

溶接入熱とパス数の関係
(その1: 溶接条件と溶着速度, 溶着断面積の関係)

正会員 ○ 廣重圭一 *1 同 加賀美安男 *2
同 藤田哲也 *3 同 後藤和正 *4
同 竹内秀紀 *5 同 松浦知樹 *6
同 鈴木励一 *7

溶接条件 入熱 溶着速度
突出し長さ 溶接パス数 溶接電流

1. はじめに

溶接パス数と溶接入熱(電流×電圧×60/溶着速度、J/cm)には相関があることが知られている。この関係を利用して、所定の入熱条件下で、板厚に対する適正パス数である事を確認する手法は、溶接部の機械的性質を管理する実用的手段となり得る可能性がある。しかし、同じ入熱であっても電流、電圧の組合せは多様であり、さらにそれらにはワイヤ突出し長さが影響を及ぼしている。

本研究では各パラメータと溶着速度の関係を明らかにし、溶接部の機械的性質を管理するための手段の一助とすることを目的とする。

前報¹⁾では溶接電流とワイヤの突出し長さを変化させ、電圧を官能において最適に設定し、その際の溶着速度に及ぼす傾向を確認した。本報では、前報に追加試験データを加えて、溶接条件と溶着速度、溶着断面積の関係を明確にすることとした。

2. 試験方針

2.1 試験1: 電流及びワイヤ突出し長さによる電圧と溶着速度の関係

溶接は炭酸ガスシールドアーク溶接法とし、ワイヤ突出し長さを固定できる簡易自動溶接装置及び溶接ロボットを用いて、ビードオンプレート溶接を行った。溶接電源: デジタル及びアナログ制御式、溶接ワイヤ: YGW11及び YGW18、ワイヤ径: 1.2mmφ及び 1.4mmφ、溶着速度: 25cm/min 一定、ガス流量: 25L/min とした。試験したワイヤ突出し長さ(Ext)と電流 I の組み合わせは表 1 の通りで、それぞれ電圧 V と溶着速度 DR を測定する。

なお、本報での電流 I は前報と同じくクランプメータ一値、電圧 V はチップ-母材間電圧と定義した。

2.2 試験2: 電圧の溶着速度に及ぼす影響

電圧 V は主に①ワイヤ突出し間で消費される電圧 V_{wire} と②アーク長間で消費される電圧 V_{arc} の 2 つの合計とし

て構成されるが(図 1)、後者 V_{arc} の影響を把握するべく、試験 1 の一部の条件において電流とワイヤ突出し長さを固定して電圧 V を変動させ、溶着速度 DR を測定する。

3. 試験結果

3.1 電流と電圧の関係

試験 1 の結果得られた電流 I と電圧 V の関係を図 2 に示す。①ワイヤ突出し長さ(Ext)が一定の時、電流 I の上昇に伴い電圧 V は線形的に上昇する。②電流 I が一定の時、ワイヤ突出し長さが長くなるに伴い電圧 V は線形的に高くなる。③電流 I とワイヤ突出し長さが一定の時、ワイヤ径 1.4mmφ より 1.2mmφ の方が電圧 V は高くなる。

3.2 電流と溶着速度の関係

溶着速度 DR は試験 1 において溶接機のワイヤ送給速度 F(m/min)から(1)式によって計算した。

$$DR(g/min) = F \times \{(Dw/2)^2 \times \pi\} \times \rho \quad \dots (1)式$$

Dw: ワイヤ直径(m) = 1.2 or 1.4 × 10⁻³

ρ: ワイヤの比重(g/m³) = 7.85 × 10⁶

(1)式から求めた溶着速度と電流 I の関係を図 3 に示す。①ワイヤ突出し長さ一定の時、電流 I の上昇に伴い溶着速度 DR は線形的に上昇する。②電流 I が一定の時、ワイヤ突出し長さが長くなるに伴い溶着速度 DR は大きくなる。③電流 I とワイヤ突出し長さが一定の時、ワイヤ径 1.4mmφ より 1.2mmφ の方が溶着速度 DR は大きくなる。得られた図 3 からワイヤ径及びワイヤ突出し長さ毎に電流 I と溶着速度 DR の関係を 1 次式((2)式)として近似した。近似式の定数は表 2 に示す。

$$DR(g/min) = a \times I(A) + b \quad \dots (2)式$$

表 2 近似式の定数

ワイヤ径	1.2mm			1.4mm			
	Ext	20mm	30mm	40mm	20mm	30mm	40mm
定数 a		0.52	0.64	0.73	0.43	0.53	0.78
定数 b		-48	-52	-57	-39	-51	-100

3.3 電圧と溶着速度の関係

2.2 で示した通り、電圧 V = V_{wire} + V_{arc} となっている。V_{wire} はワイヤ突出し長さ Ext と比例関係にある。一方、V_{arc} はワイヤ突出し長さとは無関係であり、アーク長として溶接者の好みや技量で変動する。したがって V_{arc} に対して溶着速度が大きく影響を受ければ、変動要因が増え、管理手法として困難性が増すことになる。

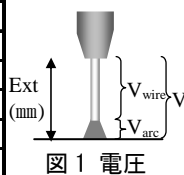
試験 2 で得られた電圧 V と溶着速度 DR の関係を図 4

表 1 試験条件組合せ

ワイヤ突出し長さ (mm)	電流 (A)	電流 (A)				
		200	250	300	350	400
20	◎	○	○	○	◎	—
	—	◎	○	○	◎	◎
	◎	○	○	◎	—	—
30	—	◎	○	○	◎	—
	◎	○	◎	○	—	—
	◎	○	◎	○	—	—
40	—	◎	○	○	◎	—
	◎	○	◎	○	—	—
	◎	○	◎	○	◎	—

上段 1.2φ、下段 1.4φ

◎: YGW11及びYGW18、○: YGW11



に示す。ここで電圧 V の変化は V_{arc} の変化と等価になっている。この図から、 V_{arc} の変動に伴う溶着速度 DR の変化は僅かであり、すなわちアーク長が溶着速度 DR に与える影響は小さく、無視して差し支えないと考える。

この結果より、溶着速度 DR は 3.2 項で示した通り、最適電圧が除かれた溶接電流、ワイヤ突出し長さ、ワイヤ径の変数として計算可能と結論づけられる。

3.4 溶着断面積式

1 パスあたりに開先を埋める面積、いわゆる溶着断面積 $S(\text{cm}^2)$ は、入熱 H 、電流 I 、電圧 V 、溶着速度 DR の関数として(3)式で求める事ができる。

$$S = \frac{H}{I \times V \times 60} \times DR \times \frac{1}{\rho} \quad \dots (3) \text{式}$$

ここで、管理入熱 $H=30\text{kJ/cm}$ としたときの本実験から得られた電流と溶着断面積(S)の関係を図 5 に示す。

電流一定において、溶着断面積はワイヤ突出し長さが長くなる程大きく、ワイヤ径 1.4mm ϕ より 1.2mm ϕ の方が大きい。一方、電流が高くなるにつれて溶着断面積は若干低下する傾向が見られる。これは(3)式の分母 $I \times V$ において、電流 I の変化量よりも電圧 V の変化量が大きいため、 $[I \times V]$ として大きく変化することに起因している。

3.5 パス数計算式

開先断面積(cm^2)を Ag 、余盛り面積(cm^2)を Ar とした場合に、ある入熱 H における積層パス数 N_{pass} は(4)式で計算できる。

$$N_{pass} = (Ag + Ar) / S \quad \dots (4) \text{式}$$

(3)及び(4)式の特徴として、パス数の計算には溶接速度が必要無いことが上げられる。また、板厚とルートギャップの情報が有れば、開先断面積 Ag は計算することが出来る。

積層パス数 N_{pass} を求めるのに必要な不確定変数は、実際に即した①余盛り面積 Ar 、②ワイヤ突出し長さ Ext 、③電流 I であり、これらを精度良く決めることができれば、(2)(3)(4)式によって管理パス数として決めることができる。

そして、実際に即した①余盛り面積 Ar と②ワイヤ突出し長さ Ext 、③電流の検討は次報告(その 2)で、実際の施工記録を用いた逆算手段で検討する。

4. まとめ

- (1) ワイヤ突出し長さ一定のとき、電流と電圧および溶着速度には線形の関係がある。
- (2) 溶着速度は最適電圧が除かれたワイヤ径、電流、ワイヤ突出し長さが決まれば算定できる。
- (3) 溶着断面積は溶接速度情報を必要とせず、入熱、電流、電圧、溶着速度の関数として表すことが出来る。
- (4) ある管理入熱におけるパス数を求めるためには、①

余盛り面積、②ワイヤ突出し長さ、③電流の実態を精度良く求めることが必要である。

参考文献: 1)加賀美安男・藤田哲也・後藤和正: 突合せ溶接部の溶接条件と溶着金属の性能(溶接条件と溶着速度), 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸), pp.1137-1138, 2010.9

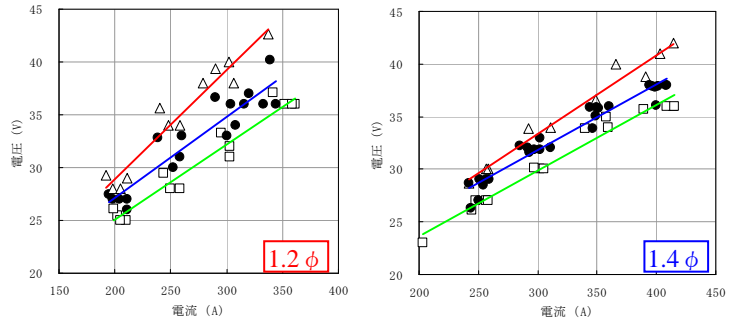


図 2 溶接電流と最適電圧の関係

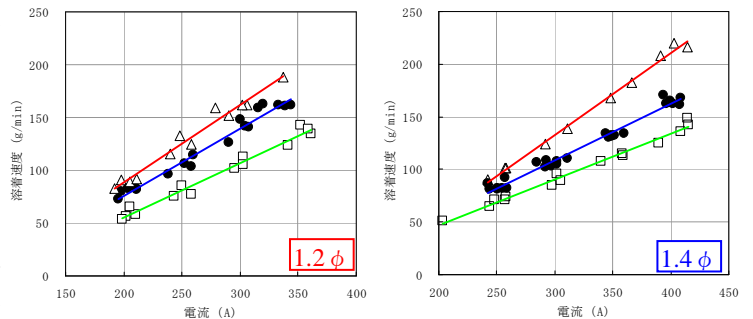


図 3 溶接電流と溶着速度の関係

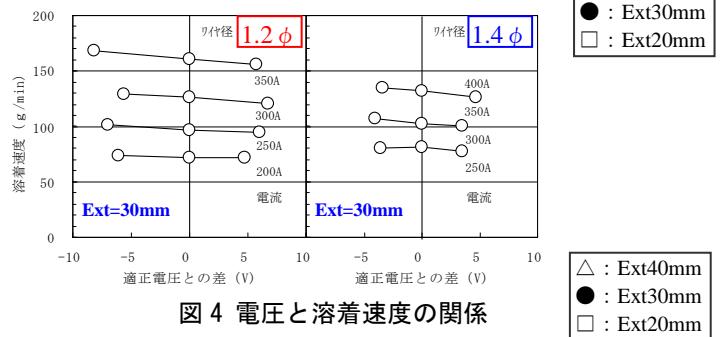


図 4 電圧と溶着速度の関係

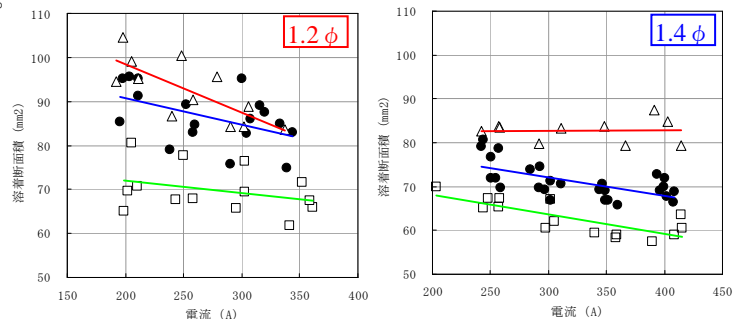


図 5 電流と溶着断面積の関係

*1 株式会社 榊	*5 株式会社 安井建築設計事務所	*1 Rui Sekkeisitsu.Co.Ltd	*5 Yasui Architects,INC
*2 株式会社 日建設計	*6 株式会社 間組	*2 Nikken Sekkei	*6 Hazama Corp.
*3 株式会社 日本設計 博士(工学)	*7 株式会社 神戸製鋼所 修士	*3 Nihonsekkei Inc., Dr.Eng.	*7 Kobe Steel, Ltd.,Mr.
*4 大成建設(株) 修士		*4 Taisei Corporation.,Mr.	