

技術ノート

大断面BOX柱への非消耗ノズル式 エレクトロスラグ溶接法 (SESNET溶接法) の適用

Application of SESNET Welding to Large Box Members

渡辺 武*
Takeshi WATANABE

菅野 啓行**
Yoshiyuki KANNO

村井 好範***
Yoshinori MURAI

As building construction has been making increase use of megastructures in the recent years, box columns having a large cross-section with one of its side dimension over 1,500mm need to be fabricated. Most of the sides forming the cross-section of such a column usually used in steel-frame construction are less than 1,000mm in length, and efficient SESNET welding is used for welding the diaphragm plates. However, the length limit for such welding is 1,200mm. The adoption of CO₂ welding, inferior in efficiency has been inevitable for the large section so far. This study is concerned with investigation of the applicability of SESNET welding for 1,600mm section.

Keywords : SESNET welding, nozzle, support, spacer

1. まえがき

近年、建築構造物においては、都市部のビル建て替え工事の工期短縮あるいは建物下部のスペースの有効利用という観点から「スピーディ・ダイナミック工法」あるいは「DESC構法」と呼ばれるメガストラクチャーを採用する構造物が増えてきた。これらの構造物では、建物全体の荷重を外周の数本の柱で受け持たせるように設計されており、従来にはなかったような大断面で極厚のBOX柱となっている。

このような大断面のBOX柱のダイヤフラムは、溶接線の長尺化および極厚化したもので設計されている。一方、一般的なBOX柱の断面は1 000 mm以下のものがほとんどであり、ダイヤフラムの溶接は、一般的に高能率な非消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接法 (以下「SESNET溶接法」) で施工されている。しかし、この溶接法は、溶接長さの限界が1 200 mmとされており、大断面のBOX柱ダイヤフラムに対して、作業性および能率の劣る炭酸ガス半自動あるいは自動溶接法で施工せざるを得ないのが現状である。これに対し、長尺のものに対してもSESNET溶接法が適用できれば、以下の利点が期待できる。

- ① 高能率な溶接施工ができる。
- ② 低ひずみの溶接により精度の高い部材が得られ

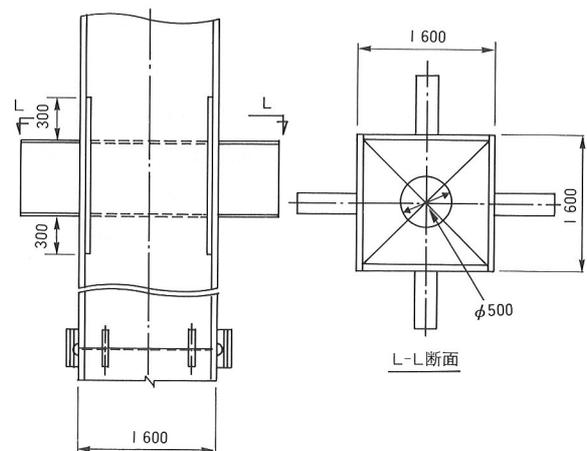


図-1 1 600 mm BOX柱

る。

- ③ 狭い内側での溶接が不要であり、外側より良好な作業環境を提供できる。

本報告では、断面が1 600 mmのBOX柱を想定し (図-1 参照)、長尺溶接線で極厚ダイヤフラムのモデルを製作し、SESNET溶接法を適用するための実験・検討を行ったので、この結果について報告する。

2. SESNET溶接

(1) SESNET溶接の適用範囲

*川田工業(株)生産事業部栃木工場次長 **川田工業(株)生産事業部栃木工場工務課係長 ***川田工業(株)生産事業部栃木工場工務課

SESNET溶接は、ノズルを水冷しながら、スラグ浴の中にワイヤを連続的に供給し、スラグ中を流れる電流の抵抗熱で、ワイヤと母材突合せ部を溶融して行う上進溶接法である。この溶接法の適用範囲は表-1に示すとおりであり、一般的には1 200 mmを超える長尺溶接は困難とされている。当工場の実績でも1 300 mmが最大である。

表-1 SESNET溶接法の適用範囲

| 項目 | メーカー仕様 | 栃木工場実績 |
|-----------|---------------|---------------|
| ダイヤフラムの板厚 | 16~65 mm | 16~80 mm |
| 溶接長 | MAX. 1 200 mm | MAX. 1 300 mm |
| 適用鋼種 | 50キロ級高張力鋼以下 | 53キロ級高張力鋼以下 |
| ノズル径 | φ 12 mm | 同 左 |
| ノズル長さ | MAX. 1 500 mm | MAX. 1 600 mm |

(2) 1 600 mm BOX柱施工に際しての問題点

上述したようにSESNET溶接法では、1 300 mmを超える溶接線の実績がなく、1 600 mmの溶接を行う場合には次のような問題が生じるものと予想される。

- ① 市販されているノズル長さの最大は、1 500 mmであり、長尺ノズルを作る必要がある。
- ② ノズルが長尺になったこと、および長時間高温環境にさらされるため、ノズルの冷却能力の確認が必要である。
- ③ 長尺ノズルのため、ノズル駆動部のクリアランスや溶接中発生する振動・磁場の影響からくる振れが原因で、溶接中断が生じやすくなる危険性がある。
- ④ 長時間溶接となるため、溶接チップの熱膨張による目づまりからくるワイヤ送給性の悪化。
- ⑤ ノズルが上昇するに従って、コンジットケーブルおよび冷却水ケーブルから受ける荷重によってノズル頭部に倒れが生じ、この影響により、ノズル先端部の狙い位置が変化する危険性がある。

(3) 検討手順

1 600 mm BOX柱にSESNET溶接法を適用するための検討手順を図-2に示す。

3. 長尺ノズルの試作

1 600 mm BOX柱のSESNET溶接に必要なノズル長さは、これまでの実績より、最小で被溶接長さプラス300 mm必要であることから1 900 mmとすることにした。

メーカーで1 500 mmを超えるノズルの製作を行っていないのは、ノズル内の銅パイプの加工が困難であるなどの理由からであり、このため、長尺ノズルは社内で試作するものとして以下に示すような製作方法の検討を行った。

- ① 現行のノズルをつなぎ合わせる。

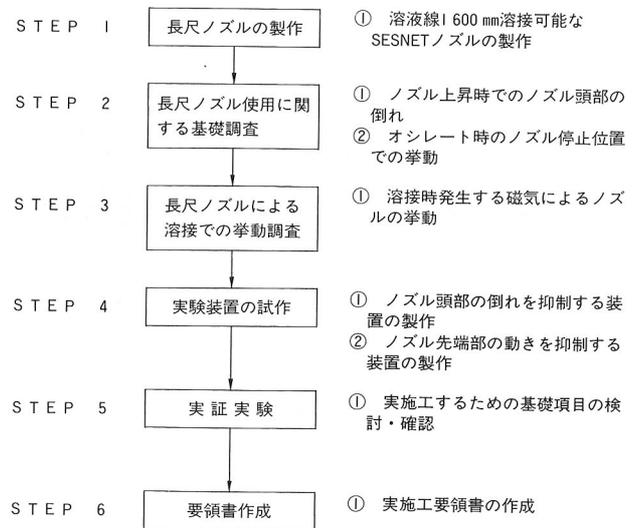


図-2 検討手順

- ② 加工性を考慮し、現行よりもノズル断面を大きくし、1本もので製作する。
- ③ 現行のノズルと同様の断面で1本もので製作する。この場合は、メーカーに協力していただく。検討を重ねた結果、③で試作した。図-3に試作したノズルの構造を示す。

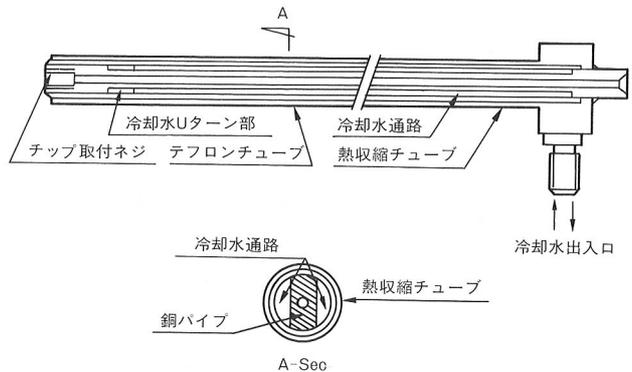


図-3 SESNETノズルの構造

4. 長尺ノズル使用に関する基礎調査

試作した長尺ノズルが実際の使用に耐え得るか問題点の確認を行った。調査項目は以下に示すとおりである。

- ① ノズル上昇に伴う頭部の倒れ量の確認。
- ② 溶接をしない状態でのオシレート操作による各停止位置でのノズル頭部の挙動、およびノズル先端部の挙動。

(1) ノズル上昇に伴う頭部の倒れ量

SESNET溶接機に試作したノズルを取り付け、ノズル上昇の各位置でのノズル頭部の倒れ量と先端部位置のズレ量の測定結果を図-4に示す。

(2) オシレート停止位置でのノズル端部の挙動

前項と同様な状態でオシレート操作を与えた場合、各上昇位置でのオシレート停止時に発生する振動が、ノズ

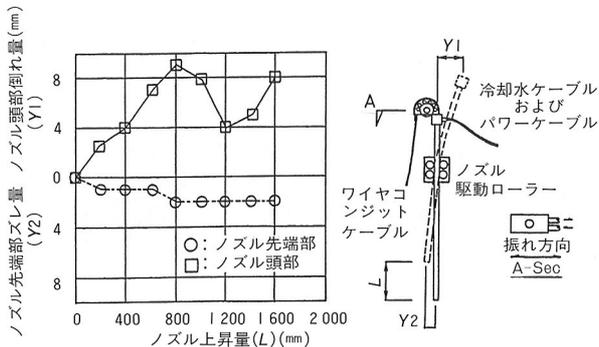


図-4 ノズル頭部倒れ量測定結果

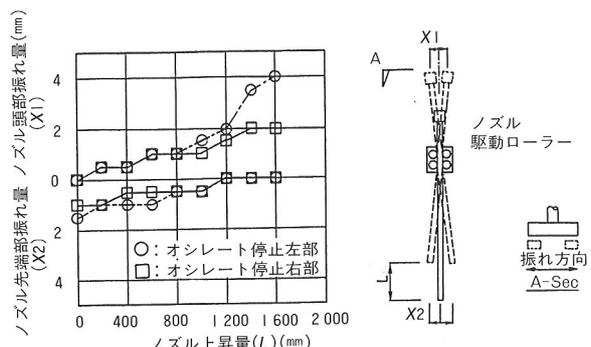


図-5 ノズル端部での挙動測定結果

ノズル頭部と先端部に及ぼす影響の測定結果を図-5に示す。

5. 溶接時のノズル挙動の調査

試作ノズルで実際に溶接を行ったときの、ノズル先端部での挙動測定結果を図-6に示す。

この結果によれば、ノズル先端部は溶接中に発生する磁場の影響を受けて以下のような挙動をしている。

- ① 溶接開始より溶接線全長の約1/2までは、スキンプレート側に引き寄せられるような状態で移行、さらに停止位置でも振られ「L型」に移行(図中“a”部)している。また、停止位置から再移行する際、ノズル先端部においては、移行開始から遅れること約1秒後、弾かれるように移行しはじめる。この間に生じたオシレート駆動部と先端部とのオシレート方向

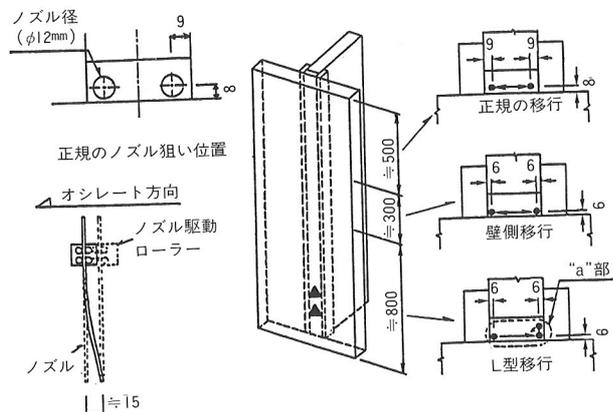


図-6 ノズル挙動調査結果

のズレは約15 mmである。

- ② 溶接線全長の約1/2からは、スキンプレート側に引き寄せられたかたちで一直線状に移行する。
- ③ 溶接線上部になってはじめて、設定したオシレート移行を行うようになる。

なお、図中▲印で示した部位はノズル先端部の振れなどにより溶接中断を生じた部分である。

6. 実験装置の試作

これまでの調査結果より、試作したノズルを使用するにあたっては、以下に示す対応が必要となる。

- ① ノズル頭部には、コンジットケーブルおよび冷却水ケーブルの荷重の影響を阻止して、倒れが生じないようなサポートを設置する。
- ② ノズル先端部には、磁場の影響や振動による振れが生じて溶接チップと母材が接触しないようにスペーサーを取り付ける。

これらを考慮し、図-7に示す実験装置を試作した。

試作した実験装置は、ノズルサポートを直接オシレート駆動部に取り付け、ノズルと一緒に動くようにし、ノズルの上昇に伴いサポート点を移動できるようにしてある。一方、ノズル先端部のスペーサーは耐熱性のよいテフロン系樹脂を円筒形にし、溶接チップより約100 mm上側に取り付けた。

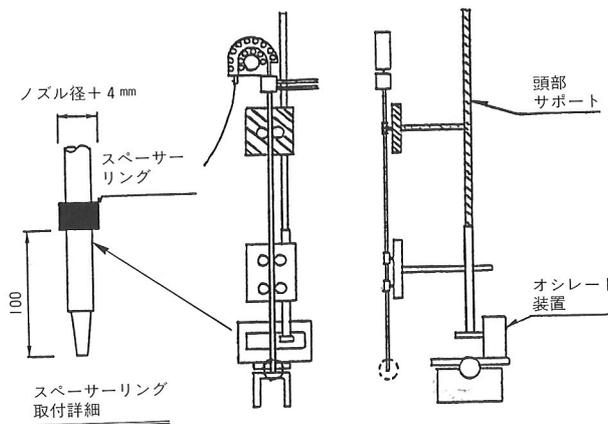


図-7 実験装置

7. 実証実験

実験は、断面が1600 mm、ダイヤフラム板厚70 mmのBOX柱を想定して、実施工が可能であることの確認を行った。主な検討項目は以下のとおりである。

- ① 溶接長1600 mmでのノズルサポートの有用性。
- ② 長時間溶接でのノズルおよび溶接チップの耐久性。
- ③ 溶接部の品質および機械的性能。

なお、試験体形状を図-8に示す。

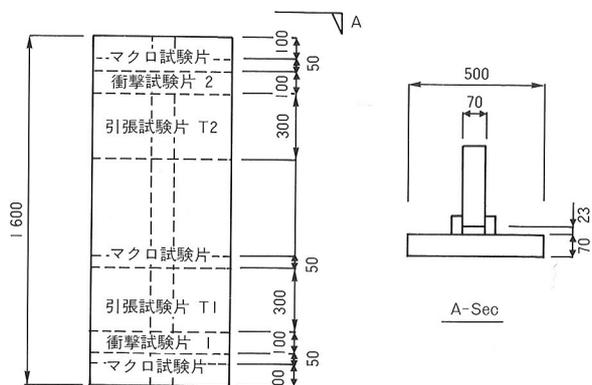


図-8 試験体形状

(1) 供試鋼材および溶接材料

本試験に用いた鋼材および溶接材料を表-2に、溶接条件を表-3に示す。

表-2 供試鋼材および溶接材料

| | | | |
|------|--------------|--------------|----------------|
| 供試鋼材 | 板厚 | 鋼種 | 使用箇所 |
| | 70 mm | SM490B | ダイヤフラム・スキンプレート |
| 溶接材料 | ワイヤ | フラックス | メーカー |
| | YM-55A (1.6) | YF-15 (20×D) | 日鐵溶接工業㈱ |

表-3 溶接条件

| | | | | |
|--------|--------|---------------|------------------|-------------|
| 電流 (A) | 電圧 (V) | 溶接速度 (cm/min) | ワイヤ送給速度 (mm/sec) | 入熱量 (kJ/cm) |
| 380 | 55~57 | 1.2 | 145~150 | 1.064 |

(2) 実験結果および考察

実験結果を表-4、写真-1、図-9に示す。

表-4 実験結果

| 検討項目 | 調査項目 | 試験結果 |
|-----------------|-----------------|--|
| ノズルサポートの有効性 | 頭部サポートの有効性 | ノズル頭部での振れ・倒れが抑制された。振れ量は半分以下、倒れ量は1/4となった。(図-9) |
| | ノズル先端部スぺーサーの有効性 | ノズル先端部スぺーサーを取り付けたことにより、チップ短絡による溶接中断がなくなった。良好な溶け込み形状が得られた。(写真-1) |
| 溶接チップおよびノズルの耐久性 | 溶接チップの耐久性について | ワイヤ送給速度は一定しており、目づまりなどは発生せず、問題はなかった。 |
| | ノズルの耐久性について | ノズル先端部で水漏れの問題はなく、また、ノズル曲がりも生じず、冷却能力にも問題なかった。 |
| 溶接部の品質 | 溶接部の健全性について | 溶接部内部に欠陥はなく、機械的性質も良好であり、全く問題はなかった。 |
| | 溶接部の機械的性質について | 〈機械試験結果〉 引張強度：T1 = 623N/mm ² , T2 = 624N/mm ² 衝撃値 (Ave.)：1 = 36J, 2 = 32J |

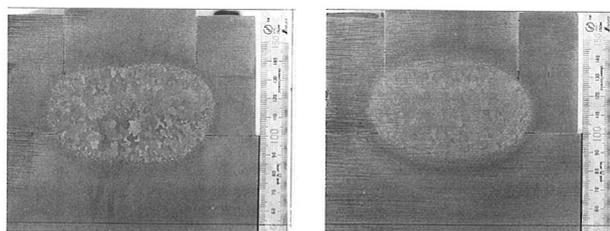


写真-1 ノズルサポートによる溶込み形状の変化

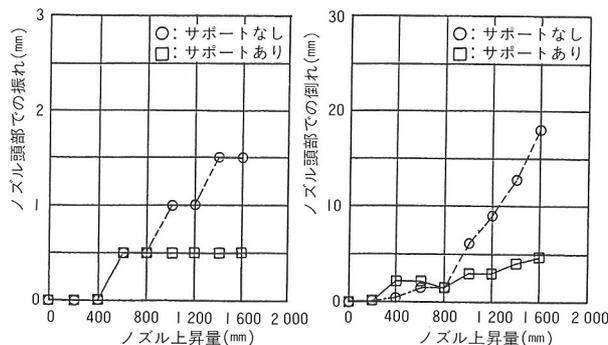


図-9 サポートによるノズル頭部挙動の変化

以上の結果より、次のことが確認できた。

- ① ノズル頭部に取り付けたサポートは曲がりを抑制する効果があった。
- ② ノズル先端部にスぺーサーを取り付けることで溶接作業が安定に行え、溶込み形状の改善に効果があった。
- ③ 溶接部の品質および機械的性能は問題がなかった。
- ④ 試作したノズルが実施工するにあたって問題ないことが確認できた。

8. あとがき

これまで述べたように、BOX柱ダイヤフラムの溶接に用いられているSESNET溶接法の最大溶接長さは1200mm程度であり、当工場の実績でも1300mmである。また、国内において、SESNET溶接法が、これ以上の長さの溶接に用いられたという報告はみられない。

このような、これまで困難とされていた長尺のSESNET溶接を可能にできたことで、大断面BOX柱の製作をより効率的に行えるものと大いに期待できる。

参考文献

- 1) 溶接学会編：エレクトロスラグ溶接法および機器、溶接・接合便覧、pp.335~341、丸善出版、1990年9月。