

ボックス柱製造ラインの紹介

茂木 敏夫¹⁾ 宮前 馨²⁾

はじめに

東京工場では、数年前からボックス柱の品質の維持・向上、工期短縮、生産性向上等を目的として、新しい生産技術の研究・開発、生産設備の自動化、省力化を進めてきた。昭和63年11月に稼動開始したボックス柱製造ラインは、その具体的成果の一例である。ここに、その概要を紹介する。

1. ラインの概要

ボックス柱製造ラインは図-1に示すように、右上のNCけがき・ガス切断装置からスタートし、組立装置から左下の横移動装置まで流れ、ここで90°方向転換し、横向き2軸NC孔あけ装置から右上の自動超音波探傷検査ステージで終了する。

ラインの大きさは以下のとおりである。

占有面積 : 幅9m × 長さ134m = 1,206 m²
 ラインの長さ : 往路 (Aライン) : 164m
 復路 (Bライン) : 104m
 合計 : 268m

また本ラインの製造対象寸法は次のとおりである。

断面の一辺の寸法 : 500~1,000mm
 長さ : 5,000~15,000mm
 スキンプレートの板厚 : 19~80mm
 重量 : 最大20ton

2. 製作工程の概要

本ラインによるボックス柱製作工程を図-2に示す。

(1) けがき、ガス切断

NCけがき・ガス切断装置 (写真-1) により次の作業を行う。

- 1) 予め、現寸情報により、所定の寸法に切断加工された部材に対し、歪 (大曲り) 修正用基準線、ダイアフラム取付位置、角継手溶接用裏当て金取付用基準線、エレスラ溶接部超音波探傷

検査用基準線を亜鉛粉末溶射によりマーキングする。

- 2) 次に、ガス切断により、角継手溶接部の開先加工、ダイアフラムのエレスラ溶接用切欠き加工を行う。

(2) ボックス組立

- 1) フランジをコンベア上にセットし、センタリングユニット (写真-2) によりセンタリングする。
- 2) 予め、エレスラ溶接用裏当て金を取付けたダイアフラムを所定の位置にセットし、フランジと密着させ、組立溶接する。
- 3) フランジの所定の位置に角継手溶接用裏当て金を取付ける。
- 4) ウェブを1枚つつ、計2枚、立て込む。
- 5) センタリングユニットにより、ウェブの倒れを防止する。
- 6) 上方および側面からボックス柱組立装置 (写真-3) の油圧シリンダにより加圧し、ウェブとフランジ、ウェブとダイアフラムを密着させ、双方共、組立溶接する。
- 7) ウェブ上端に角継手溶接用裏当て金を取付ける。(U型組立完了)
- 8) U型の上面へフランジをセットし、センタリングする。
- 9) 上方から加圧し、フランジとダイアフラム、フランジとウェブを密着させ、フランジとウェブの角継手部を組立溶接する。(□型組立完了)

(3) 反転

次工程のために、反転装置 (写真-4) により90°反転する。

(4) フランジとダイアフラムとのエレスラ溶接

予め、(1)、(2) で加工したウェブの切欠きを利用して、フランジとダイアフラムの継手部を非消耗ノズル式エレクトロスラグ自動溶接装置 (写真-5) により溶接する。

1) 東京工場 技術部部长 2) 東京工場 技術部技術課

(5) エレスラ溶接終端部の整形、仕上

エレスラ溶接の終端部をアークエアガウジングにより、フランジとウェブの角継手溶接部の開先形状に合わせて整形し、グラインダにて仕上する。

(6) 反 転

次工程のために反転装置により 180° 反転する。

(7) エレスラ溶接始端部の整形、仕上

(5)に同じ。

(8) 角継手部溶接

フランジとウェブの角継手を溶接する。現在はウェブの厚さ 50mm以下の柱については角継手大電流自動溶接装置（写真-6）により一層盛で、50mmをこえる柱については角継手多層盛自動溶接装置により多層盛で溶接している。なお、将来は60mmまでを一層盛で溶接すべく検討している。

(9) 反 転

次工程のために反転装置により 180° 反転する。

(10) 角継手部溶接

(8)に同じ。

(11) 横移動

次工程のために横移動装置により横移動する。

(12) エレスラ溶接用孔あけ

横向き2軸NC孔あけ装置（写真-7）によりフランジ面に、ウェブとダイアフラムの継手部を溶接するための孔を1枚のダイアフラムにつき4個あける。

(13) 反 転

次工程のために反転装置により 90° 反転する。

(14) ウェブとダイアフラムとのエレスラ溶接

(12)でフランジにあけた孔を利用して、ウェブとダイアフラムの継手部を非消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接装置により溶接する。

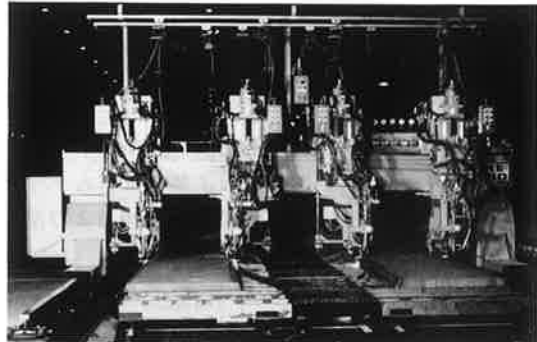


写真-1 NC けがき・ガス切断装置



写真-2 センタリングユニット

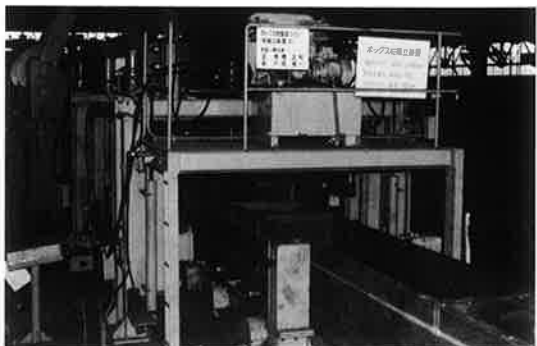


写真-3 ボックス柱組立装置



写真-4 反転装置

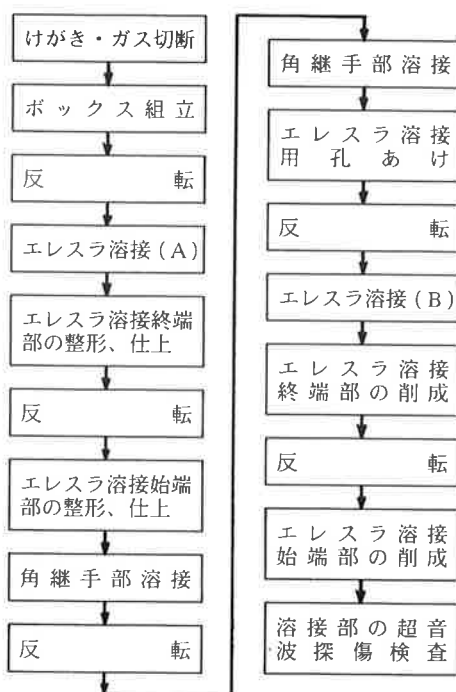


図-2 ボックス柱製作工程

(15) エレスラ溶接終端部削成

エレスラ溶接の終端部をエレスラ溶接終端部削成装置（写真-8）により削成する。

(16) 反転

次工程のために反転装置により180°反転する。

(17) エレスラ溶接始端部削成。

(15)に同じ。

(18) 溶接部の超音波探傷検査（UT）

フランジとウェブの角継手溶接部の溶接欠陥の有無、フランジとダイアフラムおよびウェブとダイアフラムとのエレスラ溶接部の欠陥の有無および溶込み幅の確認をUTにより行う。

なお、現在、この作業（社内検査のみ）を自動で行うための研究・開発を機器メーカーと共同で進めている。



写真-8 エレスラ溶接終端部削成装置

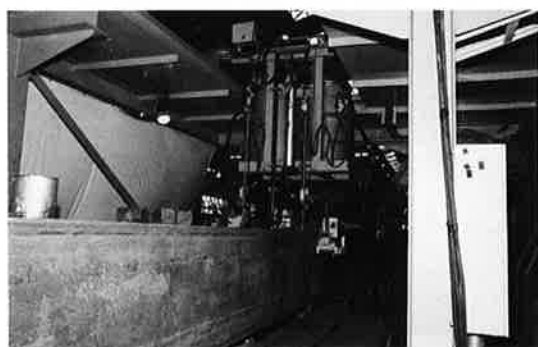


写真-5 非消耗ノズル式エレクトロスラッグ自動溶接装置

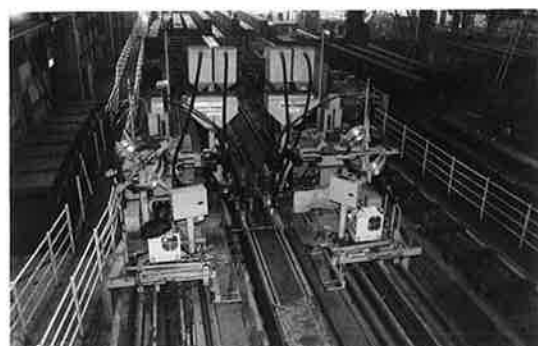


写真-6 角継手大電流自動溶接装置

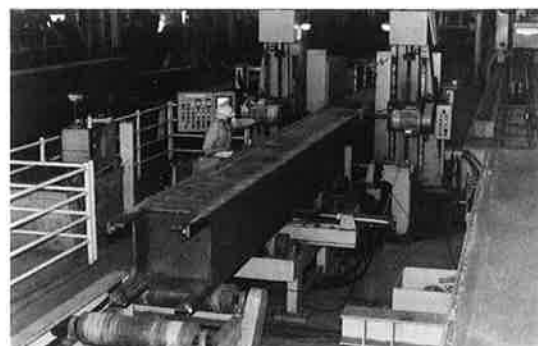


写真-7 横向き2軸NC孔あけ装置

3. 各装置の能力および特徴

(1) NCけがき・ガス切断装置 1台

1) 能力

- a. 被切断材寸法：厚 さ： 16 ~ 100mm
幅 : 300 ~ 1,000mm
長 さ：3,000~15,000mm
- b. 制 御 軸 : X 軸： 0~15,100mm
Y 軸： 0~ 150mm
Z 軸： 0~ 72.5°
- c. 走行速度 : けがき：0~3,000mm/分
切 断：0~3,000mm/分
早送り： 18,000mm/分
- d. トーチブロック：左右1対×2 全4組
- e. 倣い装置 : エアハイトセンサ
1組/トーチ 全4組

2) 特 徴

- a. 標準的なけがき、ガス切断要領（表-1、図-3・1、図3・2）は全てNC装置内の記憶装置に記憶させておくことにより、ワーク毎のオペレータのNC装置へのけがき、切断情報のインプット数を最小限にしてある。
- b. 標準的なけがき、切断要領と異なるけがき、切断も記憶装置内のパラメータを変更することにより、可能である。
- c. ベベル角度45°をこえるものについても上面から開先加工を行う方式（図-4）にしてあり、切断面のあらさ、寸法精度を加工中に確認できる。
- d. エアハイトセンサの搭載により、鋼板とトーチの間隔が一定に保たれるため、鋼板の大波、小波による切断精度の低下を最小限に食い止めることができる。
- e. 1作業工程で柱1本分のフランジ2枚あるいはウェブ2枚を同時に、かつ、1枚の鋼板の2溶接線分を同時・対称にけがき、切断するため、従来工法に比べ、単品、一対相互、何れの精度も向上する。

(2) 組立装置 2台

1) 能力

- a. 型式 門型台車走行方式
- b. 組立可能寸法 板厚: 16 ~ 100mm
断面: 400[□]~1,000[□] mm
長さ: 3,000 ~15,000mm
- c. 垂直加圧力 20ton/台
- d. 水平加圧力 10ton/台
- e. 付帯設備 センタリング装置 3組

表-1 開先形状

| ウェブ 板厚区分 tmm | 継手区分 | |
|--------------------|--------|--------------------------|
| | 完全溶込み部 | 移行距離 部分溶け込み |
| 16 ≤ t ≤ 25 | | 移行距離 ℓ mm ℓ = 150 |
| 26 ≤ t ≤ 36 | | 移行距離 ℓ mm ℓ = 150 |
| 37 ≤ t ≤ 50 | | 移行距離 ℓ mm ℓ = 150 |
| 51 ≤ t ≤ 100 | | 移行距離 ℓ mm ℓ = 200 |

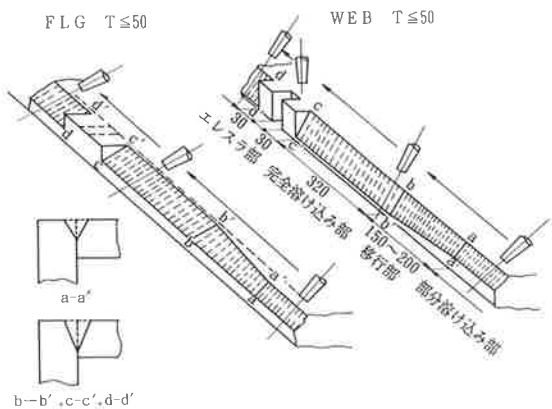


図-3-1 開先形状(1)

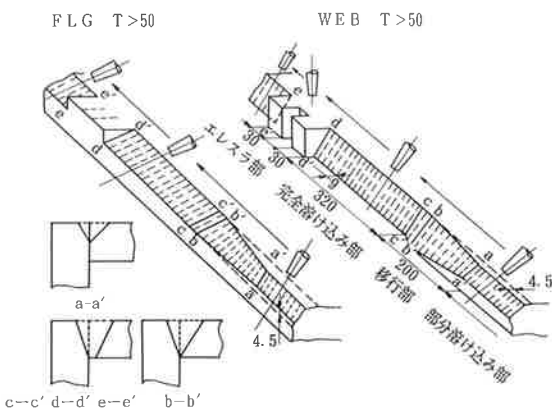


図-3-2 開先形状(2)

2) 特徴

- a. 2台共、自走式にしてあり、ワーク移動、ワーク固定の何れの方法でも組立ができる。また、スキンプレートの板厚、ボックスの断面寸法・長さなどの違いにより、2台1組あるいは1台づつ単独の何れかを適宜、選択して使用できる。
- b. 油圧シリンダの位置は500[□] ~1,000[□] mmの間で最適の位置に、任意に移送できる。
- c. ウェブの倒れ防止機能付センタリングユニットを入側コンベアに装備し、ウェブをたて込んだ後はクレーンを開放することができるようにしてある。

(3) 反転装置 3台

1) 能力

- a. 型式 上部開放・リンクチェーン式
- b. 反転可能寸法 断面: 300[□] ~1,000[□] mm
長さ: 5,000 ~15,000mm
- c. 吊上能力 最大20ton
- d. 巻上速度 3,100mm/分
- e. 反転装置 3,100mm/分

2) 特徴

上部開放式にしてあり、コンベアが故障した場合や、他の工程の仕掛品をクレーンで持込み、反転する場合など、部材を上方から搬入・搬出することができる。

(4) エレスラ溶接ステージA (B) 各1台、計2台

1) 能力

- a. 溶接法 非消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接法
- b. 溶接機 電源: DC600A、100% 12台 (8台)
溶接装置: セスネット12台 (8台)
- c. 台車 溶接装置、ワイヤパック搭載 6台 (4台)
- d. 溶接可能寸法 断面: 400[□]~1,000[□] mm
長さ: 5,000 ~15,000mm

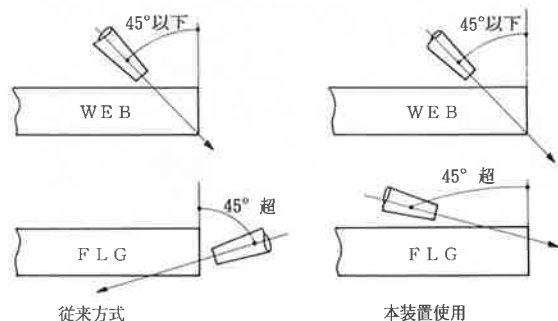


図-4 開先加工方式

2) 特 徴

- a. 溶接トーチをX、Y、Z、3方向に容易に移送できる。
- b. ワイヤパックを台車に搭載することにより、ワイヤパックとアークポイントとの距離が常に近接し、ワイヤの送給が滑かになるようにしてある。
- c. ワイヤパックの上方にワイヤコンジットチューブ吊下げ装置 (図-5、写真-9) を設け、ワイヤの送給が滑かになるようにしてある。

(5) 角継手大電流自動溶接装置 2台

1) 能 力

- a. 型 式 : ツイン2電極大電流SAW式
- b. 溶 接 機 : 電 源 : 1,500A100%8台
溶接装置 : ウェルスター DP

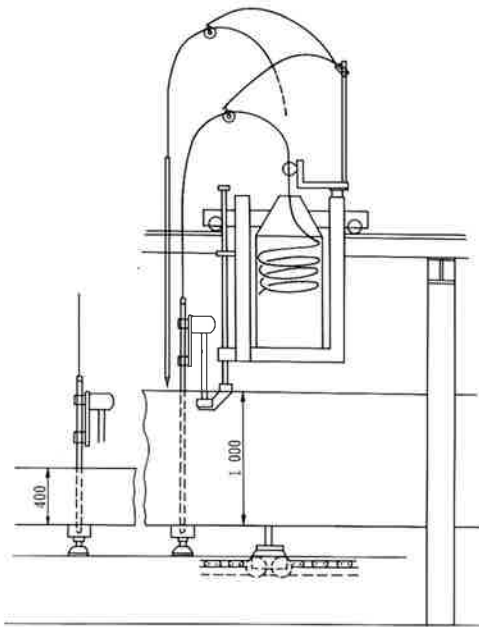


図-5 コンジットチューブ吊下げ装置

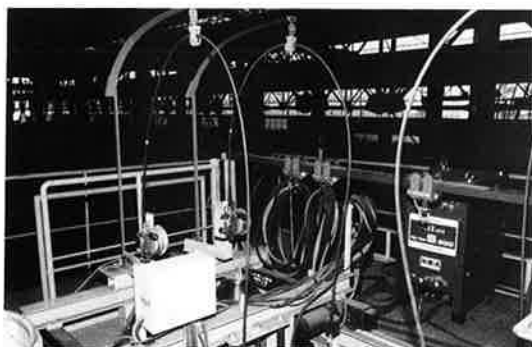


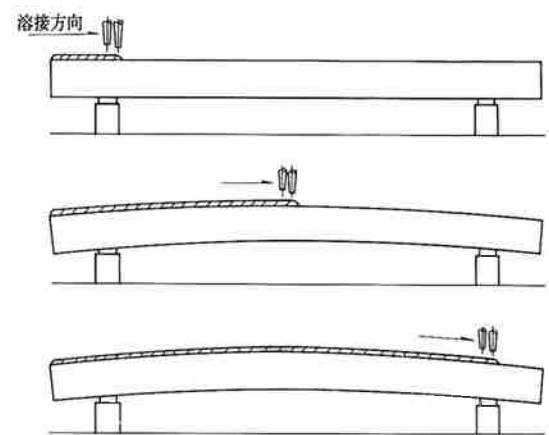
写真-9 コンジットチューブ吊下げ装置

- c. 溶接可能寸法 : 断 面 : 500²~1,000² mm
長 さ : 5,000~15,000mm
- d. 付 帯 設 備 : 柱自動姿勢制御装置

2) 特 徴

- a. 溶接装置を左右、セパレート型にし、ワイヤ交換のための装置一時停止回数を門型一体型の場合の1/2にしてある。
- b. 1本の柱の2溶接線を同時に溶接することにより大曲りの発生を減少させることができる。
- c. ワイヤは先行、後行共、150Kgコイルを搭載することにより、溶接継目の箇所数を少なくすることができる。
- d. 溶接部に散布されたフラックスのうち、余剰フラックスは自動的に回収ホッパに回収され、適宜、それを供給ホッパへ落下、再供給できるようにしてある。
- e. 溶接熱により大曲りが発生し、溶接金属が先行することにより、溶接欠陥が発生するのを防止するため、溶接ステージ内のコンベア内に柱自動姿勢制御装置 (図-6、小池酸素工業、駒井鉄工、共同による特許出願中) を装備してある。

従来方式



新方式

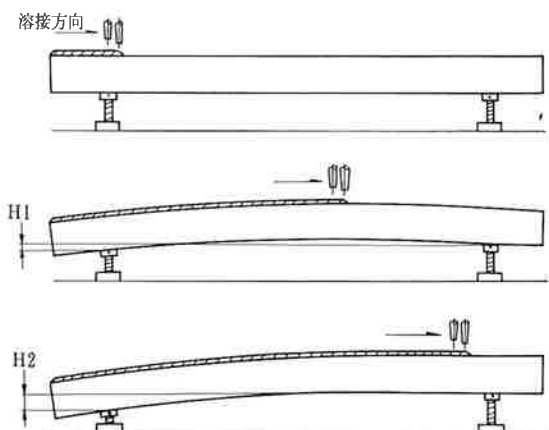


図-6 柱自動姿勢制御装置作動概要

(6) 横移動装置 3台

- 1) 能力
 - a. 型式 台車2台選択走行方式
 - b. 能力 載荷重量：最大20ton/2台
長さ：5,000～15,000mm
速度：6m/分
- 2) 特徴
 - a. 柱の長さに応じて3台の台車の内、最適な2台を選んで部材を上昇、コンベアから地切りし、横移動させることができる。
 - b. 横移動中、進行方向の直角方向にずれが発生した場合は部材が台車から落下するのを防止するため、台車が自動的に停止するようにしてある。

(7) 横向き2軸NC孔あけ装置 1台

- 1) 能力
 - a. 型式：NC制御方式
 - b. ドリル数：2軸
 - c. 制御軸数：3軸（上下、左右、前後）
 - d. 付帯設備：リフタ付センタリング装置
3組
- 2) 特徴
 - a. モニターテレビにより主操作盤側で反対側の孔あけ位置精度も確認できる。
 - b. リフタ付センタリング装置により部材をコンベアから地切りし、かつ、左右からクランプした状態でコンベアに負担をかけずに孔あけすることができる。
 - c. CAD/CAM対応機能を持っている。

(8) エレスラ溶接端部削成装置 1台

- 1) 能力
 - a. 型式：切削ユニット懸垂形
 - b. カッター数：2軸
 - c. 作動軸数：3軸（上下、左右、前後）
- 2) 特徴
 - a. 切削工具の回転によりエレスラ溶接の始端の突起を切削するもので、ガウジング、グラインダによる処理に比べ、騒音、粉じんの発生が極端に少なく、安全・衛生上、優れている。
 - b. 切削面の表面あらさは25S以下でグラインダ等による補正仕上の必要がない。
 - c. ガウジング、グラインダ仕上による処理に比べ工数が1/2以下ですむ。

(9) ローラコンベア 5基

- a. 型式 全ローラ駆動方式
- b. 能力 重量：最大20ton
断面：最大1,000[□] mm
長さ：5,000～15,000mm
速度：6m/分、12m/分 切換方式

(10) チェーンコンベア 7基

- a. 型式 エレスラ溶接ステージ内：
チェーン1条駆動方式
一般部：チェーン2条駆動方式
- b. 能力 重量：最大20ton
断面：500[□]～1,000[□] mm
長さ：5,000～15,000mm
速度：12m/分

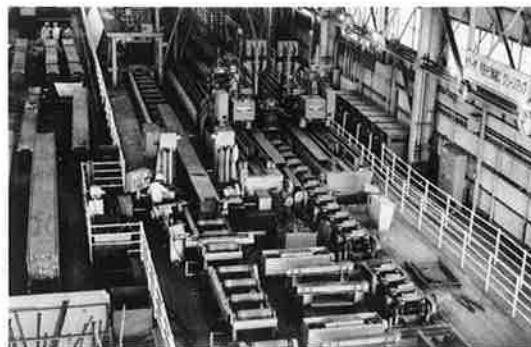


写真-10 ボックス柱製造ライン全景

おわりに

本ラインの導入により、鉄骨ボックス柱の素管製作設備は一応、完成したことになる。今後は関係者一丸となって、この設備を100%活用し、品質・生産性向上に注力していかなければならない。

一方、併行して、製品としてのボックス柱の品質向上、工期短縮、生産性向上、生産量増大も図っていく必要がある、そのためには、引続き、本ラインの前後工程の改善、自動化、省力化を推進していく必要がある。一例を挙げれば、ボックス柱大組立溶接（ボックス柱素管とブラケットとの継手部の溶接）作業のロボット化などがある。

最後に、本ラインの導入に際して、多大のご協力を頂きました小池酸素工業株式会社の関係者の方々に、深く感謝の意を表します。