding current, arc voltage and wire feed resistance of improved and conventional [T] MG-82

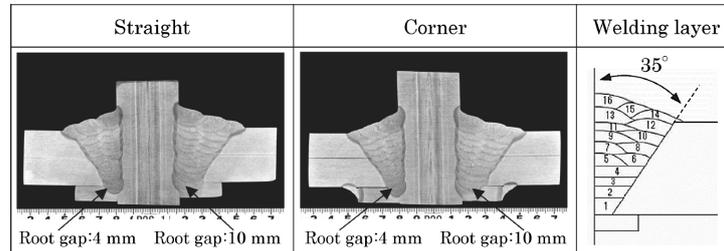


図 3 FAMILIARC™ MG-56R (A) 溶接継手の平板部及び角部の断面マクロと積層要領
Fig.3 Cross-sectional macro comparison [F] MG-56R(A) welded joint and welding layer

表 2 FAMILIARC™ MG-56R (A) 溶接金属の機械的性質
Table 2 Mechanical properties of weld metal by [F] MG-56R(A)

		YP(MPa)	TS(MPa)	vE ₀ (J)
FAMILIARC™ MG-56R(A)	Straight	567	645	Avg. 108
	Corner	-	-	Avg. 124
Spec.(490 MPa Grade)		≥ 325	≥ 490	≥ 27

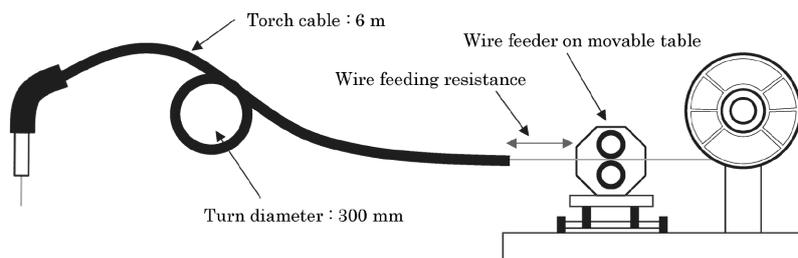


図 4 ワイヤ送給経路の概念図
Fig.4 Schematic illustration of wire feeding route

抵抗の変動はアーク安定やスパッタ発生に影響を与えるだけでなく、半自動溶接時のトーチ振動に対しても影響を与えることから、改良品は安定した溶接作業性だけでなく、溶接作業時の疲労感低減効果も期待できる。

2. サブマージアーク溶接材料

2.1 BOX柱角継手用溶接材料のラインナップ

BOX柱の模式図を図6に示す。角継手溶接部は、サブマージアーク溶接（以下、SAWという）による大入熱1パス施工が広く適用されている。鋼材強度クラスに応じたBOX柱角溶接用のSAW材料のラインナップを表3に示す。

最近では、780 MPa鋼用溶接材料や1層1パス施工で

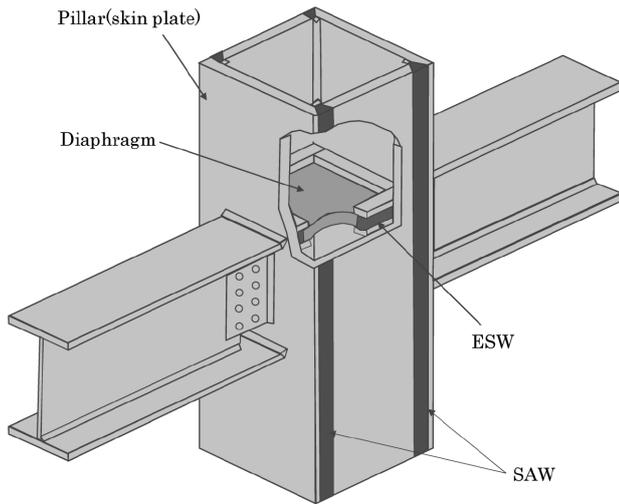


図6 BOX柱における溶接継手部
Fig.6 Weld joints in Box-Columns

は対応が困難な高強度極厚対応として2層2パス施工用溶接材料が新たに加わっている。各種諸性能については次節で紹介する。

2.2 550 MPaおよび590 MPa級鋼用極厚鋼板角継手2パス溶接材料

建築物の高層化・大型化に伴いスキンプレートの厚肉化が進んでおり、高能率施工法のニーズは高い。BOX柱角溶接用SAW材料は、板厚60 mmまで1層1パスの大入熱施工においても安定した溶接品質が確保できるように設計されている。いっぽう、板厚60 mm超ではビード形状や溶込み深さが安定しにくく、極厚鋼板の高能率施工ニーズに対応できない課題がある。この課題に対して、比較的大入熱条件を用いた3層4パスや2層3パスの溶接施工が検討されるが、2度の熱サイクルを受けた溶接金属は微細な割れが生じることが経験上知られている。2層2パスであれば1度の熱サイクルであり、高能率かつ溶接品質の安定性が期待できると判断し、専用の従来ワイヤTRUSTARC™ US-49と組み合わせる新たなフラックスTRUSTARC™ PF-I60Kを開発した。TRUSTARC™ PF-I60K/TRUSTARC™ US-49の諸性能を以下で紹介する。

スキンプレートには、KCL A385C (75 mm) とSA440C-ST (80 mm) のそれぞれについてBOX角部を模擬したL型の試験体を作製した。表4に示す溶接条件で得られた溶接金属の機械的性質を表5、各種試験片の採取要領を図7にそれぞれ示す⁴⁾。溶接金属の引張性能は鋼材の規格を十分満足し、シャルピー吸収エネルギーについても個々値、平均ともに27 J以上を十分に満足することが確認された。

表3 BOX柱角溶接用SAW溶接材料の一覧
Table 3 List of recommended SAW consumables for Box-Columns

Grade of steel plate	TS 400 MPa / YP 235 MPa	TS 490 MPa / YP 325 MPa	TS 520 MPa / YP 355 MPa	TS 550 MPa / YP 385 MPa	TS 590 MPa / YP 440 MPa	TS 780 MPa / YP 630 MPa
1layer-1pass	FAMILIARC™ PF-I53ES / FAMILIARC™ US-36L					TRUSTARC™ PF-I80ES ^{※1} / TRUSTARC™ US-80SP
	FAMILIARC™ PF-I53ES / TRUSTARC™ US-49					
	FAMILIARC™ PF-I55ES / FAMILIARC™ US-36L					
2layers-2 passes	FAMILIARC™ PF-I55ES / TRUSTARC™ US-49					
	TRUSTARC™ PF-I60K ^{※1} / TRUSTARC™ US-49					

※1: New lineup

表4 溶接条件
Table 4 Welding condition

Pass	Electrode (6.4φ)	Welding current (A)	Arc voltage (V)	Welding speed (cm/min)	Heat input (kJ/cm)	Preheating・inter pass temperature (°C)	Groove shape
1	L	2,250	38	16	618	RT.	
	T	1,650	48				
2	L	2,000	42	24	396	≤250	
	T	1,550	48				

表 5 溶接金属の機械的性質
Table 5 Mechanical properties of weld metal

Specification (thickness)	Specimen location	Tensile test ^{※1}			Charpy impact test ^{※2}		
		YP (MPa)	TS (MPa)	El. (%)	vE _{0C} (J)		
KCL A385 (75 mm)	Face	459	626	26	106	111	100
	Back	533	654	26	97	121	142
Spec.		≥ 385	≥ 550		≥ 27		
SA440C-ST (80 mm)	Face	471	641	24	120	97	123
	Back	506	648	25	143	121	144
Spec.		≥ 440	≥ 590		≥ 27		

※1 Size of tensile specimen: Dia. = 12.5 mm, G.L. = 50.0 mm
 ※2 10×10 mm, 2 mm V notch

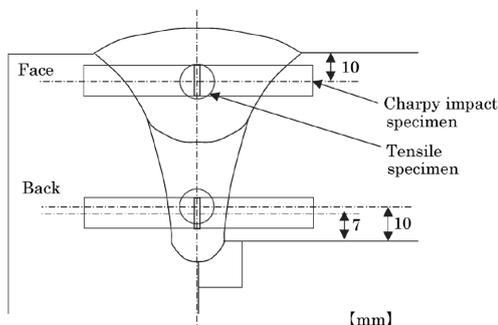


図 7 試験片採取位置
Fig.7 Specimen location

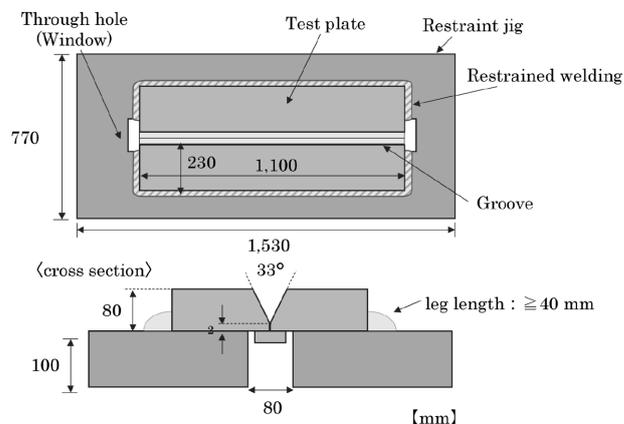


図 8 窓形拘束溶接割れ試験
Fig.8 Schematic illustration of layout of both restraint and test plate

表 6 TRUSTARC™ PF-I60K / TRUSTARC™ US-49 溶着金属の機械的性質一例
Table 6 Mechanical properties of [T] PF-I60K / [T] US-49 deposit metal

Wire /Flux	Tensile test			Charpy impact test	Diffusible hydrogen content(ml/100g)
	YP (MPa)	TS (MPa)	El. (%)	vE _{.5C} (J)	
TRUSTARC™ PF-I60K / TRUSTARC™ US-49	606	686	26	120, 105, 132 Avg.119	Avg. 4.4
JIS Z3183 S621-H4	≥ 500	≥ 610	≥ 17	≥ 27	≤ 8.5

極厚鋼板の多層溶接であり、耐低温割れ性に懸念があることから、予熱・パス間温度条件を窓形拘束溶接割れ試験から確認した。図 8 に窓形拘束溶接割れ試験の試験体を示すが、試験板の適用鋼種は溶接金属の溶接割れ感受性が高くなるように、比較的Pcmの高いJIS G 3106 SM490Aを採用した。溶接施工条件は、表 4 の溶接条件とし、1パス目は予熱無し(約15℃)、2パス目のパス間温度を150℃とした。溶接完了後、48時間室温に放置した後、拘束板から試験板を取り外し超音波探傷試験(以下、UTという)を実施した。UTは、基準感度+10 dBとし、さらに研削された溶接ビード直上に探触子を置いて実施した。試験の結果、検出レベル以上のエコーは認められず、実用的な予熱無し・パス間温度150℃以上(250

℃以下)で耐低温割れ性に問題が無いことを確認した。

建築鉄骨に使用する溶接材料は、JIS Z 3183に準拠した溶着金属区分が必要とされる。TRUSTARC™ PF-I60K/TRUSTARC™ US-49の組み合わせで溶着金属の引張および衝撃試験、拡散性水素試験を実施した。表 6 に各種試験結果を示す。溶着金属の品質区分は「JIS Z 3183 S621-H4」に分類でき、590 MPa級鋼の高張力鋼に使用できることを確認した。

2.3 780 MPa級鋼BOX柱角継手1パス溶接材料

近年、鋼材の高強度化によるスキンプレートの薄肉化の流れもあり、780 MPa級鋼が適用され始めている。590 MPa級鋼までのBOX柱角継手溶接は、サブマージアーク溶接による1パス施工が広く適用されているが、

表7 溶接条件
Table 7 Welding condition

Flux / Wire	Electrode (6.4φ)	Welding current (A)	Arc voltage (V)	Welding speed (cm/min)	Heat input (kJ/cm)	Groove shape
TRUSTARC™ PF-I80ES / TRUSTARC™ US-80SP	L	2,050	40	20	462	
	T	1,500	48			

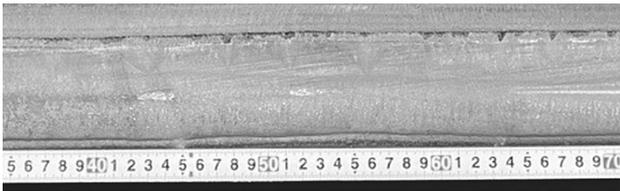


図9 TRUSTARC™ PF-I80ES / TRUSTARC™ US-80SP 溶接継手のビード外観

Fig.9 Bead appearance of [T] PF-I80ES/ [T] US-80SP welded joint

表8 溶接金属の機械的性質
Table 8 Mechanical properties of welded metals

Flux / Wire	Tensile test			Charpy impact test
	YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	vE _{0c} (J)
TRUSTARC™ PF-I80ES/ TRUSTARC™ US-80SP	644	822	19	Avg. 79
Spec.(780MPa Grade)	≥630	≥780	-	≥27

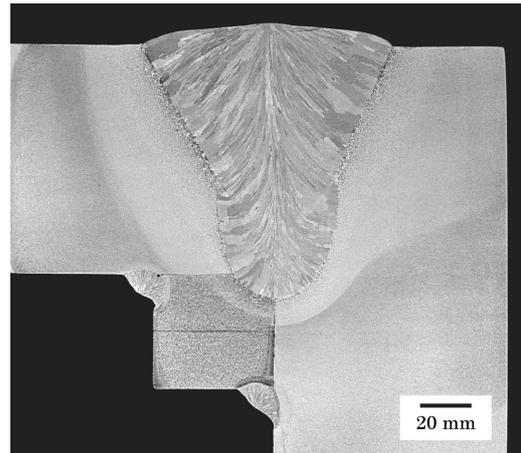


図10 TRUSTARC™ PF-I80ES / TRUSTARC™ US-80SP 溶接継手の断面マクロ

Fig.10 Cross-sectional macro comparison of [T] PF-I80ES / [T] US-80SP welded joint

780 MPa級鋼は施工効率の低い小入熱の多パス溶接が主流である。780 MPa級鋼の溶接金属は低温割れ感受性が極めて高く、予熱やパス間温度を厳格に管理する必要がある。また、小入熱の多パス溶接ではアークタイムも長いことから施工負担が大きい。本節では、780 MPa級鋼BOX柱の角継手に対し1パス溶接が可能なサブマージアーク溶接材料であるフラックス TRUSTARC™ PF-I80ES、ワイヤ TRUSTARC™ US-80SP の諸特性について紹介する。

溶接材料の規格について、ワイヤは「JIS Z 3351 YS-NM6」、フラックスは「JIS Z 3352 SACG-I1」、JIS Z 3183に基づいた溶着金属の品質区分は「JIS Z 3183 S804-H4」に分類される。溶接継手性能は、スキンプレートに大入熱仕様780 MPa級鋼（板厚50 mm）を用いて表7の溶接条件で評価した。ビードの外観を図9、断面マクロを図10に示す。溶接作業性は、590 MPa級以下の鋼板に適用される溶接材料と同等程度であり、溶込み形状も良好である。溶接金属の機械的性質を表8に示す。引張試験片は母材表層から10 mm位置の溶接金属中央、シャルピー衝撃試験片は母材裏面から7 mm位置で採取した。溶接金属の引張性能は、スキンプレート母材規格を満足し、シャルピー吸収エネルギーについては、平均で27 J以上を満足することが確認された。

3. エレクトロスラグ溶接材料

3.1 鋼材強度クラスに応じた溶接材料のラインナップ

エレクトロスラグ溶接（以下、ESWという）は、主に厚板の立向溶接に適用される高能率溶接プロセスである。開先内に形成された熔融スラグ浴の中にワイヤを連続的に送給し、ワイヤから通電される電流により発生する熔融スラグの抵抗発熱を利用してワイヤと母材を熔融する溶接法である⁵⁾。建築鉄骨分野では、図6に示すBOX柱におけるスキンプレートと内ダイアフラムの接合部に広く適用されている。表9に鋼材強度クラスに応じたラインナップを示す。図11には代表的な溶接部の断面マクロを示しており、溶込み寸法も記載している。これにより、十分な溶込みが得られていることが確認できる。

ESWは、広範囲な板厚に対して1パスでの溶接が可能であり、スパッタの発生がほとんどないうえ、溶着効率はほぼ100%であるという特長がある。いっぽうで高い入熱量を伴うプロセスであるため、安定した溶接継手性能の確保は重要な課題となる。当社では、これらの課題に対応する、建築鉄骨向けESW用ワイヤの開発に取り組んでいる。

3.2 550 MPaおよび590 MPa級鋼用フラックス入りワイヤ

最近の高強度厚肉化対応では、溶接入熱の増大により溶接継手性能の確保にはワイヤから添加する合金成分を増加させる必要があるもののソリッドワイヤの場合は、ワイヤが硬くなり製造上に課題が生じる懸念やワイヤ送給性に悪影響をおよぼすリスクが想定される。これらを背景に合金成分設計が容易なフラックス入りワイヤをベースとした550 MPaおよび590 MPa級鋼に対応するワイヤ

イヤ FAMILIARC™ EM-56ST および TRUSTARC™ EM-60STを開発している。FAMILIARC™ EM-56STは「JIS Z 3353 YES560-M」、TRUSTARC™ EM-60STは「JIS Z 3353 YES600-M」に分類される。

JIS Z 3353準拠の溶接試験における溶接金属の機械的性質試験結果の一例を表10に示す。いずれのワイヤも直径1.6 mmであり、フラックスはFAMILIARC™ EF-38フラックスと組み合わせて使用される。

溶接継手性能は、実物件で頻繁に使用される板厚において、より大入熱となるダイアフラムとスキンプレーットの組み合わせとして60 mm × 40 mmと65 mm × 45 mmを選定し、BOX柱内ダイアフラムを想定したT型簡易継手試験を実施した。鋼材の組み合わせを表11、溶接条件および開先形状を表12にそれぞれ示す。

溶接継手の機械的性質を表13に示す。いずれの溶接継手における引張性能およびシャルピー衝撃性能は規定されたスペックを十分に満足することが確認された。シャルピー衝撃性能に関して、溶接金属のみならず、ESW溶接部に要求される母材特性であるBondおよびHAZ (Heat Affected Zone, Bond+1 mm)においても、スペックを十分に満足することが確認された。

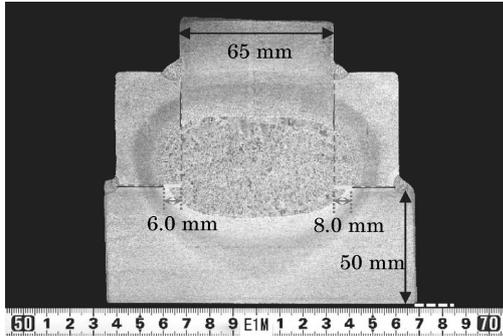


図11 ESW断面マクロ例
Fig.11 Example of ESW cross-section macro

表9 建築鉄骨向けエレクトロスラグ溶接材料の一覧
Table 9 List of Electroslag Welding Materials for building structures

Grade of steel plate	TS 400 MPa / YP 235 MPa	TS 490 MPa / YP 325 MPa	TS 520 MPa / YP 355 MPa	TS 550 MPa / YP 385 MPa	TS 590 MPa / YP 440 MPa
Solid wire (Flux / Wire)	FAMILIARC™ EF-38 / FAMILIARC™ ES-55			FAMILIARC™ EF-38 / TRUSTARC™ ES-60ST	
	FAMILIARC™ EF-38 / FAMILIARC™ ES-55ST				
	FAMILIARC™ EF-38 / FAMILIARC™ ES-56ST				
Flux cored wire (Flux / Wire)	FAMILIARC™ EF-38 / FAMILIARC™ EM-56ST ※1				FAMILIARC™ EF-38 / TRUSTARC™ EM-60ST ※1

※1: New lineup

表10 JIS Z 3353に準拠する溶接金属の機械的性質
Table 10 Mechanical properties of the weld metal in compliance with JIS Z 3353

Grade of steel (thickness)	Flux	Wire	Tensile test (center)			Charpy impact test (center)	
			YP(MPa)	TS(MPa)	El.(%)	vE _{5C} (J)	vE _{0C} (J)
550 MPa (25 mm)	FAMILIARC™ EF-38	FAMILIARC™ EM-56ST	483	657	26	—	51, 73, 57 Avg.60
JIS Z 3353 YES560-M			≥ 400	≥ 550	≥ 20	—	—
590 MPa (25 mm)	FAMILIARC™ EF-38	TRUSTARC™ EM-60ST	556	737	23	126, 111, 115 Avg.117	—
JIS Z 3353 YES600-M			≥ 450	≥ 590	≥ 20	—	—

※SESNET®^{註4)}, GAP:23 mm, DCEP, 1 layer:1 pass, 380 A-48 V

表11 溶接材料および鋼材
Table 11 Welding consumables and steel plate

No.	Flux	Wire	Skin plate	Diaphragm	Backing bar
1	FAMILIARC™ EF-38	FAMILIARC™ EM-56ST	KCL A385C-ST (t: 40 mm)	KCL A385C (t: 60 mm)	JIS G 3136 SN490B
2		TRUSTARC™ EM-60ST	KCL A440C-ST (t: 45 mm)	KCL A440B (t: 65 mm)	

脚注 4) SESNETは日鉄溶接工業株の登録商標である。

表12 溶接条件および開先形状
Table12 Welding conditions and groove shape

No.	Welding conditions		Groove shape
1	380A-50V Wire feed speed:9 m/min	H.I. : 861 kJ/cm	
2		H.I. : 964 kJ/cm	

表13 溶接金属の機械的性質
Table13 Mechanical properties of the weld metal

No.	Tensile test (center)				Charpy impact test vE _{0°C} (J)		
	YP (MPa)	TS (MPa)	El. (%)	RA (%)	Weld metal (Bond+1 mm)	skin plate side	
						Bond	HAZ (Bond+1 mm)
1	460	659	26	70	119, 84, 128 Avg.110	141, 122, 83 Avg.115	117, 120, 127 Avg.121
Spec.	≥ 385	≥ 550	—	—	≥ 27J		
2	481	700	25	70	167, 114, 166 Avg. 149	115, 68, 109 Avg.97	124, 111, 108 Avg.114
Spec.	≥ 440	≥ 590	—	—	≥ 27J		

むすび = 建築鉄骨製作における高能率化や建築鉄骨用鋼板の高強度化および厚肉化などの市場のニーズに対し、溶接材料、溶接施工の面で技術開発を行ってきた。今後も開発を継続し、お客様の課題を解決していくことで、安全・安心なまちづくり・ものづくりに貢献していきたい。

参 考 文 献

- 1) 松本修一ほか. 大成建設技術センター報. 2013, 第46号.
- 2) 国立研究開発法人建築研究所. 2018年版 冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル. 第1版, 2018, p.148-149.
- 3) 戸川貴雄ほか. R&D神戸製鋼技報. 2023, Vol.72, No.1, p.28-30.
- 4) 一般社団法人 日本鋼構造協会. 建築鉄骨溶接部の機械的性質の標準試験マニュアル～引張試験・シャルピー衝撃試験～ JSS IV 13 -2025. 2025, p.57.
- 5) 溶接学会・日本溶接協会編. 溶接・接合技術総論. 第7版, 産報出版株式会社, 2023, p.56-58.