

高入熱用低充填メタル系フラックス入りワイヤを用いた溶接施工の検討  
その4：半自動溶接への適用性検討

正会員\*1 ○齋藤 雅哉，同 中澤 博志  
同\*2 西出 大介，同 佐藤 和司  
同\*3 鈴木 至

溶接ワイヤ 高能率 高入熱  
スパッタ 引張強さ シームレス

1. はじめに

建築鉄骨分野において、柱、梁、コラム材の溶接には炭酸ガスシールドアーク溶接が多く使用されている。現在、一般的な施工指針となっている鉄骨工事技術指針・工場製作編<sup>1)</sup>では、炭酸ガスシールドアーク溶接の場合、490N/mm<sup>2</sup> 級鋼板に対して 550N/mm<sup>2</sup> 級の溶接材料を適用する場合に入熱は 40kJ/cm 以下、パス間温度は 350℃以下<sup>2)</sup>が管理上限となっており、上限以上の入熱で施工することは、溶接金属の機械的性質確保の観点から推奨されていない。そのため、炭酸ガスシールドアーク溶接では、サブマージアーク溶接やエレクトロスラグ溶接といった大入熱の溶接施工法に比べて、施工効率が劣るといった課題がある。

前報において、高入熱用低充填メタル系フラックス入りワイヤ（以下、高入熱用低充填 FCW とする）を用いて、60~100kJ/cm の高入熱溶接時における溶接金属性能を評価した。その結果、強度および衝撃性能ともに十分に規格を満足する結果が得られた。しかし、高入熱の溶接条件では熔融金属のメタル先行が発生し、超音波探傷試験において一部に融合不良が確認された。また、前報では輻射熱が強いことから簡易走行台車を使用して溶接施工を行ったが、実施工では半自動で溶接を行う方が機器の設置が不要で、溶接個所の自由度が高く、適用しやすいとのことから、本研究では半自動溶接での溶接性について評価を行った。

2. 適用溶接材料

今回の実験で用いた高入熱用低充填 FCW は、通常メタル系 FCW よりも内部のフラックス量を減少することでソリッドワイヤと同等の深溶込みが得られ、フラックスの組成を変えることで高入熱溶接にも対応可能な成分に調整が可能であり、更にシームレス構造とすることで溶接金属の拡散性水素を低く抑えることが可能なフラックス入りワイヤである。ワイヤ径は 1.4mm とした。ワイヤの化学成分を表 1 に示す。

高入熱用低充填 FCW を用いた高入熱溶接時の溶接金属

性能を表 2 に示す。

表 1 ワイヤの化学成分の一例 (%)

ワイヤ種類	C	Si	Mn	Mo	Ti
高入熱用低充填メタル系 FCW	0.06	0.80	3.10	0.33	0.28
一般的な YGW18	0.06	0.80	1.60	0.22	0.21

表 2 高入熱溶接時の溶接金属機械性能の一例

入熱 kJ/cm	引張試験		継手引張試験		衝撃試験	
	0.2%耐力 N/mm <sup>2</sup>	引張強さ N/mm <sup>2</sup>	引張強さ N/mm <sup>2</sup>	破断位置	温度 ℃	吸収エネルギー J (n=3)
60	474	616	553	母材	0	106
80	434	587	553	母材	0	95

※母材:SN490B 板厚 40mm

3. 半自動溶接試験方法

開先形状はメタル先行による融合不良を防止するため、ベベル角を 20 度、ギャップ 11mm のレ形開先とし、鋼板に 8 度の傾斜角をつけた上り溶接とした。試験体形状及び開先形状を図 1 に示す。溶接による変形を防止するために、ストロングバックを設置。溶接条件は表 3 に示す入熱 60kJ/cm、80kJ/cm、実施工を考慮した 60~80kJ/cm の 3 条件とした。また、比較用に YGW18 を使い、レ形 35 度、ギャップ 7mm 開先を入熱 40kJ/cm、パス間温度 350℃にて溶接を実施した。鋼材は SN490B 材の板厚 25mm を使用した。

4. 評価項目及び評価方法

溶接金属の評価は、超音波探傷試験を実施した後、継手の引張試験 (JIS Z 3121 1A 号)、溶接金属の引張試験 (JIS Z 3111)、衝撃試験 (JIS Z 3111)、マクロ試験 (JIS G 0553)、硬さ試験、成分分析を実施することにより性能確認を行った。引張試験と衝撃試験に関しては JSS の標準試験マニュアルに従い採取した<sup>2)</sup>。なお、引張試験は常温引張とし、降伏点または 0.2%耐力、引張強さ、伸びを測定した。衝撃試験は試験温度を 0℃とし、シャルピー吸収エネルギー、脆性破面率を測定した。硬さ試験は母材部を 2mm ピッチ、熱影響部を 0.5mm ピッチ、溶接金属部を 1mm ピッチで測定を行った。成分分析は C、Si、Mn、P、

S、Moの6元素の測定を行った。

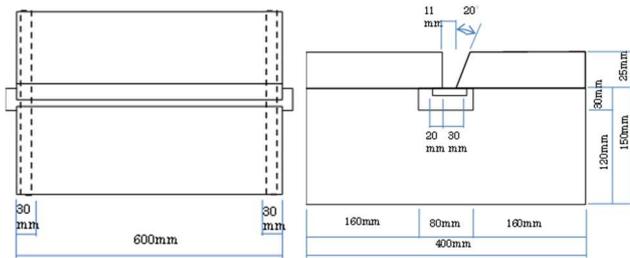


図1 試験体形状及び開先形状 (※H2-1のみレ形35度キップ7mm)

表3 溶接条件

試験記号	適用ワイヤ	目標入熱 kJ/cm	電流 A	電圧 V	溶接速度 cm/min	予熱温度 °C	パス間温度 °C
H2-1	YGW18	40	350	33	20~40	RT	≦350
H2-2	低充填FCW	60	450	46	20	RT	≦350
H2-3		80	450	46	15	RT	≦350
H2-4		60~80	450	46	15~20	RT	≦350

### 5. 溶接作業効率の比較

入熱量を変化させた場合の溶接施工効率の比較を表4、図2に示す。入熱60kJ/cm、80kJ/cmでは、通常の30kJ/cmに比べてパス数が減少しており、アークタイム、パス間温度待ちなどのインターバルタイムともに減少していた。その結果、総施工時間は入熱40kJ/cmでは24分38秒であったが、入熱60kJ/cmでは17分56秒、入熱80kJ/cmでは16分00秒であった。さらに開先に合わせて初層および2パス目を60kJ/cm、最終層を80kJ/cmとした変動条件では、パス間温度の上昇を防ぐことでインターバルタイムも減少し、12分55秒で施工が完了した。よって、今回の高入熱条件を用いることで、総施工時間は従来比よりも30%以上減少し、施工効率の向上を確認した。

表4 溶接施工効率の比較

試験記号	入熱 kJ/cm	層数	パス数	総アークタイム sec	インターバルタイム sec	総施工時間 sec
H2-1	40	6	9	1045	433	1478
H2-2	60	4	4	658	418	1076
H2-3	80	3	3	662	297	959
H2-4	60~80	3	3	585	190	775

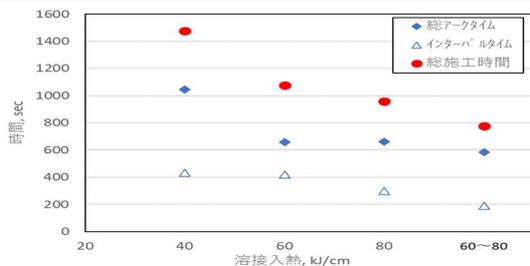


図2 溶接施工時間の比較

### 6. ビード外観及び超音波探傷試験結果

溶接後のビード外観を写真1に示す。ビード外観はいずれも良好な形状であった。

超音波探傷試験による内部欠陥の検査結果を表5に示す。前回の走行台車での自動溶接では初層、板厚中央、表面から10mm位置などに融合不良が発生した。これは、自動溶接のため、溶接中にメタル先行が生じてもトーチ角度や溶接状況をコントロールできなかったためと考えられる。一方、今回の半自動溶接ではメタル先行が生じないように鋼板傾斜角度や運棒、トーチ角度などを適時調整することで、内部欠陥がない良好な溶接金属が得られることを確認した。

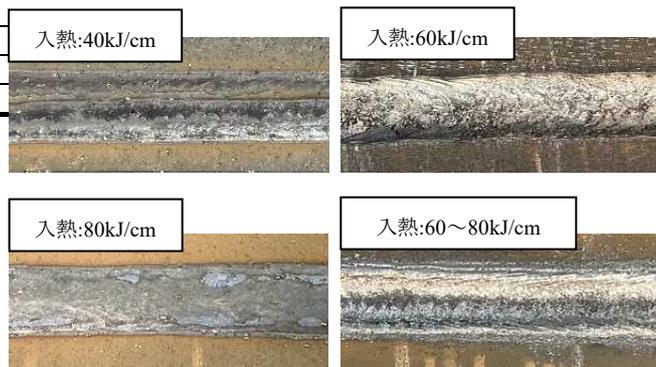


写真1 ビード外観写真

表5 超音波探傷試験の結果比較

ワイヤ種類	60kJ/cm	80kJ/cm	60~80kJ/cm
半自動溶接	内部欠陥なし	内部欠陥なし	内部欠陥なし
前回の走行台車使用時	初層・表面10mm位置にLF	板厚中央・表面10mm位置にLF	未実施

### 7. まとめ

高入熱時の輻射熱を防止するため、溶接小手の適用、遮熱板の使用などの防熱対策を実施することで半自動溶接においても入熱80kJ/cmまでの溶接施工が可能であることを確認した。半自動で溶接し適宜調整しながら溶接をすることで、高入熱溶接時のメタル先行による溶接欠陥を防止することが可能であった。

また、低充填メタル系FCWを用いて高入熱で施工することで溶接施工時間は従来よりも30%以上減少し、施工効率の向上が可能であることを確認した。

#### 【参考文献】

- 1) 鉄骨工事技術指針・工場製作編 日本建築学会
- 2) JSS 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 13-2016 一般社団法人 日本構造協会

\*1 日鉄溶接工業株式会社  
\*2 株式会社平野鐵工所  
\*3 日本製鉄株式会社

\*1 NIPPON STEEL WELDING & ENGINEERING CO.,LTD.  
\*2 HIRANO IRON WORKS CO.,LTD.  
\*3 NIPPON STEEL CORPORATION.