

〔溶接施工法〕

高速回転アーク狭開先自動溶接装置による角継手溶接工法

工藤 憲二¹⁾ 田中 進²⁾

東京工場では、近年の建築物の高層化による溶接組立箱形断面柱の極厚化（板厚50mmを超える）に伴ない、高速回転アーク狭開先自動溶接装置を導入し、角継手に採用した。工場での実稼働に先きがけ、本装置による溶接品質を確性試験により確認した。

まえがき

建築鉄骨製造分野において、柱ウェブの板厚が50mmを超える溶接組立箱形断面柱の角継手の完全溶込溶接部に対して、東京工場では従来工法（開先形状がV形でルート間隔9mm、開先角度25°で、溶接方法は炭酸ガスシールド自動または半自動溶接）を採用している。しかし、この従来工法に対する自動化は、開先寸法の製作誤差、溶接ならい装置の性能上難しく、東京工場における溶接作業の省力化課題のひとつであった。この度、高速回転アーク狭開先自動溶接装置を導入し、板厚が50mmを超える角継手に狭開先溶接の適用を図り、省力化と品質向上を目指した。本報では、本溶接装置の概要・特徴、工場での実稼働に先きがけての確性試験などについて述べたものである。なお、本溶接装置は“KNAW”と呼称する。

1. KNAWの概要および特徴

(1) KNAWの原理

図-1に本溶接法の原理を示す。溶接は、溶接ワイヤが電極ノズルを介して通電チップに送給され、通電チップの偏心孔により偏心し、電動モータにて電極ノズル・通電チップが高速回転し溶接を行うというものである。この溶接法は、ビード表面の扁平化、側壁部の溶込み増加および溶融速度を増加させる特徴を有している。また、アークセンサーにより、開先幅方向およびトーチ高さ方向の制御を行い、溶接線をならっている。

(2) KNAWの概要

写真-1にKNAWの外観を、図-2に基本構成を示す。KNAWは、主として溶接機、制御装置、溶接

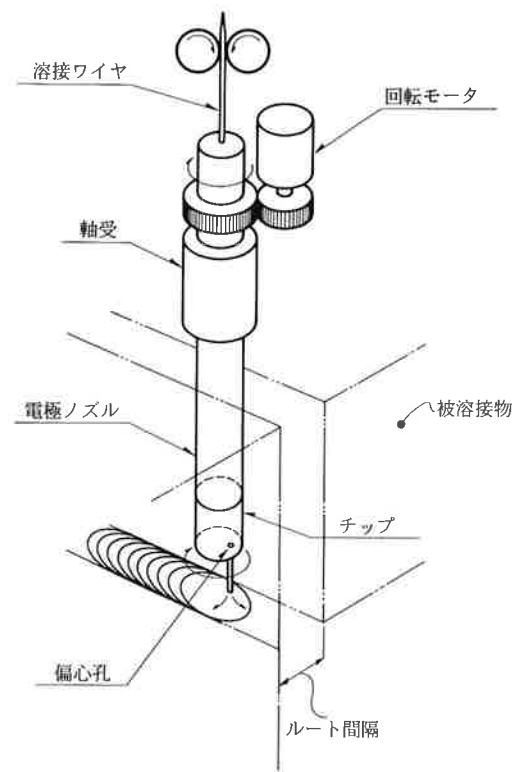


図-1 KNAWの原理



写真-1 KNAW外観

1) 東京工場 技術部技術課課長 2) 東京工場 鉄構部鉄構課課長

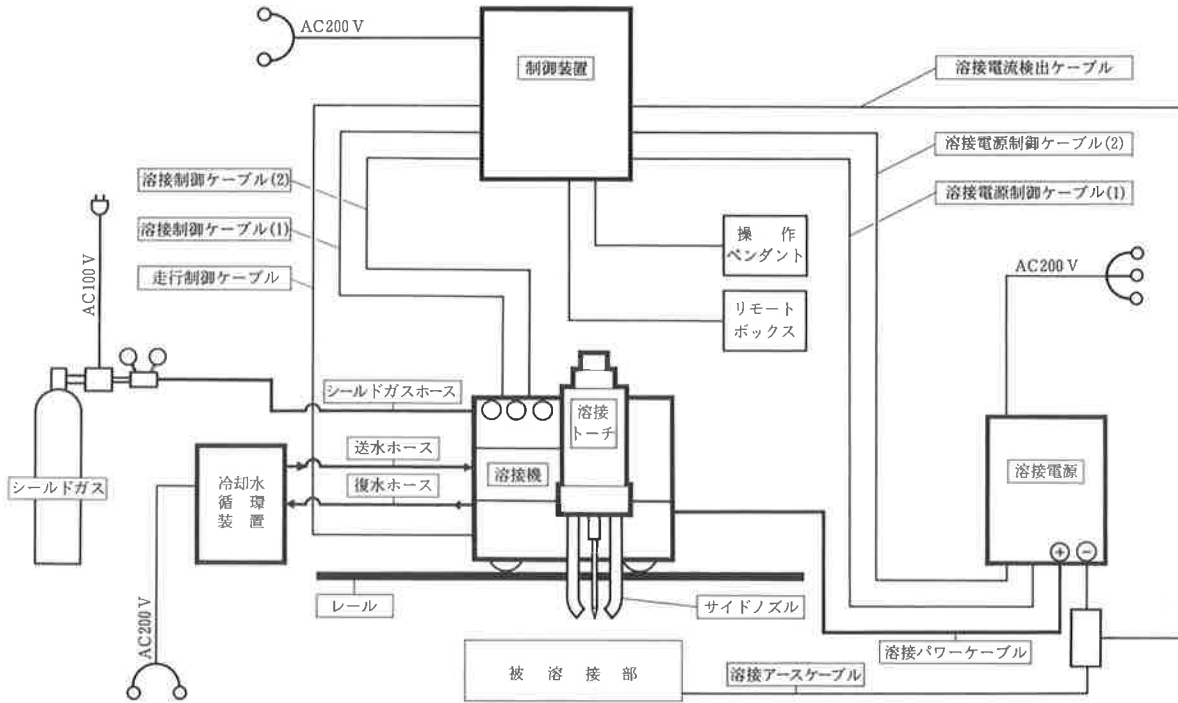


図-2 KNAWの基本構成

電源および冷却水循環装置から構成されている。

溶接機、溶接電源および冷却水循環装置が実際に溶接作業を行う部分である。制御装置は、溶接条件（電流、電圧、溶接速度）の設定、電極ノズル・通電チップの回転速度の制御、アークセンサーによる開先幅方向と高さ方向のトーチ位置の制御および異常検出などを行い、溶接機などの溶接作業を制御している部分である。

(3) KNAWの特徴

KNAWの特徴を以下に示す。

1) 極厚被溶接部の溶接作業の省力化

表-1にKNAWの仕様を示す。本装置はI形開先の狭開先溶接であるため、溶接作業の省力化が図れる。また、アルゴンガス80%、炭酸ガス20%の混合ガスをシールドガスに使用していることから、ビード表面が平滑で、スパッタの発生が少なく、スラッグの除去も容易である。また、本装置では、最大板厚200mmまでの溶接を行うことができる。

2) 溶接品質の安定化

I形開先の1層1パスの狭開先溶接で、偏心孔を有するチップの高速回転により側壁（開先幅方向）の溶込みが深く、一定の溶接動作・溶接条件で溶接を行うことから、溶接品質の安定化が図れる。

3) 溶接作業者の労働環境改善

写真-2にKNAWの溶接作業状況を示す。溶接作業者はアークモニターにて溶接状況を監視できる。したがって、溶接中に発生する紫外線やヒュームガスなどによる労働環境の悪条件から解放される。

表-1 KNAWの仕様

| 項目 | 仕様 |
|---------|---------------|
| 溶接方法 | 混合ガスシールドアーク溶接 |
| 開先形状 | I形 |
| 標準ルート間隔 | 12~16 mm |
| 適用最大板厚 | 200 mm |

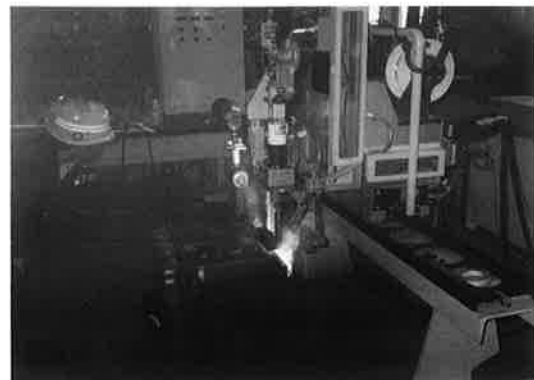


写真-2 KNAW溶接風景

表-2 試験体

| 試験体名 | 角継手の種類・長さ | 板厚 | ルート間隔 | 開先角度 |
|-------|--------------------|------|-------|------|
| No. 1 | 完全溶込溶接部(溶接長:250mm) | 70mm | 15mm | 2° |
| | 部分溶込溶接部(溶接長:250mm) | 70mm | 15mm | 0° |
| No. 2 | 完全溶込溶接部(溶接長:500mm) | 70mm | 15mm | 2° |

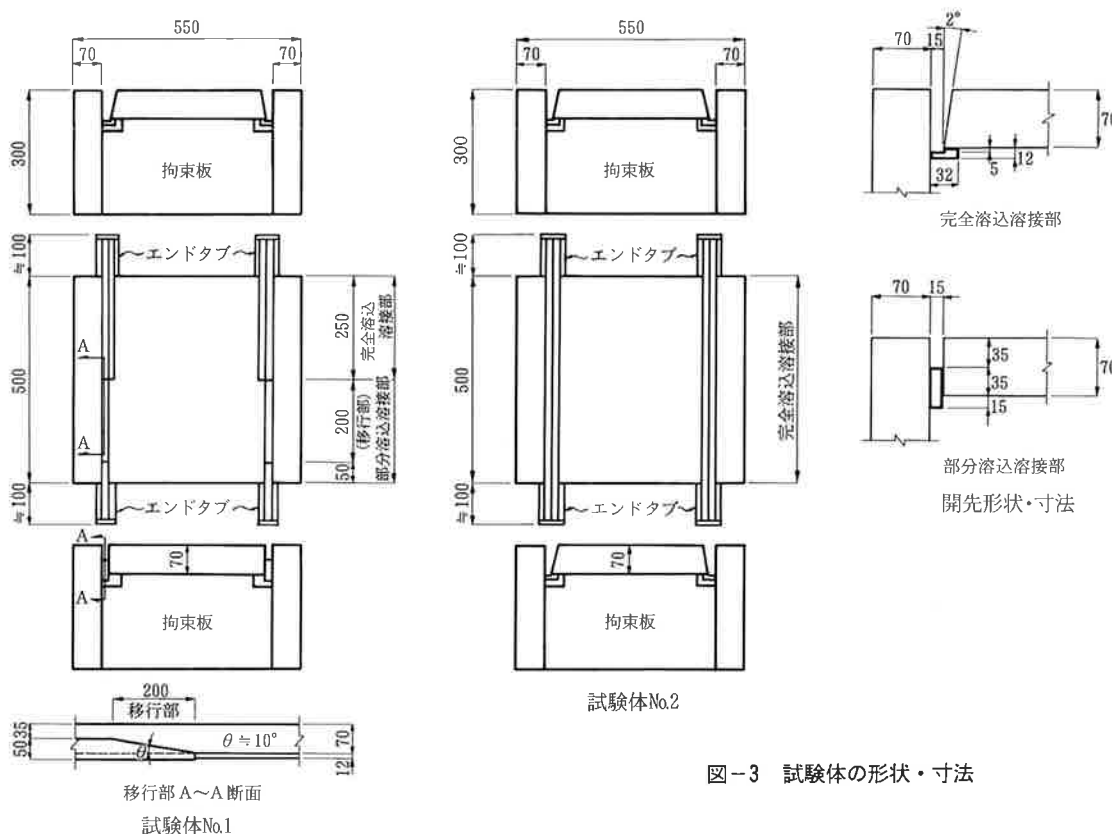


図-3 試験体の形状・寸法

表-3 試験項目および判定基準

| 試験項目 | 試験方法 | 判定基準 |
|---------|-------------------------------|--------------------------|
| 引張試験 | JIS Z 3111 | 母材の規格値以上合格 |
| 曲げ試験 | JIS Z 3124 | 長さ3mmを超える割れ、著しい欠陥の無い場合合格 |
| 衝撃試験 | JIS Z 2242 | 試験温度0℃で行い、母材の規格値以上合格 |
| マクロ試験 | JIS G 0553 | 著しい欠陥の無い場合合格 |
| 硬さ試験 | JIS Z 2244 | 溶接断面について、硬度分布を測定し、記録する |
| 超音波探傷試験 | 日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査基準」に準拠 | |

2. 溶接確性試験

工場での実稼働に先立ち、KNAWによる溶接組立箱形断面柱の角継手の溶接施工方法が適正で、更に溶接部が健全かつ母材の規格値を満足することを確認するために確性試験を行った。

(1) 試験体および試験項目

表-2に試験体の一覧を、図-3に試験体の形状・寸法を示す。試験体は板厚70mm (SM50B) の2体で、試験体No.1は完全溶込溶接部と部分溶込溶接部から成り、試験体No.2は完全溶込溶接部のみとした。部分溶

込溶接部の裏板はライナ方式とし、この方式は駒井鉄工(株)が特許申請を行っている。また、開先幅方向の溶収縮を配慮して、開先角度は2°としている。表-3に試験項目および判定基準を、図-4に試験片採取要領を示す。完全溶込溶接部を対象とし、斜角一探法、タンデム探傷法および垂直探傷法を用いて超音波探傷試験を行った。また、部分溶込溶接部(主に、完全溶込溶接部への移行部)に対しては、引張試験およびマクロ試験を行うこととした。

(2) 溶接

表-4に溶接材料を、表-5に溶接条件をそれぞれ

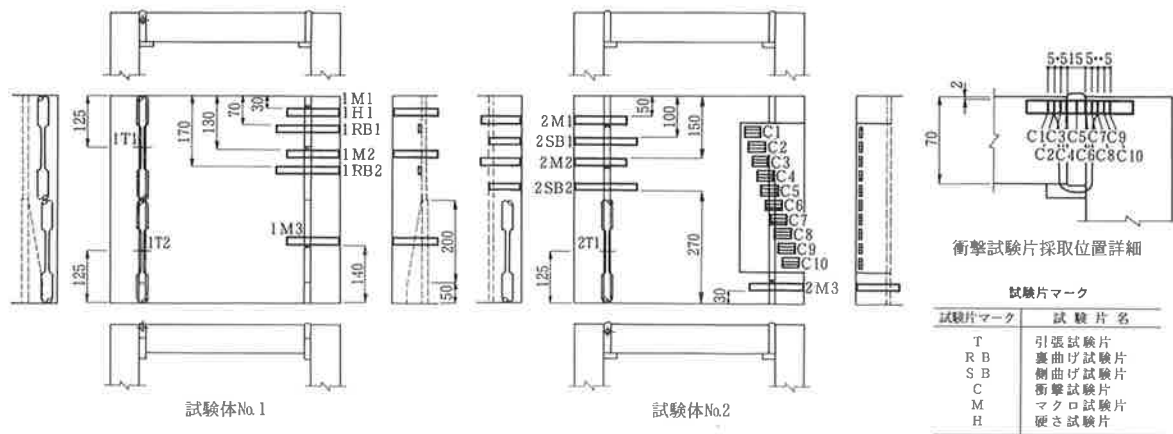


図-4 試験片の採取要領

表-4 溶接材料

| ワイヤ | | | | シールドガス | | | |
|---------------------|------|-------|---------------|-----------------------------------|------|----------|----------|
| 規格 | 径 | 銘柄 | メーカー | 種類 | ガス流量 | | |
| JIS Z 3312 YGW16 | 1.2φ | YM-25 | 日鐵溶接 工業(株) | Ar : 80% CO ₂ : 20% | 位置 | サイドノズル | ボックスノズル |
| | | | | | 深部 | 30 l/min | 40 l/min |
| | | | | | 浅部 | 30 l/min | 60 l/min |

表-5 溶接条件

| 電流 (A) | 電圧 (V) | 溶接速度 (cm/min) |
|---------|--------|---------------|
| 350~360 | 36~40 | 18~30 |



写真-3 溶接風景 (アークモニター)

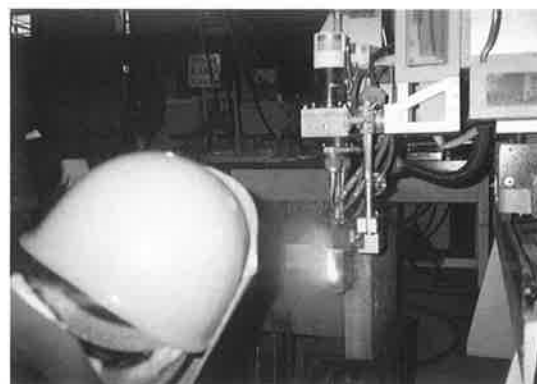


写真-4 溶接風景 (アーク発生状況)

示す。また、写真-3および4に溶接風景を示す。

(3) 試験結果

表-6に試験結果の一覧を示す。また、写真-5に完全溶込および部分溶込溶接部(移行部)の断面マクロを示す。

超音波探傷試験の結果は、試験体No.1およびNo.2の完全溶込溶接部について無欠陥であった。引張試験については、溶着金属部の引張強さは51~54kgf/mm²と母材の規格値を満足した。また、完全溶込溶接部と部分溶込溶接部(移行部)との引張強さの相違は無い。曲げ試験について、側曲げおよび裏曲げ試験

の結果は、裏曲げ試験片1RB2でC0.8mm1ヶの微小な欠陥を確認した以外は、全て無欠陥であった。衝撃試験について、母材、溶着金属部および熱影響部の衝撃値は、2.9kgf・m以上と母材の規格値を満足した。マクロ試験については、各マクロ試験片とも溶込良好、無欠陥であった。硬さ試験についても、最高硬さ297Hvの値であった。

(4) 考察

試験結果より、KNAWで行う角継手は、良好な溶接品質であることが確認できた。

表-6 試験結果

| 試験項目 | 試験結果 | | |
|---------|--------|----------------------------|-----------------|
| 引張試験 | 試験片 | 引張強さ(kgf/mm ²) | 試験片採取位置 |
| | 1 T 1 | 51 | 試験体No.1の完全溶込溶接部 |
| | 1 T 2 | 52 | ” 部分 ” |
| | 2 T 1 | 54 | 試験体No.2 |
| 曲げ試験 | 試験片 | 試験結果 | 試験片採取位置 |
| | 1 RB 1 | 欠陥無し | 試験体No.1の完全溶込溶接部 |
| | 1 RB 2 | C 0.8×1 | ” |
| | 2 SB 1 | 欠陥無し | 試験体No.2 |
| | 2 SB 2 | 欠陥無し | ” |
| 衝撃試験 | 試験片 | 衝撃値(kgf・m) | 試験片採取位置 |
| | C 1 | 4.5 | 試験体No.2 |
| | C 2 | 2.9 | ” |
| | C 3 | 7.3 | ” |
| | C 4 | 8.9 | ” |
| | C 5 | 8.3 | ” |
| | C 6 | 19.8 | ” |
| | C 7 | 9.7 | ” |
| | C 8 | 15.4 | ” |
| | C 9 | 8.8 | ” |
| C 10 | 6.9 | ” | |
| マクロ試験 | 試験片 | 試験結果 | 試験片採取位置 |
| | 1 M 1 | 欠陥無し | 試験体No.1の完全溶込溶接部 |
| | 1 M 2 | 欠陥無し | ” |
| | 1 M 3 | 欠陥無し | 試験体No.1の部分溶込溶接部 |
| | 2 M 1 | 欠陥無し | 試験体No.2 |
| | 2 M 2 | 欠陥無し | ” |
| 2 M 3 | 欠陥無し | ” | |
| 硬さ試験 | 試験片 | 最高硬さ(Hv) | 試験片採取位置 |
| | 1 H 1 | 297 | 試験体No.1の完全溶込溶接部 |
| 超音波探傷試験 | 試験体 | 試験結果 | |
| | No. 1 | 無欠陥 | |
| | No. 2 | 無欠陥 | |

〔注〕曲げ試験中の記号Cは割れを示す。

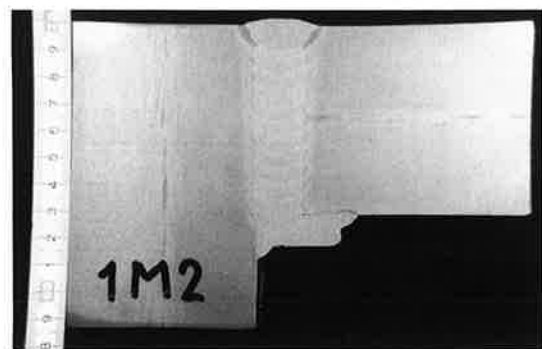


写真-5 (a) 断面マクロ(完全溶込部)

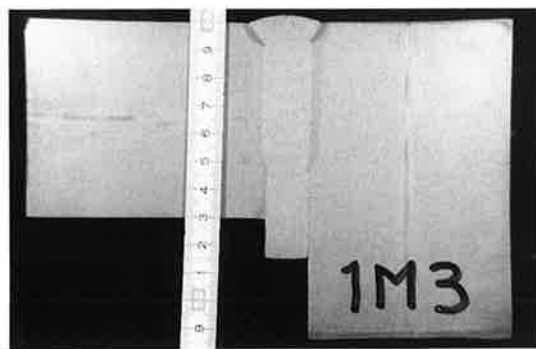


写真-5 (b) 断面マクロ(部分溶込溶接部 移行部)

あ と が き

KNAWの溶接により、角継手の溶接作業の省力化、溶接品質の安定化が図れることが確認された。しかし、実施工への適用例が少なく、施工条件のデータ蓄積とさらなる省力化が今後の課題である。

本試験の報告にあたり、御指導いただいた㈱日本設計構造設計本部指導部長 真喜志卓氏、同構造設計部主管 梅田幹夫氏、および戸田建設㈱本社建築

工事技術部技術課課長 永橋進氏さらに㈱ジャパンテクノメイト第2製造部係長 小島裕二氏に謝意を表します。

〔参考文献〕

- 1) (社)溶接学会溶接法研究委員会：ナロウギャップ溶接（狭開先溶接）－日本における現状－1984