
大径鋼管内面円周自動溶接工法の開発—KEIP 工法について—

Kawasaki Type Electroslag Automatic Internal Girth Welding Method for Large Diameter Pipes — “KEIP” System —

藤本 智也(Tomoya Fujimoto) 堀 義春(Yoshiharu Hori) 加藤 誠一(Seiichi Kato) 明
石 均(Hitoshi Akashi) 坪井 潤一郎(Jun-ichiro Tsuboi) 斉藤 通生(Michio Saito)

要旨：

大口径、肉厚鋼管の現場内面円周溶接工法として、従来立向き溶接に汎用されてきたエレクトロスラグ溶接法を導入し、特殊な形状を有する水冷銅当金、フラックスのガス圧送法および適正な溶接条件を採用することになり、一部管頂付近を除き自動溶接施工が可能となった（KEIP 工法）。本法を二、三の水道用鋼管接合工事に適用した結果、高能率で健全な継手を得られるとともに、手溶接法と比べヒュームの少ないクリーンな溶接環境を維持できることが明らかとなった。

Synopsis：

As an application of the electroslag welding method which is popular for vertical welding, Kawasaki type electroslag automatic internal girth welding method called "KEIP" system has been newly developed. This welding method has automated the internal girth welding except the pipe top portion by adopting copper shoe of particular shape and using pressurized CO₂ gas for flux supply and proper combination of welding variables. Through several welding jobs of water supplying pipes with large diameter and thick wall at some service construction sites, it was revealed that the system was able to ensure high efficiency and good welding quality, and to maintain a clean environment because of little fume generation comparing with the conventional manual welding.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

大径鋼管内面円周自動溶接工法の開発

— KEIP 工法について —

Kawasaki Type Electroslag Automatic Internal Girth Welding Method
for Large Diameter Pipes — “KEIP” System —

藤 本 智 也*

Tomoya Fujimoto

堀 義 春**

Yoshiharu Hori

加 藤 誠 一***

Seiichi Kato

明 石 均****

Hitoshi Akashi

坪 井 潤一郎*****

Jun-ichiro Tsuboi

斉 藤 通 生*****

Michio Saito

Synopsis:

As an application of the electroslag welding method which is popular for vertical welding, Kawasaki type electroslag automatic internal girth welding method called “KEIP” system has been newly developed. This welding method has automated the internal girth welding except the pipe top portion by adopting a copper shoe of particular shape and using pressurized CO₂ gas for flux supply and proper combination of welding variables.

Through several welding jobs of water supplying pipes with large diameter and thick wall at some service construction sites, it was revealed that the system was able to ensure high efficiency and good welding quality, and to maintain a clean environment because of little fume generation comparing with the conventional manual welding.

1. 緒 言

水資源の有効利用、水道行政の広域化がクローズアップされるようになり、幹線導配水管に大径鋼管が多用されつつある。

従来から、この種大径水道用鋼管の現場円周溶接継手の接合は手溶接が圧倒的主流を占めている。しかし、継手品質が溶接士の技量に大きく左右され健全な継手を安定して確保しがたいこと、施工

能率が低いこと、熟練溶接士が年々減少していることなどの問題がある。これらの理由から現場自動溶接工法の開発が切望されていた。

本工法はこの要請に応えたもので、エレクトロスラグ溶接法の狭開先化について検討した成果をもとに、これを大径鋼管の円周溶接に応用できるよう改善し、実用化に至ったものである。

2. 狭開先エレクトロスラグ溶接法

* エンジニアリング事業部構造技術研究所主任研究員

*** エンジニアリング事業部バイブライン海洋技術部主査
(掛長待遇)***** 技術研究所溶接研究室室長
(昭和54年5月9日原稿受付)** エンジニアリング事業部バイブライン海洋技術部主査
(課長待遇)

**** エンジニアリング事業部土木・水道技術部

***** 技術研究所溶接研究室主任研究員

今回採用した狭間先エレクトロスラグ溶接法は Fig. 1 の模式図に示すように、機構上は従来のエレクトロスラグ溶接法と異なるところはないが溶接条件につきのような特徴がある。すなわち、

- (1) 電源は直流定電圧電源としワイヤを+側にする。
- (2) 細径ワイヤで高電流密度、低電圧条件を採用し溶込み率を小さくする。
- (3) 開先断面は溶接欠陥が発生しない下限の約 1.3cm^2 に可能な限り近づけるようにする。

この方法によれば従来法に比べて開先断面が $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 、溶接速度が $3 \sim 4$ 倍、入熱量が $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ と高能率、省エネルギーとなり、低入熱化によって熱影響部のぜい化域も狭くなる。また、スラグ溶接のためにアーク光の発生がなく、スパッタ、ヒュームの発生も僅少であるため、管内において溶接環境がクリーンに維持できる利点がある。

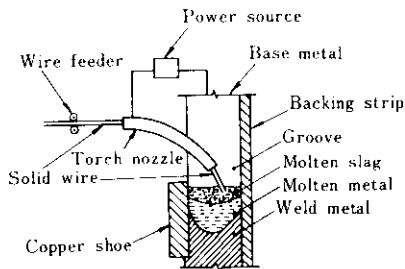


Fig. 1 Schema of narrow gap electroslag welding method

3. 狭間先エレクトロスラグ溶接法の円周溶接への適用性

狭間先エレクトロスラグ溶接法を固定されている鋼管の現場円周溶接に適用するには、各姿勢位置の溶接現象を把握したうえ、その溶接諸条件を設定することが必要となる。このためまず所定の角度に傾けた鋼板供試体を用いて溶接施工性実験を行い、問題点の抽出と適正溶接条件に対する検討を行った。なお、溶接材料としては溶融型フラックスと径 1.6mm のソリッドワイヤを採用した。

以下に記す角度 θ は Fig. 2 (a) に示すように平板供試体と水平面との交叉角を示し、円周溶接位置とは Fig. 2 (b) のように対応する。

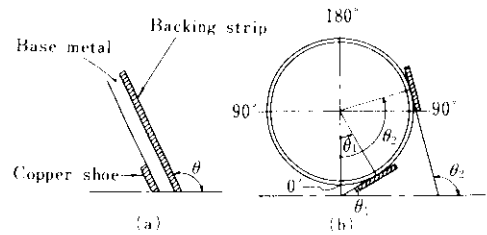


Fig. 2 Relation between inclination (θ) of plane specimen and girth welding position

3.1 溶接位置 $\theta = 0^\circ \sim 30^\circ$ 区間について

この区間は下向き姿勢のエレクトロスラグ溶接領域に相当し、健全な溶接部を得ることが困難とされてきた。

例えば、Fig. 3 (a) に示す銅当金を用いて平板を溶接傾斜角度 10° で溶接するとスラグ溶の流れは Fig. 3 (a') に示す様相を呈し、Photo. 1 のビード断面に見られるような凹形ビードしか得られない。また、溶接中はアークが絶えず発生して溶接の持続が困難となる。これらの現象はピンチ力によりスラグの溶融金属上部への流入が助長される結果、ビード上部にスラグが廻り込み安定したスラグ溶が形成されないために生ずると考えられ、従来の当金を使用する限り、このような現象は避けがたい。これを解決するため Fig. 3 (b) に示すような凹部を有する銅当金を考案した結果、同じ傾斜角度でも前述の現象が消失し、連続した溶接が可能とすることができた。すなわち、スラグ溶の流れは Fig. 3 (b') に示すように銅当金の凹部壁によって阻止されたうえ反転するため、溶融金属と

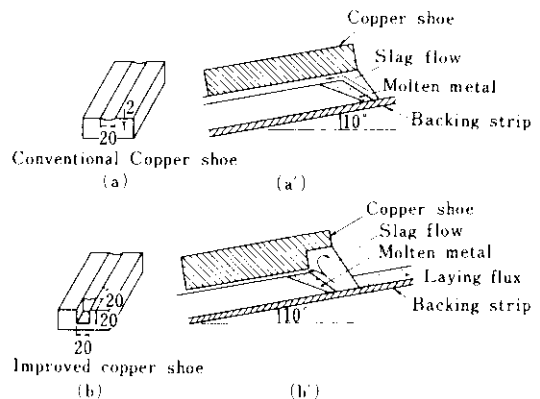


Fig. 3 Influence of the shape of copper shoe on slag flow with the inclination of 10°

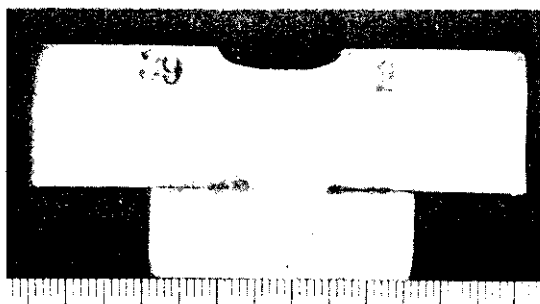


Photo. 1 Example of bead section obtained by using copper shoe shown in Fig. 3(a) in the case of 10° inclined

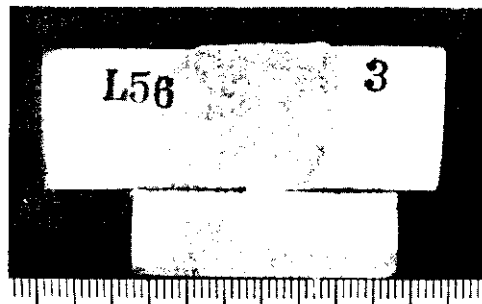


Photo. 2 Example of bead section obtained by using copper shoe shown in Fig. 3(b) in the case of 10° inclined

銅当金の間へのスラグの流入が少なく安定したスラグ浴が形成される。この場合、あらかじめフラックスを両当量、開先内に散布しておくこと反転スラグ流の溶接進行方向への流出が阻止されるため溶接はさらに安定化する。

上記手法で行ったマクロ断面例をPhoto. 2に示す。

す。

Table 1は厚さ20mm、幅300mm、長さ500mmの軟鋼平板を用い、以上のような方法を採用した $\theta=10^\circ$ の溶接性試験結果をまとめたものであり、Table 2は内径2000mm、厚さ18mm、幅300mm、長さ600mmの軟鋼曲面板を用い、 θ が $0^\circ\sim 20^\circ$ の区

Table 1 Weldability test results using plates with dimensions of 20mm thickness, 300mm width and 500mm length in the case of $\theta=10^\circ$

Welding current (A)	Welding voltage (V)	δ (deg)	l_c (mm)	l_b (mm)	l_d (mm)	Stability of welding	Penetration to backing strip
300	38	12	13	30	0	Bad	Bad
		18	8	30	20	Bad	Bad
		22	9	30	10	Normal	Bad
	40	22	9	30	20	Bad	Bad
400	41	18	10	30	16	Good	Normal
		25	10	30	16	Good	Good
		35	10	30	16	Bad	Good
450	41	18	10	30	16	Good	Normal
500	41	18	12	30	20	Good	Normal
					16	Good	Normal
			12	30	16	Good	Normal
	44	18	12	30	20	Bad	Bad

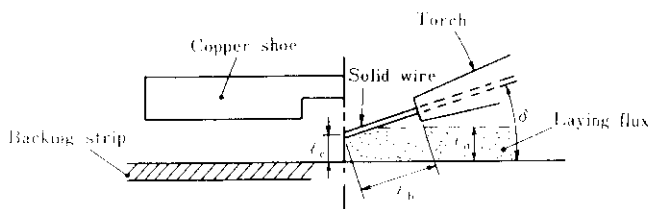
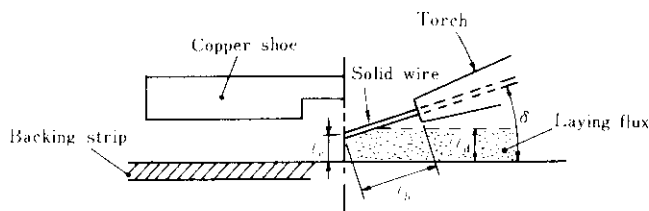


Table 2 Weldability test results using curved plates of 2000mm inner diameter with dimensions of 18mm thickness, 300mm width and 600mm length at the inclination (θ) between 0° and 20°

Welding current (A)	Welding voltage (V)	δ (deg)	t_c (mm)	t_b (mm)	t_d (mm)	Stability of welding	Penetration to backing strip
400	32	30	9.5	30	11	Normal	Bad
	35	30	9.5	30	11	Good	Bad
	38	30	8.0	30	11	Good	Good
					14	Normal	Good
					5	Bad	Normal
					8	Good	Good
			9.5	30	11	Good	Good
					14	Normal	Good
			11.0	30	11	Good	Bad
					14	Normal	Bad



間について連続溶接した結果を一括表示したものである。

これらの表からわかるように溶接電流を 400～500A、電圧を 38～41V、トーチ角度を 20°～30°、ワイヤねらい位置をほぼ板厚中央、散布フลักス高さを 8～16mm にそれぞれ設定することにより円滑な溶接が可能となる。Photo. 3 は $\theta=0^\circ\sim 20^\circ$ 区間で連続溶接したビードを間隔 35mm で切断したマクロ断面の例である。

3・2 溶接位置 $\theta=30^\circ\sim 150^\circ$ 区間について

この区間は先の下向き姿勢よりエレクトロslag 溶接には適した領域であるといえる。溶接にあたってはワイヤ供給速度を一定にして、溶接電流の変化をできるだけ少なくするようにスラグ溶深さを調節する手法をとった。

フลักスの供給は一般に行われている重力を利用した方法では溶接姿勢が上向きになるにつれ困難となるので Fig. 4 に示すように炭酸ガス圧送法を採用した。圧送条件は Fig. 5 に見られるよう



Photo. 3 Example of bead sections at the intervals of 35mm between 0° and 20° in the inclination (θ)

にガス流量が 15～20 l/min のとき飛散量が少なく供給効率の高いことがわかった。ノズル内径は 10mm である。

溶接速度は開先断面積、ワイヤ供給速度によって決まるが、開先のぼらつきや目違いを考慮して

計算速度値より若干高速側にあらかじめタイアール設定し、スラック浴を常時監視しつつ断続走行をした。

上に述べた手法を採用し、 $\theta = 30^\circ \sim 150^\circ$ 区間を Table 3 の条件にて溶接した結果、安定した溶接

が可能でマクロ断面も良好な形状を示した。Photo. 4 に板厚 20mm の場合の $\theta = 30^\circ, 150^\circ$ 位置での溶込み形状を示す。

Photo. 5 はクレータ縦断面形状の例である。同写真にはワイヤの延長方向にヒンチ力 F_H が生じ

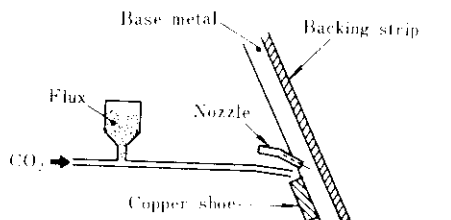


Fig. 4 Flux supplying method by pressurized CO_2 gas

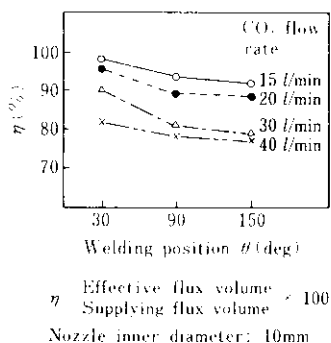
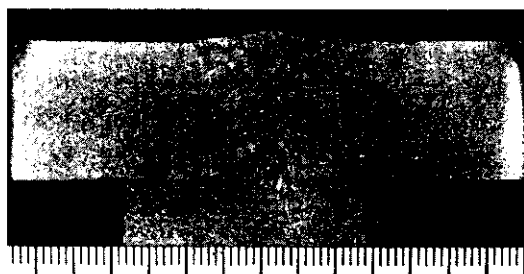
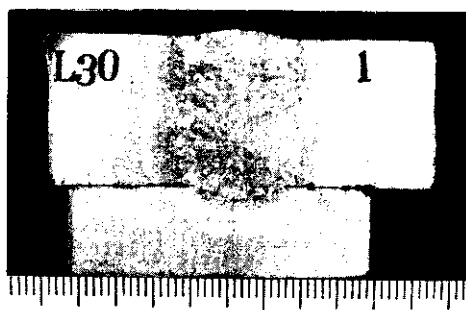


Fig. 5 Effect of CO_2 gas flow rate on efficiency of supplying flux



$\theta = 30^\circ$

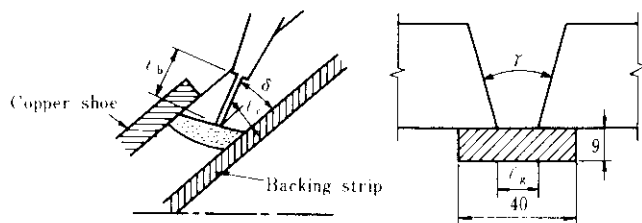


$\theta = 150^\circ$

Photo. 4 Example of bead sections in the case of $\theta = 30^\circ$ and $\theta = 150^\circ$

Table 3 Welding conditions at the inclination (θ) between 30° and 150°

Plate thickness (mm)	Welding current (A)	Welding voltage (V)	δ (deg)	l_b (mm)	l_c (mm)	Groove geometry	
						γ (deg)	l_R (mm)
9	400	35	20	20	4.5	0	20
12	400	35	20	20	6.0	0	16
16	400	35	20	20	8.0	20	8
20	400	41	25	30	10.0	20	6
25	400	41	25	30	12.5	20	4



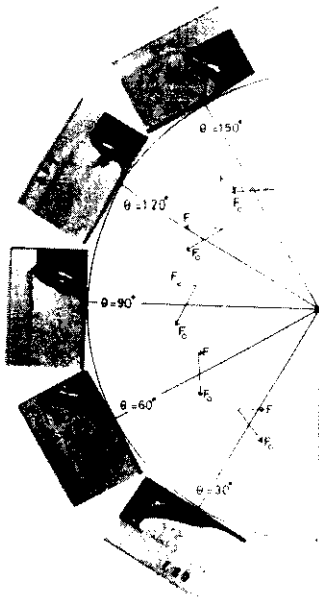


Photo. 5 Example of longitudinal crater sections

ている²⁻⁵⁾と考え、 F_0 の方向とその水平方向成分 F の溶接位置による変化を示している。 θ が 60° より小さい位置では F は銅当金側方向に、 60° より大きい位置では裏当金側方向に働き θ の増加とともに大きくなる。このような性質を有する F が主因となってPhoto. 5に示すような溶着銅端面表面の傾斜度が異なる状態を生じたものと考えられる。

Fig. 6は各溶接位置におけるビード断面形状の一例を示すものであるが、図示のように θ が増加するにつれて表ビード幅が狭くなり、逆に裏ビード幅が広がる傾向にある。この傾向は板厚にかかわらず共通する現象である。

Fig. 7はワイヤのねらい位置とビード断面形状の関係を示したものであるが、均一なビードは一

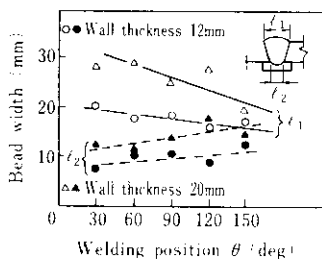
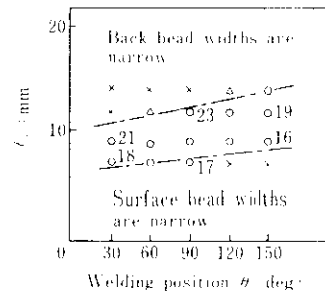


Fig. 6 Relation between bead width and welding position



Figures in the graph show surface bead width (mm)

Bead uniformity
○: Good
△: Normal
×: Bad

Fig. 7 Effect of wire feeding point into molten slag and welding position on bead width

点鎖線で囲まれる範囲で得られた。すなわち θ が増加するにつれて、ねらい位置を銅当金側に移動させる必要があるといえる。

3.3 溶接位置 $\theta=150^\circ\sim 180^\circ$ 区間について

上向き溶接といえるこの区間では、溶融スラグの溶接進行方向への流出や裏当金側への流れこみにより安定したスラグ浴が形成できず完全な溶接は困難である。

以上のとおり、狭間先エレクトロスラグ溶接法を円周溶接に適用した場合、 $\theta=0^\circ\sim 150^\circ$ 近傍までは溶接可能なことが判明した。しかし、溶接が困難な $\theta=150^\circ$ 近傍から管頂部の 180° 区間では手溶接あるいは炭酸ガス半自動溶接などの従来の溶接手法を踏襲することとなる。

4. 水道用鋼管への適用

4.1 溶接装置

本装置の構成と仕様をTable 4に、管内にセットされた溶接機本体の立面図をFig. 8に示す。

溶接ヘッド部（ノズル、走行車輪、開先ならい輪、銅当金から成る）は1個であり、ヘッド調整バーに取付けられた加圧用エアシリンダーの圧力により管内面に押圧される。銅当金だけはさらに4本のスプリングを介して増圧され、開先部に密着する。ワイヤは送給装置によってリールから引

Table 4 Specification of welding apparatus

Components	Specifications	Weight
Welding power source	DC constant voltage type, Input power: 3 phase, 200V AC, 50/60Hz, 42kVA, Output rating voltage: 15~46V, Current: 60~600A, Duty cycle: 70%	210kg
Cooling pump	Water cooling type, Tank capacity: 30 l, Circulative volume: 10 l/min, Electrical source: 3 phase, 200V AC, 50/60Hz	170kg
Wagon A	Power source and cooling pump set on	90kg
Flux supplying unit	Hopper capacity: 1 l, Method: Supplying by use of pressurized CO ₂ gas	90kg
Control unit	Control item: current, voltage, flux volume, welding speed, wire feed, CO ₂ gas flow rate	10kg
Wagon B	Flux supplying unit, control unit and CO ₂ gas vessel set on	110kg
Remote control box	Control item is same as control unit	4kg
Welding equipment	Torch, copper shoe, guide roller, driving motor, oil jack, wire reel, wire feeder, bar for adjusting head, stay bar, supporting post	150kg
Materials consumed	Wire: Solid type KW-50C, 1.6mm ϕ Flux: Fusion type KF-100 Gas: Liquefied CO ₂ for supplying fluxes	20kg/bobbin 25kg/bag 80kg/vessel
Cables and hoses	Output cables: 200mm ² , 2 lines Rubber hoses: 15mm ϕ , 3 lines Control cable: 100mm ² , 2 lines	4kg/m 1kg/m 2kg/m

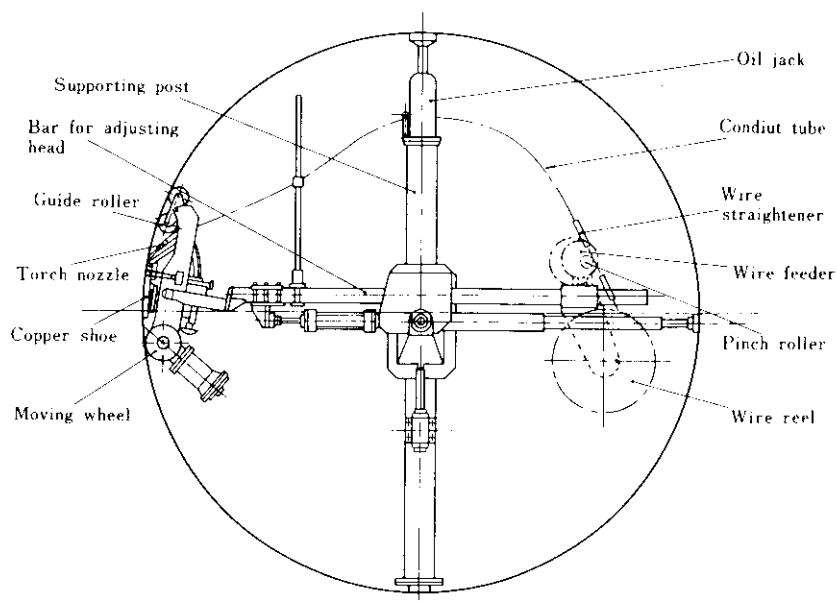


Fig. 8 Front view of welding equipment

出され、ヒンチローラ、ストレートナを経て変形を矯正された後、コンディットチューブを通してノズル先端に到達する。また、支柱を対称軸にして片半周の溶接が完了するとヘッド調整バーを支柱支持点で上下反転させることによって残る片半周の溶接施工が行われる。

Fig. 9 は現場施工時における本溶接装置の管内配列を示したものである。溶接電源と冷却水循環ポンプが1ユニットに、また、フラックス圧送用炭酸ガスボンベ、圧送装置と制御盤が他のユニットとなってそれぞれ別個の台車(Photo. 6, 7 参照)に搭載され、図示のように溶接機本体に後続して随行する。溶接機本体の支柱は開先中心線より250mmの位置にセットされる。本装置の適用管径は1800mm ϕ 以上、管厚は9mm以上である

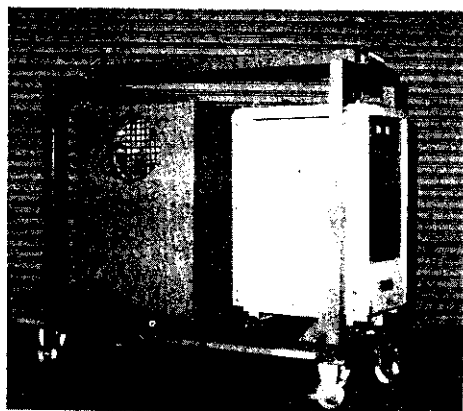


Photo. 6 Wagon A on which power source and cooling pump are mounted

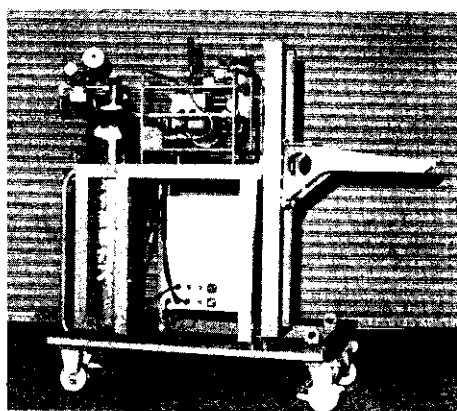


Photo. 7 Wagon B on which flux supplying unit, control unit and CO₂ gas vessel are mounted

4・2 溶接条件

水道鋼管の敷設法には大別して開削法、推進法、隧道内法の3種類があり、Fig. 10 に示すように裏当金タイプと裏波タイプのいずれかの開先を使用することができる。代表的な管厚に対する開先形状をTable 5に示す。開先断面積は1.5~3.0cm²前後である。目違いは2.5mmまで、平面内での曲

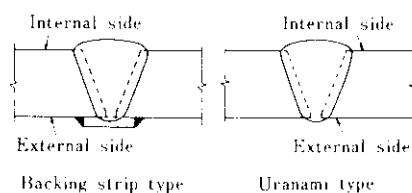


Fig. 10 Edge preparation for water pipeline

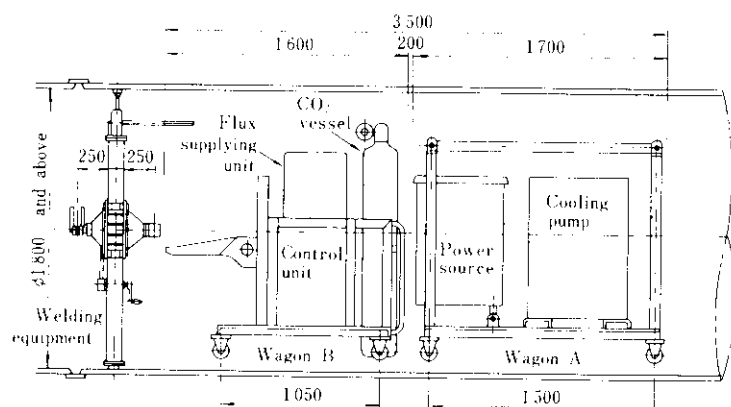


Fig. 9 Arrangement of each components for "KEIP" system in pipe

Table 5 Groove geometry for representative wall thickness

Wall thickness (mm)	Backing strip type	Uranami type
9		
12		
16		
20		
25		

がりは 4° まで許容できる。また、現場溶接条件を Table 6 に示す。なお、開削法および推進法の溶接時に裏当金タイプを採用する場合、裏当金外周上に放熱用銅板(厚さ 10mm×幅 50mm または

Table 6 Site welding condition for representative wall thickness

Wall thickness (mm)	Welding current (A)	Welding voltage (V)	Welding speed (mm/min)	Heat input (kJ/cm)
9	300~320	30~32	70~100	70~160
12	320~340	32~34		
16	360~380	36~38		
20	380~420	38~42		
25	430~460	43~46		

75mm) を巻付ける。

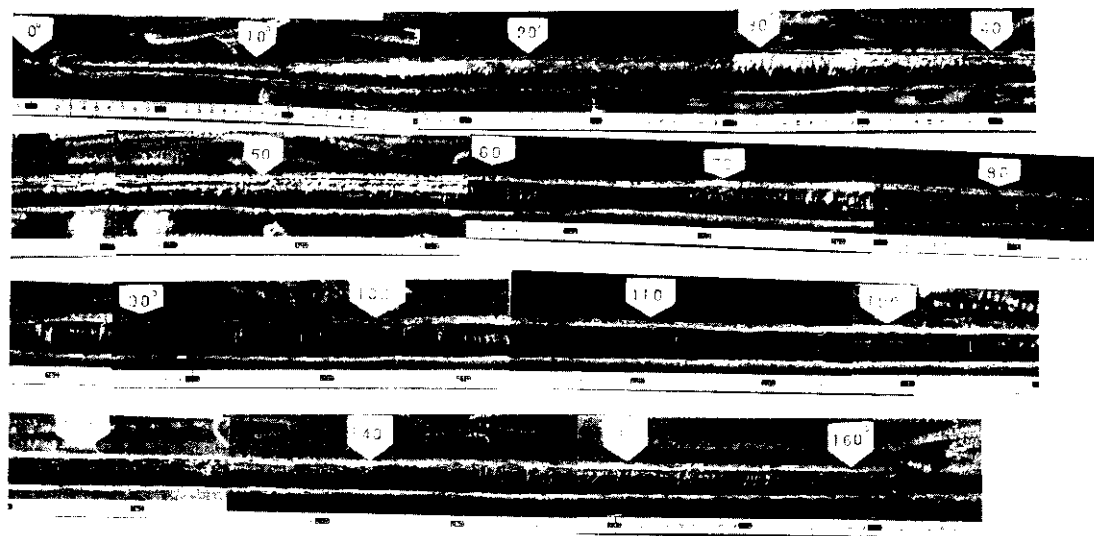
一方、隧道内法で裏当金タイプを使用する場合、当金を 2 重にして異常入熱による貫通防止を施したうえ溶接施工する。

4.3 継手性能

使用頻度の高い STPY 41、呼び径 2000A、管厚 20mm の水道用鋼管を溶接した結果について述べる。

4.3.1 ビード外観

Photo. 8 は溶接位置 $0^\circ \sim 160^\circ$ に至る区間の溶接ビード外観例である。溶接中はピンチ力の効果とワイヤのねらい位置の両者を考慮して自動溶接を行った。これにより、 100° 位置から溶接終端部の

Photo. 8 An example of bead appearances by the change of θ

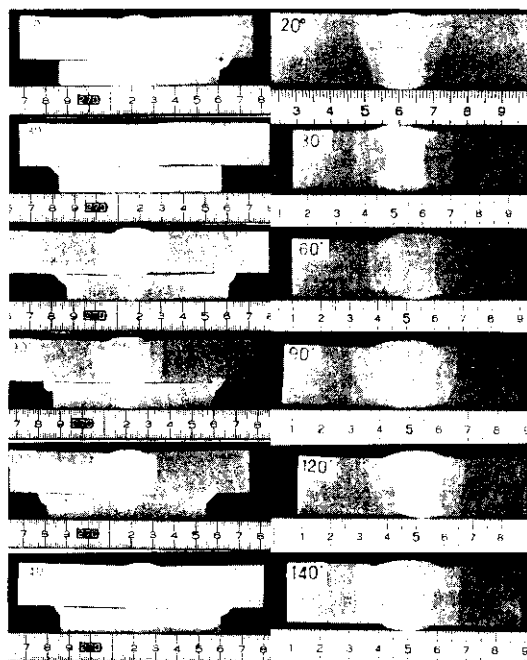
150°位置付近までの区間においても写真に見られるように均一なリード幅が得られている

4・3・2 ビード断面

Photo. 9 は裏当金タイプ、裏波タイプ両者のビード断面を示したものであり良好な性状を示しているのがわかる

4・3・3 継手引張、曲げ、衝撃、硬さ試験

溶接材料は溶融型フラックス KF 100 と径 1.6 mm のソリッドワイヤ KW 50C を使用した。供試ワイヤ、母材ならびに溶接金属の化学組成を一括して Table 7 に、引張試験結果を Table 8、Photo. 10 に、曲げ試験結果を Photo. 11 に示す。また衝撃



Backing strip type Uranami type

Photo. 9 Difference of bead sections between backing strip type and uranami type

Table 7 Chemical composition of filler wire, pipe body and weld metal (wt %)

	C	Si	Mn	P	S	Mo
Filler wire	0.06	0.30	1.50	0.010	0.010	0.50
Pipe body	0.17	0.20	0.80	0.020	0.015	
Weld metal	0.07	0.31	1.24	0.015	0.012	0.31

Table 8 Tensile test results of three pieces of weld joint

Tensile strength (kg/mm ²)	Fracture location	Specification for test piece
49.5	Base metal	JIS Z 3121 No. 3
50.9	Base metal	
50.0	Base metal	

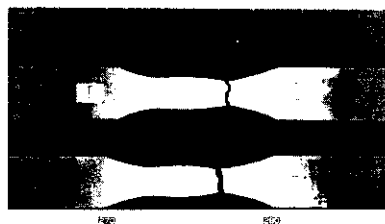


Photo. 10 Tensile test specimens tested

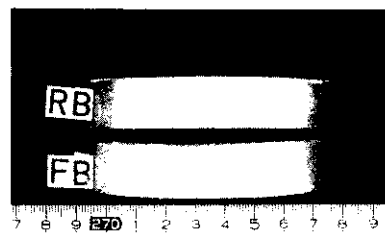


Photo. 11 Bend test specimens tested

試験結果は Fig. 11 のとおりである。ノッチ位置は溶接金属中央部で Z 方向である。一方、ビード断面の硬さ分布は荷重 10kg のヒッカース硬さを測定した。結果を Fig. 12 に示す。測定位置は $\theta = 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ における管厚中央線上である。ヒッカース値は溶接金属部であり、その値は 180~195 であって異常な硬化は認められない。

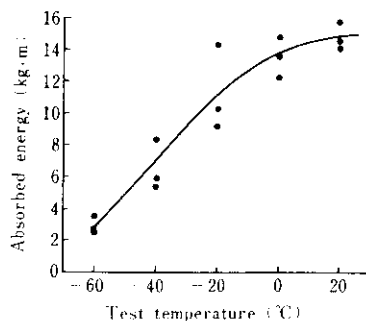


Fig. 11 Charpy impact test results of weld metal

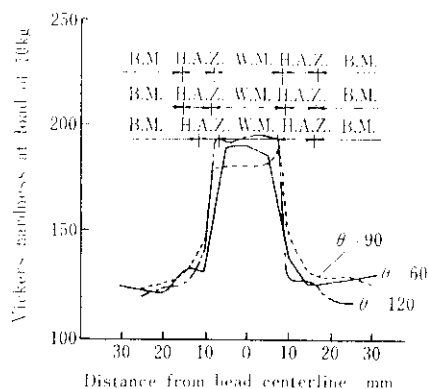


Fig. 12 Hardness value of weld joint

4・4 工事施工例

4・4・1 海水取水管接合工事

当社千葉製鉄所西工場で実施した自動溶接によるサイクルタイムの平均値を Fig. 13 に示す。

一方、これと並行して実施した手溶接作業との能率比較を Table 9 に示す。自動溶接は人員、機

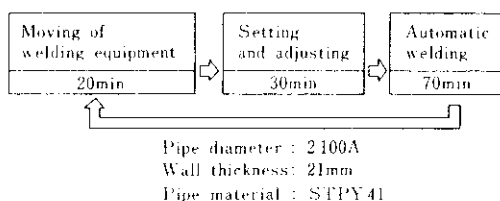


Fig. 13 Example of cycle time by "KEIP" system

Table 9 Comparison of "KEIP" system with manual welding in efficiency

Job item	"KEIP" system		Manual welding	
	Number of persons required	Time (min)	Number of persons required	Time (min)
Lowering in and lining up of pipe	4	150	3	80
Automatic welding job	2	120		
Manual welding job including gouging	2	150	2	800
Total	8	420	5	880
Total labor (man·h)	56.0		73.3	

器投入量は多いものの手溶接能率の約2倍、工数は手溶接に対して約30%減のメリットがある。

また、本管塗覆装の熱損を判断するため自動溶接時における管体の温度をCA熱電対と温度チョークを用い測定した結果を Table 10 に示し、また作業環境の管理条件を知るため実施したヒュームおよびガス濃度の管内での測定結果は Table 11 のとおりである。Photo. 12 には作業現場を示す。

Table 10 Peak temperature of pipe surface by "KEIP" system

Measuring point	Time until peak temperature (min)	Peak temperature (°C)
No. 1	25	149
No. 2	37	65
No. 3	40	73
No. 4	43	23
No. 5	44	26

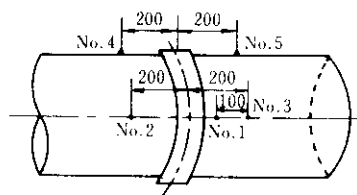


Table 11 Measured amounts of welding fumes and gas concentration in pipe

Fume concentration (mg m ⁻³)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)	HF (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₂ (ppm)	O ₂ (%)
0.42	<1	830	<0.1	<0.1	<0.01	21

Temperature: 18°C, Humidity: 28%, Wind velocity: 0.50m/s



Photo. 12 Construction site view

4・4・2 千葉県工業用水道幹線導水路 接合工事

鋼管は材質 STPY41, 呼び径 2200A, 管厚 19 mm, 単管長 4m であり, 開削法で敷設した。開先は裏当金タイプである。サイクルタイムは既述の海水取水管工事に比べ 30min 増加して 150min となったが, 冬期工事のため水分除去を目的とした開先部の乾燥に時間を要したからである。自動溶接の不可能な管頂部近傍の手溶接作業時間は 120~180min, 一方, 管底部の自動溶接継目部近傍のガウジングならびに仕上げ溶接作業には 60~90 min を要した。

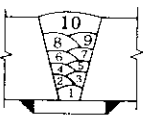
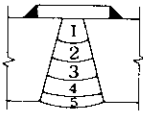
Table 12 に手溶接作業条件と積層を示す。1日あたりの接合口数は自動溶接と手溶接を併行させることにより 2ジョイントとなった。溶接後, 全

数全周にわたって JIS Z 3104 にもとづき放射線透過試験を実施したが自動溶接部についてはすべて 2 級以上であり, うち 1 級が 90% を占める好成績であった。Photo. 13 に溶接施工状況を示す。



Photo. 13 Welder on the job and welding head

Table 12 Manual welding condition of flat and overhead position

Welding position	Welding current (A)	Welding voltage (V)	Pass sequences
Flat	160~170 by 4mm ϕ rod	26~28	
	220~250 by 5mm ϕ rod		
Overhead	120~130 by 3.2mm ϕ rod	26~28	
	130~150 by 4mm ϕ rod		

5. 結 言

数多くの室内実験と現場実験をとおり, 立向き溶接に汎用されてきたエレクトロスラグ溶接法を水平固定管の円周溶接に導入し, 実用化することに成功した。

今後, 急増が予想される大径, 厚肉水道用鋼管の現場円周溶接にあたり, 本工法が継手品質の高度安定化, 作業能率の向上ならびにコスト低減の諸長所をもって水道界に貢献できるものと信ずる。

参 考 文 献

- 1) 坪井, 新行内, 徳久: 溶接学会第54回溶接法研究委員会資料, (1975), 5
- 2) 安藤, 和田ほか: 溶接学会誌, 39 (1970) 7, 69
- 3) 安藤, 和田ほか: 溶接学会誌, 40 (1971) 10, 62
- 4) 安藤, 和田ほか: 溶接学会誌, 40 (1971) 11, 28
- 5) 安藤, 和田ほか: 溶接学会誌, 42 (1973) 2, 18