

組立て角鋼管柱「リバーボックスW」の新製造ライン*

川崎製鉄技報
25 (1993) 3, 196-200

New Assembly Line for Steel Built-up Box Column "River Box-W"



永易 正光
Masamitsu Nagayasu
エンジニアリング事業
部 鉄構技術部千葉鉄
構加工センター 所長
(部長補)



廣 紀治
Toshiharu Hiro
エンジニアリング事業
部 鉄構技術部千葉鉄
構加工センター 主任
部員(課長)



平岩 研三
Kenzo Hiraiwa
川鉄鋼板(株) 建材事
業部 取締役副事業部
長**

要旨

鋼板組立て角鋼管柱の大型化、高張力化に対応するため、当社「リバーボックスW」は、これまでの西部鉄構加工センターに加え、千葉鉄構加工センターに新製造ラインを設置、1992年2月稼働した。当新製造ラインに設置した設備は、全て当社独自の開発、コンセプトによるロボット化、自動化したものである。リバーボックスWの製造方法と主な製造設備を紹介するとともに、主要溶接技術であるコーナーシーム用の多電極KX法の板厚との使い分け、内蔵ダイヤフラム取付けに採用した少入熱CES法の特長などについて述べた。

Synopsis:

In order to cope with the requirements of a larger scale, higher tensile strength and higher product quality in steel box columns built up from steel segments, a new production line for Kawasaki Steel's "River Box-W" products was constructed and put into operation in February 1992 at the Chiba Steel Structure Fabrication Center. In the new line, all pieces of the apparatus installed in each production process are based on Kawasaki Steel's unique development work and concepts. This report explains the production method for "River Box-W" and the main production apparatus involved in this project, and describes the KX welding method for corner seams, which is the key technique, and the low heat input CES method for installing internal diaphragms.

1 はじめに

鋼板組立て角鋼管柱「リバーボックスW」は、国内初の高層、超高層鉄骨柱材として、1975年に発売された。その後、ボックス柱の需要は新耐震設計法の採用や最近のビルラッシュを経て、今や27万t/年ともいわれている。

これまでリバーボックスWは、当社エンジニアリング事業部西部鉄構加工センターでその需要に対応してきたが、これまでに培ってきた製造技術を集大成するとともに、蓄積した研究開発の成果を反映させ、今後のボックス柱の高強度化、高品質化、大型化に対応するため、当部千葉鉄構加工センター内にリバーボックスWの新製造ラインを設置し、1992年2月稼働した。

当該ラインは、主材はもちろん、当て金など補助材の加工も全て内作する一貫製造ラインであり、各工程の設備はボックス端面のフェーシング装置を除き、当社独自の開発あるいはコンセプトに基づき製作したものである。

ここでは、リバーボックスWの製造方法と主な製造設備、また主要技術のコーナーシーム溶接(KX法)、ダイヤフラム取付け溶接

(少入熱CES法)について紹介する。

2 製造方法

ボックス柱の製造方法は、内蔵するダイヤフラムの取付け溶接方法によって、2種類に大別される。すなわち、ダイヤフラムの4辺をESW(エレクトロスラグ溶接)で接合する4辺ESW法と、その2辺をGMAW(ガスメタルアーク溶接)、残り2辺をESWで接合する2辺ESW法がある。両者とも一長一短あり、前者ではボックス組立てで3面組と4面組が連続してできること、ダイヤフラム取付けのESWの溶接技量はGMAWに比べそれ程必要としないこと、ダイヤフラム取付け溶接部のUT検査が4辺同時にできること、などが挙げられる。一方、後者では溶接用当て金が半減し、また溶接材料も少なくてすむこと、ESW用の穴明け作業と溶接後の始終端部削除作業が半減できること、成品の溶接変形が少ないことなどである。

リバーボックスWの製造方法は、両者の長短を品質面、コスト面などから詳細に検討するとともに、GMAWは下向き姿勢を確保すればロボット溶接が可能となり、品質の向上と低コスト化がより進むことから、後者の2辺ESW法を採用している。Fig. 1はリバーボックスW製造のフローチャートである。

* 平成5年4月22日原稿受付

**前エンジニアリング事業部鉄構技術部長

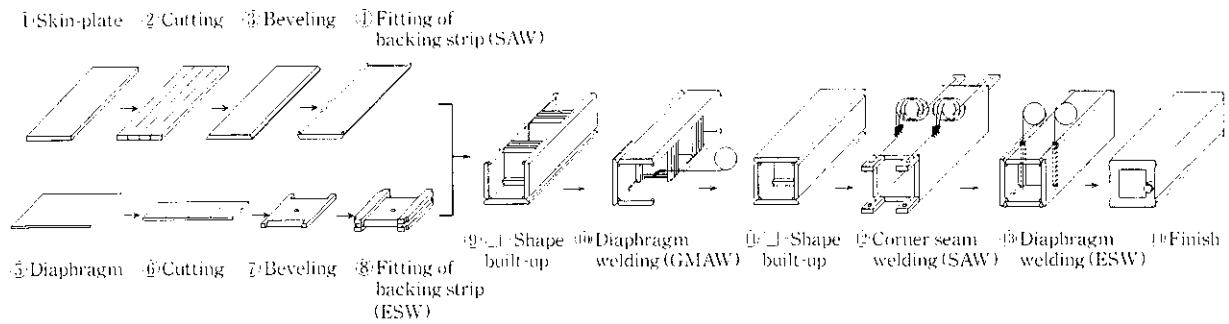


Fig. 1 Fabrication procedure for River-Box W

3 新製造ラインの概要

新製造ラインを設計するにあたり、これまでの受注実績から、標準ボックスを□-28×600²×9 000 (mm)、内蔵ダイヤフラム板厚25 mm、6枚付きとし、1直で日産能力を4本以上、またボックスの最大仕様を Table 1 とした。

Table 1 Production range of River-Box W

Dimension	Production range
Diameter (mm)	400~1 100
Plate thickness (mm)	16~65 (1 pass) ≥70 (multi-pass)
Length (mm)	Max. 15 000
Weight (tf)	Max. 20
Steel grade	~SM 570

Fig. 2 にリバーボックスW製造設備のレイアウトを示すが、工場建家が30.3 m×180 mであるため、中央を安全通路で分断し、原鋼板置き場からダイヤフラムのGMAWまでを直線上に配置し、横移動をかけた後、4面組立てから成品置き場まで逆流させるUターン方式とした。各工程間はサイクルタイムの長短、トラブルなどを考慮し滞留スペースを、適宜設けている。

搬送設備としては、鋼板の搬入、ボックス製品の搬出、Uターン部の横移動などに使用する今回改造した20 t天井クレーンと、工程間を機動的につなぐために、ワーク回転機能、リフティングマグネットなど適宜備えた5.6~11.2 tの半門型クレーンを配置している。

主な製造設備を以下に紹介するが、コーナーシーム溶接装置とダイヤフラム取付け用CES装置については、次章で述べる。

(1) ボックススキンプレート溶断装置

ボックススキンプレートの条切溶断はフレームプレーナで行うが、ここではこれに先行してダイヤフラム取付け位置を、専用のNCマーキング装置で罫書きする。またダイヤフラム、トッププレートの条切溶断もここで行う。

- ・レール……………幅6.5 m×長28.8 m
- ・フレームプレーナ…溶断トーチ 15 個
- ・マーキング装置……NC 制御、亜鉛パウダー溶射式

(2) ダイヤフラム開先加工装置 (Photo 1)

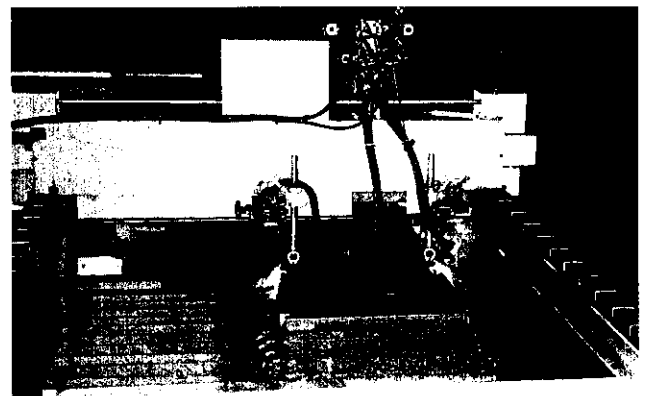


Photo 1 Bevel gas cutting apparatus for GMAW on diaphragm

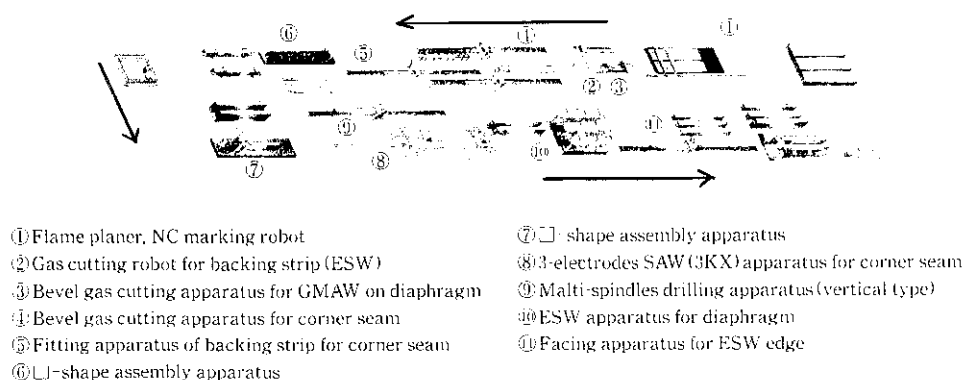


Fig. 2 Box column "River-Box W" production-line layout

ダイヤフラム対称2辺のGMAW用開先の同時加工と所要長さの切断を行う。

- ・型式……………直交型溶断ロボット、溶断トーチ3個
- ・ワーク操作…自動送り、繰返し数99枚
- ・付加機能……コンクリート充填用穴加工

(3) ESW用当て金加工装置

市販の直交型溶断ロボットを組み込み高効率化を図ったもので、原材フラットバーを2本同時に加工する。

- ・型式……………直交型溶断ロボット、溶断トーチ2個
- ・ワーク操作…ワーク自動供給、自動送り

(4) コーナーシーム開先加工装置 (Photo 2)

ボックスの板厚が厚くなった場合、Y開先となるためウェッジ用の表開先と、フランジ用の裏開先の2台の専用装置で構成。

- ・型式……………門型ワーク走行式、表用・裏用
- ・制御方法……スキムプレート現物倣い
- ・付加機能……溶断ノロ除去、端材自動切断、開先部自動研磨

(5) シーム裏当て金取付け装置

スキムプレート・ウェッジ材にコーナーシーム用の裏当て金(角鋼)をタック溶接で取付ける。

- ・型式……………門型ワーク走行式
- ・制御方法……スキムプレート現物倣い
- ・溶接方法……自動制御によるタック溶接、GMAW×2台
- ・付加機能……開先部自動研磨

(6) 3面組立て装置

- ・型式……………ワーク固定によるジャッキ加力
- ・加力方法……鉛直方向門型自走式20t
水平方向固定式上下各5t×12箇所

(7) 4面組立て装置

- ・型式……………ワーク固定によるジャッキ加力
- ・加力方法…水平方向目違い矯正用門型自走式10t
鉛直方向肌隙矯正用門型自走式20t

(8) ESW用穴明け装置

- ・型式……………門型固定式縦軸運動4ヘッド、ワーク走行式

- ・ドリル径…9~40mmφ

(9) ESW 始末端部切削装置

- ・型式……………門型固定式横軸運動2ヘッド上下移動式、ワーク走行式
- ・カッターヘッド……円筒形100mmφ、チップ埋込み

4 主要溶接技術について

4.1 コーナーシーム用KX溶接法

コーナーシームのKX溶接は、リバーボックスWの基本技術として、これまで適用板厚の拡大や高品質化、施工性・信頼性の向上など、研究開発を進めてきた。今回の新製造ラインは、これらの成果と培ってきた経験にもとずいて計画した。コーナーシーム用KX溶接装置をPhoto 3に示すが、当該装置は、

- ・溶接機本体………3電極大電流SAW×2台
- ・溶接電源………AC垂下特性 1500A×4台、1000A×8台
- ・溶接キャリアッジ…左右個別走行式、溶接速度ワイヤ狙い自動制御、原点自動復帰、フラックス供給回収装置、フラックス保持装置など
- ・溶接架台………電動幅寄せ装置、ケーブルベア、溶接アース電動式クランプなど組み込み
- ・ワーク台車………2連式20t電動台車、ワーク水平調整装置
- ・その他………落下スラグ・フラックス自動回収装置、自動分別再生装置

などで構成され、溶接機本体、電源以外は自社開発した。

コーナーシームのKX溶接法は、板厚によって2または3電極法を、また場合によっては鉄粉系フラックス(KB-50I)を組合せるなど、適宜使い分けている。Fig. 3は、KX1パス施工法の板厚と溶接速度との関係を示したもので、現在のところ65mmが最大板厚である(それ以上の板厚についてはKX多層盛り法、狭開先法)。Photo 4は実物件での板厚60mm(TMCP鋼)の3KX溶接の施工状況で、Photo 5は65mmの断面マクロ例である。なお、コーナーシーム溶接部の詳細な機械的諸性能は、別途資料(建築用53および60キロ鋼、板厚40、60および100mm)^{2,3)}を参照された

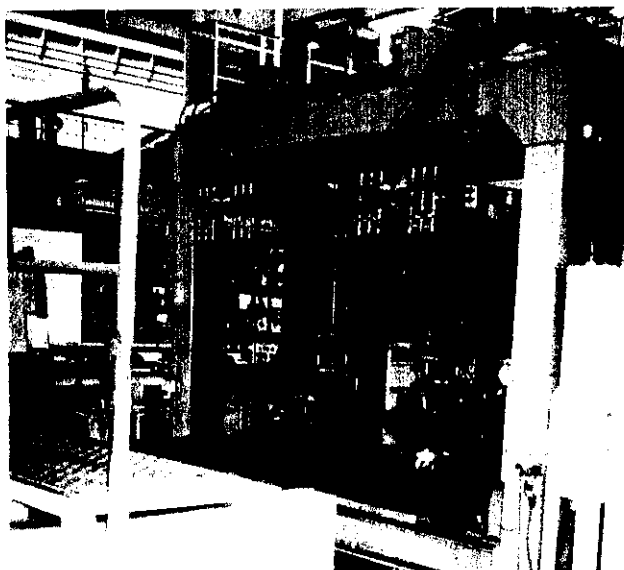


Photo 2 Bevel gas cutting apparatus for corner seam welding (back-side)



Photo 3 3-electrodes SAW (3KX) apparatus for corner seam welding

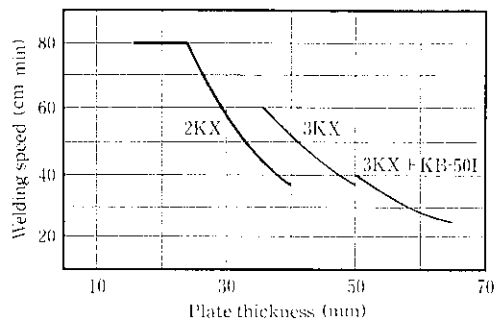


Fig. 3 Relationship between plate thickness and welding speed of KX method



Photo 5 An example of macro-etch specimen of 3KX method joint (65 mm)

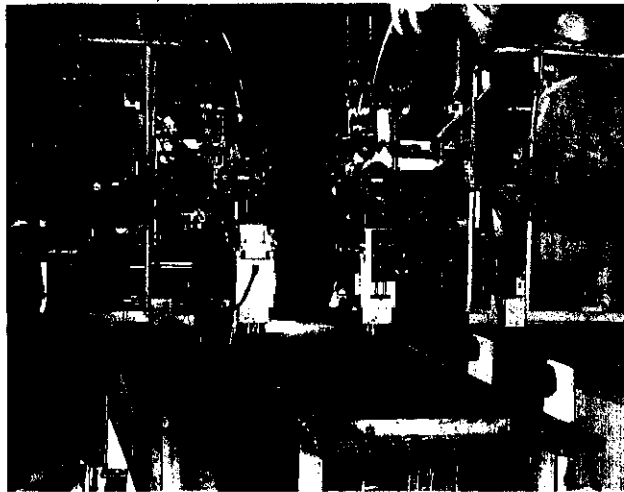


Photo 4 View of 3KX welding on plate thickness 60 mm River-Box W

い。

4.2 ダイアフラム取付け用 ESW (少入熱 CES) 法

ボックス製造に用いる ESW としては、溶接電源に直流定電圧特性が交流垂下特性を、また、開先内に溶接ワイヤをガイドする長尺ノズルに消耗式か非消耗式を用いることになる。通常、大入熱を必要とする ESW で少入熱化を図る場合、溶接速度を早めることが最も効果がある。すなわち、開先断面積（ルートギャップ）を小さくすること、開先内に充填する溶接ワイヤの溶融速度を高めること、などが重要である。具体的には、狭開先化は ESW の重要因子であ

る溶融スラグが少量で安定化させることができる直流定電圧電源を用いることで実現でき、その場合、板厚が厚くなる（開先断面が偏平）とノズルをウィーピングさせることが溶込みの確保に有効である。溶接ワイヤの高溶融速度化は高電流・低電圧化、ワイヤの細径化などで対応できる。また、ノズルについては、非消耗式に比べノズル先端と溶融スラグ表面で通電機構ができる消耗式の方が溶接電圧を低くでき、低入熱化が図れる。

今回のリバーボックスW製造ラインに用いた ESW は、これら技術検討に加え、イニシャルコスト、ランニングコスト（溶接時間、溶接材料など）、作業性など総合的に検討し、電源に直流定電圧特性を用いた消耗ノズル式 ESW (CES) で少入熱化を図った。

当法のダイヤフラム各板厚における入熱量を Fig. 4 に示す。

当該装置 (Photo 6) は、溶接ヘッド、制御装置をキャリッジに

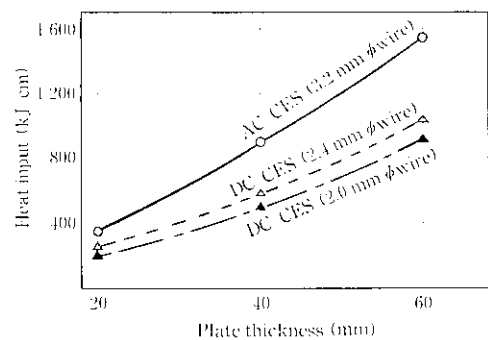


Fig. 4 Relationship between plate thickness and heat-input of ESW



Photo 6 DC consumable-nozzle type ESW apparatus for diaphragm welding

取付けた天吊り式で溶接作業の機動性をうため、個別走行型としている。当該装置の主な内容を以下に示す。

- ・溶接法……………少入熱 CES 法
- ・電源……………直流定電圧特性、600 A（使用率 100%）×10 台
- ・溶接機……………天吊り個別走行式×10 台
- ・ウィーピング装置……振り最大幅 75 mm
- ・溶接架台………2 ライン、天井レール×4

なお、当 CES 溶接部の機械的諸性能についても先の紹介資料²⁾を参照されたい。

5 おわりに

リバーボックスWの新製造ラインは、F/S に始まり、製造諸設

備、ラインレイアウトの検討、設計を経て、1991 年 10 月建設に着手するとともに、製造要員の技術研修を鋼構造研究所および西部鉄構加工センターで行い、翌 1992 年 2 月稼働した。この間、設備の初期トラブルなどがあったが、現在では計画通りの製造能力を備えている。しかし、製品の高品質化、低コスト化は永遠のテーマであり、設備改善や技術向上などの日常業務はもちろん、ダイヤフラム取付け初工程の GMAW や超音波探傷検査のロボット化などは早急にも検討したい。また、溶接や加工の新技術開発、生産管理システムのより高度化なども併せて進めたいと考えている。

終わりに当たり、特に ESW 用穴明け装置、ESW 始末端部切削装置の開発などで、多大の協力を頂いた株式会社雪島鉄工所の杉崎製造部長および上屋システム開発室長に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 山口修一、赤秀公造、滝沢章三、阿草一男、永易正光、西村 誠：「KX 溶接法による角鋼管柱リバーボックスWの開発」、川崎製鉄技報、8（1976）1、116
- 2) 永易正光、安田博和、弟子丸慎一、藤野 博、内田 清：「建築用低降伏比高張力鋼を用いた柱梁接合部の構造特性」、川崎製鉄技報、22（1990）1、29
- 3) 永易正光、安田博和、都築達哉、山崎徹也、高木伸之、弟子丸慎一：「建築用低 YR 鋼の開発 その 2 溶接継手部の機械性能」、日本建築学会大会学術講演梗概集、(九州)、(1989)
- 4) 坪井潤一郎、新行内雅博、徳久正昭：「狭開先エレクトロスラグ溶接法の研究」、溶接学会第 54 回溶接法研究委員会、(1975)