

# 軟鋼および高張力鋼用マグ溶接ソリッドワイヤYGW-11,18 を用いた溶接入熱・パス間温度の限界試験と管理値の提案

## Marginal Test of the Welding Heat Input and Interpass Temperature in Metal Active Gas Welding Using Solid Wire

中野 秀二\*<sup>1</sup> 高橋 亘\*<sup>2</sup> 浜氏 雅之\*<sup>3</sup> 武井 智彦\*<sup>4</sup>  
Shuuji NAKANO Wataru TAKAHASHI Masayuki HAMAUI Norihiko TAKEI

### Summary

The revised Building Standards Law requires strict control over the welding heat input and interpass temperature for a column-to-beam joint section of a steel frame. The purpose of the control is to give the welded section a stable impact property and tensile strength so that it does not suffer brittle fracture during an earthquake. Because it has an influence on the construction costs, such control exercised by steel frame fabrication shops should be reasonable and should not increase shop costs. For this reason, a test was performed in which the parameters were the type of steel, the type of welding materials, the welding heat input, and the interpass temperature. The test clarified the limits of the parameters that produced the required welding quality.

キーワード：溶接入熱量，パス間温度，SN490，SM520，YGW-11，YGW-18

### 1. まえがき

1995年1月の阪神淡路大震災では建築鉄骨の柱梁溶接接合部に多くの被害が発生した。そのため建築鉄骨の接合部を地震による脆性的な破壊現象から回避するための安全性の高い溶接施工が要求され、1996年に「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事」および「技術指針」が改定され柱梁接合部のウェブスカラップの改良や組立て溶接の位置に関する規定が見直された。また1998年6月には建築基準法が改正公布され「性能規定化」が計られ鉄骨工場認定制度が新しくなった。新しい制度では、特に柱梁接合部の溶接において溶接入熱およびパス間温度を管理することが条件付けられている。

当社が認定されているSプレートにおいては

1. 全ての建築鉄骨溶接構造に適応する。
2. 使用する鋼種および溶接材料に適合した、適切な作業条件を自主的に計画し、適切な品質のものを製作できる体制を整えている。
3. 鉄骨工場認定基準(3)項「工作基準の整備」には入熱およびパス間温度を管理規定に対し、「特別な調査研究により溶接部の性能が溶接される母材と同等以上

の性能を有すると認められた場合は、この限りではない。」と記されている。

そこでこの度、JIS Z 3312 のYGW-11およびYGW-18の溶接材料を用いて同規格、解説表1の制限を越えた条件で溶接し、溶接部の性能が溶接される母材と同等以上の性能を有する限界を確認した。これらの結果を踏まえ一考察を行なった。

### 2. 規定および試験変数

#### (1) JIS Z 3312規定と供試溶接材料

JIS Z 3312の解説表を表-1に示す。このうち、建築鉄骨で多く使用されるSN490鋼材とSM520鋼材を対象として、YGW-11とYGW-18の溶接材料について試験を行なった。(表-1中□)

溶接はすべて下向き姿勢で行ない、入熱量は溶接作業の実状に合わせて溶接パスの最大入熱量が所定の限界値以下となる様に設定した。パス間温度は溶接線中央で開先から10mmの位置で熱電対で計測する。

\*松本工場品質管理部品質管理課課長

\*\*松本工場製造部部长

\*\*松本工場品質管理部品質管理課課長代理

\*\*橋梁営業本部第一橋梁営業部

表-1 JIS規定 (JIS Z 3312)

は今回の試験対象

	溶接条件		適用鋼材の引張強さ					
	入熱 (KJ/cm)	パス間温度 (°C)	400N鋼材		490N鋼材		520N鋼材	
1	15~20	≤150	YGW-11 YGW-18	YGW-15 YGW-19	YGW-11 YGW-18	YGW-15 YGW-19	YGW-18	YGW-19
2	15~30	≤250	YGW-11 YGW-18	YGW-15 YGW-19	<span style="border: 1px solid black;">YGW-11</span> <span style="border: 1px solid black;">YGW-18</span>	YGW-15 YGW-19	<span style="border: 1px solid black;">YGW-18</span>	YGW-19
3	15~40	≤350	YGW-11 YGW-18	YGW-15 YGW-19	<span style="border: 1px solid black;">YGW-18</span>	YGW-19	—————	

(2) YGW-11と490N級鋼材の組合せ

YGW-11を用いて490N級鋼を溶接する場合、規定限界値が入熱30KJ/cm、パス間温度250°C以下となっているが、パス間温度が300°Cおよび、入熱40KJ/cmの継手性能を確認することを目的として試験を行なった。供試溶接材料は実施工に合わせてY社、M社、K社、三社のワイヤ径1.2φを用いる。

(3) YGW-18と490N級鋼材の組合せ

YGW-18を用いて490N級鋼を溶接する場合、規定限界値が入熱40KJ/cm、パス間温度350°C以下となっているが、パス間温度が400°Cの場合の継手性能を確認する。

(4) YGW-18と520N級鋼材の組合せ

YGW-18を用いて520N級鋼を溶接する場合、規定限界値が入熱30KJ/cm、パス間温度250°C以下となっているが、パス間温度が300°Cの場合および、入熱40KJ/cmの継手性能を確認する。

表-2a YGW-11と490N級鋼の組合せ

溶接材料	鋼材	入熱 (KJ/cm)	パス間温度 (°C)	試験記号	備考
Y 1.2φ	SN490B	30	200	No 1	
			250	No 2	規定限界値
			300	No 3	
		40	200	No 4	
			250	No 5	
			300	No 6	
M 1.2φ	SN490B	30	200	No A	
			250	No B	規定限界値
			300	No C	
		40	200	No D	
			250	No E	
			300	No F	

表-2b YGW-18と490N級鋼の組合せ

溶接材料	鋼材	入熱 (KJ/cm)	パス間温度 (°C)	試験記号	備考
Y 1.2φ	SN490B	40	300	No 7	
			350	No 8	規定限界値
			400	No 9	
M 1.2φ		40	300	No G	
			350	No H	規定限界値
			400	No J	
K 1.2φ		40	300	No 21	
			350	No 22	規定限界値
			400	No 23	

表-2c YGW-18と520N級鋼の組合せ

溶接材料	鋼材	入熱 (KJ/cm)	パス間温度 (°C)	試験記号	備考
Y 1.2φ	SM520B	30	200	No 10	
			250	No 11	規定限界値
			300	No 12	
		40	200	No 13	
			250	No 14	
			300	No 15	
M 1.2φ		30	200	No K	
			250	No L	規定限界値
			300	No M	
		40	200	No N	
			250	No P	
			300	No R	
K 1.2φ	30	200	No 24		
		250	No 25	規定限界値	
		300	No 26		
	40	200	No 27		
		250	No 28		
		300	No 29		

3. 試験体形状および試験の種類

試験体形状を図-1に、機械試験の種類を表-3に示す。

(1) 試験方法

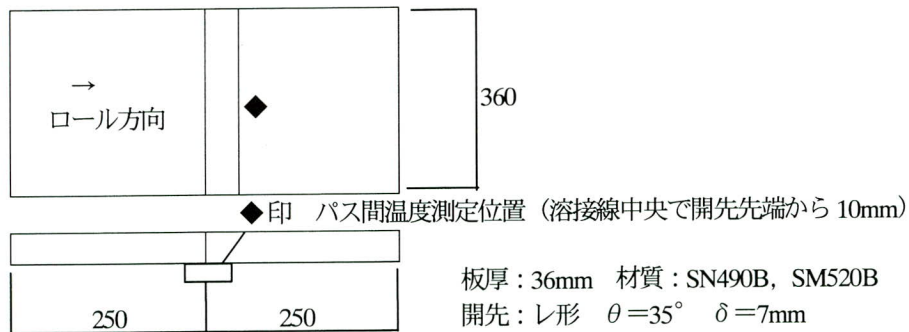


図-1 試験体形状

表-3 機械試験の種類

試験の種類		数量	試験片規格	採取部位	備考
引張試験	全溶着金属	3	JIS Z 3111	1/2t	摩擦圧接する
衝撃試験	Depo	3	〃	1/2t	
	HAZ	3	〃	1/2t, 直開先側	
マクロ試験		1	JIS G 0553準拠	全厚	
硬さ試験		1	JIS Z 3101準拠	1/2t	マクロ試験兼用

## (2) 供試鋼材

試験に用いた板厚36mmのSN490BおよびSM520Bの機械的性質を表-4に示す。

表-4 供試鋼材の機械的性質

鋼種	降伏点	引張強さ	YR	伸び	吸収エネルギー
SN490B	352	526	67	38	285
SM520B	385	551	70	35	282

降伏点, 引張強さ: N/mm<sup>2</sup> YR(降伏比): %

伸び, 降伏比: % 吸収エネルギー(試験温度0℃): J

## 4. 試験結果

判定基準は溶着金属の引張強さが母材強度以上、シャルピー吸収エネルギーが0℃で47J以上とする。

### (1) YGW-11と490N級鋼材の組合せ

YGW-11を用いて490N級鋼を溶接した場合の試験結果は表-5aに示す。

- ・各試験とも引張強さは入熱量40KJ/cm、パス間温度300℃まで十分である。

- ・衝撃値は30KJ/cm、パス間温度300℃までは十分であるが、40KJ/cmにおいては一部に低下(250℃で56.7J)が見られる。この結果は他の結果と比較してバラツキが大きいいため再検証の必要がある。

### (2) YGW-18と490N級鋼材の組合せ

YGW-18を用いて490N級鋼を溶接する場合の試験結果は表-5bに示す。

- ・引張強さおよび衝撃値は入熱量40KJ/cm、パス間温度400℃まで十分な値を示している。

### (3) YGW-18と520N級鋼材の組合せ

YGW-18を用いて520N級鋼を溶接する場合の試験結果は表-5cに示す。

- ・引張強さおよび衝撃値は入熱量40KJ/cm、パス間温度300℃まで十分な値を示している。

### (4) マクロ試験および硬さ試験

いずれの試験体のマクロ試験も良好な結果であった。硬さ試験の結果は著しい硬化および軟化は見られず良好である。

表-5a YGW-11と490N級鋼の組合せ

各値は試験片3個の平均値

溶接材料	入熱	パス間温度(℃)	試験記号	0.2%耐力(N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ(N/mm <sup>2</sup> )	衝撃値DEPO	衝撃値HAZ
YGW-11 Y 1.2φ	30	200	No 1	489.5	583.4	134.7	254.7
		250	No 2	471.6	566.6	134.3	263.0
		300	No 3	466.5	560.9	151.3	143.3
	40	200	No 4	471.4	568.5	175.0	89.0
		250	No 5	469.0	564.8	86.0	56.7
		300	No 6	470.3	573.4	136.7	87.0
YGW-11 M 1.2φ	30	200	No A	533.1	611.7	150.0	238.7
		250	No B	510.2	599.1	139.7	172.3
		300	No C	489.7	584.8	169.7	245.3
	40	200	No D	519.9	599.5	147.0	245.7
		250	No E	508.3	594.5	106.7	151.7
		300	No F	497.1	592.4	95.0	114.7

表-5b YGW-18と490N級鋼の組合せ

各値は試験片3個の平均値

溶接材料	入熱	パス間温度 (°C)	試験記号	0.2%耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	衝撃値 DEPO	衝撃値 HAZ
YGW-18 Y 1.2φ	40	300	No 7	561.1	645.0	153.3	180.3
		350	No 8	524.5	620.1	114.3	167.0
		400	No 9	513.4	623.5	120.7	230.3
YGW-18 M 1.2φ	40	300	No G	508.3	594.9	157.3	262.0
		350	No H	504.3	590.6	182.7	241.7
		400	No J	479.8	572.7	125.3	210.3
YGW-18 K 1.2φ	40	300	No 21	551.1	611.1	119.3	181.7
		350	No 22	554.0	614.6	160.3	137.3
		400	No 23	548.7	614.1	138.7	158.3

表-5c YGW-18と520N級鋼の組合せ

各値は試験片3個の平均値

溶接材料	入熱	パス間温度 (°C)	試験記号	0.2%耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	衝撃値 DEPO	衝撃値 HAZ
YGW-18 Y 1.2φ	30	200	No 10	608.7	695.9	144.0	216.0
		250	No 11	576.1	653.3	128.3	168.3
		300	No 12	550.7	641.7	121.0	193.3
	40	200	No 13	603.6	674.5	137.7	152.0
		250	No 14	573.3	658.0	99.7	143.3
		300	No 15	562.0	651.0	122.0	156.0
YGW-18 M 1.2φ	30	200	No K	580.0	646.7	164.3	168.7
		250	No L	569.9	636.6	183.3	175.0
		300	No M	539.7	615.0	174.3	201.3
	40	200	No N	545.6	618.4	209.3	222.0
		250	No P	529.9	606.3	168.6	182.7
		300	No R	501.7	588.7	130.7	198.0
YGW-18 M 1.2φ	30	200	No 24	641.7	664.4	151.3	236.7
		250	No 25	620.6	646.2	168.3	192.3
		300	No 26	602.8	640.6	162.3	133.3
	40	200	No 27	614.6	647.9	127.7	208.3
		250	No 28	582.9	629.6	138.3	195.7
		300	No 29	574.7	623.8	177.0	183.3

表-6 提案管理値

使用鋼材	溶接材料		提案管理値		JIS規定値	
	規格	銘柄	入熱量 (KJ/cm)	パス間温度 (°C) 〔使用温度チョーク〕	入熱量 (KJ/cm)	パス間温度 (°C)
490N	YGW-11	Y 1.2φ M 1.2φ	30	300 〔290〕	30	250
490N	YGW-18	Y 1.2φ M 1.2φ K 1.2φ	40	350 〔345〕	40	350
520N	YGW-18	Y 1.2φ M 1.2φ K 1.2φ	40	300 〔290〕	30	250

## 5. 総括

今回の試験は試験体数が各1体と少ないことや板厚および溶接姿勢の比較がなされておらず、表-6に示した、使用鋼材と溶接材料の組合せによる入熱・パス間温度管理値は一提案として示したものである。いずれの溶接継手部の機械的性能は判定基準より相当に余裕のあるレベルであるが、試験結果から以下のように総括する。

- ① YGW-11およびYGW-18とSN490鋼材およびSM520鋼材の組合せによる入熱・パス間温度の管理値を表-6の様提案する。ただし、JIS規定値を越えて設定されている値を実工事に適用する場合は工事監理者にデータを提示し承諾を得る必要がある。当工場としては490N級鋼の溶接に用いる溶接材料はYGW-18を原則とする。表-5bではパス間温度が400℃まで良好な値を示しているが溶接施工性を考慮して350℃を提案しており、この組合せはJIS規定値と一致している。
- ② 入熱量は標準溶接条件（電流・電圧・速度）を設定することで、下向き溶接の場合は積層形状管理により行なう。また、ワイヤ径1.2φを用いた横向き溶接では実状調査の結果、30KJ/cmを越えないので積層規定の必要がない。パス間温度は表-6中の〔 〕で示した温度チョークにより管理する。なお、入熱およびパス間温度の管理方法の詳細については、別の「マグ溶接における建築鉄骨柱-梁接合部の溶接入熱およびパス間温度の工場溶接管理方法の検討」を参考にして頂きたい。

前述したが、今回の試験は試験体数が各1体と少なく一部の結果にバラツキが見られるための再検証や、YGW-

18と520N級鋼の組合せを横向き溶接で施工する場合（入熱量を30KJ/cm以下としてパス間温度を高くすることが可能か）などの管理値を提案するため、引き続き試験をする必要がある。

## 6. まとめ

大地震時にも安全な建築鉄骨を製作することはメーカーとしての責務であり、そのためには柱梁接合部の脆性的な破壊を防ぐことが重要である。経済性をも満足させながらいかに、衝撃靱性と引張強さに代表される溶接継手部の機械的性質の向上を計っていくべきかを施工試験の実施と工場管理の観点から考察を行なってみた。微力ながら本報告が設計・監理サイドおよび製作サイドの一助になれば幸いである。

本試験を実施するに際し御協力頂いた関係各位に御礼申し上げます。

## <参考文献>

- 1) 倉持, 加賀美, 綱島, 吉澤: 溶接条件の適性化と溶接材料の特性に関する調査研究, 鉄構技術, 2001.7
- 2) 中込, 細井: 建築鉄骨における溶接施工管理パス間温度管理ツールの比較評価, 鉄構技術, 2001.8
- 3) 鉄骨建設業協会: 入熱、パス間温度の管理について
- 4) 大月, 千葉, 百瀬, 大月, 桜井, 岩波: マグ溶接における建築鉄骨柱-梁接合部の溶接入熱およびパス間温度の工場管理方法の検討, 宮地技報 No.17, 2001

2001. 10. 1 受付