

# CO<sub>2</sub>溶接金属部の性能を探る

～多層盛り溶接金属部の靱性支配因子について～

Examine the Quality of CO<sub>2</sub> Weld Metal

湯田 誠  
Makoto YUDA

川田工業㈱橋梁事業部生産企画部  
溶接研究室係長

藤田 敏明  
Toshiaki FUJITA

川田工業㈱橋梁事業部生産企画部  
溶接研究室

津山 忠久  
Tadahisa TSUYAMA

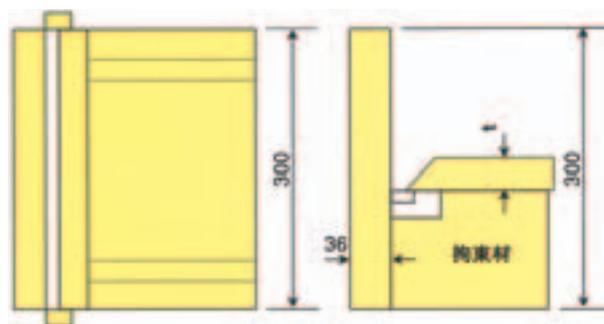
川田工業㈱鉄構事業部生産企画部  
栃木工場生産技術課

鋼構造建築の溶接部性能の中で柱 - 梁溶接金属の靱性についてはとりわけ多くの検討や議論がなされ、溶接部の性能は溶接材料の種類を含めたパス間温度や入熱などの施工条件によって左右されることが報告されています。ここでは溶接金属のミクロ組織、化学成分の観点から多層盛り溶接金属の靱性支配因子について考え、冶金的变化の大きい不均質組織の靱性を出来る限り把握する目的で、板厚、開先角度、溶接材料がそれぞれ異なる柱 - 梁継手を想定した試験体を製作し、溶接部のシャルピー衝撃試験結果の考察を行ったのでご紹介します。

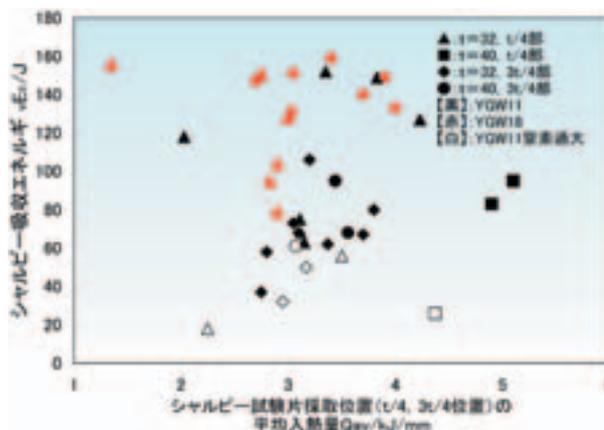
## 試験概要

試験体には図に示す鋼材SN490B材のT字継手試験体を用い、試験体条件は梁フランジ想定板厚4種類（19, 25, 32, 40 mm）、開先角度3種類（25, 30, 35°）、溶接材料2種類（YGW11, 18）の合計24種類の組み合わせとしました。溶接施工は1試験体のみ横向き姿勢、これ以外すべて下向き姿勢での折り返し連続溶接にて実施しました。積層要領はいずれも仕上げ溶接前まで1層1パス溶接としています。本実験では板厚19, 25 mmでの最大溶接入熱量は4.0 kJ/mm以下、板厚32, 40 mmでは4.0～6.0 kJ/mmとしました。また連続溶接であるため、t/4（表層部）の付近ではパス間温度が350 を超える施工が行われています。シャルピー衝撃試験については、梁フランジ側の板厚19, 25 mmがt/4（表層部）位置より採取、板厚32, 40 mmがt/4（表層部）、3t/4（ルート部）の板厚より採取しました。ノッチの切り欠き位置はすべて溶接金属部の中央としています。

冶金学的観点からの考察では、シャルピー試験片のノッチ底に位置する部位を観察するためにノッチ底部が現れる深さ2 mm分の追い込み研磨を行い、マクロレベルでの組織観察を行いました。



T字継手試験体形状

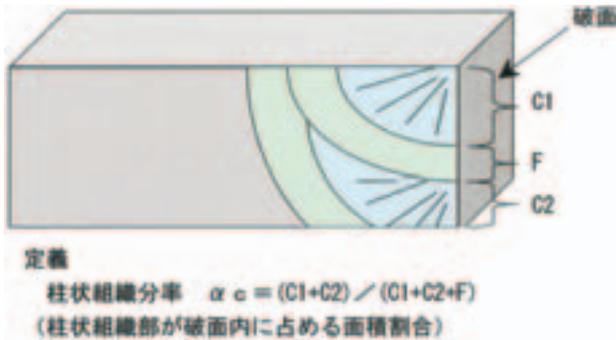


シャルピー吸収エネルギー ( $vE_0$ ) と試験片採取位置 (t/4, 3t/4位置) の平均入熱量  $Q_{av}$  (kJ/mm) の関係

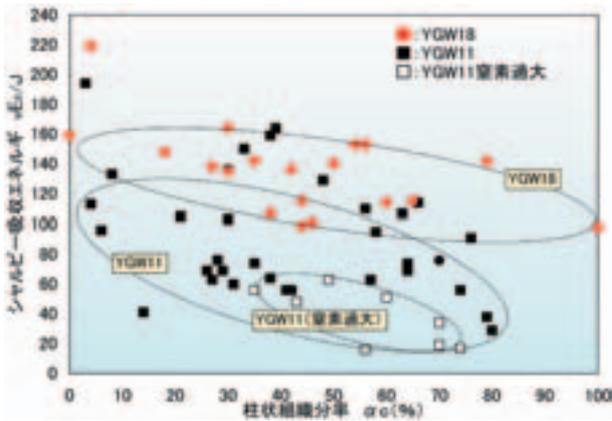
## 試験結果

図にシャルピー吸収エネルギー ( $vE_0$ ) と入熱量との関係を示します。本試験の範囲内では溶接入熱と靱性との間に明瞭な傾向は認められませんでした。

そこで、多層溶接部の不均質組織を考慮するパラメータとしてシャルピー試験後のノッチ底に含まれる原質部と再熱部の存在比（柱状組織分率  $c_c$ ）を用い整理し直した結果を図に示します。ここでの原質部とは溶接金属



柱状組織分率 ( $\alpha_c$ ) の定義



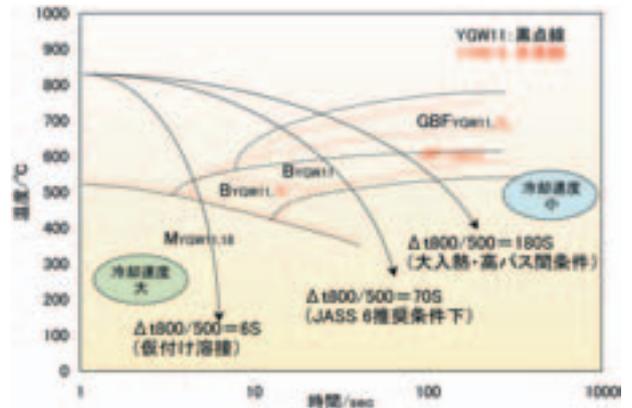
シャルピー吸収エネルギー (vE<sub>0</sub>) と柱状組織分率 ( $\alpha_c$ ) の関係 (YGW11, 18)

がアーク熱によって母材と共に一度溶融した後に凝固したままの組織領域とし、再熱部とは先行パスの上から後続パスが盛られ熱影響を受け再結晶し組織が変化した領域としました。図にこの柱状組織分率 ( $\alpha_c$ ) の定義を示しています。

YGW18の吸収エネルギーは、いずれの  $\alpha_c$  においても安定し良好で、 $\alpha_c$  の増加にともなって多少吸収エネルギーが減少する結果となりました。YGW11はばらつきが大きいですが、 $\alpha_c$  の増加にともない吸収エネルギーが大きく低下する傾向が確認されました。また、溶接材料の比較では、YGW18はYGW11よりも安定して高靱性を示しました。

この  $\alpha_c$  による影響は試験片の破面内における組織の違いに起因したもので、粗い結晶粒となりやすい原質部と細かな結晶粒となる再熱部の存在比が異なった結果であり、粗い結晶粒が多い場合に吸収エネルギーが低下したと考えられます。

溶接材料による差についても図に示すCCT曲線（熱履歴のある冷却速度で経た際にその材料が相変態の結果、どのような組織になるかを表現）と冷却曲線の模式図で解るように、同じ冷却速度であっても成分系により相変態の状況が違って組織形成が異なるため両者に差がでたと考えられます。つまりYGW11がオーステナイト結晶粒界に粒界フェライト（以下、GBFと記す）と呼ばれる粗



CCT曲線と冷却速度の模式図

い組織、結晶粒内にベイナイト（B）と呼ばれる粗い組織となったのに対し、YGW18は添加された元素（ボロン、チタン）によって、粗い組織であるGBFの生成を抑制するとともに粒内に細かい針状フェライト（AF）を生成させた結果、細かな結晶粒の組織となったため高靱性を示したと考えられます。また、図からは冷却速度の違いによっても相変態の状態が異なり組織の違いを生じること、冷却速度を小さくするとGBF組織領域を通過する時間が長くなるためにGBFの粗大化を招くなど、ミクロ組織の形成に冷却速度が大きく影響を与えることもわかります。

このように多層盛り溶接部の靱性は、溶接材料の成分系の違いとともに入熱・パス間温度などの条件により決定される冷却速度によって形成される組織状態に大きく影響を受け、さらに、シャルピー試験片による評価では原質部と再熱部のような不均質組織の状態を考慮する柱状組織分率 ( $\alpha_c$ ) のようなパラメータを用いる必要があるといえます。

## まとめ

CO<sub>2</sub>多層盛り溶接部特有の不均質組織に対する靱性支配因子を明確にするため、シャルピー衝撃試験片のノッチ位置と溶接金属組織を対応づける冶金的なパラメータ（柱状組織分率  $\alpha_c$ ）を用い考察を行いました。板厚、開先角度を変化させた連続溶接の実験結果では、通常シャルピー試験片採取位置において広範囲な  $\alpha_c$  が存在すること、また、 $\alpha_c$  と衝撃値 (vE<sub>0</sub>) には、溶接材料によって異なる傾向をもつことが確認されました。

今後さらに、鉄骨溶接金属の強度・靱性を確保し、溶接生産性も向上させていくためには、 $\alpha_c$  と冷却速度、ミクロ組織などの冶金的な情報を施工条件と対応づけて溶接部の品質支配要因をより明確にすることが重要であると考えています。

最後に、本試験を行うにあたりご指導とご協力をいただきました新日本製鐵(株)・日鐵溶接工業(株)の皆様へ厚くお礼申し上げます。