

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6：柱継溶接の実施工への検討

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

第四報、第五報では、入熱 60kJ/cm 以上の溶接条件においても溶接性、機械的性質を満足できることを報告した。本報では、高入熱溶接の実適用への適用性を検討する。

近年の超高層案件では階層によって柱の材質や板厚、サイズなどが変更になる物件がある。また、急な図面変更による柱長さの変更などが生じた場合などに工場において下向溶接で柱継を行う必要が生じる。そのような場合、全自動の溶接ロボットではプログラムに含まれていないため対応できず、半自動の溶接を余儀なくされる。そこで、本研究の高入熱の施工を実施することで半自動溶接時の作業効率の向上を検討した。

2. 溶接条件

工場での BOX 柱継ぎを想定し、図 1 に示す 4 面ボックス柱試験体を作製し、直線部の 4 面を溶接した。本試験は検討実験のため、今回は柱継の角部は溶接の対象外とした。溶接条件を表 1 に示す。鋼種は SN490B 材の板厚 25mm を使用した。

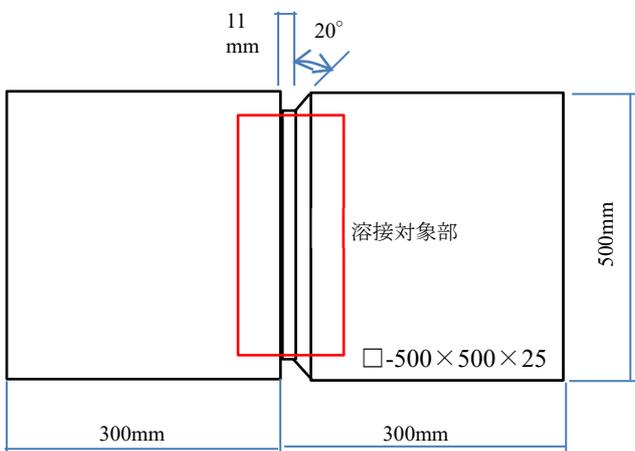


図 1 試験体の形状

表 1 溶接条件

| 試験記号 | 溶接材料 | 入熱 kJ/cm | 電流 A | 電圧 V | 溶接速度 cm/min |
|------|------|----------|------|------|-------------|
| H2-5 | 低充填 | 60 | 450 | 46 | 20 |
| H2-6 | FCW | 80 | 450 | 46 | 15 |



写真 1 ビード外観の一例 (入熱 80kJ/cm)

入熱 80kJ/cm にて溶接したビード外観の一例を写真 1 に示す。入熱 80kJ/cm を適用しても半自動溶接で良好なビード形状を得ることが可能であった。溶接後の超音波探傷試験により、溶接金属部に内部欠陥は認められず、健全な溶接金属であることを確認した。

3. 溶接金属部の性能調査結果

溶接部の性能を調査するため、マクロ試験、継手引張試験、溶接金属部の引張試験、硬さ試験、衝撃試験を実施した。

マクロ断面試験結果を写真 2、写真 3 に示す。入熱 60kJ/cm の溶接では 4 パス施工、入熱 80kJ/cm の溶接では 3 パス施工であり、通常の入熱 40kJ/cm に比べ、施工効率に優れていることが確認された。また、マクロ断面から溶込み不良、融合不良、スラグ巻き込み等もなく健全な溶接金属が確認された。

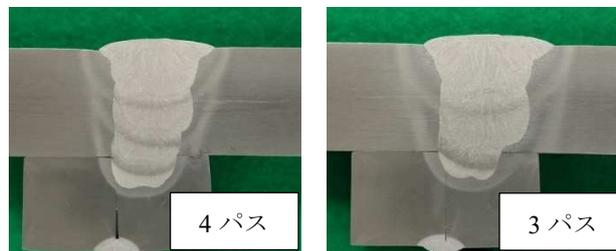


写真 2 入熱 60kJ/cm 時のマクロ断面 写真 3 入熱 80kJ/cm 時のマクロ断面

継手引張試験結果を表 2、写真 4 に示す。いずれの継手も母材破断であり、溶接金属部の強度は母材以上であることを示しており、良好な結果を確認した。

溶接金属の引張特性を表3に、引張強さと入熱の関係を図2に示す。いずれの試験体も十分な耐力及び引張強さが得られることを確認した。また、入熱が高くなると引張強さ及び0.2%耐力の低下が認められた。

表2 継手引張試験結果

| 試験記号 | 入熱 kJ/cm | 引張強さ N/mm ² | 破断位置 |
|------|----------|------------------------|------|
| | | | |
| H2-6 | 80 | 572 | 母材 |

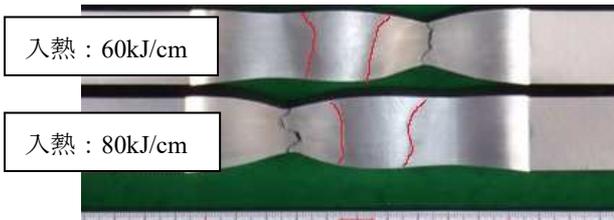


写真4 継手引張試験片の一例

表3 溶接金属の引張特性

| 試験記号 | 入熱 kJ/cm | 0.2%耐力 N/mm ² | 引張強さ N/mm ² | 伸び % |
|------|----------|--------------------------|------------------------|------|
| H2-5 | 60 | 506 | 637 | 28 |
| H2-6 | 80 | 448 | 600 | 29 |

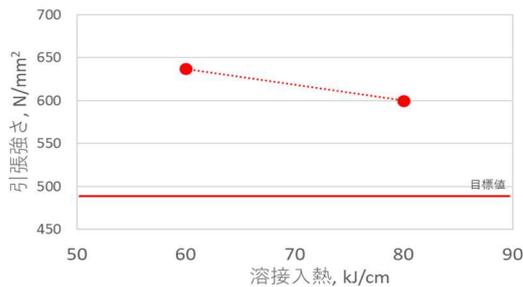


図2 溶接入熱と引張強さの関係

溶接金属の0°Cの衝撃特性を表4、図3に示す。いずれの試験体も十分な衝撃特性が得られることを確認した。

表4 溶接金属の衝撃特性(0°C)

| 試験記号 | 溶接金属 J(n=3) | ボンド部 J(n=3) | HAZ部 J(n=3) | ボンド部/HAZ部 J(n=3) |
|------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| H2-5 | 146 | 154 | 120 | 97 |
| H2-6 | 126 | 130 | 123 | 153 |

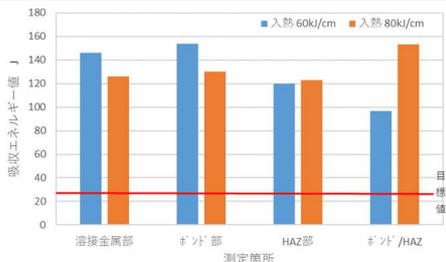


図3 測定箇所と吸収エネルギー値の関係

溶接金属の硬さ試験結果を表5、図4に示す。いずれの試験体も溶接金属部の硬さが最も高く、ボンド部及び熱影響部についても良好な結果であることを確認した。

表5 硬さ試験結果(HV)

| 試験記号 | 溶接金属部 | | 熱影響部 | | 母材部 | |
|------|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 | 範囲 | 平均 |
| H2-5 | 203-212 | 208 | 154-179 | 168 | 153-159 | 156 |
| H2-6 | 194-205 | 200 | 155-189 | 165 | 151-159 | 155 |

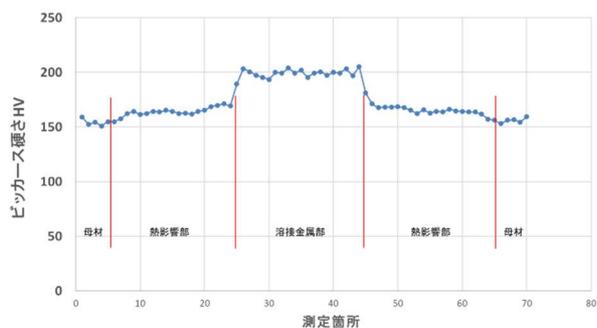


図4 入熱80kJ/cm溶接時の硬さ分布

溶接金属の成分分析の結果を表6に示す。入熱60kJ/cmと80kJ/cmでは、溶接金属成分に明確な差異は認められなかった。この結果から、溶接金属の引張強さが低下した要因は溶接時の冷却速度が影響していると考えられる。入熱80kJ/cmでは60kJ/cmに比べてパス間温度、鋼板温度が上昇しやすく、溶接金属の冷却速度が低下する。そのため、溶接金属の組織が粗大化した影響と考えられる。

表6 溶接金属の成分分析結果(mass%)

| 試験記号 | C | Si | Mn | P | S | Mo |
|------|------|------|------|-------|-------|------|
| H2-5 | 0.08 | 0.40 | 1.74 | 0.010 | 0.010 | 0.23 |
| H2-6 | 0.08 | 0.37 | 1.69 | 0.011 | 0.009 | 0.21 |

4. まとめと考察

工場での下向柱継溶接を想定して、高入熱用低充填FCWを用いた高入熱施工による施工効率向上の可能性を検討した。

本試験において、半自動溶接で入熱80kJ/cmの高入熱溶接条件においても、低充填FCWを用いることで溶接欠陥がない健全な溶接金属部が得られ、十分な溶接部性能を得ることが可能であることを確認した。

また、継手引張試験においても母材破断であり十分な強度が得られていることから、実際の構造物への適用も可能と考えられる。

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

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