

鋼橋製作における自動化システムの実用化例 (パネル自動組立溶接ライン)

成宮隆雄*
青木 清**

1. まえがき

一般に鋼橋は1橋ごとに設計され、設計諸元が各々異なり、かつ1橋の中に含まれる同一部材数の少ない典型的な少量受注生産に属する。そのためシステム的な製作自動化が困難であると考えられていた。しかし、鋼橋の製作においても他の製造業と同様に、品質の向上・工期の短縮・安全性の確保およびコストダウンは社会的な要求でもある。また企業としても、一昔前のようにいわゆる職人芸をもつ熟練工の確保が困難となっており生産システムの自動化は重要課題である。

鋼橋の製作部門での工程を大別すると下記の通りとなる。

- ① 原寸工程 (情報作成工程も含む)
- ② 加工工程
- ③ 仮組立工程
- ④ 塗装工程

加工工程においては、板継ぎ溶接・切断・孔明け等の前段加工と組立・溶接等の後段加工に分けられる。原寸工程から前段加工にかけての自動化は情報作成の重複を避け、各工程の情報伝達を有機的かつ効果的にNC機器等につなげていく原寸・製作自動化システムとして処理していくことができる。一方組立・溶接等の後段加工の自動化は個々の工程において自動機器を導入している程度であり、システム的な自動化とは言い難い。

本報では、当社が開発し実用化した組立・溶接の自動化システム (パネル自動組立溶接ライン) の設計思想およびシステムの概要を紹介する。

2. 組立・溶接の自動化システムの設計

鋼橋加工工程における標準的な作業フローチャートを

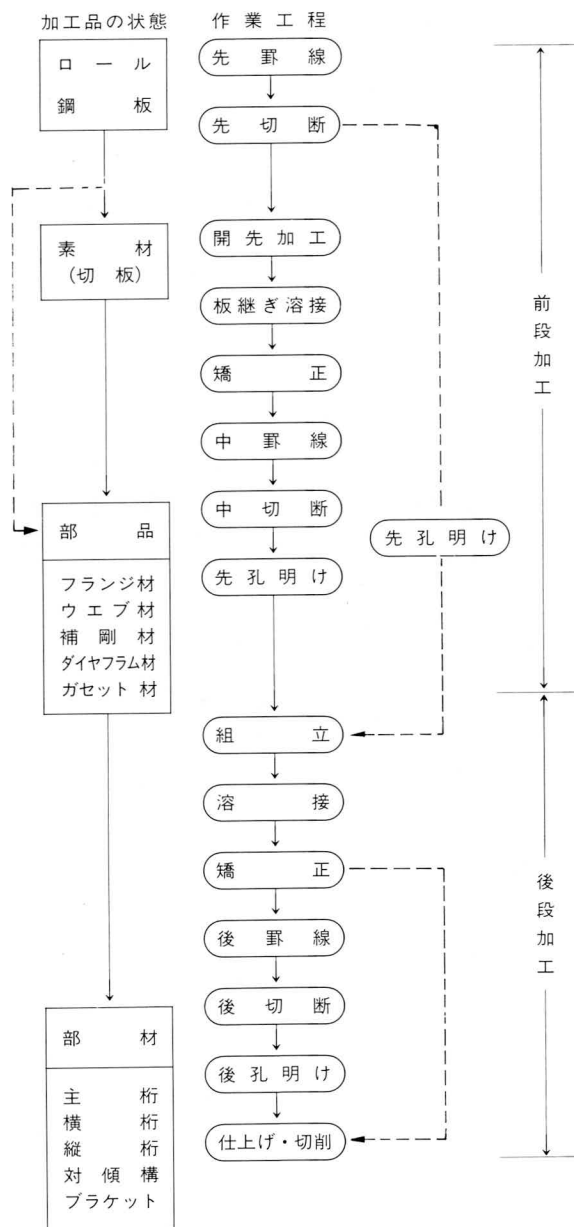


図-1 鋼橋加工工程の作業フローチャート

* 千葉工場研究室長
** 千葉工場製造部製造計画課長

図-1に示した。これらの作業工程のうち最も品質上重要で付加価値の高い後段加工における組立・溶接の自動化システムの設計を行った。

多種少量生産である鋼橋の各部材の組立・溶接全てに適用できる汎用的な自動化システムを設計することは技術的に不可能であり、また経済効果の点からも無駄である。自動化システムの設計にあたって最も重要でかつ悩ましい課題は、どの程度の汎用性をもたせるかということである。システムの自動化ともなれば当然設備投資額も大きくなり、汎用システムの要求は大きくなる。設計者の割り切りと、経営トップの決断が不可欠となる。

鋼橋部材または部品をどの程度まで自動化システムに乗せるかという設計上のアプローチの仕方には幾つかあるが、ここでは加工の最終単位である部材および部材の形単位である部品を、その断面形状から同形化および類形化して適用すべき形状・寸法を決めた。

図-2に鋼橋の部材および部品の類形化図を示した。

図-2により部材および部品をその断面形状から大別すると下記の3断面形状に分けられる。

- ① 開断面： I形および山形 [構成する素材のうち最大なもの（主としてウェブ）の裏・表に溶接継手がある部材および部品。例として鉸桁・縦桁・横桁

等]

- ② 閉断面： 箱形・丸形（内部にリブ・ステイフナー・ダイヤフラム等の取付け溶接のあるもの。例として箱桁・トラス・丸橋脚等）

- ③ 版断面： 構成する素材のうち最大なものの片面のみにリブ・ステイフナー等が取付け溶接されているもの。例として箱桁のウェブ・フランジおよび鋼床版等。これらをパネルと称する。

以上の3断面形状のうち組立溶接時に部材または部品の反転の必要ない版断面部材および部品（パネル）が最も自動組立溶接システムとして実用化し易くかつ汎用性も高いと判断し、これをパネル自動組立溶接システムとして開発し、ライン化した。

パネル自動組立溶接ライン設計の具体的な設計思想を以下に示す。

- 1) 素材(鋼板)と部品(リブ等)をライン内に設置した後は一切外部クレーンを用いて素材または部品を移動しない。(部品のライン内の移動・持ち上げは装置に組込むリフター等で行う。)
- 2) 組立と溶接を可能な限り分離しないで一体化して考える。(やむを得ない場合以外は仮付け溶接を行わない。)

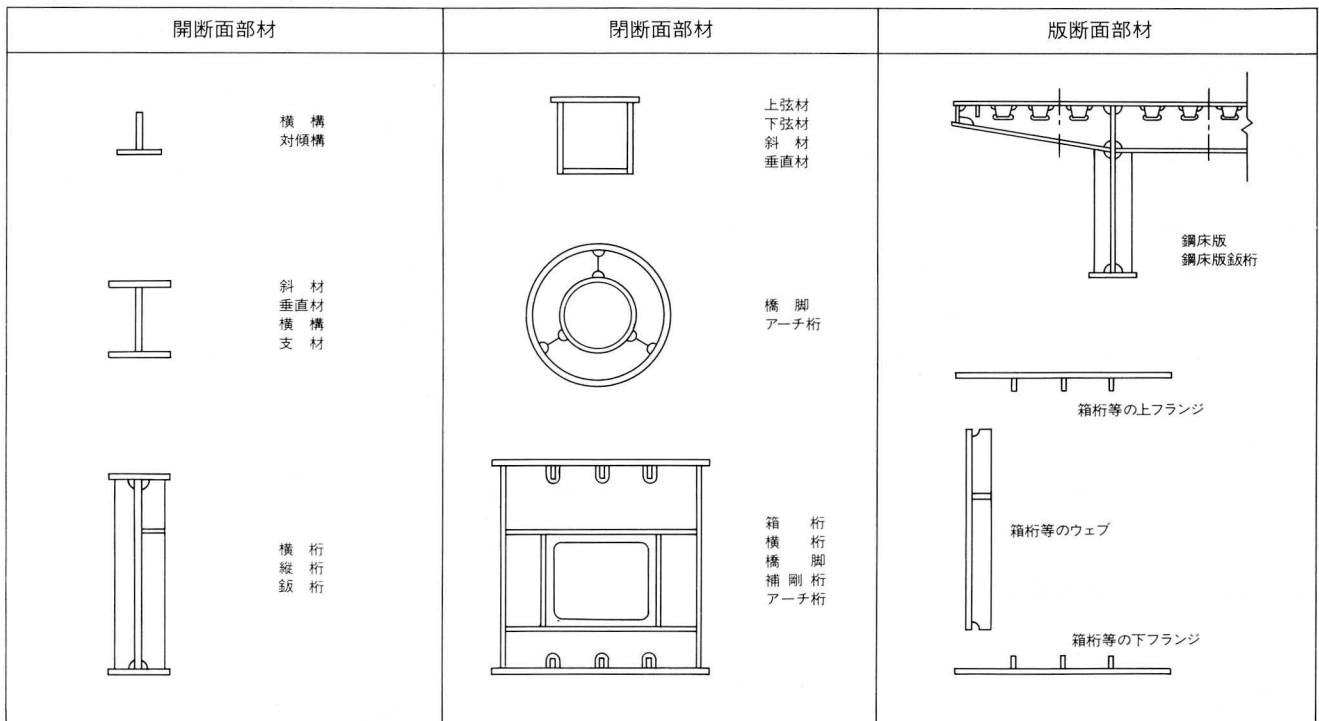


図-2 部材および部品の類形化図

- 3) 組立または溶接状態での材片の隙間（ルートギャップ）は装置内の圧着装置で押しえ込み、溶接継手の品質を最良の状態とする。
 - 4) 溶接変形は装置内に組み込まれた押しえジャッキ等で拘束する。
 - 5) パネルの縦方向（例縦リブ）溶接および横方向（例横リブ）溶接とも自動溶接とし、縦横の交差部はロボットを用い連続溶接できるものとする。
 - 6) 溶接は、CO₂またはMAG自動溶接とし、リブ等の溶接は変形防止のため全て両側同時溶接とする。
 - 7) 作業者は装置を通して多能工化する。ラインの作業者は主作業に必要な人員とし、一時的に人手を要する作業は極力機械化する。
 - 8) ライン内に鋼板および部品（例リブ等）を搬入後は鋼板溶接継手部の黒皮およびプライマー除去から溶接までの全作業工程を完了し、ほぼ製品としてからライン外へ搬出する。
 - 9) ラインの部材の扱いは1ロットとして9m×20m以内を2枚または4.5m×20m以内を4枚とする。
 - 10) ライン内の装置の干渉は出来る限り避ける。
- 以上の設計思想に基づきパネル自動組立溶接ライン（当社略称PAS）を開発し現在稼働中である。

3. パネル自動組立溶接ライン(PAS)の概要

PASの詳細な構成および性能について別な機会に発表するつもりであるが、本ラインは次の3つの大型装置よりなっている。

- 1) 押しえガーター（PAS-H）：バキュームブラスターによるプライマー塗膜除去装置、組立用圧着装置、仮付け用MAG溶接装置等。
- 2) 縦リブ溶接マニプレーター（PAS-L）：6電極CO₂またはMAG全自動溶接装置等
- 3) 横リブ溶接マニプレーター（PAS-C）：拘束および圧着装置、横リブ移送リフター、6軸溶接ロボット2式等

これらの3つの大型装置が前述した設計思想をほぼ満足した状態で有機的に各作業をつなげながら稼働している。

写真-1～**3**に鋼床版製作時における本ラインの装置の代表的な稼働状況写真を示す。また**写真-4**～**6**に、本ライン各溶接装置による溶接ビードの外観を示す。

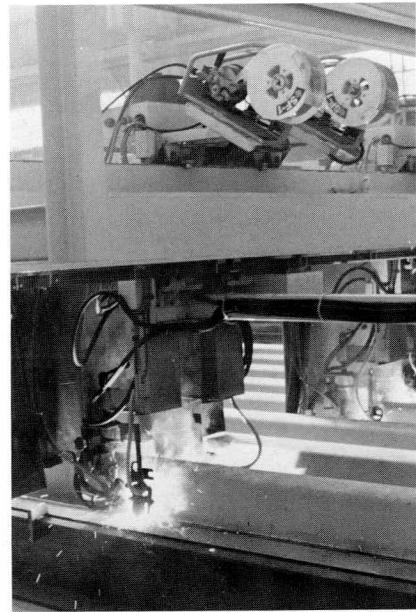


写真-1 PAS-LによるUリブのすみ肉溶接

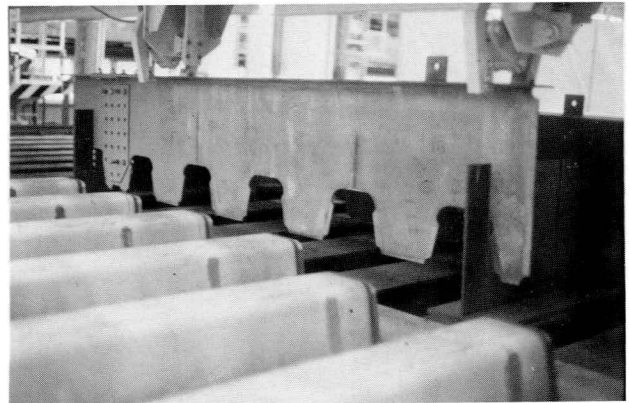


写真-2 PAS-C 横リブの移送リフター

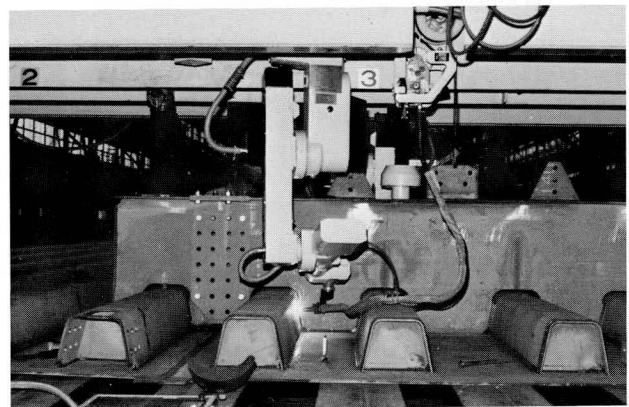


写真-3 PAS-C ロボットによる横リブの水平および立向すみ肉溶接

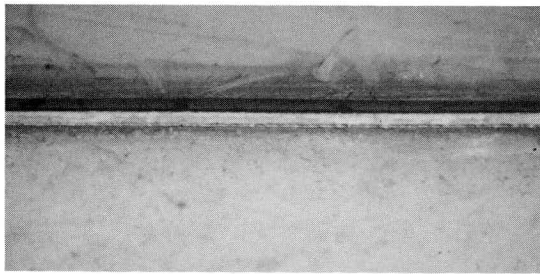


写真-4 PAS-Lによる縦リブのすみ肉溶接ビード外観

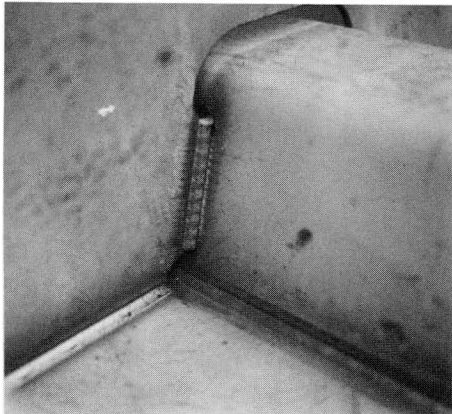


写真-5 PAS-Cによる横リブと縦リブの立向すみ肉溶接ビード外観

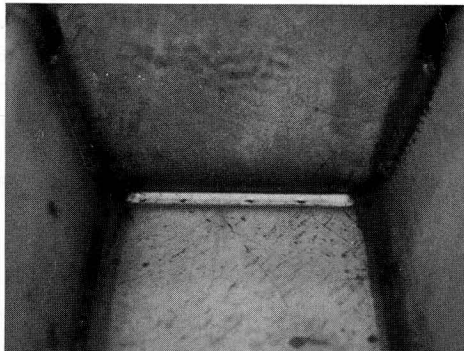


写真-6 PAS-Cによる横リブとフランジの水平すみ肉ビード外観

4. あとがき

本報で紹介したパネル自動組立溶接ラインは単に作業工程の1部に自動機器を採用したというだけではなく、鋼橋の製作において組立と溶接を一つの自動システムラインに組み込み部材の全品質のバランスを保ちつつ、品質の向上を計ったことは画期的な試みであると自負している。加工特に後段加工の自動化システムを採用するためには、素材および部品の寸法精度向上は不可欠でありこれよりさらに全体的な品質向上が期待される。従って今後素材および部品の精度向上を計るとともに、本システムを土台に、ハイテク時代に相応した鋼橋製作システムを開発し発注者の期待に応えていくつもりである。