

〔溶接施工法〕

マイコン制御による自動溶接装置

山下 文武¹⁾

小 牧 知 紀³⁾

工 藤 憲 二²⁾

横 山 幸 夫³⁾

宮 前 馨³⁾

東京工場では、工場の製造分野の自動化を目指し、その出発点としてガスシールドアーク溶接法（MAG溶接法）を用いた自動溶接装置を導入した。本装置は、確性試験での溶接品質を確認した後、工場で実稼動し溶接品質の安定・向上および溶接作業の省力化に活躍している。

まえがき

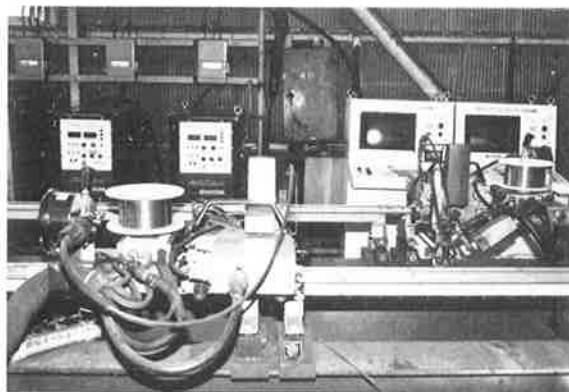
日本における少品種多量生産分野の自動化のシステム（ファクトリーオートメーション）の導入・普及は、生産性の向上、人件費の高騰、労働者の高齢化と若年労働者の不足（熟練技術者の不足につながる）、労働者の技術力への理解および労働環境の改善要求などが要因と考えられている。多品種小量生産が宿命である当社の製造分野の自動化の確立は、品質の安定・向上および製作コストの低減に関わる今後の重要な課題であり、その手がかりとして溶接作業の省力化を目指し、ガスシールドアーク溶接法（シールドガスはアルゴンガスと炭酸ガスとの混合ガス）を用いた自動溶接装置を2機種、3台導入した。1号機2台（日立精工製）が箱型柱の角継手に、2号機（川崎製鉄製）が橋梁の主桁フランジの突合せ溶接に配置され実稼動しており、それぞれKAWM-1およびKAWM-2と呼称している。本報では、KAWM-1、2の概要・特徴、工場での実稼動に際しての確性試験、実施工例および今後の課題等について述べたものである。

1. KAWM-1、2の概要および特徴

(1) KAWM-1、2の概要

写真-1(a)、(b)にKAWM-1およびKAWM-2の概観を、図-1にKAWM-1の基本構成を示す。

KAWM-1、2は、基本的には実際の溶接に関わる機構部とそれらを制御する制御部からなり、マイコンを内蔵した制御部の制御装置からの制御指令により、機構部の走行台車に搭載された溶接トーチ部がレールを往復走行しながら溶接を行なうものである。制御装置では事前に入力、記憶されているデータを再生し、そのデータにより機構部を制御して、



(a) KAWM-1



(b) KAWM-2

写真-1 KAWM-1,2の概観

1) 技術部技術課課長

2) 技術部技術課係長

3) 技術部技術課

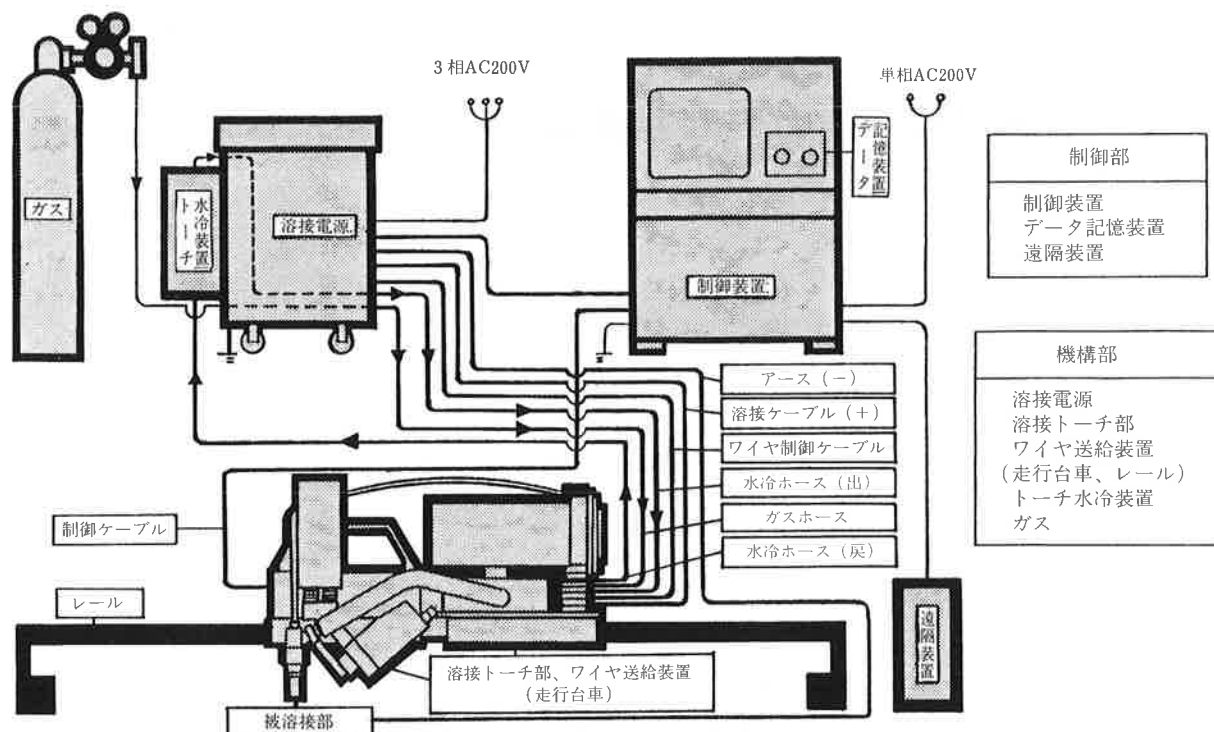


図-1 KAWM-1の基本構成

溶接作業を行ない、同時に機構部が正常に作動しているかの検出も行なっている。

(2) KAWM-1、2の特徴

KAWM-1、2の特徴を以下に示す。

a) 溶接品質の安定・向上および溶接作業の省力化
溶接トーチが各パスごとに、一定の動作・溶接条件で溶接を行なうため、溶接品質が安定する。表-1に示すように、特に板厚が大きく溶接線の長い継手の溶接が連続的に可能で、品質の向上および溶接作業の省力化を顕著に示すものである。

また、写真-2に示すように、MAG溶接法であるためビード外観が美しく、さらにスパッタの発生が少ないため、外観補修およびスパッタ除去の作業時間が短縮出来る。

b) 溶接技術の蓄積

機構部を制御するデータは熟練した溶接作業者の長年の経験を生かしてつくられカセットテープに保存されている。これにより、溶接作業者の高齢化と若年溶接作業者の不足に伴う技術力の低下を補うことができる。

c) 溶接作業者の労働環境改善

写真-3に示すように溶接作業者は直接トーチを持たずに溶接を行なうことができるため、溶接中に発生するヒュームガス等による労働環境の悪条件から開放される。

表-1 KAWM-1およびKAWM-2の仕様

最大	機種	KAWM-1	KAWM-2
板厚		80mm	130mm
溶接線長		18.00m	7.84m

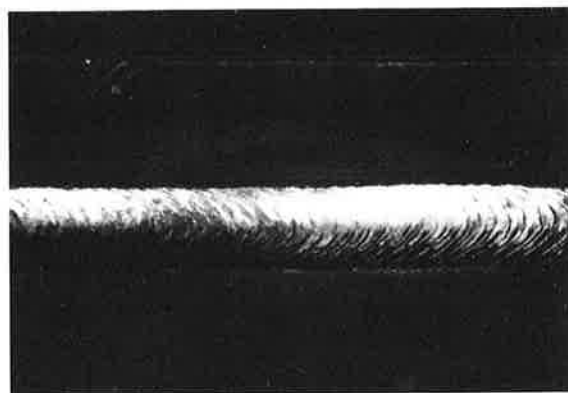


写真-2 ビード外観



写真-3 溶接状況

2. KAWM-1、2の確性試験

工場での実稼動に先立ちKAWM-1、2による箱型柱の角継手および橋梁の主桁フランジの突合せ溶接の溶接方法が適正でさらに溶接部が健全かつ母材の規格値を満足する事を確認するため確性試験を行った。

(1) 試験体

図-2に角継手およびフランジの突合せ溶接の試験に用いる試験体の形状・寸法をそれぞれを示す。角継手の試験に用いる試験体T-1は、Pℓ-55（SM50B）で開先角度25°、ルート間隔5mmのレ形突合せ溶接で、裏当て金はPℓ9×25である。フランジの突合せ溶接試験に用いる試験体T-2とT-3の2体は、開先角度50°、ルート面5mmとし、T-2はPℓ-28（SM50B）でV形突合せ溶接、T-3はPℓ-40（SM58Q）でX形突合せ溶接である。

(2) 試験項目

以下に示す試験項目により、溶接品質を検討した。

- a)引張試験（JIS Z2241）
- b)型曲げ試験（JIS Z3122）
- c)衝撃試験（JIS Z2242）
- d)マクロ試験（JIS G0553）
- e)硬さ試験（JIS Z2244）
- f)超音波探傷試験（JIS Z3060）……T-1
- g)放射線透過試験（JIS Z3104）……T-2、T-3

(3) 溶接方法および溶接材料

溶接方法は下向き姿勢とし、溶接材料を表-2に示す。

なお、シールドガスは、アルゴン80%、炭酸ガス20%の混合ガスである。

(4) 溶接記録

表-3に各試験体の溶接条件を示す。

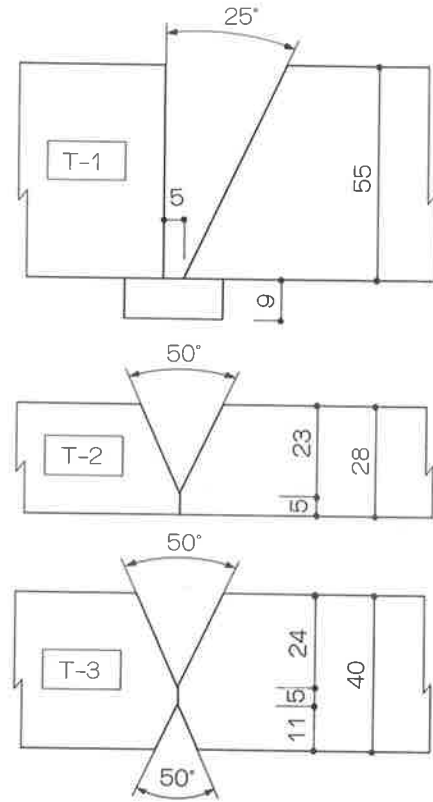
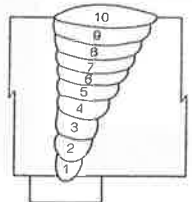
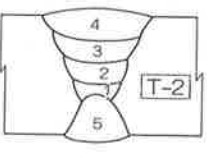
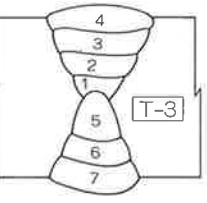


図-2 試験体の形状および寸法

表-2 溶接材料

試験体	ワイヤ銘柄	ワイヤ径
T-1	S C R	1.2φ
T-2	K M50	1.6φ
T-3	K M60	1.6φ

表-3 溶接条件

積層法	パス数	電流	電圧	溶接速度	パス間温度	積層法	パス数	電流	電圧	溶接速度	パス間温度
		(A)	(V)	(cm/min)	(℃)			(A)	(V)	(cm/min)	(℃)
	1	315	34.5	24	50		1	340	26	20	15
	2	330	34.5	22	85		2	350	28	18	10
	3	330	34.5	19	150		3	360	29	16	230
	4	330	34.5	15	195		4	390	30	14	280
	5	335	34.5	13	230		5	380	31	16	120
	6	330	34.5	13	230		1	320	27	20	115
	7	330	34.5	13	230		2	340	28	18	120
	8	330	34.5	13	250		3	340	30	16	220
	9	325	34.5	13	280		4	360	31	14	280
	10	340	34.5	12	280		5	380	32	18	110
							6	390	32	17	200
							7	370	32	18	230

表—4 試験結果

試験体	引張試験	曲 げ 試 験			衝 撃 試 験			硬さ試験	マクロ 試 験	超 音 波 探傷試験	放 射 線 透過試験	判 定
	引張強さ (kgf/mm ²)	表曲げ	裏曲げ	側曲げ	衝 撃 値 (kgf・m)			最高硬さ (Hv)				
					溶着金属	融 合 部	熱影響部					
T－1	56.5	良	良	良	13.6	12.8	8.7	319	良	1 級	—	合格
T－2	56.5	良	良	良	13.0	14.1	29.7	191	良	—	1 級	合格
T－3	62.5	良	良	良	12.0	24.9	19.5	253	良	—	1 級	合格

(5) 試験結果

表—4 に引張、曲げ、衝撃、マクロ、硬さおよび超音波探傷、放射線透過試験の結果を示す。また、写真—4 (a)、(b)、(c) に T-1、T-2 および T-3 の断面マクロを示す。

a) T-1 の試験結果

引張強さは 56.5kgf/mm^2 と母材の規格値 50kgf/mm^2 を満足した。曲げ試験結果は表、裏および側曲げとも全て無欠陥であった。衝撃試験は、合格判定基準 $2.8\text{kgf}\cdot\text{m}$ 以上 (0°) に対して、溶着金属で $13.6\text{kgf}\cdot\text{m}$ の値を得た。マクロ試験は溶込み良好、無欠陥であった。硬さ試験は合格判定基準 370Hv 以下に対して 319Hv の値を得た。超音波探傷試験は JIS Z3060 に基づき、L 検出レベルにて行ない 1 級無欠陥であった。

b) T-2 の試験結果

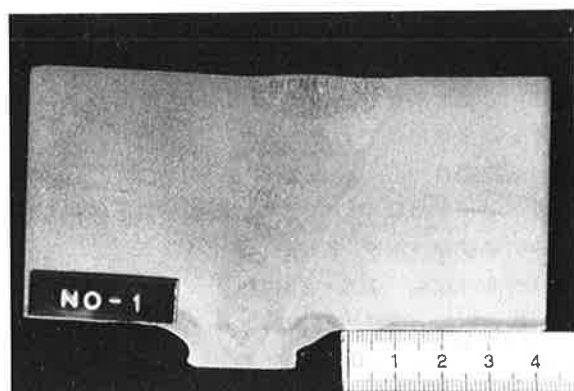
引張強さは 56.5kgf/mm^2 で、母材の規格値 50kgf/mm^2 以上を満足した。曲げ試験は表、裏および側曲げとも全て無欠陥であった。衝撃試験は判定基準 0° 、 $2.8\text{kgf}\cdot\text{m}$ 以上に対して溶着金属で $13.0\text{kgf}\cdot\text{m}$ の値を得た。マクロ試験は溶込み良好、無欠陥であった。硬さ試験は最高硬度 191Hv で合格判定基準 370Hv 以下を満足した。放射線透過試験は JIS Z3104 に基づき行ない 1 級無欠陥であった。

c) T-3 の試験結果

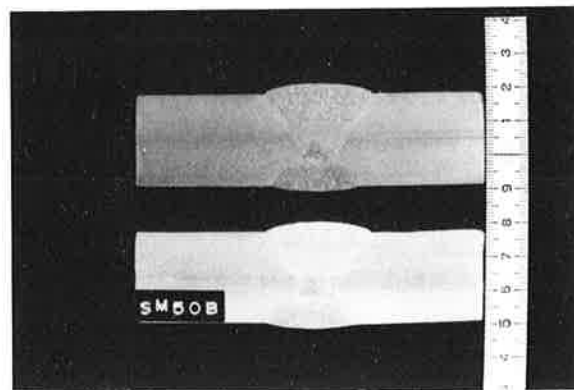
引張強さは 62.5kgf/mm^2 で母材の規格値 58kgf/mm^2 以上を満足した。曲げ試験結果、表、裏および側曲げとも全て無欠陥であった。衝撃試験は合格判定基準 -5° 、 $4.8\text{kgf}\cdot\text{m}$ 以上に対して溶着金属で $12.0\text{kgf}\cdot\text{m}$ の値を得た。マクロ試験は溶込み良好、無欠陥であった。硬さ試験は、最高硬度 253Hv で合格判定基準 370Hv 以下を満足し、放射線透過試験は JIS Z3104 に基づき行ない 1 級無欠陥であった。

(6) 考察

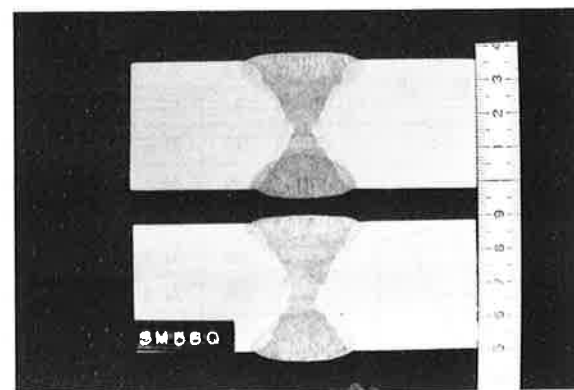
試験結果より KAWM-1、2 で行なうガスシールドアーク溶接の突合せ溶接部は、実稼動に対しても十分な溶接品質が保証された。



(a) T-1



(b) T-2



(c) T-3

写真—4 各試験体の断面マクロ

3. KAWM-1、2の実施工例

以下に、KAWM-1、2の実施工例を、溶接作業手順を含め2例示す。

(1) Aビル箱型柱の角継手 (KAWM-1)

Aビルは東京都内に昭和60年竣工予定の地上36階（地上130m）、地下1階のビルである。図-3に示す箱型柱□-350×550×47（S M50B）の完全溶込み溶接部の溶接を行なった。

a) 箱型柱のセット（写真-5(a)）

組立仮付けの完了した箱型柱をKAWM-1の溶接範囲内にセットする。

b) 溶接線の確認および溶接条件等のデータの入力
板厚・開先角度・ルート間隔等の開先形状および寸法を確認し、該当する溶接条件等のデータをデータ記憶装置から制御装置に入力する。

c) 溶接線のティーチング（写真-5(b)）

遠隔装置を用いて溶接線の水平・垂直・長さ方向の座標位置を制御装置に認識させる。

d) 溶接状況（写真-5(c)）

溶接を開始させ、仕上層まで連続で溶接を行なう。

e) 超音波探傷検査（写真-5(d)）

日本建築学会規準に基づき行ない、全数合格であった。

f) 溶接が完了した箱型柱（写真-5(e)）

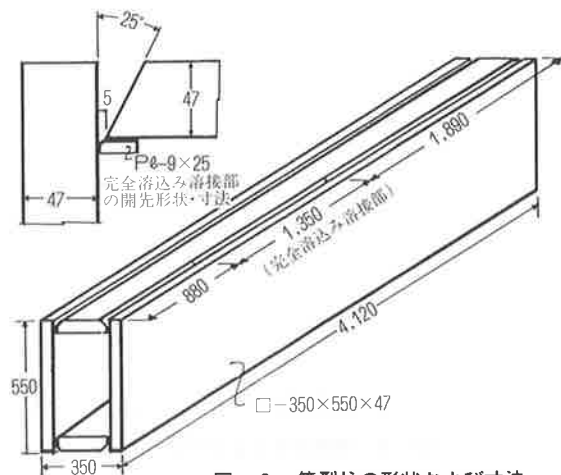


図-3 箱型柱の形状および寸法



(a) 箱型柱のセット



(b) 溶接線のティーチング



(c) 溶接状況



(d) 超音波探傷検査



(e) 溶接が完了した箱型柱

写真-5 箱型柱の角継手

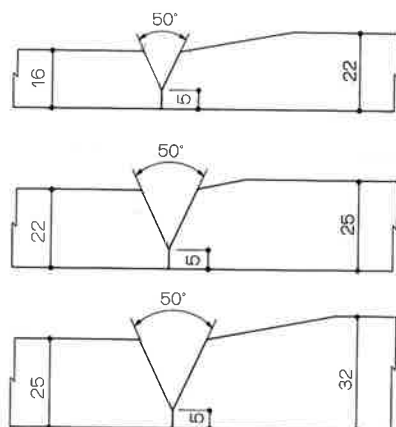


図-4 開先形状および寸法

(2) M橋の主桁フランジの突合せ溶接(KAWM-2)

M橋は、東京近郊のM市街に竣工する全長60mのI桁橋である。図-4、写真-6に示すようなM橋の主桁フランジの突合せ溶接を行なった。写真-7に溶接状況を示す。溶接部は、放射線透過検査で1級、合格が確認された。

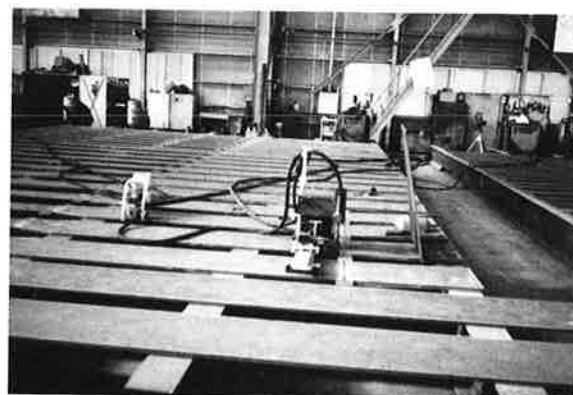


写真-6 主桁フランジ

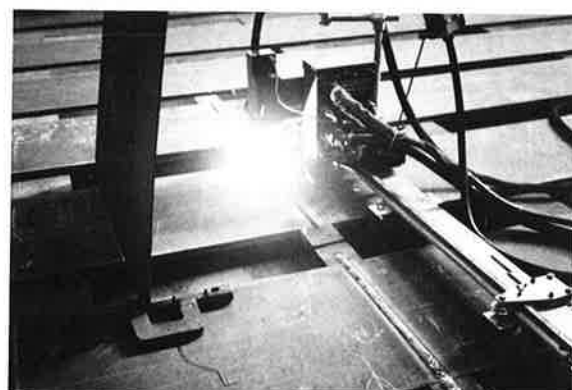


写真-7 溶接状況

4. KAWM-1、2の今後の課題

KAWM-1、2により製品の溶接品質の安定・向上の計れることが確認された。溶接作業のさらなる省力化を計るために次のような課題が考えられる。

(1) アークタイム率の向上

KAWM-1、2を操作して溶接を行なう作業員(オペレータ)が複数の溶接作業を行なえる装置自体の性能の拡充と被溶接部の反転治具などの周辺装置を開発・設置し、アークタイム率の向上を計る。

(2) 適用ワークの拡大

KAWM-1、2の適用ワークを拡大させ、溶接作業の省力化を計る。

5. まとめ

KAWM-1、2で行なう突合せ溶接は、溶接品質の向上・安定の計れることが実施工例からも確認された。しかし、省力化を計るための今後の課題も明示され、この課題の解決に努めなければならない。

6. あとがき

KAWM-1、2を実施工に試行的に適用し、多くの施工条件データ、試験データを得、解析した。その結果、従来の溶接法に比較し、溶接品質は安定・向上した。しかし、省力化の点では、準備作業に時間をとられ、アークタイム率が向上しない事も判明した。

いずれにしても本装置の採用は業界に於いても初めての事であり、今後解決していくべき問題点も多く残されている。また当業界に於ける将来の労働者の年齢構成は急激に高齢化していく事は必至である。この事を良く見すえた時、溶接装置に限らず、自動化機器の導入推進と、工場への定着化の成否は会社の将来を決定すると言っても過言ではない。本報はその第一段階としてマイコン制御による自動溶接装置の概要を紹介したものであり、今後当社に適する自動化機器の研究・開発に努めていく所存である。

【参考文献】

- 1)「ロボットのすべて」教育社
- 2)「センサ活用技術」工業調査会編集部