

# ● 技術論文

## 半自動溶接の品質に影響を及ぼす因子について

### Factors affecting the quality of semi-automatic welding

浜水 聖 (技術統括部)

Akira HAMAMIZU (Technology Control Department)

溶接条件は、一般的に材料の種類、板厚などで決まってくるが、適正な溶接電流・アーク電圧であっても個人の技量によって、溶接品質が変わる。一般的に半自動溶接における影響因子としてワイヤ突出し長さ、トーチ傾斜角度、ウィービング条件などが挙げられる。

今回、溶接姿勢を水平回転とした実験を行い、その結果、トーチ位置の変動によっても溶接品質への影響があることが確認された。

Welding conditions are generally determined by factors such as the type of material and plate thickness, but even with appropriate welding current and arc voltage, the quality of welding can vary depending on individual skills. Common influencing factors in semi-automatic welding include wire stick-out length, torch angle, and weaving conditions. In this experiment, we conducted welding in a horizontal rotation position, and as a result, it was confirmed that variations in torch position also affect welding quality.

#### 1. はじめに

近年、少子高齢化による人手不足が多くの業種で顕在化しているなか、建設業における溶接技能者不足も同様のことがいえる。さらに、溶接は暗黙知の部分が多く、一般的に技能育成には多くの時間と熟練技能者による指導が必要であるため、ますます深刻な課題となっている。しかし、昨今の溶接IoT化により、今まで伝わり難かった熟練技能者の業・勘所といった暗黙知を数値化・可視化することで、効率よく早期育成を図ろうという動きが見られる。例

えば、AR溶接技能訓練システムや3Dデジタル溶接マスクシステムなどが挙げられる。当社においても、通信機能付きのデジタル半自動溶接機、溶接モニターカメラ、高速度カメラ、モーションキャプチャなどを導入して、デジタルデータを取得し、溶接の技能伝承、生産性および品質の向上へ繋げる取組みを推進している。

図1に示すように、デジタル化された溶接データは将来、多方面に活用されて当社の溶接の基礎データとして担保される。

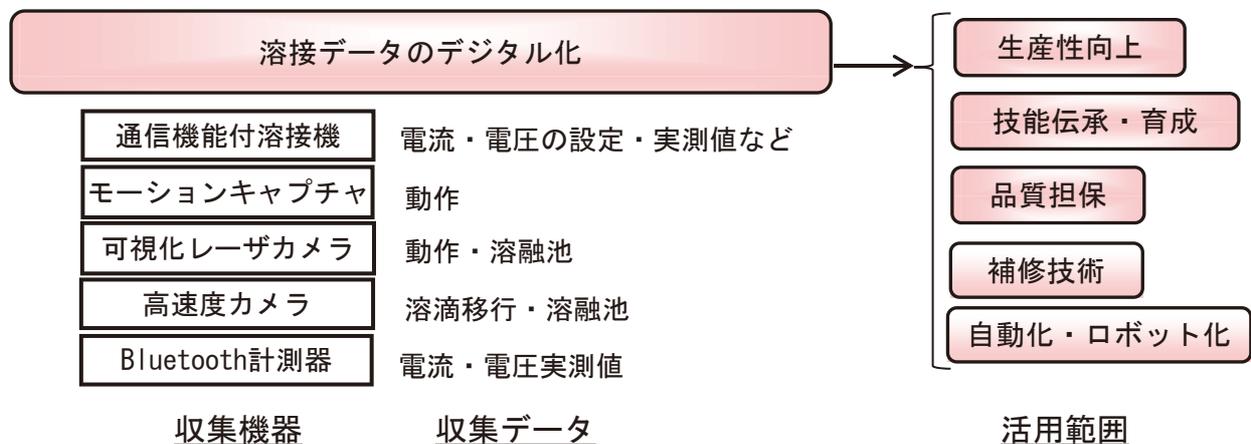


図1 溶接データのデジタル化による活用範囲

## 2. 目的

当社の配管工事では、プレファブ溶接が大きな割合を占めている。そのため、プレファブ溶接のデータを収集し、溶接方法・材質・口径・板厚などで整理し、当社の溶接条件の標準化を図っている。また、これを技能伝承・育成に活用しようと取組んでいる。本稿では、半自動溶接での水平回転における溶接データのしきい値を決める過程で確認した結果について紹介する。

## 3. 実験方法

半自動溶接の溶接品質に影響があると一般的にいわれているワイヤ突出し長さ(H) (ここでは、コンタクトチップ先端から被溶接部までの距離をいう) およびトーチ傾斜角度( $\theta$ )に加え、トーチ位置(x)の影響について確認した(図2参照)。表1に最終層の溶接条件を、表2に変動因子の条件を示す。なお、溶接電流・アーク電圧・溶接速度は、

当社のプレファブで、STPG370 14B Sch20 (t7.9mm) の突合せ継手 (60° V形開先) のうち、放射線透過試験 (以下、「RT」と称する) の判定結果が1種2類以上<sup>1)</sup>となった数名以上の溶接士のW.P. (Welding Point) のデータを参照した。

### 3.1 供試材

供試材はSTPG370 14B Sch20 (t7.9mm) を用い、溶接材料は日鉄溶接工業株式会社製のフラックスコアードワイヤ SF-1の $\phi 1.2\text{mm}$ を用いた。表3に供試材および溶接材料の化学成分を示す。

### 3.2 開先形状

図3に実験に用いた2種類の開先形状を示す。これは、ルートギャップ (R.G.) を5mmとした開先を模擬して、(a) は中間層溶接前の開先形状 (以下、「中間層溶接用」と称する)、(b) は最終層溶接前の開先形状 (以下、「最終層溶接用」と称する) とした。

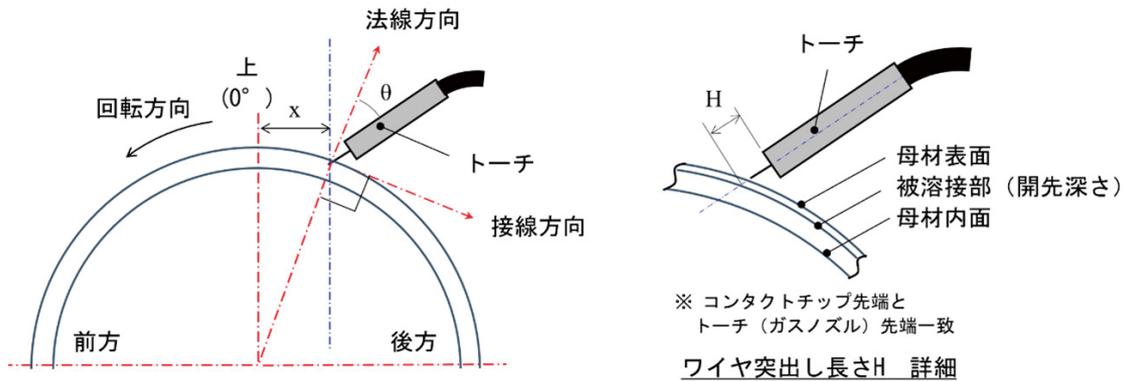


図2 ワイヤ突出し長さ (H)、トーチ傾斜角度( $\theta$ )、トーチ位置(x)の模式図

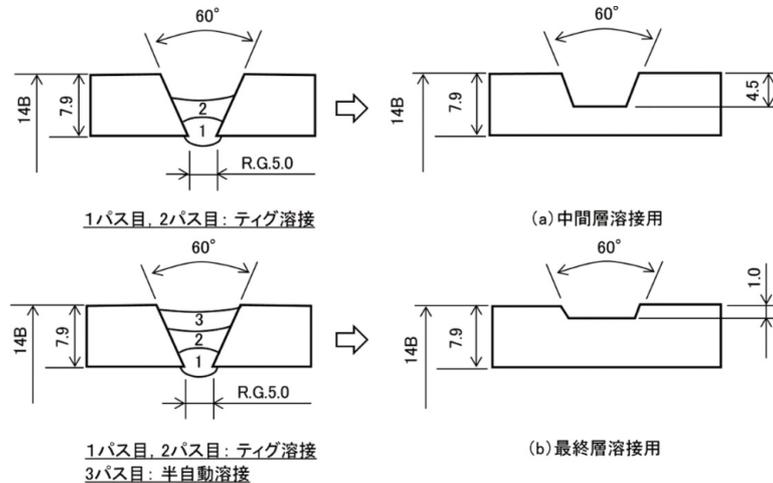


図3 供試材の開先形状

表1 溶接条件

	中間層溶接	最終層溶接
溶接電流	215A	225A
アーク電圧	33.0V	34.0V
溶接速度	32.8cm/min	25.2cm/min
ウィーピング	あり	なし
予熱*	なし	100~150°C
溶接法	炭酸ガスアーク溶接	
溶接姿勢	水平回転 (PA)	
開先形状	V形 (60°)	
トーチシールドガス	CO <sub>2</sub>	
トーチシールドガス流量	25L/min	
動作角 (ワーク角)	0°	
ワイヤ突出し長さ (H)	変動因子 (表2参照)	
トーチ傾斜角度 (θ)	変動因子 (表2参照)	
トーチ位置 (x)	変動因子 (表2参照)	

※前層の溶接によって母材温度が上昇することを模擬して予熱を行った

表2 変動因子の条件

変動因子	条件			
ワイヤ突出し長さ (H)	15mm	20mm	25mm	-
トーチ傾斜角度 (θ)	15°	30°	45°	-
トーチ位置 (x)	0mm	30mm	50mm	70mm

表3 供試材および溶接材料の化学成分

材料	[mass%]								
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
供試材 (STPG370)	0.20	0.23	0.52	0.016	0.009	0.01	0.01	0.01	<0.01
溶接材料 (SF-1)	0.06	0.45	1.31	0.016	0.011	0.34	-	-	-

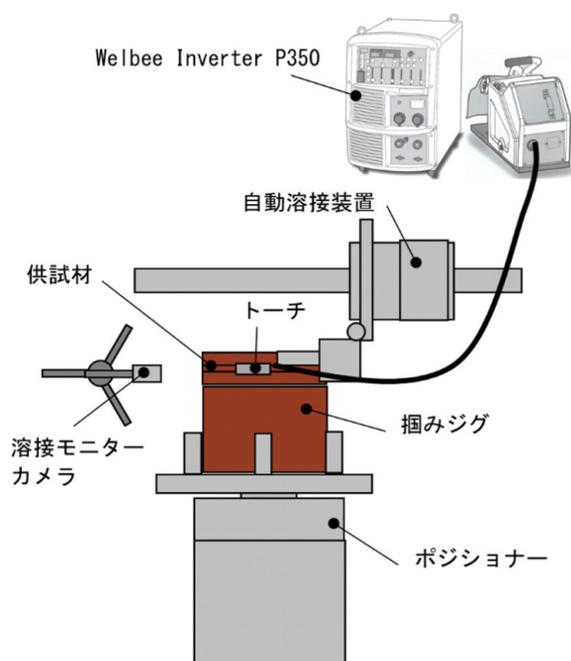


図4 装置概要 (上から見た状態)<sup>2)</sup>

### 3.3 溶接電源と装置概要

溶接電源は、ダイヘン株式会社製のWelbee Inverter P350を用いた。溶接電流・アーク電圧は、Welbee ウェルディングモニタのシステムを用いて、0.1sec周期でサンプリングした。図4に示す装置概要のように、ポジショナーを用いた。

### 3.4 確認項目

変動因子による溶接電流およびアーク電圧への影響、ならびに溶接部のRT結果、ビード外観を確認した。

## 4. 実験結果

今回、2種類の開先形状 (中間層溶接用および最終層溶接用) の溶接を行った結果、いずれも変動因子による影響は同じような傾向であった。以下に実験結果を示す。

### 4.1 溶接電流およびアーク電圧

- 図5にワイヤ突出し長さ(H)を変化させたときの溶接電流およびアーク電圧の関係 (一例) を示す。
- 図6にトーチ傾斜角度(θ)を変化させたときの溶接電流およびアーク電圧の関係 (一例) を示す。
- 図7にトーチ位置(x)を変化させたときの溶接電流およびアーク電圧の関係 (一例) を示す。

### 4.2 RT結果

- 表4にワイヤ突出し長さ(H)およびトーチ傾斜角度(θ)を変化させたときのRT結果を示す。
- 表5にトーチ位置(x)およびトーチ傾斜角度(θ)を変化させたときのRT結果を示す。

### 4.3 ビード外観

図8にRT結果が無欠陥および2種4類と判定された最終層溶接の外観写真 (一例) を示す。

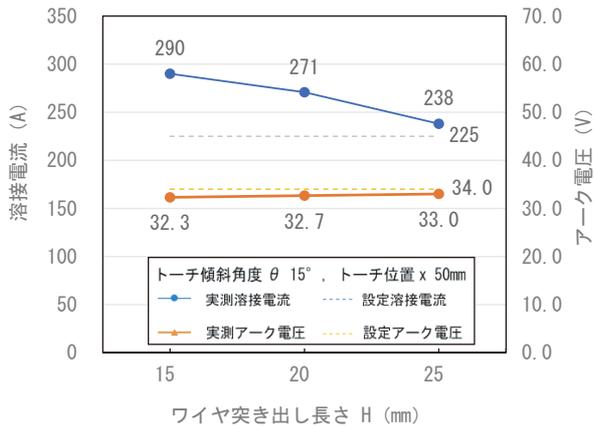


図5 ワイヤ突出し長さを変化させたときの溶接電流およびアーク電圧の関係

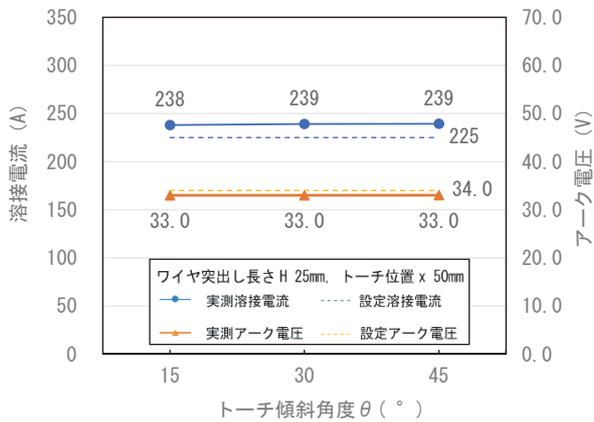


図6 トーチ傾斜角度 ( $\theta$ ) を変化させたときの溶接電流およびアーク電圧の関係

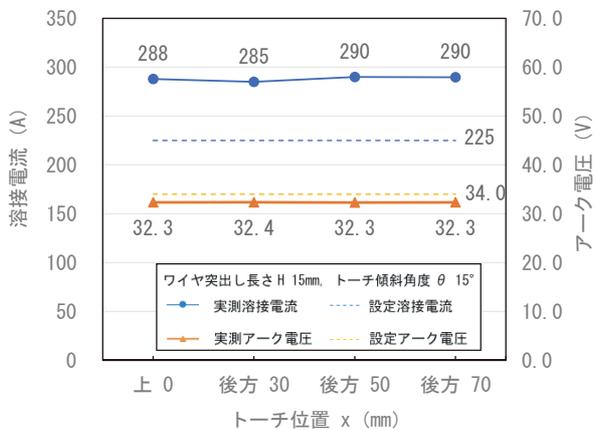


図7 トーチ位置 (x) を変化させたときの溶接電流およびアーク電圧の関係

表4 ワイヤ突出し長さとトーチ傾斜角度の組合せによるRTの結果

		トーチ傾斜角 ( $\theta$ )		
		15°	30°	45°
ワイヤ突出し長さ (H)	15mm	無欠陥	無欠陥	-
	20mm	1種2類以上	1種2類以上	2種4類以上
	25mm	無欠陥	無欠陥	2種1類以上

表5 トーチ位置とトーチ傾斜角度の組合せによるRTの結果

		トーチ傾斜角 ( $\theta$ )		
		15°	30°	45°
トーチ位置 (x)	0mm	1種2類以上	-	-
	30mm	無欠陥	-	-
	50mm	1種2類以上	1種2類以上	2種4類以上
	70mm	2種4類以上	2種4類以上	-



(a) 無欠陥 (H15mm,  $\theta$  15°, x 50mm)



(b) 2種4類 (H15mm,  $\theta$  15°, x 70mm)

図8 最終層溶接の外観

## 5. まとめ

- (1) ワイヤ突出し長さ (H) が長くなると、アーク電圧は変わらないが、溶接電流は下がる傾向を確認した。
- (2) トーチ傾斜角度 ( $\theta$ ) は、溶接電流・アーク電圧に影響しないことを確認した。
- (3) トーチ位置 (x) は、溶接電流・アーク電圧に影響しな

いことを確認した。

- (4) RT結果では、トーチ傾斜角度45°およびトーチ位置70 mmにおいて融合不良が確認された。
- (5) スパッタの量は、トーチ傾斜角度が傾くと増える傾向にあった。
- (6) ビード外観は、RT結果の良否と一致しなかった。

## 6. おわりに

今回の実験では、一般的に溶接品質に影響を及ぼすとされているワイヤ突出し長さ(H)および、トーチ傾斜角度( $\theta$ )の影響に加え、トーチ位置(x)が溶接品質に影響を及ぼす傾向にあることが確認できた。トーチ位置(x)による溶接品質の良否は、溶融池の形状が影響していると予測される。そのため、今後の実験では断面マクロによる溶込み・余盛形状の確認、ならびに溶接モニターカメラを用いて、溶接中の溶融池の形状や、ウィービング条件（トーチの動作、ワイヤ先端の狙い位置）も確認し、溶接品質に影響する因子をさらに明確にすることで、当社が推進している経験の浅い溶接士の早期戦力化に繋げたい。また、蓄積された溶接データは、将来的に溶接の自動化・ロボット化へ展開する。

## 参考文献

- 1) JIS Z 3104:1995 銅溶接継手の放射線透過試験方法
- 2) ダイヘン株式会社の取扱説明書（形式：WB-P350, CM-7430）より引用



浜水 聖 Akira HAMAMIZU  
技術統括部