

# 橋梁工場の鋸桁自動製造ラインの開発

## Development of Automatic Plate Girder Manufacturing Line at the Bridge Factory

山根 信<sup>\*<sup>(1)</sup></sup> 浅井良彦<sup>\*<sup>(2)</sup></sup> 副島幸二<sup>\*<sup>(3)</sup></sup> 藤田 泰<sup>\*<sup>(4)</sup></sup>  
*Makoto YAMANE Yoshihiko ASAI Kotuji SOEJIMA Yasushi FUJITA*

### 抄 録

新日本製鐵若松鉄構海洋センター橋梁工場に新設された I 組製造ラインとスティフナー自動溶接機について、開発経緯、装置概要、溶接条件、溶接品質、操業結果を紹介した。I 組製造ラインの特徴は、組立・溶接方法の改善により、ライン全長80m で50min/本の桁製作能力を可能にすると共に、溶接外観に優れた形状を得ていることである。スティフナー自動溶接機はウォッシュプライマーが塗布された鋼板に対しピットが生じない高速溶接条件を求め、45cm/min の溶接速度を得ている。

### Abstract

The I-shape manufacturing line and automatic stiffener welding machine newly installed at the Bridge Factory of Nippon Steel's Wakamatsu Fabrication Center are described, including the background of development, the outline of equipment, welding conditions, weld quality and the results of operation. Though the I-shape manufacturing line is 80 m in overall length, it can manufacture one plate girder with good weld appearance in 50 minutes by employing the improved assembling and welding methods. For the automatic stiffener welding machine, a welding speed of 45 cm/min has been established as the optimum speed at which the steel plate provided with a coating of wash primer can be welded without causing pits.

## 1. 緒 言

鋼橋業界は、技能労働力、特に将来工場操業の中心となる若年層の製造現場離れによる不足が顕著となっており、プレストレスコンクリート(PC)橋との激しい競争とあいまって産業基盤の変革が不可避となっている。このような状況下で、橋梁工場においても将来の労働集約型生産形態から各種の自動化システムを導入した装置中心の生産形態へ変革すべく、新自動機械・技術を開発し、自動生産ラインを設置した。

一般に鋼橋は、一橋ごとに設計される少量受注生産であるため、繰り返し動作の自動化をねらったティーチングプレイバック方式のロボットでは省力効果は少ない。熟練工不足及び品質精度向上に対応するため、製造ラインの上流工程である加工設計・原寸工程では、計算機やCADAMを利用した設計情報の数値化及び加工用データの自動作成を進めている。その一元管理されたデータをベースに編集する情報で、下流工程の郵書・穴明け・溶接工程のNC自動機械を操作できる。溶接継手の80%が4～9mm脚長のすみ肉溶接継手であり、製造工法の工夫により自動化しやすいパネル状態で溶接できる。

以上の条件から工場の製造ラインを分割統合し、図1のレイアウト

トに示すようなそれぞれの特徴に応じたファクトリーオートメーション(FA)化を実施した。鋸桁製造ラインの開発の要点を以下に示す。

(1)既存の狭い工場スペースを有効に活用するため

- (i) I 組立時の部材反転回数を少なくして I 組製作ライン長を短くする。
- (ii) 高能率溶接プロセス (HIWELD) を採用し、多電極で、かつ溶接速度を通常の CO<sub>2</sub> 半自動溶接の 2 倍に上げて溶接時間を短縮する。
- (iii) 上位の CAD データを利用した加工情報のオフラインティーチングで NC 自動機械を操作し、多様で複雑な部材の無監視自動操作を行う。図 2 に NC データの作成・チェックフローを示す。

(2)品質向上のため

- (iv) 熟練技能工の不足に対応するため、溶接ノウハウを体系化して溶接ライブラリーにセットし、知能型ロボットに組み込み、オペレーターの脱技能化を果たす。
- (v) 外観を重視する橋梁溶接品質に応えられるよう、水平横向きでもオーバーラップ形状の少ない等脚長すみ肉溶接を実施する。
- (vi) 大溶着速度の得られるメタル系フラックス入りワイヤーを使用し、溶接条件を適正に調整することで、プライマーを除去しないでもピットの発生しない高速すみ肉溶接を可能とする。

図 3 に鋸桁自動生産ラインのフローチャート及び装置の特徴について示す。

\*<sup>(1)</sup> 鉄構海洋事業部 若松鉄構海洋センター 工場長

\*<sup>(2)</sup> 吉川工業(株) 若松鉄構事業所 次長

\*<sup>(3)</sup> 鉄構海洋事業部 技術開発部 掛長

\*<sup>(4)</sup> 鉄構海洋事業部 橋梁構造部 室長

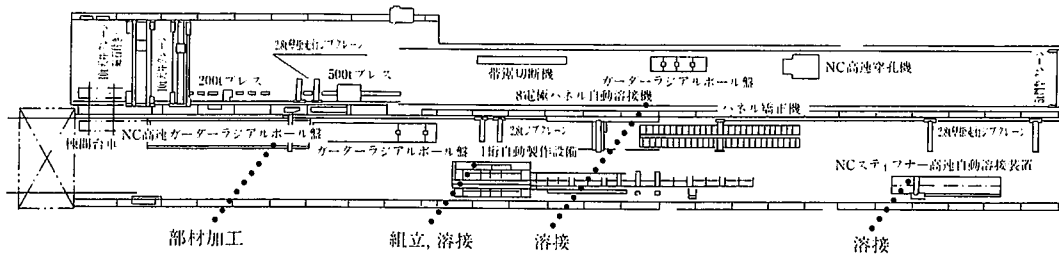


図 1 工場レイアウト

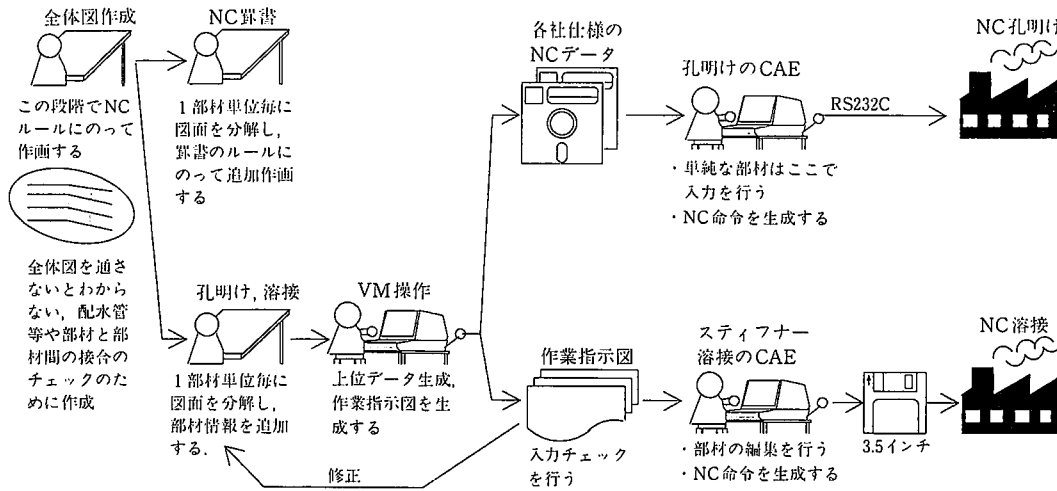


図 2 NCデータの作成・チェックフロー

作業工程	装置	特徴
① 算書	NC算書機	・切断工場に設置 ・オフラインティーチング ・表裏両面算書
② 孔明け	NC高速ゲーターラジアルボール盤	・オフラインティーチング ・ドリル自動交換 ・テレビによるワーク位置補正 ・無監視稼働
③ I型組立	I型組立機	・横組自動組立機 ・自動上向仮付け溶接 ・ウェブとフランジの自動セントリング ・フランジの圧着機能付
④ 首溶接	首溶接機	・ゲーター搭載台車方式 ・I型横置クンデムMISA2台同時溶接 ・開先同時做い ・終端検知自動停止
⑤ フランジ矯正	フランジ矯正装置	・部材自動送り装置連動 ・I桁横置プレス矯正
⑥ スティフナー等の取付け	—	—
⑦ スティフナー等の溶接	ダブルトーチ NC自動溶接装置 (ハイボ+HIWELD)	・オフラインティーチング ・メタルフラックス入りワイヤー CO <sub>2</sub> 溶接, 無監視溶接 ・2電極同時溶接 ・アークセンシングなどによる完全做い ・回し溶接可能 ・プライマー除去不要

図 3 鋼桁自動製造ラインのフローチャート及び装置の特徴

## 2. I組製造ライン

### 2.1 開発経緯

橋梁鋼桁のI組製造ラインは、組立、首溶接、反転及び矯正の工程からなる。その設備内容は各工程の仕様、能力により異なってくる。その仕様の重要な点は、桁高が最大3mもあるI桁を縦組するかあるいは横組するかにある。一般的に、すでにライン化している橋梁メーカーでは組立工程は縦組、首溶接工程は横組、そして矯正工程は縦組を採用しているところが多く、各社その工場のレイアウト等に合致した方式を導入している。

新日本製鐵では、安全性が高いことを最大の目標として横組方式を採用することとした。しかし、実用化されている組立装置の例は少なく、あっても能率及び価格の点で不向きのものであった。そこで組立装置は独自のものを開発することとし、すべての工程で横組のまま製造できる設備を追求した。

目標としたことは、ライン全長を工場スペースの制約から90m以内とすることである。そのためにはワーク固定式で組立及び首溶接を行うことを前提として設計することとした。又、標準ワーク(表1参照)で1日6体のワークを処理できる能率を設定した。その他、組立寸法精度、溶接品質、更には操業中にワークに疵を発生させない等の品質確保を念頭に置いたことはいうまでもない。

以上の目標を達成すべくI組装置等のエンジニアリング、首溶接方法の選定試験及び種々の技術調査を行い、設備仕様の決定、外注製作の依頼を経て独自のI組製造ラインを開発し、実用化した。

表 1 ワーク仕様

項目	範囲	標準ワーク
ウェブ高さ (mm)	1000~3000	2000
ウェブ厚さ (mm)	9~19	9
フランジ幅 (mm)	200~800	500
フランジ厚さ (mm)	9~40	20
部材長さ (mm)	5500~20000	11000
ワーク重量 (kg)	最大10000	3260

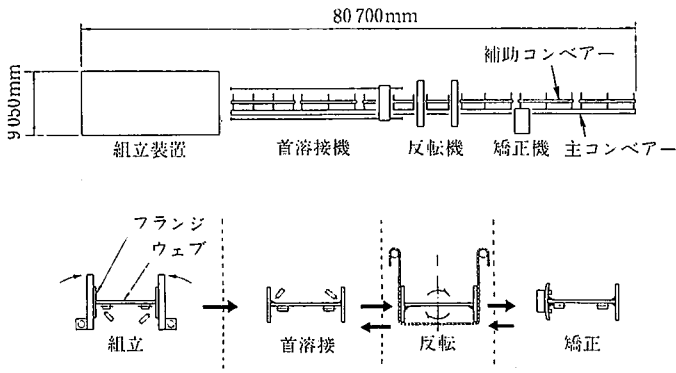


図 4 レイアウト及び工程の概略

## 2.2 ラインの概要

表 1 に適用すべきワークサイズと重量及び最も頻度の多い標準ワークを示す。図 4 にレイアウト及び工程の概略を示す。図の左側が上工程であり、組立装置、首溶接機、反転機及び矯正機を順に配置し、全長にわたってローラーコンベアーを貫通した状態に配設させた。ラインの全長は80.7m となり、反転機の高さは5.5m と高くなったが、その他は3 m 以下とすることができ、全体的に背の低いラインとすることができた。組立装置はワークの取扱い位置の関係上深さ1.5m 前後のピット内に納めた。

コンベアーは駆動ローラーを持つ主コンベアーと、フリーローラーの補助コンベアーからなり、前者が定置されて基準側、後者がワークの幅に応じてセット替可能となっている。

ワーク部材は工場天井クレーンにより組立装置に配材され、その後図 4 の概略工程のごとく各工程をコンベアーにより移送されて加工される。ここで矯正機は主コンベアー側に設置されており、反転することにより片側ずつフランジの溶接歪が矯正される。この工程だけがワーク移動式である。完成したワークは右端より天井クレーンによりスティフナー組立の次工程に搬出される。

## 2.3 組立装置

### 2.3.1 特徴

設計するにあたり、つぎのような特徴を持たせた。

- (1)横組で上下両フランジを同時に組立する
- (2)両フランジを直立させる旋回装置を設ける
- (3)下側から上向姿勢で自動仮付溶接を行う

### 2.3.2 全体構成

まず装置全体を固定架台と移動架台とから構成させ、各々の架台にはフランジ把持ベース、ウェブ受ローラー及び自動仮付溶接装置等を搭載した。移動架台はワークのウェブ幅（桁高）に応じてその位置を変更させることとした。図 5 に操業イメージも含めた装置の断面概略を示す。図の左側が固定架台、右側が移動架台である。図

5 (a)はワーク部材の受入中のイメージ（詳細機能部品は図示せず）であり、磁石付天井クレーンにより両フランジ及びウェブを水平姿勢で搬入セットする。この状況を写真 1 に示す。

つぎに、フランジはフランジセンターリングローラーにより把持され、図 5 (b)のようにフランジ把持ベースが90度旋回して直立となり、移動架台が接近してウェブを挟む形となる。フランジ把持ベースには空圧シリンダーによりフランジを押し出す装置が1 m 毎に設けられており、フランジをウェブ端面に密着させることができる。又フランジセンターリングローラーはウェブ端面がフランジ幅の中央になるよう位置決めすると共に、回転させることによりフランジを長さ方向に寸動させ、ワーク部材の端面合せを可能としている。

部材の組付が完了すると、図 5 (b)に示したようなウェブ受けローラーとフランジ把持ベースとの間に組込まれた溶接装置により仮付溶接が行われる。その状況を写真 2 に示す。仮付溶接が完了するとワークの拘束がすべて解放され、フランジ把持ベースは旋回して水平姿勢に戻され、ワークはウェブ受ローラーにより駆動されて連結されたコンベアーに移され、次工程に搬出される。

### 2.3.3 仮付溶接装置

この装置は、ウェブの板曲がり等を修正してフランジの中央にウェブ端が位置するよう設計されたウェブの押しローラーと溶接線くい装置及び溶接機を台車に搭載したものである。その側面図を図 6

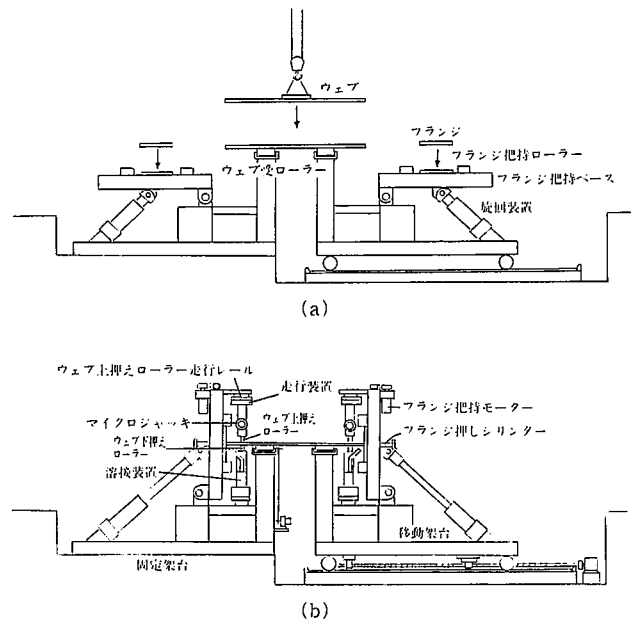


図 5 組立装置の断面概略図

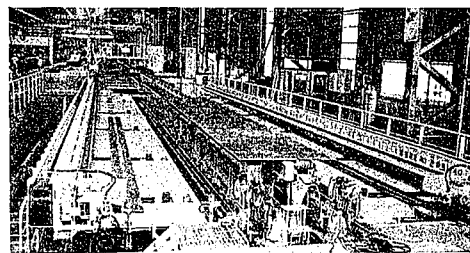


写真 1 I 組装置とライン遠景

に示す。ウェブ押えローラーは上下対となっており、図では省略しているが、図5(b)のように上ローラーにも走行機構を設け、かつマイクロジャキで高さを設定できるものとした。そして下ローラーにより押し上げる構造となっている。又上下の台車は走行モーターが電氣的に同期されていて常に同じ位置を保つようになっている。

溶接機は上向き溶接であること、スパッターの発生を最小限とすること、更に能率を向上させることからパルスマグ溶接法を採用した。

台車はサーボモーターにより駆動され、仮付溶接条件、空走行条件及び前記の上下台車の走行同期などすべてシーケンサーによりデジタル制御されている。

写真3に仮付溶接のビード外観を示す。脚長4mm、溶接長100mm、溶接速度50cm/minである。スパッターの発生も少なく、ワークに付着するものはまったくなかった。

## 2.4 首溶接機

### 2.4.1 特徴

種々の溶接法を検討したが、ビード外観の点で一般的な溶弧溶接を採用せざるを得なかった。しかし以下の特徴を持たせた。

#### (1)水平すみ肉溶接による両フランジ同時溶接

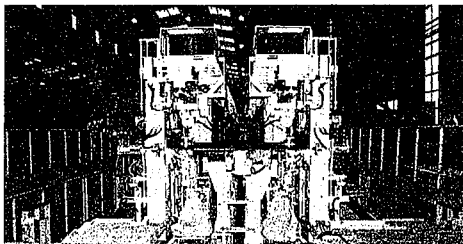


写真2 I組装置での仮付溶接

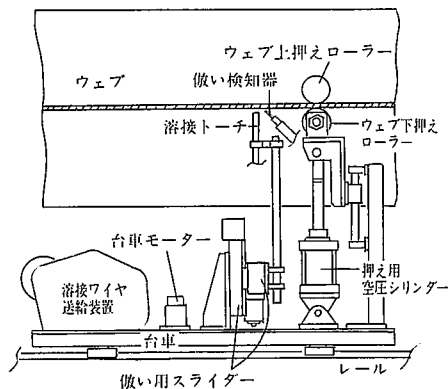


図6 溶接装置側面図

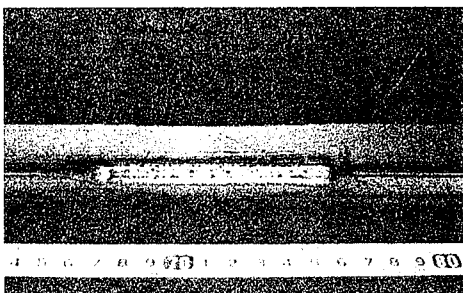


写真3 I組仮付溶接ビード

#### (2)直流・交流電源によるタンデム溶接

#### (3)細径電極ワイヤの使用

能率の点で(1)は不可欠である。(2)の直流・交流電源方式としたのは、ビード外観の良いこと、先行の直流電極をワイヤマイナスとすることにより過大な溶込みを防止すること及び直流電極とタンデム化することにより自動溶接化が容易なサイリスター制御の交流電源が使用できることによる。(3)は電極ワイヤの担い位置をワーク部材の合せ位置すなわちウェブの端面から遠ざけることができ、溶接金属の溶落ちを防止するためである。これはワイヤ径が2mm径以下とすることにより効果が発生し、6~9mm脚長のみ肉溶接で、先行電極ワイヤの担いをウェブ端より3mm以上ウェブ側にシフトすることができる。更に細径ワイヤを使用すれば直流電源を容易に採用できると、溶接ワイヤをパールパック化することができ、溶接機の高さが低くなる等の長所が出てくる。

写真4に溶接機全体の外観を示す。左側の操作盤に4種類の脚長とその溶接条件をインプットしておき、オペレーターは脚長を選択しながら1人で操作可能である。

#### 2.4.2 溶接条件

表2に脚長6から9mmまでの溶接条件を総括した。溶接ワイヤは2.0mm径を使用し、電極間隔及びワイヤ担い位置を変更することなくすべて施工可能である。写真5にビード外観を示す。8mm脚長で

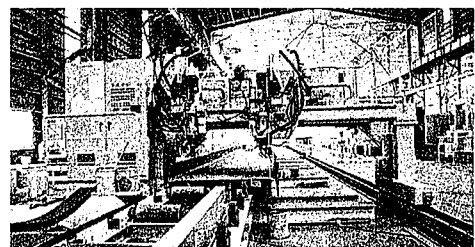


写真4 首溶接機

表2 首溶接条件

脚長(mm)	電極*1	溶接電流(A)	電圧(V)	溶接速度(cm/min)
6	L	330	30	70
	T	300	32	
7	L	400	30	70
	T	350	34	
8	L	450	36	70
	T	370	36	
9	L	450	36	60
	T	380	36	

\*1 電極L：先行，T：後行，電源L：DC，T：AC  
電極間隔：60mm，ワイヤ：Y-D 2.0mmφ，フラックス：YF-800，  
ワイヤ狙い(ルートよりウェブ側に) L：3mm，T：2mm

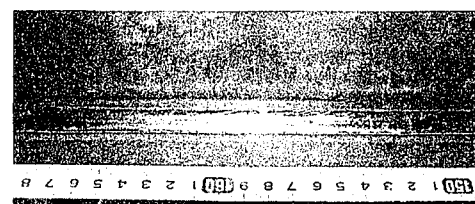


写真5 首溶接ビード外観

あるが平たんな、良好な形状である。

### 2.5 反転機及び矯正機

市販されているものの中から機種選定し、導入した。選定にあたって留意したことはワークに疵を発生させないことである。そのため反転機はローラーチェーン方式、矯正機はプレス方式とした。矯正機についてはコンベアーによるワークの搬送とプレス機構との同調、更にはプレス時の反力がワーク全体に及び、コンベアーとの摺り疵を発生させないための対策などを追加した。すなわち、前者はシーケンサーにより搬送とプレスのタイミングを制御させ、後者は矯正時プレス機本体を前後、左右に自由に摺動できるよう台座を工夫すると共に、矯正機前後のコンベアーはゴム被覆ローラーを使用した。

写真6に本設備を示す。手前が矯正機、奥の門型の設備が反転機である。

### 2.6 操業結果

本ラインは1992年7月に立上がり、半年以上の操業実績を得た。そして、当初の目標を達成できたことを確認した。図7に標準ワークでの操業タイムスケジュールを示す。このようにI組所要時間は100分強であり、サイクルタイムは50分であった。

又、品質上は以下の特徴が確認できた。

- (1)組立時片面のみの仮付溶接とし、その溶接を完全自動としたため本溶接に及ぼす影響がほとんどなくなり、安定したピード形状の首溶接が可能となった。
- (2)組立を横組法とし、フランジを旋回させて組付すること、ウェブの下面を仮付溶接してその上面から最初の本溶接を行うこととしたため、溶接による角変形の制御が容易となり、寸法精度が向上した。
- (3)磁石付クレーンによるワーク部材の搬入、コンベアーによる工程間の移送、反転機及び矯正機の慎重な設備計画等によりワークの損傷がほとんどない。

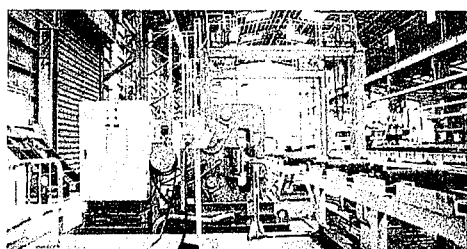


写真6 反転機及び矯正機

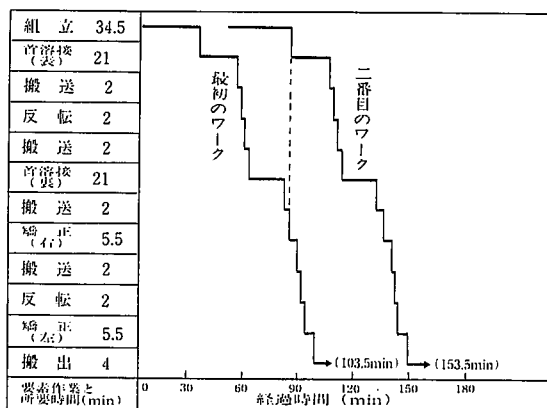


図7 標準ワーク(脚長8mm)での操業タイムスケジュール

更に安全面ではすべての工程でワークを横置状態としたこと、反転回数を減らしたこと、ワーク固定式の工程を多く採用したこと等により格段の向上がなされた。

## 3. スティフナー自動溶接機

### 3.1 背景

橋梁加工のI桁及びBox桁のスティフナー材は部材数も多く、又、複雑に入り組んで取り付けられており、その溶接装置の導入にあたっては、動作範囲が広く、動きに自在性を持ち、多電極で高能率な生産性の高い、かつ高品質な溶接部を得ることのできる装置が要望された。これらに対応すべく、諸機能を具備したツイントーチ門型ロボットを導入することとなった。本装置は橋梁工場CADシステムとリンクし、NC制御を可能とし、I桁およびBox桁のスティフナー材を主体に隅肉溶接を行う装置である。

### 3.2 開発経緯

開発対象は橋梁I桁及びBox桁のウェブ材に取り付けられた垂直スティフナー及び水平スティフナーの水平隅肉溶接法である。その対象ワークを図8に示す。従来、この溶接作業はシールドガスアーク溶接、グラビディ溶接、手溶接等が用いられてきた。この溶接の自動化には、対象ワークの特徴から、動きに自在性のあるシールドガスアーク溶接を採用するのが一般的である。しかし、橋梁加工部材にはプライマーを塗布した鋼板が多数あり、シールドガスアーク溶接法を用いた自動溶接機では、プライマーを除去しない条件下で、高速で溶接できる施工法は確立されておらず、橋梁ファブリーケーター共通の課題となっている。

又、端部角巻溶接を含め、溶接線全長をオフラインティーチング方式によりティーチングし、各種センサー機能を装備し、無監視溶接を可能とした自動化率の高い、生産性の高い装置の導入が必要であった。そこで、工場塗装のままでも高品質の得られる、高能率な自動溶接法を適用すべく開発を進め、スティフナー自動溶接機の機種選定及び仕様検討を行うと共に、溶接法(溶接機、溶接材料、溶接条件)と塗装材料(銘柄、塗装膜厚、成分)をパラメーターとした溶接基礎実験を行い、その結果、2電極同時溶接による水平隅肉溶接条件を設定し、施工法を確立するに至った。

### 3.3 溶接装置

本装置はロボット本体、制御装置、NCデータ創成システム、溶接電源から構成される。ロボット外観を図9に、装置概略仕様を表3に示す。

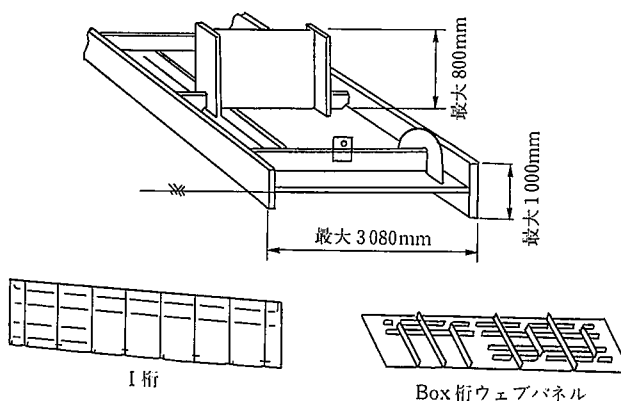


図8 対象ワークの形状

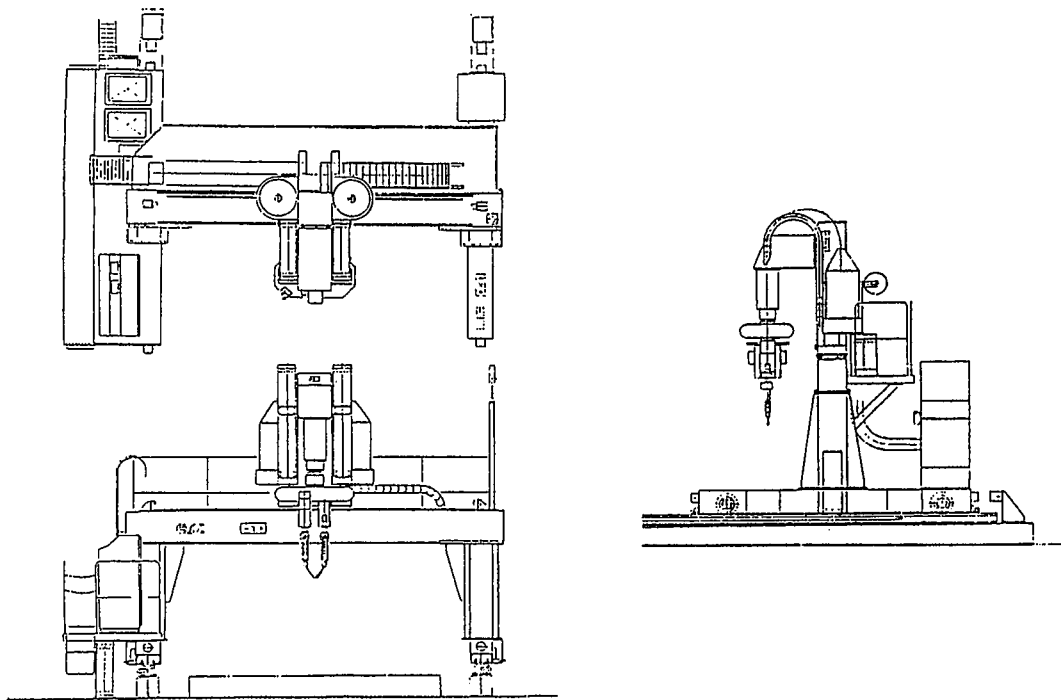


図9 ロボット外観

表3 ロボット仕様

項目	仕様	
型式	ツイントーチ門型直交座標式	
構成	ACサーボモータ	
レールスパン	4,500mm 全幅6,000mm	
ロボット 作動範囲及び最大速度	走行 X	20,200mm 最大速度: 18,200mm/min
	横行 Y	3,100mm 最大速度: 15,600mm/min
	昇降 Z	1,000mm 最大速度: 6,000mm/min
	旋回 A	±100deg 最大115deg/s
	前後スライド B	-80~+200mm 最大速度: 6,000mm/min
	左右スライド U1,U2	±50mm 最大速度: 6,000mm/min
	上下スライド V1,V2	±50deg 最大112.5deg/s
	ロボット 位置繰返し精度	走行
横行, 昇降		±0.5mm
旋回, 前後進角		±0.1deg
各スライド		±0.1mm
ワイバー	駆動方式	ACモータによる機械式(サインカーブ)
	振幅	0~10mm (機械, 手動設定)
	周波数	2~8 Hz
トーチ	角度設定対面角	45~35deg
	角度設定前後進角	90±50deg
制御装置	教示	NCデータ又はティーチング入力
	経路制御	PTP教示によるCP制御
	位置制御	ソフトウェアサーボ
	速度制御	トーチ先端等速制御
	速度設定	NC運転時: 絶対速度設定, 手動時: 4段切替え
	ワーク位置検出	ワーク両端ティーチングとワーク座標シフト機能
	記憶装置	ICメモリ
センサー機能	アークセンサー機能, ワイヤタッチセンサー機能	

3.3.1 ロボット本体

ロボット本体は走行式門型台車と門型ビーム上を横行する台車とその台車に指示された昇降アームの3軸と、トーチ駆動部の8軸の

11軸で構成している。溶接トーチは高速溶接を可能とするため高周波ウィーバーをもち、取り付け部材をまたいで対抗配置するツイントーチ方式とした。各軸ともACサーボモータにより駆動し、モーターに組み込まれたエンコーダにより位置制御する。又、溶接機は高溶着化を目指し、高電流密度溶接法“HIWELD”を搭載した。

3.3.2 制御装置

制御装置はロボット本体に搭載している。溶接線のティーチングはパーソナルコンピュータによるオフラインティーチングを主体としている。このため、橋梁工場CAD情報を利用し、リンケージソフトウェアにより部材データを本装置のNCデータ創成システムに取り込み、NCデータを創成している。又、ワークセッティング誤差や組み立て誤差などを吸収するため、タッチセンシングとアークセンシング機能を保有し、無監視運転を可能とした。

3.4 溶接法

3.4.1 溶接法の選定

溶接法は、新日本製鉄鉄鋼研究所接合研究部、日鐵溶接工業(株)開発による、高電流密度溶接法“HIWELD”を搭載した。この溶接法は、従来のCO<sub>2</sub>溶接法のワイヤ送給速度に比べ、倍以上の最高40m/minで、ワイヤ送給が行えるCO<sub>2</sub>溶接法である。大電流で安定したCO<sub>2</sub>溶接ができるようメタルコアードワイヤと、専用の溶接電源、ワイヤ送給装置を開発した。特に、溶接ワイヤはプライマ塗装鋼板の隅肉溶接専用ワイヤとしてSM1Fを開発した。溶接電源、ワイヤ送給装置の仕様を表4に、隅肉専用メタルコアードワイヤSM1Fの溶着金属の化学成分と機械的性質の一例を表5に示す。

表4 HIWELD NS-INVERTER NH-600 溶接機仕様

溶接電源		ワイヤ送給装置		溶接トーチ	
型式	NH-600	型式	NHF-600	型式	NHT-600M
定格出力電流	600A	適用ワイヤ径	1.2mm		NHT-600A
出力電圧	最大55V		1.4mm	適用ワイヤ径	1.2mm
定格入力	45kVA	ワイヤ送給量			1.4mm
使用率	100%		最大40m/min	ケーブル長	3m

表 5 溶接ワイヤ SM1F の溶着金属の化学成分と機械的性質の一例

化学成分 (%)	C	Si	Mn	P	S
	0.06	0.49	1.66	0.018	0.011
機械的性質	降伏点(N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ(N/mm <sup>2</sup> )	伸び(%)	吸収エネルギー(0℃,2Vノッチ)(J)	
	480	560	27	99	

この溶接法は、低電流から高電流までの広範囲で良好な溶接作業が得られる溶接電源と、多少の負荷変動でも安定した高速ワイヤ送給性が確保できるワイヤ送給装置と、高電流でもアークがソフトで幅広の溶け込み形状が得られ、かつ低スラグタイプの金属系フラックス入り専用ワイヤを開発し、これらを組み合わせることにより高溶着化を図り、大入熱を可能とした溶接法である。開発したワイヤは、JIS Z 3313 YFW 24に該当する軟鋼及び50kgf/mm<sup>2</sup>級高張力鋼用の金属粉主体のシームレスフラックス入りワイヤで、充填フラックスに添加している少量のアーク安定材などの作用によって、高電流域でもアークがソフトで安定した溶滴移行性を示し、幅広の溶け込み形状が得られる。

又、低スラグ、低スパッター溶接が可能であると共に、大入熱大溶着溶接でも機械的性能が十分に確保できるものである。この溶接法“HIWELD”を用い、ウオッシュプライマーを塗装した鋼板に対してスティフナーの2電極同時水平隅肉溶接を実施し、溶接条件を設定した。その溶接条件を表6、溶接ビード外観を写真7、溶接ビードマクロ断面を写真8に示す。これによって、事前にプライマーを除去することなく、2電極同時水平隅肉で、速度45cm/minでも、溶接ビードにオーバーラップの少ない、ピットの発生しない性能を誇っている。

#### 3.4.2 塗装材料

橋梁加工で用いる素材の工場塗装のうち、特にウオッシュプライマーはこれを剥がさずに溶接すると、溶接ビードにピットが生じやすい。このウオッシュプライマーについて主要材料銘柄を数種選び、塗装膜厚を15μmと30μmで塗布し、溶接への影響を確認した。その結果、ピット発生には塗装膜厚の影響が顕著であった。膜厚仕様には許容限界があり、膜厚の増加は溶接時の熱分解ガス発生量を増加し、これがピットの発生に繋がる。一方、塗装材料の改良にも取り組み、一部塗料メーカーの試作品に対して溶接試験を実施した。耐ピ

表 6 水平隅肉溶接条件

脚長 (mm)	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	シールドガス	オシレート	溶接ワイヤ
6	320	32.5	45	CO <sub>2</sub>	あり	SM1F1.2mmφ (JIS Z 3313, YFW24)

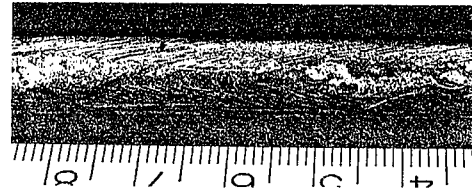


写真 7 溶接ビード外観

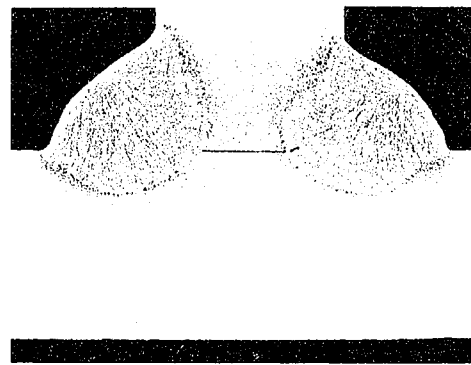


写真 8 溶接ビードマクロ断面

ット性材料として改善効果が見られ、今後実物大ワークの中で、その有効性を確認すべく検討を進めている。

## 4. 結 言

開発された飯桁自動製造ラインは、非熟練化、省スペースでの高能率化に優れたものである。今後も溶接ワイヤ、塗装材料の改善、センシング時間の短縮等を図ると共に、操業方法の改善により、更なる高品質、高能率化を追求していきたい。

終わりにあたり、ライン開発に際し御協力をいただいた吉川工業(株)、日鐵溶接工業(株)、日立造船(株)の方々に深謝いたします。