

(技術資料)

# 鉄骨向け大入熱・高パス間温度対応ワイヤ「MG-55」

鈴木 励一・中野 利彦

溶接カンパニー・技術開発部

## MG-55 Welding Solid Wire Using High Heat Input and High Interpass Temperatures for Building Structures

Reiichi Suzuki・Toshihiko Nakano

MG-55 is a high potential 540 N/mm<sup>2</sup>-class MAG welding solid wire intended for use in structural beam-to-column joints. This weld metal has high tensile strength and notch toughness under high heat input and interpass temperatures. In recent years, the welding regulation of maximum heat input and interpass temperatures has been established for the manufacture of steel structures. Welding efficiency improvements by using MG-55 instead of conventional wire are significant because of deregulation of heat input and interpass temperature control.

まえばき = 阪神大震災以来、鉄骨造建築物の耐震性を向上すべく、各方面から様々な検討が行われている。なかでも柱梁溶接部は破壊が集中した箇所であり、そのディテールや機械的性質、欠陥の影響などについて多くの研究が行われ、それらの成果が実用化されつつある。

研究成果の一つとして、脆性破壊を防止するために溶接部の機械的性質向上が必要であることが明らかとなった。これを目的として、溶接部の機械的性質に大きな影響を与える入熱とパス間温度に対する規制が1996年度版鉄骨工事技術指針・工場製作編(JASS-6)に盛り込まれた。これを契機として溶接部の機械的性質に及ぼす入熱とパス間温度の影響に関する研究が活発化し、従来の490N/mm<sup>2</sup>級ワイヤよりも高強度・高靱性で、大入熱・高パス間温度においても良好な機械的性質を有する540N/mm<sup>2</sup>級ワイヤが開発された。

この新ワイヤが1999年版JIS Z3312「軟鋼及び高張力鋼用マグ溶接ソリッドワイヤ; YGW18, YGW19」, JIS Z3313「軟鋼, 高張力鋼用及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ; YFW-C55DX, YFW-A55DX」へ規格追加された。さらにその解説へワイヤ規格と入熱・パス間温度の使用区分が追加された。

また、2000年の改正建築基準法の告示・公布に伴う新工場認定制度「鉄骨製作工場グレード別性能評価基準一覧」へもJIS Z3312<sup>1999</sup>解説が引用され、現在、鉄骨製作工場では入熱・パス間温度管理が必須の要求項目となっている。

「MG-55」は当社がこれらの情勢にいち早く対応し、他社に先駆けて開発・実用化した540N/mm<sup>2</sup>級マグ溶接ソリッドワイヤ(YGW18)であり、既に多くの鉄骨物件に

採用されている製品である。以下に「MG-55」の性能例、入熱・パス間温度管理範囲、能率面での長所などについて紹介する。

### 1. 入熱・パス間温度管理範囲規制と溶接ワイヤ種類について

溶接部の機械的性質はその冷却速度に大きく影響を受ける<sup>1)</sup>。冷却速度が小さければ、鋼の結晶粒が粗大化し、強度や靱性が低下する。冷却速度は主に入熱やパス間温度によって決まることから、能率向上のために行われる大入熱・高パス間温度溶接を規制するため、JIS Z3312<sup>1999</sup>解説ではワイヤ種類ごとにそれらの管理範囲の目安が記載されている。

表1にJIS Z3312<sup>1999</sup>解説のワイヤ使用区分を示す。また、ワイヤ種類ごとの諸元を表2に示す。

従来鉄骨で多く使われてきたワイヤはマグ溶接用のYGW11であるが、使用区分として入熱・パス間温度の許容上限が490N/mm<sup>2</sup>級鋼に対しては30kJ/cm, 250とされている。

一方、最近開発された540N/mm<sup>2</sup>級ワイヤであるYGW18ではそれぞれ40kJ/cm, 350に緩和されている。MG-55はYGW18に適合しており、従来のYGW11に比べて大入熱・高パス間温度溶接条件が許容されている高性能ワイヤであることが特徴である。また、520N/mm<sup>2</sup>級鋼に対しては従来のYGW11ワイヤは適用不可となっており、YGW18ワイヤのみが適用可とされている。

### 2. MG-55 溶着金属の性能

MG-55のJIS Z3312に基づく溶着金属の機械的性質及

表1 JIS Z3312<sup>1999</sup>解説 鉄骨造建築物におけるワイヤの使用区分  
Table 1 An explanation of JIS Z3312<sup>1999</sup> "The Classification of Solid Wires for Building Structure"

	Welding condition		Tensile strength of base steel		
	Heat input (kJ/cm)	Interpass temperature ( )	400N/mm <sup>2</sup> class	490N/mm <sup>2</sup> class	520N/mm <sup>2</sup> class
1	15 ~ 20	150	YGW11, 15, 18, 19	YGW11, 15, 18, 19	YGW18, 19
2	15 ~ 30	250	YGW11, 15, 18, 19	YGW11, 15, 18, 19	YGW18, 19
3	15 ~ 40	350	YGW11, 15, 18, 19	YGW18, 19	-

表2 JIS Z3312<sup>-1999</sup>「軟鋼及び高張力鋼用マグ溶接ソリッドワイヤ」抜粋

Table 2 An extract of "MAG Welding Solid Wires for Mild Steel and High Strength Steel"

Class	Kind of shielding gas	Chemical composition of wires (%)									Mechanical properties of deposited metal				
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo	Al	Ti + Zr	Tension test			Impact test	
											Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	Yield point (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Temperature ( )	Charpy absorbed energy (J)
YGW11	CO <sub>2</sub>	0.15	0.55	1.40	0.030	0.030	0.50	-	0.10	0.30	490	390	22	0	47
YGW15	Ar80% + CO <sub>2</sub> 20%		-1.10	-1.90										0.40	
YGW18	CO <sub>2</sub>	0.15	0.55	1.40	0.030	0.030	0.50	0.40	0.10	0.30	540	430	22	0	47
YGW19	Ar80% + CO <sub>2</sub> 20%		-1.10	-2.60										0.40	

表3 溶着金属の機械的性質及び化学成分

Table 3 Mechanical properties and chemical composition of deposited metals

	Mechanical properties				Chemical composition					
	TS (N/mm <sup>2</sup> )	YP (N/mm <sup>2</sup> )	EL (%)	vE <sub>0</sub> (J)	C	Si	Mn	P	S	Ti
MG-55	590	508	29	188	0.06	0.65	1.42	0.009	0.006	0.08
YGW11 (conventional)	562	475	29	135	0.06	0.52	1.15	0.010	0.012	0.07

Steel plate :SM490A 20mm<sup>t</sup> × 125mm<sup>w</sup> × 300mm<sup>L</sup>  
 Groove :45° single V, root gap:12mm  
 Wire dia. : 1.2mm  
 Shielding gas :CO<sub>2</sub>, 20l/min  
 Max. interpass temp. :150  
 Heat input :17kJ/cm (280A-32V-30cm/min)

び化学成分を YGW11 従来ワイヤと比較して表3に示す。

### 3. 仕口継手溶接金属性能に及ぼす入熱・パス間温度の影響

実際の仕口継手を想定し、レ型開先にて溶接条件を変化させて溶接を行い、MG-55 と従来 YGW11 ワイヤの溶接金属の性能の比較を行った。溶接条件を表4、開先形状を図1に示す。機械的性質に及ぼす入熱とパス間温度の影響を整理した結果を図2に示す。

従来 YGW11 ワイヤでは、入熱 40kJ/cm 以上あるいはパス間温度 350 以上では引張強度が 490N/mm<sup>2</sup> を下回る可能性があるが、MG-55 では十分な余裕がある。

表4 溶接条件

Table 4 Welding condition

No.	Current (A)	Arc voltage (V)	Travel speed (cm/min)	Heat input (kJ/cm)	Max. interpass temp. ( )
1	350	36	35	21.6	350
2	400	40	32	30.0	350
3	450	42	28	40.5	150
4					250
5					350
6					430
7	450	42	25	45.4	350

Steel plate :SN490B 25mm<sup>t</sup> × 125mm<sup>w</sup> × 300mm<sup>L</sup>  
 Testing wire :MG-55, YGW11 (conventional)  
 Wire dia. : 1.4mm  
 Shielding gas :CO<sub>2</sub>, 20l/min  
 Position :flat

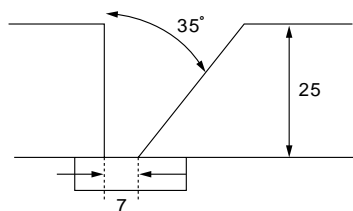


図1 開先形状  
Fig. 1 Groove

た、シャルピ吸収エネルギーも入熱やパス間温度条件にかかわらず YGW11 従来ワイヤよりも高い値を示す。このように、MG-55 は YGW11 従来ワイヤよりも入熱とパス間温度の許容上限が緩和され、かつ良好な機械的性質を有する溶接金属を得ることが可能である。

また、溶接金属のミクロ組織の一例として、条件 No.5 (入熱 40.5kJ/cm, パス間温度 350 )の MG-55 及び YGW11 従来ワイヤの溶接金属ミクロ組織を写真1に示す。MG-55 は組成的に従来ワイヤよりも脱酸性と焼入れ性を高めて結晶粒を微細化するように設計されている。よって、溶接金属の特に原質部においても、大入熱・高パス間温度溶接での結晶粒粗大化が防止でき、高強度・高靱性化が達成されている。

### 4. 横向溶接時の溶接金属強度上昇

高強度の溶接金属における注意点は、水素割れ感受性の増大である。厚板の横向溶接などでは、低入熱・低パス間温度となるため溶接部の冷却速度が大きくなり、高い強度が得られる溶接ワイヤほど強度過大により水素割れ感受性が高まる。このようなワイヤでは条件によって予熱が必要となる場合があり、汎用性が低下する<sup>2)3)</sup>。

MG-55 では低入熱・低パス間温度でも過剰強度とならないため、YGW11 従来ワイヤと同様な管理が可能である。低入熱・低パス間温度施工の一例として、表5に溶接条件、図3に開先形状、表6に溶接部の機械的性質を示す。MG-55 より高強度である 590N/mm<sup>2</sup> 級の YGW21 従来ワイヤでは 700N/mm<sup>2</sup> を超える非常に高い強度となるが、MG-55 では 490N/mm<sup>2</sup> 級の YGW11 ワイヤに対し若干の強度上昇に抑えられている。よって、水素割れ感受性は低く、590N/mm<sup>2</sup> 級では必要とされる予熱などの

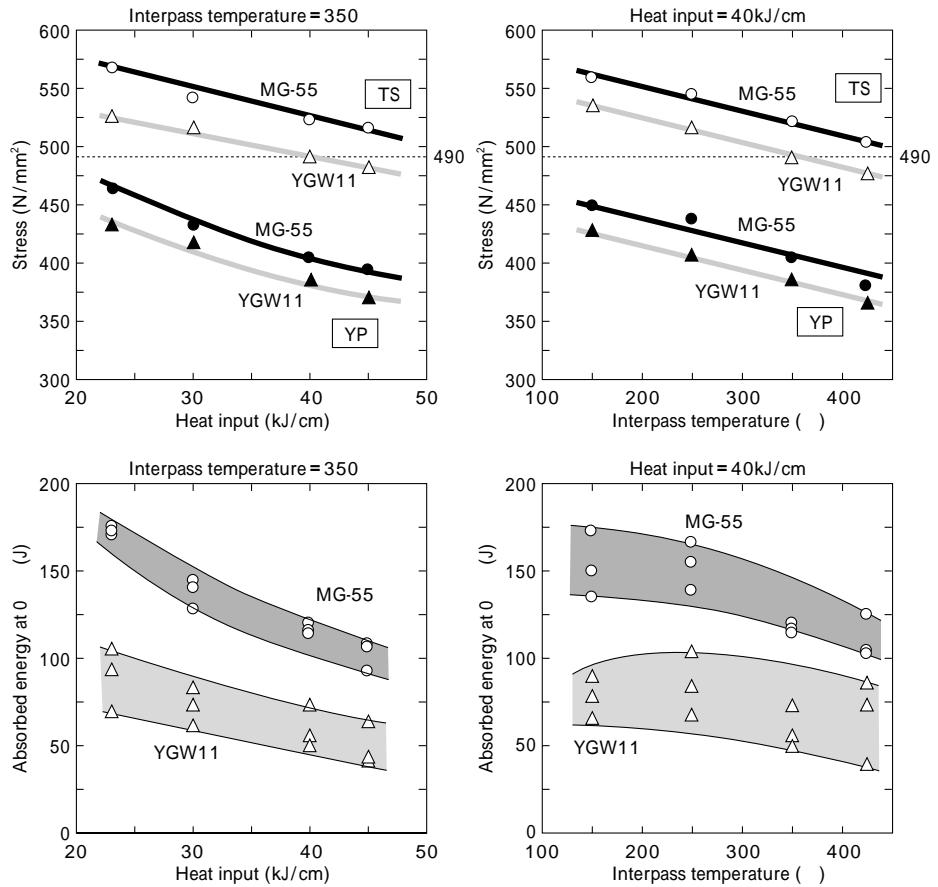


図2 溶接金属の機械的性質に及ぼす入熱とパス間温度の影響  
Fig. 2 Influence of heat input and interpass temperature on mechanical properties of weld metal

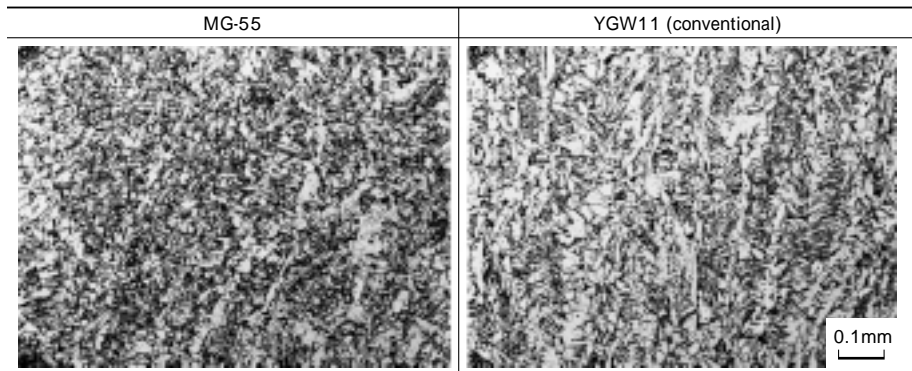


写真1 MG-55とYGW11従来ワイヤの溶接金属組織の比較(テストNo.5, 原質部)  
Photo 1 Comparison of micro-structures of MG-55 weld metal with YGW11 (Test No.5, non-reheated zone)

表5 溶接条件  
Table 5 Welding condition

Steel plate	SN490B 60mm <sup>t</sup> × 150mm <sup>w</sup> × 400mm <sup>L</sup>
Testing wire	MG-55, YGW11 (conventional) YGW21 (conventional...590N/mm <sup>2</sup> class)
Wire dia.	1.4mm
Shielding gas	CO <sub>2</sub> , 30l/min
Position	Horizontal
Current, arc voltage	340A, 37V
Travel speed	40 ~ 85cm/min
Heat input	8.4 ~ 18.9kJ/cm
Max. interpass temp.	150

表6 溶接金属の機械的性質及び化学成分  
Table 6 Mechanical properties of weld metals

	TS (N/mm <sup>2</sup> )	YP (N/mm <sup>2</sup> )	El. (%)	∫E <sub>0</sub> (J)
MG-55	645	560	26	135, 129, 120 (Avg. 128)
YGW11 (conventional)	622	536	27	94, 76, 66 (Avg. 79)
YGW21 (conventional)	731	656	23	74, 62, 84 (Avg. 73)

熱管理が不要である<sup>2)3)</sup>。

### 5. MG-55を使用する能率面での長所

既述表1のとおり、現在、鉄骨を製作するためには使用するワイヤによって所定の入熱とパス間温度の管理を行うことが必要となっている。このため、使用ワイヤによって溶接工程に要する時間が大きく変わる。一例として、490N/mm<sup>2</sup>級鋼板に対しMG-55と従来YGW11ワイ

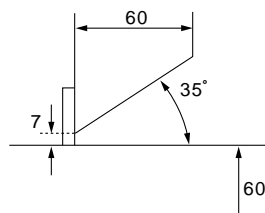


図3 開先形状  
Fig. 3 Groove

表 7 溶接条件  
Table 7 Welding condition

Wire	Current (A)	Arc voltage (V)	Travel speed (cm/min)	Heat input (kJ/cm)	Max. interpass temp. ( )	Pass sequence
MG-55	420	40	25	40.3	350	4 layers/4 passes
YGW11	350	36	25	30.2	250	5 layers/5 passes

Steel plate : SN490B 20mm<sup>t</sup> × 175mm<sup>w</sup> × 300mm<sup>L</sup>  
 Groove : 35° single bevel, root-gap: 8mm  
 Wire dia. : 1.4mm  
 Shielding gas : CO<sub>2</sub>, 30l/min  
 Position : Flat  
 Interpass temp. measurement method: Thermo-couple (type K)

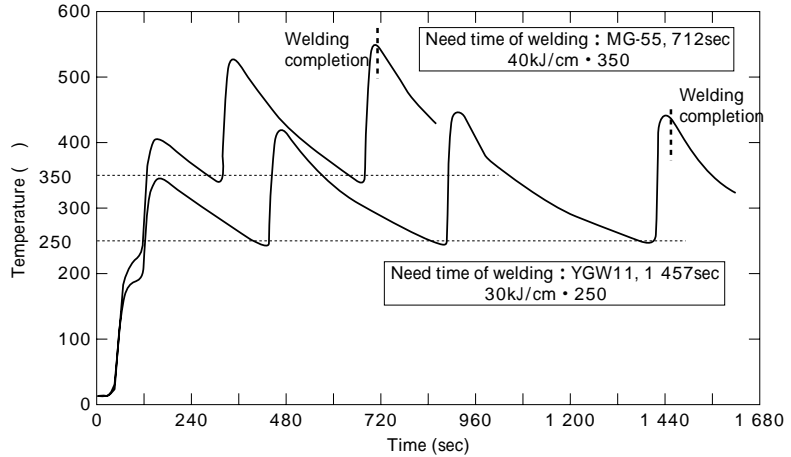


図 5 MG-55 と YGW11 従来ワイヤを用いた溶接の温度履歴の比較  
Fig. 5 Comparison with temperature profile of welding work using MG-55 and YGW11 conventional wire

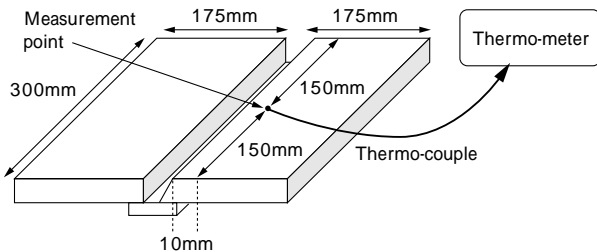


図 4 試験体サイズと温度測定位置  
Fig. 4 Dimensions of test assemblies and the location of measuring temperature

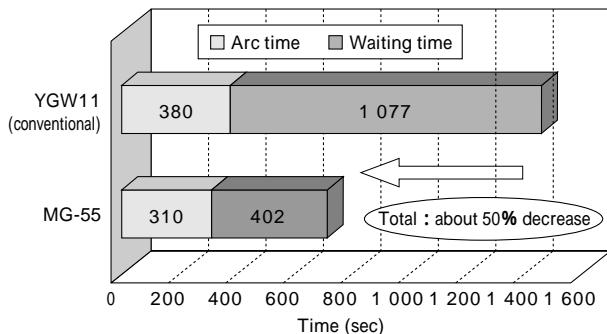


図 6 MG-55 と YGW11 従来ワイヤを用いた場合の溶接効率の比較 (板厚 20mm, 梁幅 300mm)  
Fig. 6 Comparison with welding efficiency using MG-55 and YGW11 conventional wire (thickness: 20mm, width: 300mm)

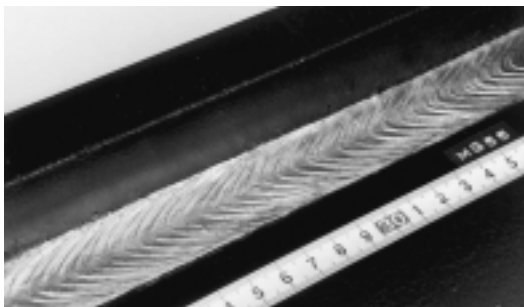


写真 2 MG-55 を用いた仕口溶接部外観  
Photo. 2 Bead appearance of beam-to-column joint using MG-55

を適用し、入熱・パス間温度の管理制限に基づいて溶接した場合の溶接時間を計測した。表 7 図 4 に溶接条件、図 5 にパス間温度測定位置の温度履歴を示す。また、図 6 に試験結果を示す。これから、MG-55 を用いることにより実際に溶接している時間（アークタイム）だけでなく、パス間温度待ち時間も大幅に減少し、全工程時間として約 50% の時間短縮が図れることがわかる。溶接効率の向上はコスト低減につながるため、MG-55 の適用は鉄骨品質の向上だけでなく、管理コストの面でも有益となる。

## 6. 適用例

写真 2 に MG-55 を適用した仕口溶接例を示す。MG-55 はビード外観や形状、アークの安定性、スパッタ発生量、ワイヤ送給性などの使用特性が従来ワイヤと同等以上に優れている。

むすび = MG-55 は 540N/mm<sup>2</sup> 級高性能ワイヤであり、従来の 490N/mm<sup>2</sup> 級ワイヤよりも大入熱・高パス間温度において優れた強度と靱性を有する溶接部が得られる。建築基準法改正によって鉄骨造建築物の品質向上に対する要求が高まる中、MG-55 の需要は急増しており、今後さらに適用が拡大していくものと期待される。

## 参考文献

- 1) 溶接学会編：溶接技術の基礎 (1986) p.72, 産報出版.
- 2) 日本溶接協会：溶接の研究, Vol.39 (1999) p.119.
- 3) 日本溶接協会：溶接の研究, Vol.40 (2000) p.189.