

技術ノート

ボックス柱かど溶接の狭開先溶接法

Narrow Gap Welding Technique of Corner Joint for Box Member

渡 辺 武*
Takeshi WATANABE菅 野 啓 行**
Yoshiyuki KANNO山 田 直 人***
Naoto YAMADA

This report introduces the outline of narrow gap welding technique carried out with a welding robot, which was applied to the corner joint welding of very thick wall box columns for buildings.

The plate thickness of the box columns for buildings tends to become extremely thick accompanying the increase of size and multistory of building structures. The welding technique for the corner joints with narrow edge preparation was developed for improving the production efficiency of such extremely thick box columns, and it was applied to the manufacture of actual members and obtained the good results.

Keywords : extreme thick box columns, welding robot, narrow gap welding technique

1. まえがき

最近、路線地価価格の高騰に伴い、建築構造物の大型化、超高層化が進み、受注内容もボックス構造の物件がますます多くなり、さらに、その板厚も極厚化の傾向にある。

このような情勢のなかで、工場溶接技術の改革と省力化を図るうえで、最も溶接量の多いボックス柱かど溶接の生産能率の向上が省人化と製作時間短縮の要である。

そこで、当工場で実績を持つ狭開先突合せ溶接を改良し、極厚ボックス柱のかど溶接に適用すべく種々の検討および試験を経て、狭開先かど溶接法として実工事の極厚ボックス柱の製作に初めて適用したので報告する。

2. 極厚ボックス柱かど溶接法の検討

溶接能率の向上を図る方法としては、主に

- ① 単位時間当たりの溶着量の増加(高能率化)
- ② 溶着量の減少(狭開先化)
- ③ ①、②の併用

の三つが考えられるが、①はほぼ限界に達しており、これ以上の大幅な向上はあまり望めない。そこで、かど継手の狭開先化を図るとともに、溶接ロボットを用いることで、さらなる能率の向上を目指した。

今回の工事におけるボックス柱の最大板厚は80 mmで、

このかど溶接の開先形状について表-1に示すような検討を行い、さらに実物大モデルによる検討、施工試験による確認の結果、①案を採用することにした。

3. 溶接施工試験の実施と試験結果

実部材の工場製作に先立ち、溶接方法の妥当性、溶接部の健全性および溶接継手の機械的性能を確認するため、実部材の最大板厚、同材質の鋼板を用い、溶接施工試験を実施した。

(1) 試験項目

溶接施工試験の試験項目を表-2に示す。

(2) 試験体

試験体形状、開先形状および各種試験片の採取位置を図-1に示す。なお、試験に用いた鋼材は板厚80 mmのSM53BのTMCP鋼である。

(3) 試験結果

溶接施工試験の結果は表-3、写真-1および図-2、3に示すとおりであり、以下のような知見が得られた。

- ① 溶接ビード外観は良好であった。
- ② 狭開先溶接部の溶込みは良好で、超音波探傷試験でも欠陥は認められず、健全な溶接部であった。
- ③ 衝撃試験では、溶着部および熱影響部(HAZ部)ともに母材規格値を十分満足する値が得られた。

*川田工業㈱生産事業部栃木工場次長 **川田工業㈱生産事業部栃木工場生産技術課係長 ***川田工業㈱生産事業部栃木工場生産技術課

表-1 かど継手開先形状の検討結果

	①案 狭開先かど溶接	②案 狭開先かど溶接	③案 狭開先かど溶接	従来法 (レ形開先)
開先形状				
溶接方法	CO ₂ 自動溶接 (溶接ロボット) + 大入熱SAW	CO ₂ 自動溶接 (溶接ロボット) + 大入熱SAW	CO ₂ 自動溶接 (溶接ロボット) + 大入熱SAW	CO ₂ 自動溶接 (溶接ロボット) + 大入熱SAW
検討結果	1. P, P部はSAW1パスで施工可能。 2. I形狭開先の下盛りは、突合せ溶接ながら実績があり、施工可能。 3. フランジの開先加工は、難しいものの現有の設備で加工可能。	1. P, P部はSAW1パスで施工可能。 2. U形狭開先の下盛りは、溶接ロボットのプロセスを変更することで対応できる。 3. フランジおよびウェブの開先加工は、現有の設備では困難。 4. 溶接施工性は①案とほぼ同じである。	1. P, P部はSAW1パスで施工可能。 2. I形狭開先の下盛りは、突合せ溶接ながら実績があり、施工可能。 3. フランジの開先加工は不要。 4. ①案に比べF, P部とP, P部のワイヤ狙い位置が異なるため、SAWの施工が困難であり、溶込みも得にくい。	1. P, P部についても下盛り溶接が必要、さらに、SAW1パスは困難。 2. 下盛り溶接は、時間がかかるものの技術上の問題はない。 3. フランジの開先加工は不要。 4. 従来工法であり溶接に多大の時間を要する。

表-2 試験項目

試験の種類	試験項目	判定基準
かど継手の完全溶込み溶接	外観検査	日本建築学会「鉄骨工事精度標準」による
	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規程・同解説」による
	衝撃試験	溶着金属部で母材の規格値以上、他は参考値
	マクロ試験	割れ、溶込み不良、スラグ巻き込み等の著しい欠陥があってはならない
	ビッカース硬さ試験	H _v = 360以下

表-3 溶接施工試験結果

試験の種類	試験項目	試験片記号	試験結果	判定
角継手の完全溶込み溶接	外観検査	-	良好	合格
	超音波探傷試験	-	無欠陥	合格
	衝撃試験 (試験温度 0℃) (単位: kg・m)	平均	1 2 3 -	
		SAW溶着部	15.19 14.42 15.27 15.87	合格
		SAW HAZ部	29.84 29.80 29.85 29.88	参考値
		希釈溶着部	10.81 12.07 9.75 10.62	合格
		希釈HAZ部	25.12 29.92 29.27 16.16	参考値
		CO ₂ 溶着部	8.94 12.07 6.41 8.33	合格
		CO ₂ HAZ部	23.96 22.62 22.62 26.63	参考値
	マクロ試験	スタート側	無欠陥	合格
		中央部	無欠陥	合格
		クレーター側	無欠陥	合格
	ビッカース硬さ試験	スタート側	上側: H _v max=199 下側: H _v max=207	合格 合格

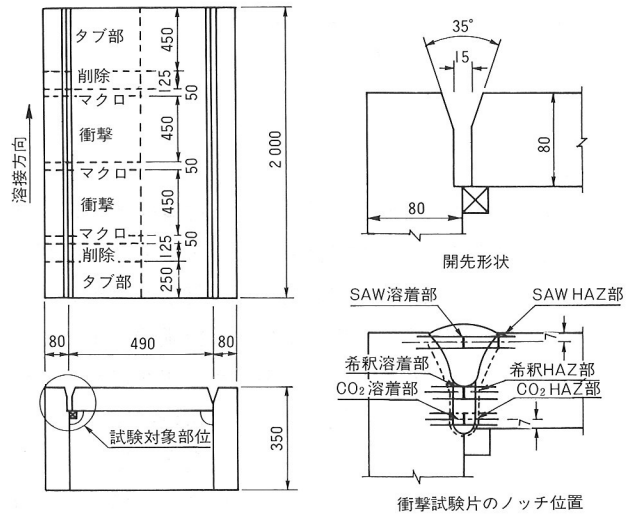


図-1 試験体形状

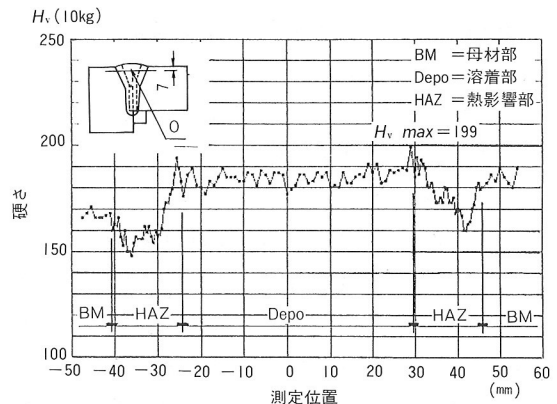


図-2 SAW溶接部の硬さ試験結果

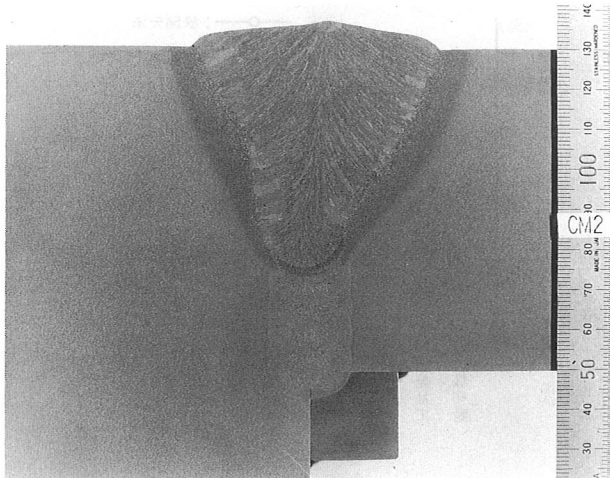
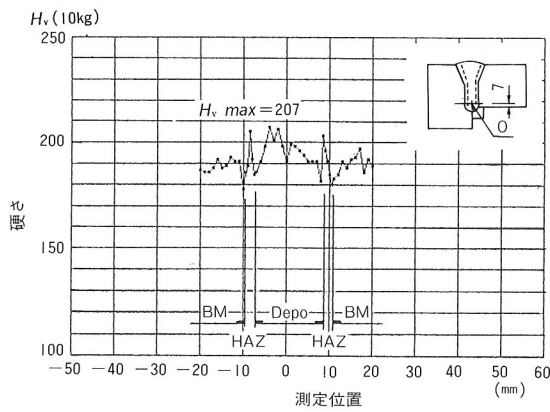


写真-1 マクロ試験結果

図-3 CO₂狭開先溶接部の硬さ試験結果

- ④ 硬さ試験では、溶接部の最高硬さは $H_v=207$ となり、要求値を十分満足した。

4. 狭開先かど溶接法の実工事への適用

以上の結果を踏まえ、実工事の極厚ボックス柱のかど溶接に狭開先かど溶接法(以下、狭開先法と称す)を適用した。

(1) 適用部材

狭開先法を適用したボックス柱の形状、板厚を表-4に示す。なお、材質は溶接施工試験と同様、すべてSM53BのTMCP鋼である。

(2) 製作フローチャート

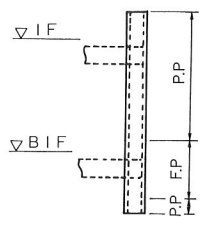
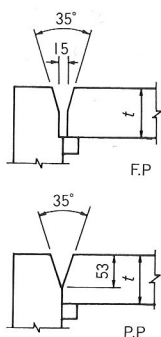
狭開先法によるボックス柱の製作手順を図-4に示す。また、写真-2、3にフランジの開先加工(機械加工)および溶接ロボットによる狭開先かど溶接状況を示す。

(3) ボックス柱の形状変化

狭開先法で施工したボックス柱について、各溶接工程終了ごとにその形状を測定し、狭開先法による溶接ひずみの変化量と従来工法(レ形開先:以下、従来法と称す)のデータとを比較した。

ボックスのかど折れ量および幅寸法の変形に注目して調査を行った。対象としたボックス柱の板厚は80mmであ

表-4 狭開先かど溶接法の適用部材

狭開先かど溶接法	ボックス柱形状および数量	かど継手の開先形状
	12台: 800×800×80 8台: 800×800×70 2台: 750×750×70 	

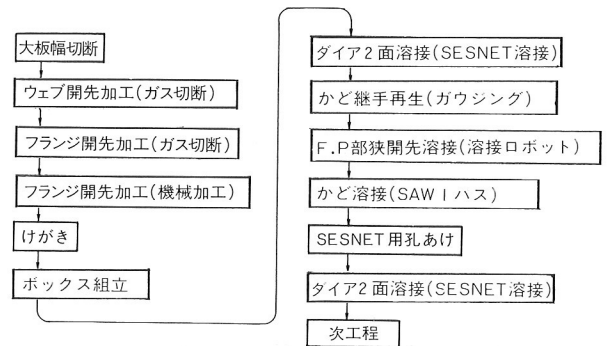


図-4 ボックス柱の製作手順

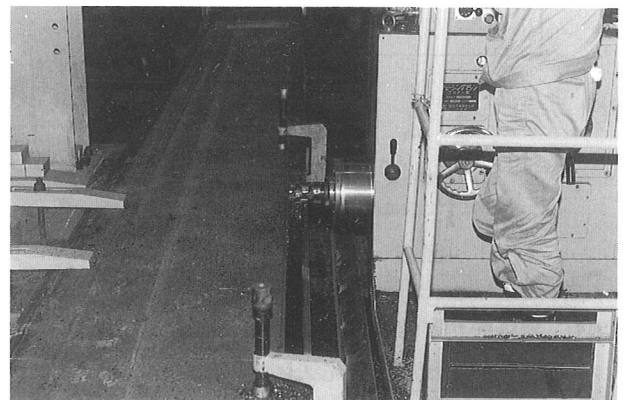


写真-2 フランジの開先加工(機械加工)

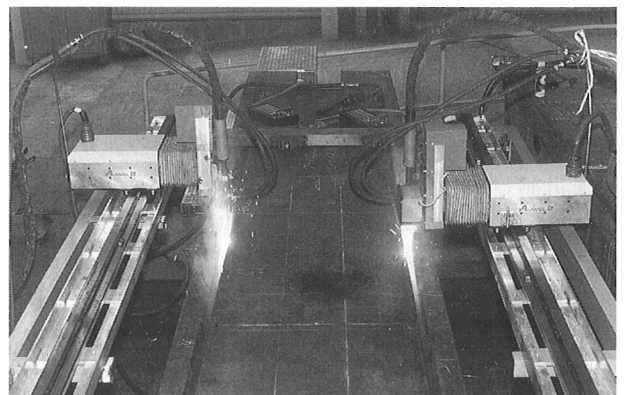


写真-3 狭開先溶接(溶接ロボット)

る。図-5 はかど折れ量の測定結果、図-6 は幅寸法の変化量の測定結果を示したものである。

これらの結果から、以下の知見が得られた。

- ① かど折れ量では、狭開先法、従来法ともに変化量はほぼ同様の傾向で、かつ、最終的な変化量も同様の値であった。
- ② 幅寸法の変化量も、かど折れ量同様、狭開先法と従来法で、ほとんど差は認められなかった。

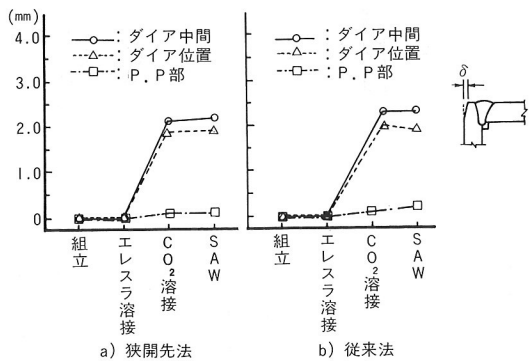
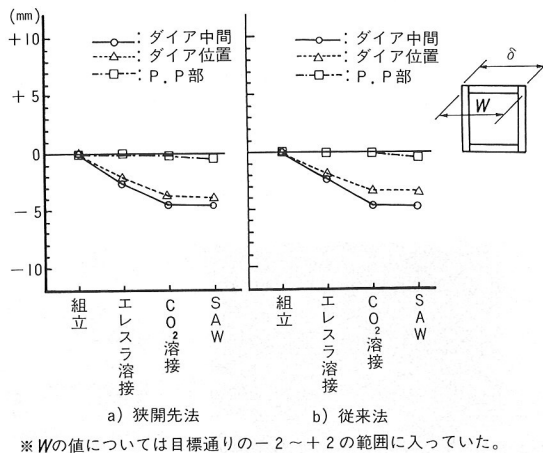


図-5 かど折れ量の変化



※ Wの値については目標通りの-2～+2の範囲に入っていた。

図-6 ボックス幅の変化

(4) 狭開先かど溶接部の健全性

かど溶接終了後、狭開先法を用いて製作したボックス柱22台の狭開先かど溶接部について、超音波探傷試験を100%実施した結果、問題はなかった。

(5) 製作所要時間および作業能率

狭開先法と従来法で製作したボックス柱について、製作所要時間および作業能率の差を調べるため、おのこの工法についてボックス柱素管1本当たりの製作所要時間を計測して比較した。

図-7 は、ボックス素管の製作所要時間の中で各工程の所要時間が占める割合を示している。また、図-8 は、製作所要時間の計測結果に基づき、ボックス柱素管1本当たりの作業能率について狭開先法と従来法の差の割合を示したものである。これらより、以下のことが確認できた。

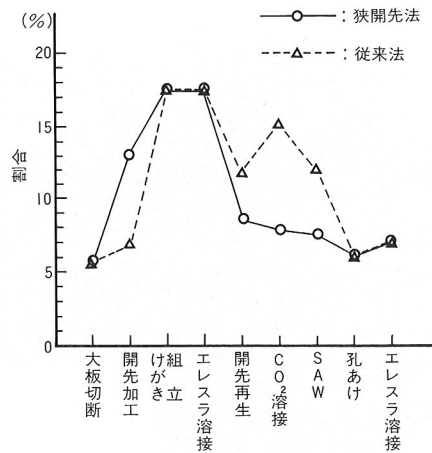


図-7 各工程の所要時間の割合

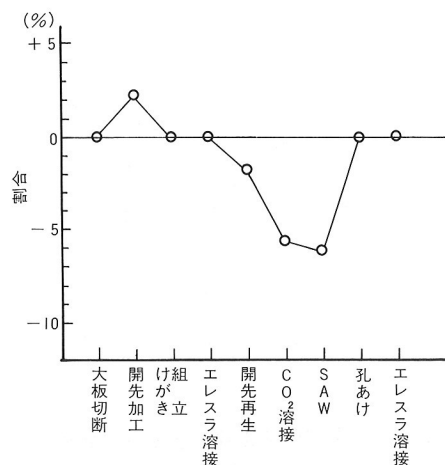


図-8 狭開先法と従来法の作業能率の差

- ① ボックス柱素管1本当たりの製作時間では、開先加工の工程が増えた分、従来法より6.5%増加したものの、かど溶接で15.9%低減でき、全体として約9.4%の低減を図ることができた。
- ② かど溶接だけに限って言えば、狭開先法は従来法に比べ約44%能率向上となった。
- ③ 経済的な面として、約12%の経費節減を図ることができた。

5. あとがき

狭開先かど溶接法は、当工場に蓄積してきたボックス柱の製作技術と溶接ロボットの狭開先溶接実績をもとに開発されたものであり、実部材の製作に適用し前述したようなデータと成果を得ることができた。

さらに、この実績をもとに改良を加え、今後、調質高張力鋼のボックス柱にも使えるようにし、その適用範囲を拡大していきたい。