

溶接条件の適正化と溶接材料の特性に関する調査研究

(その1. 研究概要及び機械試験)

溶接材料 機械的性質
パース間温度 入熱

正会員 ○ 加賀美 安男*1 倉持 貢*2
石原 完爾*3 津山 巖*4

1. まえがき

鉄骨溶接部に要求される最も重要な品質性能は、強度と大きな塑性変形能力である。これらの品質性能に影響をもたらす諸因子の中で、入熱・パース間温度等は溶接金属の引張強さ、降伏点、衝撃値等を低下させる主な因子であることが明らかにされ、溶接施工及び中間検査時の重要な管理項目として注目を集めている。その後、関連規格規準の中で施工基準が規定されつつあるが、何れも合理的かつ実効的な規定値とは言い難いのが現状である。

上記の背景から、AW 検定協議会では研究評価委員会内にWG 5「溶接条件の適正化と溶接材料の特性に関する調査研究」を設置し、研究を開始した。本研究では、国内外7社の3種類の溶接ワイヤについて、入熱やパース間温度等の溶接条件が溶着金属の機械的性質や化学成分及びマイクロ組織等に及ぼす影響を検討すると共にそれらの適用限界を明らかにすることとした。

2. 研究概要

調査研究の概要は以下の通りである。

- (a) 鋼板：供試材は板厚 25mm の SN490B とした。
- (b) 溶接ワイヤ：溶材メーカー7社の ①YGW11 ②YGW18 ③YGW21 (17種類) の市売品で、ワイヤ径はφ1.4 (or φ1.2) とした。
- (c) 溶接方法：溶接は3水準の入熱と4水準のパース間温度を表1のように組合せて、下向きで行った。

表1. 溶接施工条件

		入熱	20 KJ/cm	30 KJ/cm	40 KJ/cm
パース間 温度	150 °C	○	○	○	○
	250 °C	○	○	○	○
	350 °C	○	○	○	○
	450 °C	○	○	○	○

- (d) 試験体：試験体数は144体で、その形状寸法及び試験片採取位置は図1に示す通りである。
- (e) 試験項目：試験項目は①Depo 引張試験 ②Depo シャルピー衝撃試験 ③成分分析 (C, Si, Mn, P, S, Al, Ti, Mo, B, N) ④マクロ・ミクロ組織・硬さ試験の4項目とした。

3. 機械試験結果

機械試験では、全溶材メーカーの全種類のワイヤが JIS Z 3312 の規定値を十分に満足していることが確認された。従って、以降の検討は適用鋼材の JIS 規定値 (以下、鋼材規

格値) との対応等を中心とする。機械試験の結果は図

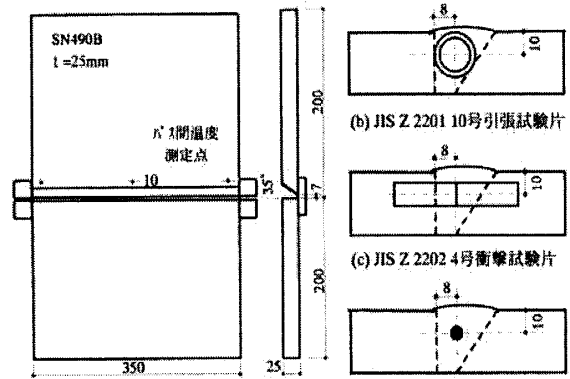


図1. 試験体の形状寸法及び試験片の採取位置

2, 3, 4 に示す通りであり、以下のように要約される。

3.1 引張試験

入熱(Hmax)及びパース間温度(Pmax)が高くなる程、溶接金属部の降伏点(Yp)・引張強さ(Ts)は低下し、伸び(E1)は増加する傾向にある。YGW11及びYGW18のYpは本実験で設定した全ての溶接施工条件下で当該適用鋼材規格値(下限値)を満足するが、Tsでは入熱40KJ/cm、パース間温度350°C以上で規格値を下回るものが一部のワイヤに見られる。降伏比(YR)は0.72~0.86の範囲にあり、入熱及びパース間温度が高くなる程、小さな値を示す傾向にある。これは引張強さの低下量よりも降伏点の低下量の方が大きいことを示している。降伏点及び引張強さが低下する主原因は、入熱等が増大すると結晶粒が粗大化すると共にワイヤ添加元素(Si, Mn等)の脱酸反応が促進されるためと考えられる。

3.2 シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃値(Cd)はYGW11で59~227J、YGW18で81~191J(1体35J)、YGW21で57~165Jの範囲にあり、何れも鋼材規格値(下限値)を満足している。入熱が上昇するとCdは低下する傾向にあるが、逆に増加するものもある。一方、Cdに対するパース間温度の影響度は少なく、両者の相関は低いと考えられる。海外製ワイヤは国内製ワイヤに比較してCdが低い。Cd<80Jとなる試験体の多くは溶接金属中のN含有量が100ppm以上を示している。溶接金属中のN含有量は、ワイヤ特性とは言い難く寧ろ溶

接施工条件すなわちワイヤの突出し長さが長い等のシールド性の問題であると考えられる。

3.3 化学成分分析

入熱及びパズ間温度が高くなる程、溶接金属中の Si、Mn の含有量及び C_{eq} が低下する傾向を示している。Yp 及び Ts が低下するのは、これらが主原因と考えられる。YGW18 の基本的な成分形態は、高 Si-Mn-Ti-B 系と Si-Mn-Mo-Ti-B 系に大別されるが、前者は後者よりも入熱及びパズ間温度の影響を受け易いと考えられる。

3.4 硬さ試験

溶接金属の平均硬さ (Hv) は 209 以下で、しかも Ts との間には極めて高い相関 ($R=0.9518$) が見られる。

3.5 冷却時間

800℃から 500℃までの冷却時間(稲垣の推定式)が長くなると Yp 及び Ts は低下する。しかも両者間には強い相関があるが、Cd との相関は低い。本結果は冷却時間が入熱よりパズ間温度に依存することと一致する。

4. 機械試験結果のまとめ

機械試験の結果から、ワイヤの種類毎の適用限界を示したものが表 2 である。

【参考文献】

- [1] 向井他: 建築構造用マグ溶接ワイヤの検討, 鋼構造論文集, 2000, 6

表 2. 機械試験結果に基づく溶接ワイヤの適用限界

ワイヤ種類	適用鋼材	全メーカー共通の適用限界	各メーカー別の適用限界	
			適用鋼材	適用限界
YGW11	400N 鋼	40KJ/cm 以下 450℃以下	A, B, C, D	40KJ/cm 以下 450℃以下
			E, F, G	40KJ/cm 以下 450℃以下
	490N 鋼	30KJ/cm 以下 250℃以下	D, E, F, G	40KJ/cm 以下 450℃以下
YGW18	490N 鋼	30KJ/cm 以下 450℃以下	A, C	30KJ/cm 以下 450℃以下
			B	30KJ/cm 以下 250℃以下
	520N 鋼	30KJ/cm 以下 450℃以下	A, B, D, H	40KJ/cm 以下 450℃以下
			C	30KJ/cm 以下 450℃以下
YGW21	520N 鋼	40KJ/cm 以下 450℃以下	A, B, C, D	40KJ/cm 以下 450℃以下
	590N 鋼	30KJ/cm 以下 250℃以下	E, G	40KJ/cm 以下 450℃以下
			B, E	40KJ/cm 以下 350℃以下
			C	30KJ/cm 以下 450℃以下
			A, D	30KJ/cm 以下 350℃以下
G	30KJ/cm 以下 250℃以下			

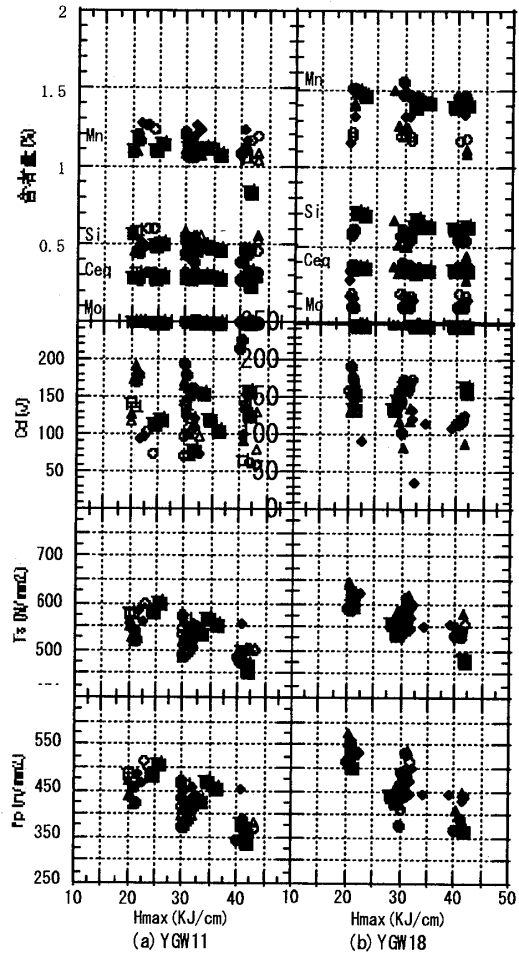


図 2. 機械試験の結果

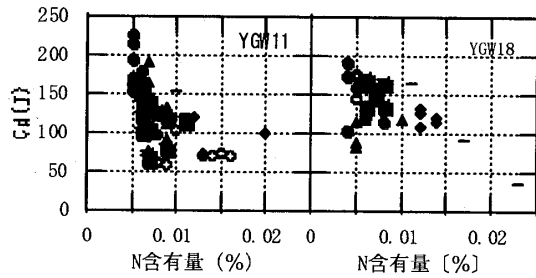


図 3. N 含有量と Cd との関係

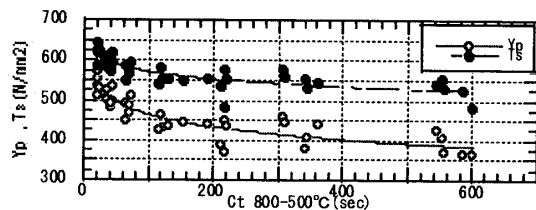


図 4. 冷却時間 $t_{8/5}$ と Yp, Ts との関係

*1*4 日建設計 構造設計室
*2 清水建設 建築本部 技術部
*3 NTT 都市開発 事業企画本部

Structural Dep., NIKKEN SEKKEI Ltd.
Construction Technology Dep., SHIMIZU Corporation
Business Planning Bureau Dep., NTT Urban Development Corp.