

(解説)

# 最近の建築鉄骨用溶接材料の動向

## Recent Trend in Welding Consumables for Building Structures



栗山良平\*1  
Ryohei KURIYAMA



鈴木励一\*1  
Reiichi SUZUKI

In recent years, high tensile steel plates and pipes of 385MPa yield point class have begun to find wider use in building structures, and suitable welding consumables are required. The weld joint metal must have high strength and toughness to improve earthquake resistance. Construction welding requires, not only the right mechanical properties, but also weldability. The developed welding wires have achieved advanced mechanical properties in the weld metal and weldability by optimizing both the chemical composition of the wire and its surface treatment in the manufacturing process.

ま え が き＝近年、首都圏をはじめとする大都市の高層建築鉄骨用鋼材として耐力385MPa／引張強度550MPa級鋼（以下、YP385鋼という）が開発され、その使いやすさから広く普及が進んでいる。この鋼種は従来から広く適用されていた耐力325MPa／引張強度490MPa級鋼（以下、YP325鋼という）と耐力440MPa／引張強度590MPa級高張力鋼（以下、YP440鋼という）の中間的な性能を持ち、かつ低炭素等量設計・製造技術によって優れた溶接性を有している。したがって、建築構造物の大形化や屋内の大空間化、また使用鋼材量の低減による鉄骨製作コストの削減にも効果があり、今後も適用案件の増加が見込まれる。

一方、建築鉄骨柱の構造形式は、内ダイヤフラムの柱貫通式四面BOX柱を用いるS造や複雑なSRC造から工場での柱組立の溶接施工量が比較的少なく、かつロボット溶接に好適な鋼管コラムを用いた梁貫通式（通しダイヤフラム式）の構造に移行している。ただし、鋼管の曲げ加工が困難な板厚50mm超の高層用には、今も四面BOX柱の構造形式が主流である。

日本工業規格 JIS Z3312「軟鋼、高張力鋼および低温用鋼用のマグ溶接およびミグ溶接ソリッドワイヤ」において、1999年の改正時に引張強度540MPa級ソリッドワイヤとして新規追加された分類記号YGW18は、2009年の改正により引張強さ550MPa級として引張強さならびに耐力が上げられている（表1）。この背景として、建築鉄骨分野でYP385鋼が普及し始めたことが挙げられる。

代表的な鋼管コラムである角形鋼管材は、冷間プレス加工の影響で平坦部よりも角部の強度が高くなっている。このため、柱一柱（通しダイヤフラムを含む）の溶接には、柱の強度よりも1グレード上の溶接材料を使用することが望ましいとされている<sup>1)</sup>。したがって、

表1 JIS Z3312 YGW18の規格要求性能

Table 1 Specifications required by "JIS Z3312 YGW18"

JIS Z3312 YGW18	Mechanical properties of deposit metal				
	Tensile test* at R.T.			Impact test	
	YP (MPa)	TS (MPa)	EI. (%)	Test Temp. (°C)	Charpy Absorbed energy (J)
Before 2009	Min. 430	Min. 540	Min. 22	0	Min. 47
After 2009	<u>Min.</u> <b>460</b>	<u>Min.</u> <b>550</b>	<u>Min.</u> <b>17</b>	0	<u>Min.</u> <b>70</b>

\* Gage length of TS specimen: 4D(Before 2009), 5D(After 2009)

表2 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 2 List of recommended CO<sub>2</sub> solid wires for building structures

Welding Joint	Grade of Steel plate Column type	YP325	YP355	YP385	YP440
		MPa	MPa	MPa	MPa
Column-Column (for robot welding)	RC*	MG-55R <b>MG-56R</b>	MG-55R <b>MG-56R</b>	MG-60 <b>MG-60R</b>	MG-70
	RP*	MG-50R	<b>MG-56R</b>	<b>MG-56R</b>	MG-60 <b>MG-60R</b>
Column-Beam, Beam-Beam (for semi-auto welding)		MG-50	<b>MG-55</b> <b>MG-56</b>	MG-55 <b>MG-56</b>	MG-60

\*RC=Square pipe column, RP=Circular pipe column  
{ MG-56, MG-56R, MG-60R } = New line-ups, FAMILIARC MG-55= Origin of YGW18

YP325鋼を素材として用いた角形鋼管BCP325にはYP385鋼用溶接材料の適用が、YP385鋼を用いた角形鋼管柱BCP385にはYP440鋼用溶接材料の適用が一般的である。鋼材の強度クラスごとに分類した当社の建築鉄骨向けソリッドワイヤの一覧を表2に示す。

本稿では、建築鉄骨用YP385鋼に対応するために当社が近年開発を進めてきた各種溶接材料を解説する。

### 1. 半自動溶接用ソリッドワイヤ FAMILIARC<sup>TM</sup>注1) MG-56

#### 1.1 開発背景

梁端部の溶接などの板幅が小さい溶接継手は、ロボッ

脚注1) FAMILIARC (FAMILIARC<sup>TM</sup>) は当社の商標である。

\*1 溶接事業部門 技術センター 溶接開発部

ト化が進む今も半自動溶接で施工されることが多い。鉄骨製作時の半自動溶接では、短時間でより多くの溶接継手を製作できる溶接材料が望まれ、溶接電流を高めて溶着速度を増大させる大入熱施工や、パス間温度待ち時間を短縮させる高パス間温度施工の採用が多い。JIS Z 3312の改正に伴い、YGW18では引張性能だけでなく地震時の脆性破壊防止を目的として衝撃性能の規格が0°Cmin.47Jからmin.70Jに上げられている。現在も、溶接金属の冷却速度が低い大入熱施工あるいは高パス間温度の溶接施工に対応するため、引張性能や衝撃性能がさらに優れた溶接ワイヤが望まれるようになった。また、高能率な溶接施工においては、溶接金属の機械的性能だけでなく、スパッタ発生量やビード外観、スラグ剥離性などの作業性やワイヤ送給性の改善ニーズが多い。これらに対応すべく当社はFAMILIARC MG-56（以下、MG-56という）を開発した<sup>2)</sup>。

### 1.2 溶接金属性能

JIS Z3312に準拠したMG-56全溶着金属の機械的性能ならびに化学組成の一例をそれぞれ表3、表4に示す。改正後のJIS規定値に対して十分な余裕を有していることがわかる。また、図1に示す開先形状の試験体を用いて、柱（ダイヤフラム）-梁（フランジ）の仕口溶接金属を想定し、MG-56の機械的性能に及ぼす入熱・パス間温度の影響を調査した（表5）。YP385鋼の機械的性能に対し、ある程度の余裕を加味しても平均入熱30kJ/cm、パス間温度250°C以下の施工が可能であるといえる。

### 1.3 溶接作業性

建築鉄骨の半自動溶接では長尺トーチケーブルの使用が多いため、ケーブルすなわちワイヤ送給経路の曲率が小さくなることが多い。このような厳しい送給経路でも、送給抵抗を低位安定化させて優れたアーク安定性を確保できれば、アーク不安定によるスパッタの除去作業

表3 MG-56全溶着金属の機械的性質 一例

Table 3 Example of mechanical properties of MG-56 deposit metal

Tensile test <sup>GL-5D</sup> at R.T.			Impact test at 0°C
YP(MPa)	TS(MPa)	El.(%)	Charpy absorbed energy (J)
525	610	24	212, 210, 202 (Av.208)

Base metal : SM520, Plate thickness: 20mm, Groove shape, angle: V-groove, 20°, Root gap: 16mm, Welding position: Flat, Wire dia.: 1.2mm, Shielding gas: CO<sub>2</sub>, Heat input: 17kJ/cm, Interpass temperature: max.150°C, Nitrogen content in weld metal: 50ppm

表4 MG-56全溶着金属の化学組成 一例

Table 4 Example of chemical composition of MG-56 deposit metal (%)

C	Si	Mn	P	S	Mo	Ti
0.05	0.56	1.48	0.009	0.005	0.14	0.05

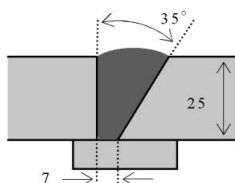


図1 柱ダイヤフラム-梁フランジの仕口継手を想定した試験体の開先形状

Fig. 1 Groove shape of test piece: welded joint of column diaphragm and beam flange

表5 MG-56溶接金属の機械的性能に及ぼす入熱・パス間温度の影響  
Table 5 Influence of heat input and interpass temperature on mechanical properties of MG-56R weld metal

Heat input (kJ/cm)	Interpass Temperature (°C)	Tensile test <sup>GL-5D</sup> at R.T.			Impact test at 0°C
		YP (MPa)	TS (MPa)	El. (%)	Charpy absorbed energy (J)
10	100	600	666	23	186,178,178 (Av.181)
30	250	475	580	27	192,172,170 (Av.178)
40	350	437	558	29	155,140,138 (Av.144)
YP385 steel plate properties		Min. 385	550	Min. -670	21

Base metal : SN490B, Plate thickness: 25mm, Groove shape, angle: Single bevel, 35° Root gap: 7mm, Welding position: Flat, Wire dia.:1.2mm, Shielding gas: CO<sub>2</sub>, Nitrogen content in weld metal: 70-80ppm

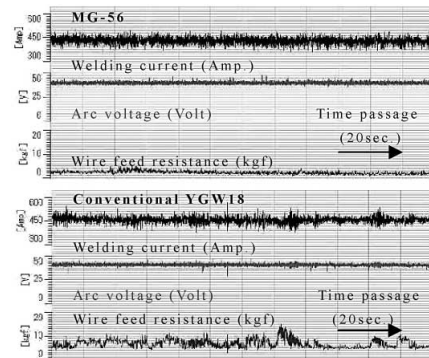


図2 MG-56の溶接電流、アーク電圧、送給抵抗の時間変動  
Fig. 2 Fluctuation of Welding current, arc voltage and wire feed resistance using MG-56

Welding position: Flat (Bead on plate), Wire dia.: 1.4mm, Shielding gas: CO<sub>2</sub>, Welding condition: 450A-40V-40cm/min., Wire extension: 25mm

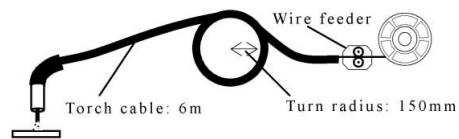


図3 ワイヤ送給経路の概念図  
Fig. 3 Schematic illustration of wire feeding route

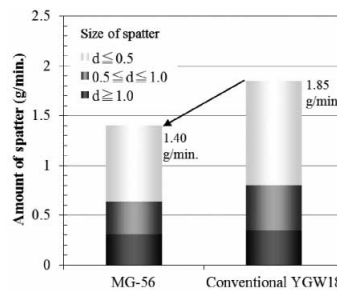


図4 MG-56と従来YGW18のスパッタ発生量の比較  
Fig. 4 Comparison of spatter generation

Welding position: Flat (Bead on plate), Wire dia.: 1.4mm, Shielding gas: CO<sub>2</sub>, Welding condition: 420A-39V

や送給停止によるチップ交換などの作業が軽減でき、施工能率の低下が抑制できる。MG-56は、製造過程でワイヤ強度の適性化や表面処理を施すことにより、優れた送給性やアーク安定性を実現している。MG-56の溶接電流、アーク電圧、およびワイヤ送給抵抗の時間変動を従来ワイヤと比較して図2に示す。このときに使用したワイヤ送給経路の概念図を図3に示す。従来ワイヤと比較して溶接電流やアーク電圧の変動が少なく、送給抵抗は低位安定している。図4に従来ワイヤと比較したMG-56のスパッタ発生量を示す。従来YGW18と比較しスパッタ発生量は約25%低減している。

## 2. ロボット溶接用ソリッドワイヤFAMILIARC MG-56R

### 2.1 開発背景

ロボット溶接施工に適用される溶接ワイヤでは、溶接金属の機械的性能のみならず、高能率・低欠陥率という観点からスラグ量の低減と良好なスラグ剥離性を有することが望ましく、従来からFAMILIARC MG-55R（以下、MG-55Rという）がロボット用YGW18として普及していた<sup>3)</sup>。しかし、鉄骨加工現場の状況にもよるが、溶接時のシールド不良や高窒素の裏当て金の適用に起因し、溶接金属の窒素量増加による靱（じん）性低下が多々発生している。そのため、従来のMG-55Rよりもさらに優れた靱性を有するFAMILIARC MG-56R（以下、MG-56Rという）を開発した。また、ロボット溶接では、ワイヤ送給トラブルによる溶接停止を起こさせないことが重要な課題であり、そうした観点からMG-56Rではロボット連続溶接に最適なワイヤ表面処理を施した。

### 2.2 溶接金属性能

JIS Z3312に準拠したMG-56R全溶着金属の機械的性能ならびに化学組成の一例をそれぞれ表6、表7に示す。MG-56と同様に、改正後のJIS規定値に対して十分な余裕を有していることがわかる。

建築鉄骨溶接技量検定協議会のロボット溶接オペレータ技量検定試験に準拠し、角形鋼管ならびに円形鋼管の柱と通しダイヤフラムの溶接にMG-56Rを適用した場合の溶接金属の機械的性能例を表8に示す。溶接は当社製の柱大組立溶接ロボットシステムを用いており、試験条件を表9に、開先形状の模式図を図5に示す。これらの試験においても良好な機械的性能が得られている。

シールドガスに窒素を添加し、溶接金属中の窒素量が衝撃性能に及ぼす影響について、MG-56Rと従来のYGW18と比較した結果を図6に示す。この試験では2ア

表6 MG-56R全溶着金属の機械的性質 一例  
Table 6 Mechanical properties of MG-56R deposit metal

Tensile test <sup>GL=5D</sup> at R.T.			Impact test at 0°C
YP (MPa)	TS (MPa)	EI (%)	Charpy absorbed energy (J)
510	594	25	184, 180, 180 (Av.181)

(Test condition is same as Table 3.)

表7 MG-56R全溶着金属の化学組成 一例  
Table 7 Example of chemical composition of MG-56R deposit metal (mass%)

C	Si	Mn	P	S	Mo	Ti
0.07	0.39	1.35	0.009	0.004	0.12	0.03

表8 MG-56Rを用いた柱-ダイヤフラム継手の溶接金属機械的性能  
Table 8 Mechanical properties of MG-56R weld metal of column-diaphragm welded joint

Column type	Tensile test <sup>GL=5D</sup> at R.T.			Impact test at 0°C
	YP (MPa)	TS (MPa)	EI (%)	Charpy absorbed energy (J)
RC	528	604	31	146, 142, 140 (Av.143)
RP	494	592	29	154, 150, 140 (Av.148)

(Welding torch number of robot system: Single arc)

表9 溶接ロボットシステムを用いた溶接継手（柱-ダイヤフラム）の溶接施工条件

Table 9 Welding procedure condition of welded joint (column-Diaphragm) by robot system

Column type	RC	RP
Steel type of base metal	BCP325(column) SN490B(diaphragm)	STKN490B(column) SN490B(diaphragm)
Steel type of backing strip	SN490B (Refined by EF)	SN490B (Refined by EF)
Column thickness	19mm	19mm
Column size	Side length:400mm	Diameter:500mm
Welding sequence	7 passes/6 layers	6 passes/5 layers
Heat input	Max.30kJ/cm	Max. 40kJ/cm
Interpass Temp.	Max.250°C	Max.350°C

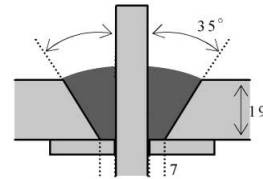


図5 柱-ダイヤフラム継手試験体の開先形状  
Fig. 5 Groove shape of column-diaphragm welded joint

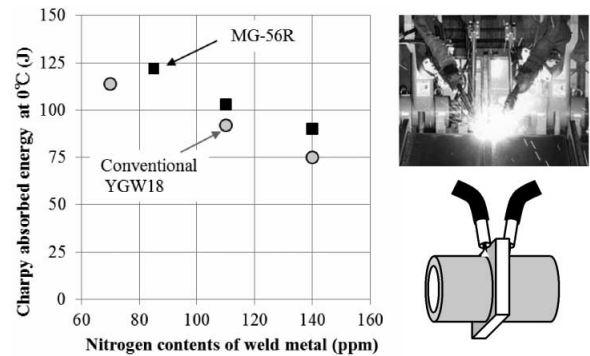


図6 MG-56R溶接金属の衝撃性能に及ぼす溶接金属窒素量の影響  
Fig. 6 Influence of nitrogen content in weld metal on impact property of MG-56R weld metal

Base metal: SN490B, Plate thickness: 19mm, Groove shape, angle: Single bevel, 35°, Root gap: 7 mm, Welding sequence: 4 passes / 4 layers, Welding position: Flat, Wire dia.:1.2mm, Shielding gas: CO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>(max.2%) 25L/min., Heat input: max. 40kJ/cm, Interpass temperature: max. 350°C, Welding torch number of robot system : Twin arc

ークロボットシステムを用いており、通しダイヤフラムの両側で同時にアークが発生する。このため、溶接部近傍の鋼材が受ける熱量は1アークロボットシステムを使った場合よりも大きくなり、溶接金属の冷却速度が低下する。したがって、溶接金属の組織は粗大化しやすく、衝撃性能は1アークロボットシステムを用いた場合よりも低下しやすい。しかしながらMG-56Rでは、窒素量が増加した場合でも従来YGW18よりも10~20J優れた衝撃性能が得られる。

### 2.3 溶接作業性

当社製鉄骨ロボットシステムの自動スラグ除去機能を用い、MG-56Rのスラグ剥離性を従来YGW18と比較した。スラグ除去後のビード外観の比較を図7に示す。MG-56Rの溶接ビードへのスラグ残留面積は従来のYGW18と遜色なく、優れたスラグ剥離性を有していることがわかる。

また、ロボットを用いた1時間連続溶接後のチップ先

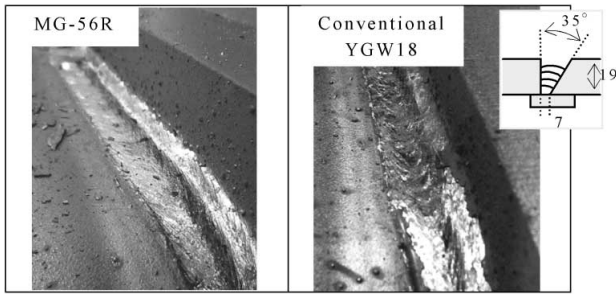


図7 MG-56Rと従来ワイヤの溶接ビード外観の比較  
Fig. 7 Comparison of bead appearance of MG-56R and conventional YGW18 (Wire dia.: 1.2mm)

Steel type of base metal: BCP325(column), SN490B(diaphragm),  
Column thickness: 19mm, Welding sequence: 4 passes/4 layers,  
Heat input: max. 30kJ/cm, Interpass Temp.: max. 250°C

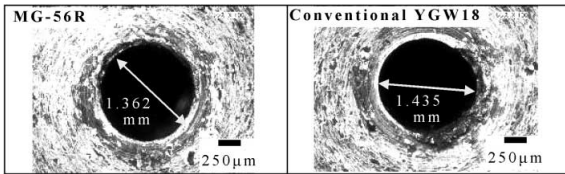


図8 MG-56Rと従来ワイヤの連続溶接後のチップ外観  
Fig. 8 Comparison of tip appearance after continuous robot welding by MG-56R and conventional YGW18

Wire dia.: 1.2mm, Period of continuous welding time : 1Hr,  
Welding current : 300~320A, Shielding gas :CO<sub>2</sub> 25L/min.

端の状態を図8に示す。チップ先端のワイヤ通過孔の摩擦状態は軽度であり、ロボットによる長時間連続溶接においてもチップワイヤ間の良好な給電性が維持できる。また、チップ孔径の広がりが軽微であるため、ワイヤの狙い位置ズレを最小限に抑制することができ、さらに溶接線を事前に検知するタッチセンシング機能や、溶接中のアーク食い機能の誤作動防止に関しても優れた特性を有したワイヤである。

### 3. 高HAZ韌性鋼「KCL-A385-ST」専用エレクトロスラグ溶接用材料FAMILIARC ES-56ST/FAMILIARC EF-38

#### 3.1 開発背景

当社の建築鉄骨向けYP385高HAZ韌性鋼「KCL-A385-ST」<sup>4)</sup>をスキンプレートに用いた四面BOX柱内ダイヤフラム継手のエレクトロスラグ溶接に最適なソリッドワイヤES-56STを開発した。

#### 3.2 諸性能

四面BOX柱の柱/内ダイヤフラムを想定し、ES-56ST/EF-38を用いたエレクトロスラグ溶接(ESW)継手を製作した。溶接条件を表10、開先形状を図9、溶接継手の断面マクロを図10、溶接金属の化学分析結果を表11に示す。また、溶接金属中央部から採取した引張試験片ならびに衝撃試験片による試験結果を表12に示す。ES-56ST

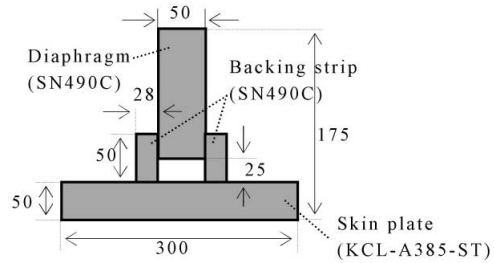


図9 スキンプレートとダイヤフラムのエレクトロスラグ溶接継手の断面模式図  
Fig. 9 Cross-sectional image of ESW welded joint

Fig. 9 Cross-sectional image of ESW welded joint

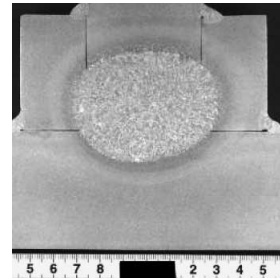


図10 ES-56ST/EF-38によるエレクトロスラグ溶接の断面マクロ  
Fig.10 Macrostructure image of ESW welded joint

表11 ES-56ST/EF38溶接金属の化学組成

Table 11 Chemical composition of ES-56ST/EF-38 weld metal (%)

C	Si	Mn	P	S	Mo
0.09	0.35	1.56	0.010	0.002	0.12

表12 ES-56ST/EF38溶接金属の機械的性質

Table 12 Mechanical properties of ES-56ST/EF-38 weld metal

Tensile test <sup>GL-4D</sup> at R.T.			Impact test at 0°C	
YP(MPa)	TS(MPa)	El.(%)	Charpy absorbed energy (J)	
435	676	21	82, 73, 75	

(Mechanical test specimens were gathered from center of weld metal)

／EF-38は、KCL-A385-STの母材規格値と同等、すなわち引張強さ550MPa以上、0°Cシャルピー吸収エネルギー70J以上を示す。

### 4. ロボット溶接の冷間成形YP385角形鋼管用ソリッドワイヤ TRUSTARC<sup>TM</sup>注2) MG-60R

#### 4.1 開発背景

YP385鋼を素材とする冷間成形角形鋼管BCP385では、角部が加工硬化によって強度上昇するため、溶接部に対しても強度クラスが1グレード上の溶接材料、すなわちYP440級鋼用を用いることが指針として定められている。しかし、一般的なYP440鋼用ソリッドワイヤは、溶接金属の機械的性能を確保すべく、YP385鋼用ソリッドワイヤに比べて多くの合金元素を含んでいる。そのた

表10 スキンプレートとダイヤフラムのエレクトロスラグ溶接の溶接条件

Table 10 Welding condition of electroslag welding (ESW)

Welding consumable	Welding Current (A)	Arc Voltage (V)	Wire extension (mm)	Flux mass (g)	Heat input (kJ/cm)	Welding length (mm)
ES-56ST 1.6mm / EF-38	370-390	50-51	40	90	700	500

脚注2) TRUSTARC (TRUSTARC<sup>TM</sup>) は当社の商標である。

表13 MG-60R全溶着金属の機械的性質 一例  
Table 13 Mechanical properties of MG-60R deposit metal

Wire / Specification	Tensile test <sup>GL=5D</sup>			Impact test at 0°C Charpy absorbed energy (J)
	YP (MPa)	TS (MPa)	El. (%)	
MG-60R	565	651	23	147, 158, 160 (Av.155)
JIS Z3312	Min.	590-	Min.	Min.
G59JA0UC 3M1T	500	790	16	47

(Test condition is same as Table 3 except base metal SM570.)

表14 MG-60R全溶着金属の化学組成 一例

Table 14 Example of chemical composition of MG-60R deposit metal (%)

C	Si	Mn	P	S	Mo	Ti
0.07	0.52	1.45	0.010	0.009	0.32	0.03

表15 MG-60R溶接金属の機械的性能に及ぼす入熱・パス間温度の影響

Table 15 Influence of heat input and interpass temperature on mechanical properties of MG-60R weld metal

Heat input (kJ/cm)	Interpass Temperature (°C)	Tensile test			Impact test at 0°C Charpy absorbed energy (J)
		YP (MPa)	TS (MPa)	El. (%)	
25	200	541	635	24	141, 143, 142 (Av.142)
40	350	462	604	26	111, 116, 113 (Av.113)
YP385 steel plate properties		Min. 385	550 -670	Min. 21	Min. 27

(Test condition is same as Table 5 except base metal KCL-A385.)

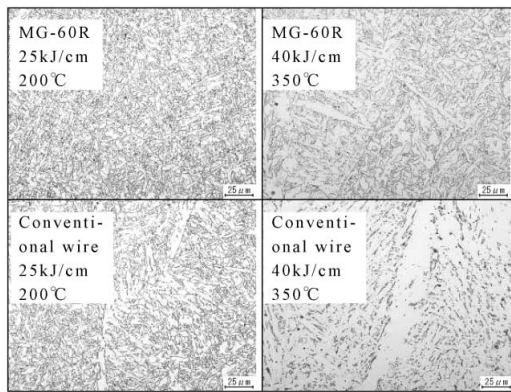


図11 MG-60Rと従来ワイヤの溶接金属のマイクロ組織の比較(原質部)  
Fig.11 Comparison of micro structure MG-60R and conventional wire weld metal (As casted region)

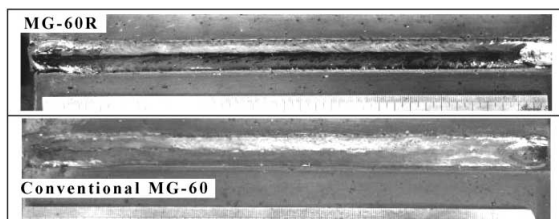


図12 MG-60Rと従来ワイヤの溶接ビード外観の比較  
Fig.12 Comparison of bead appearance of MG-60R and conventional MG-60

(Steel type of base metal: KCL-A385, Plate thickness: 19mm  
Groove shape, angle: Single bevel, 35°, Root gap: 7 mm,  
Welding sequence: 4 passes/4 layer, Wire dia.:1.2mm  
Heat input: max. 30kJ/cm, Interpass Temp.: max. 250°C)

め、溶接時のスラグ量が多く、スラグ剥離性もYP385鋼用ソリッドワイヤに比べて劣っているのが実態である。

コラム材として高強度なBCP385冷間成形角形鋼管の適用が拡大し、従来のYP325鋼の場合と同様に、そのロボット溶接施工においてもスラグ量の低減と良好なスラグ剥離性を有し、かつ、良好な機械的性能を有することが望まれている。そこで、従来のYP440鋼用ソリッドワイヤであるMG-60よりもスラグ発生量を低減し、スラグ剥離性を向上させ、さらに、冷間成形YP385角形鋼管BCP385に対応すべく引張性能ならびに衝撃性能を改善したYP440級MG-60Rの開発を完了させた<sup>5)</sup>。現在、その市場動向を調査しながら上市を目指している。

## 4.2 諸性能

JIS Z3312に準拠したMG-60R全溶着金属の機械的性能ならびに化学成分の一例をそれぞれ表13、表14に示す。なお、従来のYP440鋼用MG-60の衝撃試験温度は、JIS改正前のYGW21で規定されていた-5°Cであったが、新開発したMG-60RはYP385角形鋼管の鋼材規格に合致させるため、衝撃試験温度を0°CとしてJIS改正後のG59J A0UC 3M1Tに分類している。

YP385鋼板を用いて入熱・パス間温度を変化させたときの溶接金属の機械的性能例を表15に示す。入熱40kJ/cm・パス間温度350°Cの場合でも、YP385鋼の規格値に対して十分に適合する機械的性能を有している。さらに、角部の強度上昇に対して求められるYP440級の性能も有している。図11に示す溶接金属(原質部)のマイクロ組織からわかるように、入熱・パス間温度が上昇して溶接金属の冷却速度が低下したときでも粒界フェライトの成長が抑制されている。これは、TiおよびBの同時添加によるアシキュラーフェライト生成作用を高強度鋼用にも適用したことによる成果であり、強度向上と靱性向上を両立させた。なお、この作用は溶接金属酸素量の影響が大きいので、脱酸素素であるSi、Mn、Tiの添加量の調整は、アシキュラーフェライト生成作用とスラグ発生量やスラグ剥離性(図12)も加味した上で最適化している。

むすび=新しい建築鉄骨用鋼YP385シリーズに対応するため、当社が近年開発を進めてきた各種溶接材料を紹介した。当社では、鋼材に適合した機械的性能や、ロボット溶接に好適な特性を有した溶接材料メニューの拡充を続けている。これにより、建築鉄骨分野の設計・施工・製作に対して、当社のプレゼンスが向上するものと確信している。

## 参考文献

- 1) (独)建築研究所. 2008年版 冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル. 全国官報販売協同組合.
- 2) 鈴木励一. 神戸製鋼所溶接ぼうだより技術がいで. 2008.10, Vol.51, p.1.
- 3) 鈴木励一ほか. R&D神戸製鋼技報. 2008, Vol.58, No.1, p.57.
- 4) 小林克社ほか. R&D神戸製鋼技報. 2008, Vol.58, No.1, p.47.
- 5) 栗山良平ほか. 溶接学会全国大会講演概要 第90集. 2012-4, p.54.