

# エレクトロガスアーク溶接による 細幅板継ぎ溶接工法の実用化

## Practical Use of Narrow Steel Plates Butt Joint Welding by Using VEGAS (Vertical position Electro-Gas Arc welding System)

成宮 隆雄\* 伊東 孝\*\*  
Takao NARUMIYA Takashi ITOH

### Summary

For narrow steel plates in steel bridges, such as the flanges of plate girders and longitudinal ribs of box girders, butt joint welding is inefficient because of the short length of each welding joint.

In order to avoid this inefficiency, we conducted experiments and studies on butt welding for narrow steel plates by using VEGAS (Vertical position Electro-Gas Arc welding System).

This report describes the successful results of these experiments and studies on VEGAS's practical use, especially the toughness of the welding joint and the negligible deformation, which have proved the availability of the VEGAS for practical use.

### 1. まえがき

橋梁製作において板桁のフランジおよび箱桁の縦リブ等細幅鋼板の板継ぎ溶接継手がかかなり多く見られる。従来これらの細幅鋼板の板継ぎ溶接は、両面からのサブマージドアーク溶接が行なわれており、1継手長が短く本体を溶接しているのかエンドタブを溶接しているのか分からない状態で、溶接能率が著しく悪い。更に両面からの溶接ではあるが、溶接角変形が大きく、これらを1枚1枚機械矯正しなければならぬだけでなく、細幅長尺で1部品に数ヶ所の継手がある場合があり、面内溶接変形により平面曲がり矯正が必要となることもある。

以上のように、細幅板継ぎ溶接に対してサブマージドアーク溶接は効率的な溶接工法とはいえず、細幅(800mm以下)板継ぎ溶接に適した専用溶接方法の検討を行なった。検討にあたって、特に下記事項を留意した。

- ① 両面溶接のためのワーク反転作業を行なわない。  
(即ち片面溶接とする。)
- ② 板継ぎ材片組立のための仮付け溶接を行なわない。
- ③ 溶接による角変形および平面曲がりの矯正作業を行なわない。
- ④ エンドタブの取付け溶接を行なわない。
- ⑤ 溶接パス数は可能な限り少くし、出来れば1層1パス溶接(1ラン溶接)とする。
- ⑥ 継手のX線品質が十分満足出来るものであると共に

に、継手性能も所要の規格を満足するものとする。

- ⑦ 材質はSM58までとし、適用板厚は9mm~32mmまでとする。

これらの条件を満足させるため多くの溶接方法および工法(装置化)を検討した結果、「立向きエレクトロ・ガスアーク溶接法」が細幅板継ぎ溶接としては最適であり、この工法を「VEGAS」(立向きエレクトロ・ガスアーク溶接システム)と称し、実用化開発を行なった。

本報では「VEGAS」の実用化に目どがつくと共に、細幅板継ぎ専用溶接工法として、装置化・ライン化を計ることになったので、これらの紹介を兼ねて、主として継手靱性に関する試験結果を報告する。

### 2. 溶接方法および溶接装置

VEGASの基本的な溶接装置は日鐵溶接工業製の「VEGA」を用いたものである。基本的な溶接法を図-1に示した。

本工法の特徴は下記の通りである。

- ① 立向き溶接のためのワークの反転は不要。
- ② 拘束治具により継手の仮付け溶接は不要。
- ③ 原則的に1ラン溶接であり、裏・表のビード幅がほぼ同じであるため溶接角変形は極端に少く、矯正作業は省略可能である。又鋼板長手方向の溶接収縮に関しては、全く無拘束な治具で鋼板をクランプし

\* 千葉工場製造部長

\*\* 千葉工場製造部生産技術課長

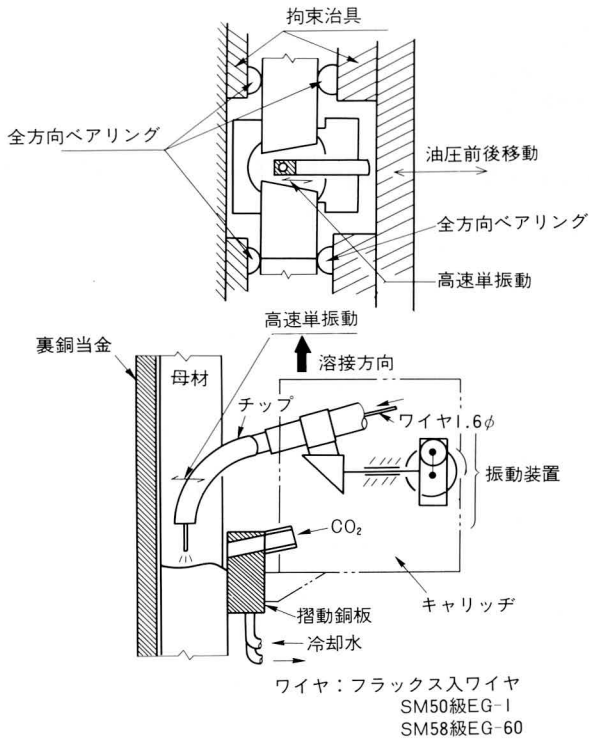


図-1 「VEGAS」溶接方法の基本原理

ているため平面曲がりもほとんどない。

- ④ エンドタブは水冷銅板を用いるため、鋼製エンドタブの取付けは不要。
- ⑤ 原則的には1ラン溶接である。例えば、板厚25mm板幅500mmの板継ぎ溶接の場合溶接所要時間は約5分である。
- ⑥ 本工法の装置は作業員1名で取扱うことができる。又継手溶接能率は従来工法の5～10倍になると思われる。

### 3. 溶接試験結果

#### (1) 角変形、面内変形および収縮量の測定結果

図-2 に変形・収縮測定のための試験片の形状と寸法を示した。角変形および面内変形量の測定結果を図-3 に、溶接横収縮量の測定結果を図-4 に示した。

1ラン溶接またはX開先2ラン同時溶接の場合は著しく小さく矯正の必要はない。一般的に矯正不要の限界角変形は1mm/1m、面内変形量は0.5mm/1mと考えている。

横収縮量は、予想に反して板厚が厚く溶接量の多い方が小さい傾向が認められたが、大略1mm程度であった。

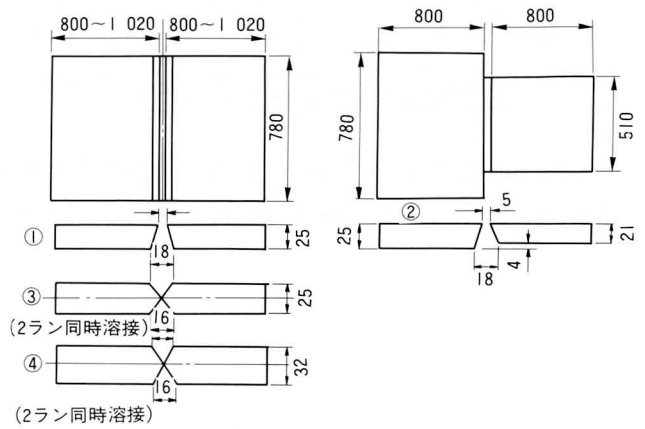


図-2 変形・収縮測定試験片の形状・寸法

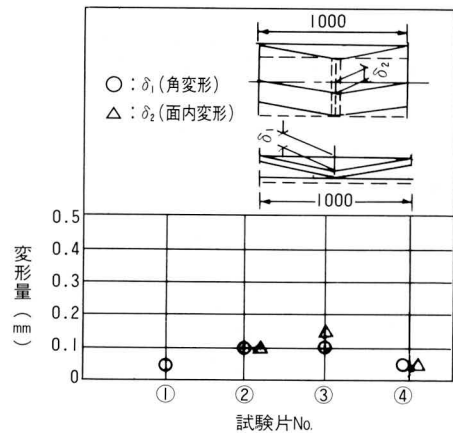


図-3 角変形および面内変形量測定結果

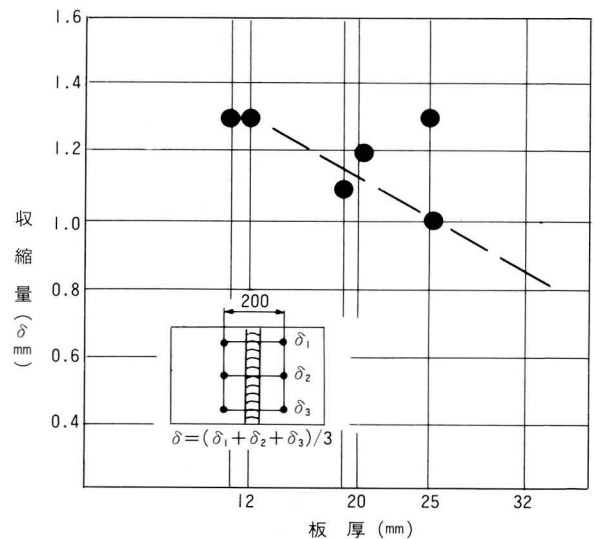


図-4 溶接収縮量測定結果

#### (2) SM58Q鋼の溶接継手性能試験

VEGASにおける立向きエレクトロ・ガスアーク溶接では、板厚19mm以上を1ラン溶接すると計算上の入熱



(a) 継手HAZ部冷却時間の測定

図-7(a)に示した要領でHAZ部の温度測定のため熱電対差し込み孔を明け、電磁オシログラフに溶接熱サイクルを記録し、800~500℃の冷却時間を測定し図-8に示した。温度測定は板厚中央で測定したこともあり、強制冷却は冷却時間にほとんど影響を与えていない。しかしながら入熱量が増加すると800~500℃までの冷却時間は比例的に増加している。

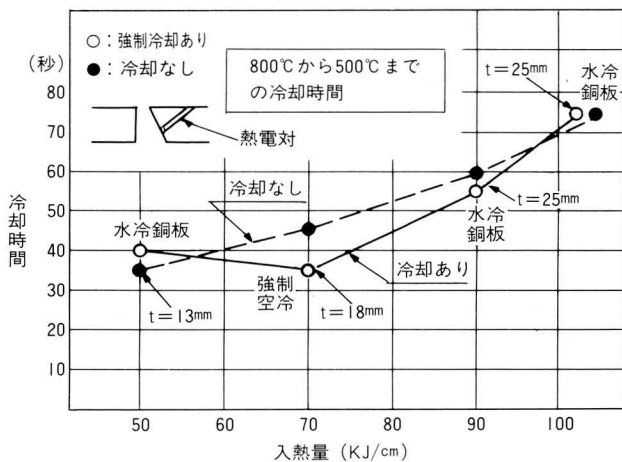


図-8 入熱量とHAZ部冷却時間

(b) 計算入熱量と実質入熱量

立向きエレクトロ・ガスアーク溶接では、溶接電流はそれ程高くないが溶接速度が遅いため計算上の入熱量はかなり高くなる。しかしエレクトロ・ガスアーク溶接は原理的には熔融金属が水冷銅板で囲まれた中で凝固するので、母材の顕微鏡組織に影響する冷却速度は、他の溶接方法での同一入熱と較べて早くなると考えられる。

参考のためHAZ部の冷却速度の測定結果と顕微鏡組織の観察を基に、別途求められている高張力鋼のCCT曲線図にあてはめて、フェライトの析出と成長から推定したところ、入熱量基準値設定のサブマージドアーク溶接法に較べ実質的な入熱は20~30KJ/cm程低くなることが分った。即ちエレクトロ・ガスアーク溶接での計算入熱10KJ/cmは、顕微鏡組織から見るとサブマージドアーク溶接での計算入熱量80~70KJ/cm位に相当すると考えられる。

(c) 顕微鏡組織試験

板厚18mm、25mmの継手について断面マクロ試片を採取し、板表面から2ミリメートルのところのボンド部、HAZ部1mm、2mm、3mmの位置の顕微鏡組織の1例を写真-1~4に示した。HAZ部2mm以上に較べボンドおよび



写真-1 顕微鏡組織 (BOND部)



写真-2 顕微鏡組織 (HAZ部 1mm)



写真-3 顕微鏡組織 (HAZ部 2mm)

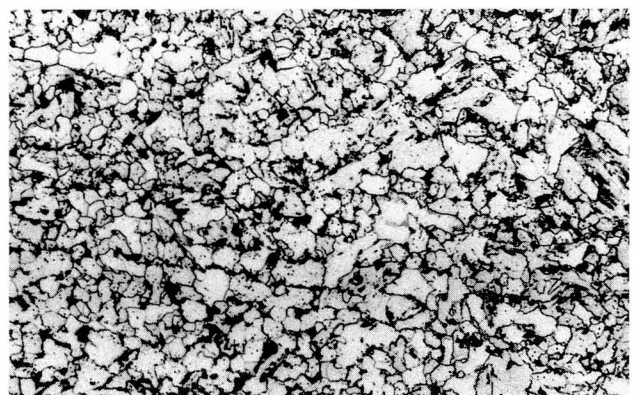


写真-4 顕微鏡組織 (HAZ部 3mm)

HAZ部 1 mmでは粗粒化の傾向が認められた。

(d) 衝撃試験

各継手の溶接条件と衝撃試験結果を表-3に示した。

図-9に各継手の衝撃試験結果のまとめを示した。図-10に入熱量とボンド部及びHAZ 1 mmでの衝撃値の関係を示した。全継手においてノッチ位置に関係なく規格値 4.8kg・m を満足できた。又板厚13mm、18mmの比較的薄板では強制冷却の効果が認められた。

入熱量と衝撃値の明確な相関は認められなかったが、少

くとも入熱の増加によって衝撃靱性が低下している傾向は認められていない。

(e) 断面マクロ試験

各継手について断面マクロ試験を行なったが、欠陥は認められなかった。代表的な断面マクロを写真-5~6に示した。なお各継手とも継手試験片の採取に先立って放射線透過試験を行ったが、欠陥は全く認められなかった。

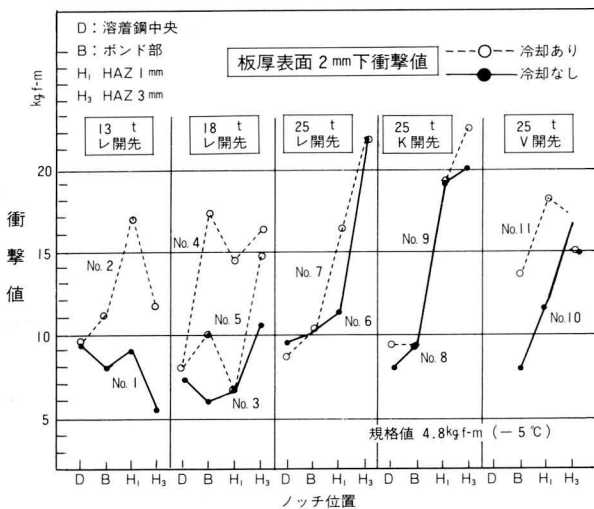


図-9 ノッチ位置衝撃試験結果

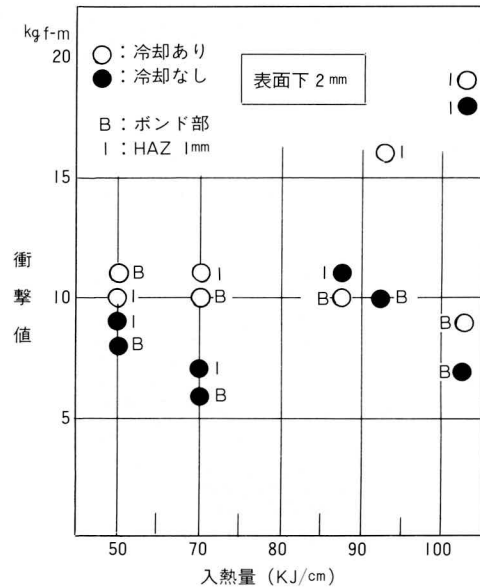


図-10 入熱量と衝撃値

表-3 溶接条件と衝撃試験結果

板厚 mm 開先形状	No.	冷却	溶接条件				試験片位置	衝撃値 kg f-m (試験温度 -5°C)							
			A	V	速度	入熱量		DEPO	BOND	HAZ 1mm	HAZ 3mm	HAZ 5mm			
13 レ開先	1	なし	320	37	cm/min 10.5	Kj/cm 50.7	表面下 2 mm	9.4	8.3	8.8	5.9	21.0	20.2		
							2 mm	10.2	9.4	12.7	5.2	18.9			
13 レ開先	2	あり	320	37	10.5	50.7	表面下 2 mm	8.0	6.4	5.7	5.4	20.8	25.2		
							2 mm	9.1	13.6	12.9	8.0	25.6			
18 レ開先	3	なし	380	39	12.5	71.1	表面下 2 mm	7.7	5.2	2.0	16.4	24.7	24.5		
							2 mm	8.0	7.3	6.7	6.0	5.4		24.5	
							2 mm	6.2	12.7	12.7	5.2	24.1			
18 レ開先	4	あり	380	39	13.3	66.9	表面下 2 mm	8.0	18.1	3.5	19.5	25.6	25.1		
							2 mm	8.3	8.2	17.6	17.3	14.4		17.8	25.0
							2 mm	8.3	16.2	16.2	11.3	24.7			
18 レ開先	5	あり 強制空冷	38	39	12.5	71.1	表面下 2 mm	8.6	11.7	7.0	15.4	21.3	23.8		
							2 mm	8.1	8.3	13.1	10.3	5.2		21.1	25.8
							2 mm	8.1	6.2	6.2	6.3	8.3		14.9	24.4
25 レ開先	6	なし	390	40	10.6	88.3	表面下 2 mm	9.4	9.1	15.3	18.4	26.5	26.4		
							2 mm	10.2	9.6	14.2	7.3	11.4		20.8	21.5
25 レ開先	7	あり	390	40	10.2	91.8	表面下 2 mm	9.4	6.9	22.8	26.8	26.4			
							2 mm	8.5	9.1	15.3	22.3		20.2		
25 K開先 2パス溶接	8	なし	BP 320 FP 320	37	13.5	52.6 +52.6 105.3	表面下 2 mm	6.7	10.0	19.2	19.2	24.4	24.7		
							2 mm	8.3	8.0	4.5	9.9	19.8		19.5	20.2
25 K開先 2パス溶接	9	あり	BP 320 FP 320	37	13.5	52.6 +52.6 105.3	表面下 2 mm	8.9	15.1	18.7	21.8	24.8	24.6		
							2 mm	9.7	7.5	21.6	22.8	23.9			
25 V開先	10	なし	390	40	12.1	77.1	表面下 2 mm	9.1	9.4	9.7	9.4	17.6	19.2	24.6	
							2 mm	9.4	11.1	11.1	20.0	25.6			
25 V開先	11	あり 銅板と空冷併用	390	40	11.9	78.1	表面下 2 mm	—	—	11.9	18.1	18.9	—		
							2 mm	—	—	17.7	18.9	17.0		17.0	
25 V開先	11	あり 銅板と空冷併用	390	40	11.9	78.1	表面下 2 mm	—	—	11.3	13.2	18.3	18.1	—	
							2 mm	—	—	11.0	18.9	16.2			

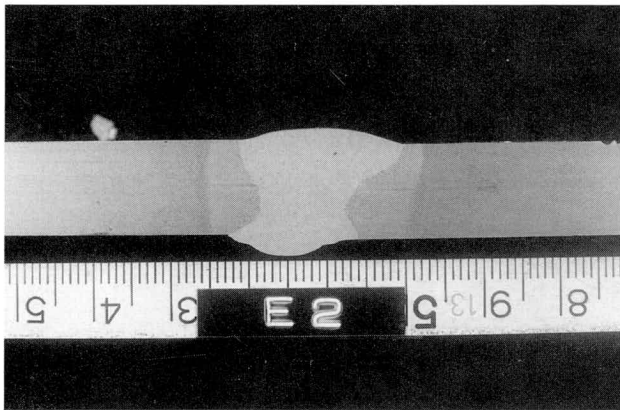


写真-5 断面マクロ (板厚13mm)

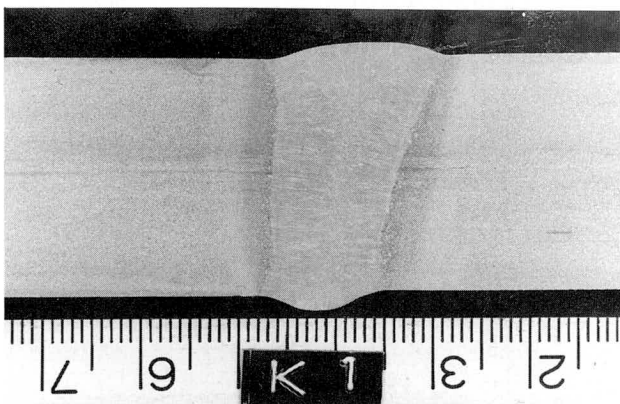


写真-6 断面マクロ (板厚25mm)

#### 4. VEGASのライン化

細幅板継ぎ溶接の専用溶接工法として、立向エレクトロ・ガスアーク溶接システム (VEGAS) の実用化開発を行なった。これらの成果を基に千葉工場板継ぎ溶接工程に同装置を設置すると共に、板継ぎ以後の工程であるビード余盛自動仕上げ装置、幅テーパ自動切断装置および放射線透過試験装置全てをローラーコンベアで結んだ「VEGAS」ラインとして設置した。これらのラインが完全に稼働するのは63年2月の予定であるので、全ラインについては次号にでも紹介するつもりであるが、VEGAS溶接装置についてのみ写真-7に示した。又同装置のトーチ廻りについての概略図を図-11に示した。

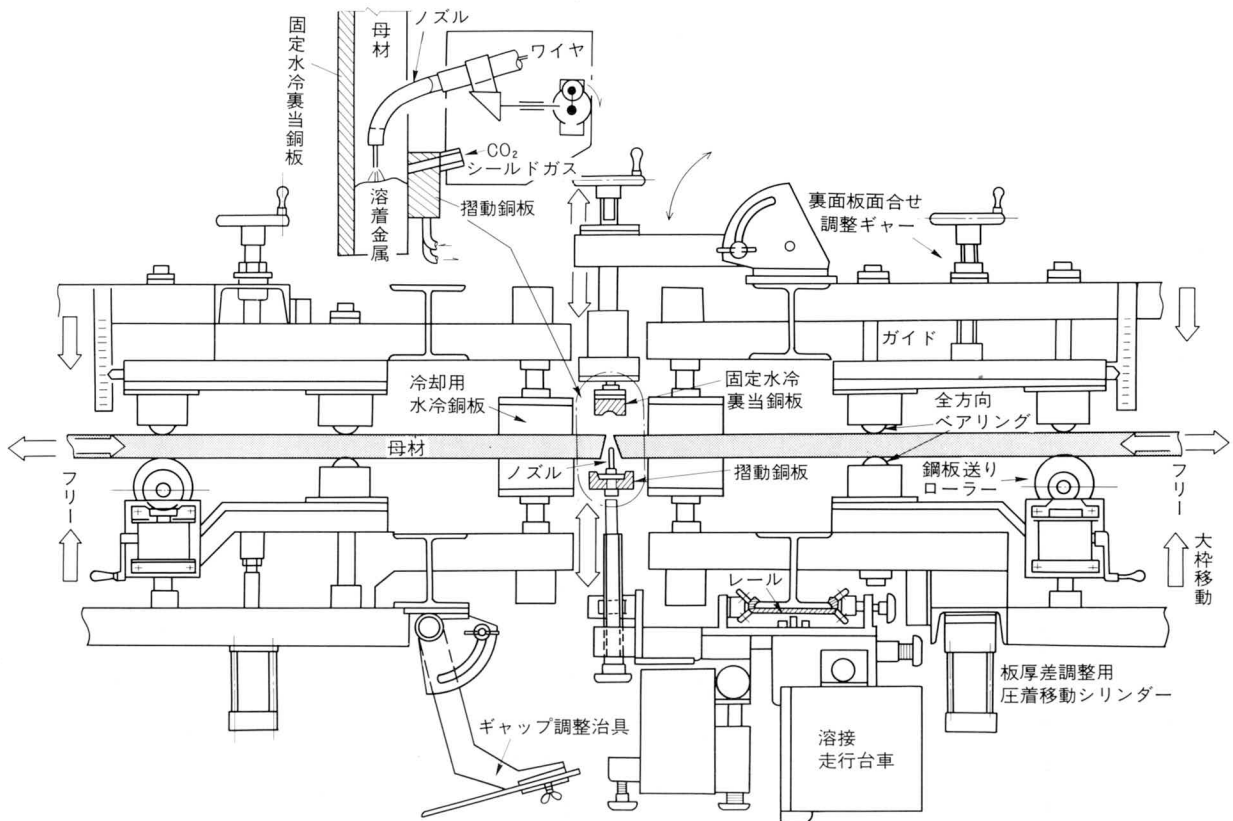


図-11 「VEGAS」溶接装置トーチ廻りの概要

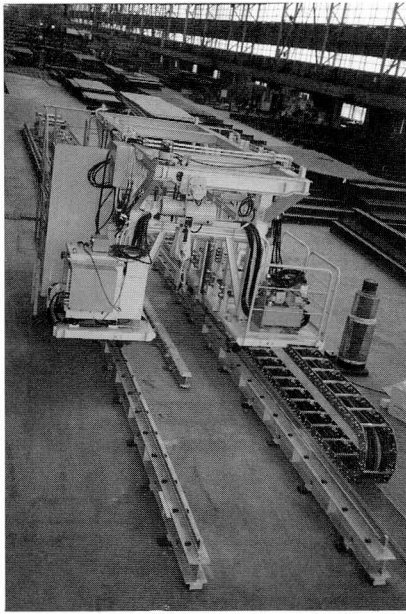


写真-7 VEGAS溶接装置

## 5. あとがき

鋼橋に使用されている高張力鋼の溶接性に関する品質向上は著しいものがあり、最近では割れ感受性および大入熱脆化感受性の著しく低い高張力鋼TMCP鋼(Thermo Mechanical Control Process)が実用化されている。製作工法もこれらの技術革新の成果を積極的に取り入れ、鋼橋としての機能や品質に関与しない作業や工程、例えば仮付け溶接、溶接後の矯正作業等は、機械化、装置化していくとか、変形のない溶接工法をとるとかして、出来る限り省略していくことが重要であると考えます。

本工法(VEGAS)は従来の考え方にとらわれることなく、立向き1ラン溶接に挑戦し、十分な施工実験を基にライン化した。今後運用面での多くの改良改善を図りながら、鋼橋の精度および溶接品質の向上に努めていくつもりである。

最後にVEGASにおける本溶接工法の開発にあたっては、日鐵溶接工業(株)の多大なる御尽力がありました。紙上を借りて心から感謝の意を表すものであります。

## グラビア写真説明

### 中郷第二高架橋

日本道路公団の常磐自動車道は、現在は日立北インターで一般道路に連絡している路線であるが、63年3月に勿来までの北伸部分が開通する予定である。中郷高架橋及び日棚高架橋工事は、この北伸部分の下り線「中郷パーキングエリア」を過ぎてすぐの山合いに位置し、3径間連続鉄桁4連づつの2橋からなる工事である。

上空から見ると、工事起・終点でS字型の美しい橋であるが、走行中にはこの景観が見えないのが残念である。騒音の中での休日ではゆっくり休養できない、と思われる方々には、今度開通する部分を利用したドライブコースを推奨したい。歴史愛好家や古い歌を愛する人々の為の「勿来の関」、童話、唱歌愛好家には、野口雨情の「雨情記念館」、名所巡りでは、「袋田の滝」、「花園溪谷」などがあり、運転に疲れたら温泉にでもどっぷりと浸かって、明日の英気を養うには絶好の小旅行コースとなるであろう。(藤井)

### 国道330号橋梁

本橋梁は、県道153号線バイパスと国道330号線とのインターチェンジであり、4本のランプウェイで構成されている。沖縄本島の中部、コバルトブルーの海岸線を見渡せる高台に位置し、付近には真久原遺跡及び牧港貝塚等の文化財も点在している。

昭和62年10月に開催された沖縄国体を目標に施行され、近い将来沖縄自動車道と西原バイパスで連結されるとともに、将来的には西海岸道路整備に連系するものである。また本橋梁は、昭和49年当社施行の浦添大橋に取付くものであり、因縁の深さを感じるとともに、床版打設後現場において行なった大鍋のヒージャー(山羊料理)の味は格別であった。また早い時期にこのような機会に巡り合えることを願っている。(尾崎)