

技術紹介

鋼床版デッキプレート現場溶接の高能率化

～入熱量制限下における板厚 16mm の 1 パス施工～

Development of New Welding Method for Field Welding of Steel Deck Plate

津山 忠久 *1
Tadahisa TSUYAMA

南部 志朗*2
Shiro NANBU

辻 巧 *3
Takumi TSUJI

1. はじめに

鋼橋における鋼床版構造は、軽量で床版剛性が高い、桁高を低く出来る等の理由から多く採用されています。しかしながら近年、疲労による損傷が多く報告されており、その対策が急務となっています。鋼床版における疲労損傷部位は、縦リブと横リブの溶接部やデッキプレートと垂直補剛材の溶接部などが全体の約 70%を占めており、次いで多いのがデッキプレートと縦リブ(トラフリブ)の溶接部です¹⁾。これらのうちトラフリブすみ肉溶接部ルート部からデッキプレートへ進展するき裂は、トラフリブ外面から確認できないことから発見が遅れる場合があります。デッキプレートを貫通して路面陥没を引き起こすなど、交通車両に甚大な被害を及ぼす恐れがあります。

この疲労き裂に対し、国土交通省はデッキプレートの板厚を従来の 12mm から 16mm へ増厚する通達を出し、重交通路線の新設橋梁への採用が進んでいますが、実はこのたった 4mm の増厚が、溶接施工性を大幅に悪化させています。

2. 現状の施工方法

12mm デッキプレートの溶接施工は、川田工業(株)では単電極の交流サブマージアーク溶接法(SAW法)による片面 1 パス裏波施工を現場にて行っています。裏当材を用い、開先内にカットワイヤを散布、SAW法により 1 パスで溶接するため、非常に高能率に溶接が可能です。ただし、部材精度等で変動するルートギャップにより、道路橋示方書で規定される入熱量上限値(≤10kJ/mm)に対してぎりぎりの設定となっている場合があります。16mm デッキプレートに同じ 1 パス施工を採用することは入熱量管理上難しくなります。従って、現状は溶接技能者による炭酸ガスアーク半自動溶接による下盛り溶接を 3 パス行った後、SAW法により 1~2 パスの仕上げ溶接を行う混用施工を行っています。つまり、たった 4mm の増厚により、これまで 1 パス施工出来ていたものが 4~5 パス施工となり、著しく作業能率が悪化しています。

3. F-SAW 法の開発²⁾

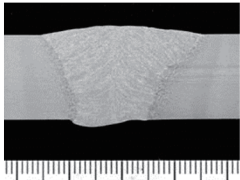
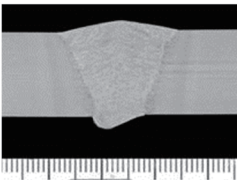
以上の背景を踏まえ、入熱量上限値を満足し、かつ 16mm デッキプレートを 1 パス施工可能な溶接方法が強く求められました。これは入熱量を増加させず、溶着速度のみを増加させることを意味します。しかしながら、一般に溶着速度を増すには電流値、すなわち入熱量を増す必要があります。通常は両者を同時に満足することは出来ません。この難題を解決するため、私たちはホットワイヤを組み合わせた新しい SAW 法を開発し、F-SAW (エフサブ) 法と命名しました。

4. F-SAW 法の特徴

F-SAW 法は SAW とホットワイヤを組み合わせたハイブリッド溶接法です。先行する SAW 法で形成された溶融池に、後方より通電加熱したフィラーワイヤ(ホットワイヤ)を挿入、ホットワイヤ自身の抵抗発熱と溶融池熱でホットワイヤを溶融させる手法です。ホットワイヤはアークが生じないように電圧を非常に低く抑えており、結果として入熱量増加を低く抑えつつホットワイヤ送給量分の溶着量を付加させることを可能とします。

表 1 に、板厚 16mm の突合せ継手(ルートギャップ 4mm)に対して、通常の SAW 法および F-SAW 法にて 1 パス施工した時の溶込み形状とアークタイムおよび入熱量の比較を示します。アークタイムおよび入熱量は SAW 法の値を 1.00 とした比率で示しています。これより、F-SAW 法のアークタイムは従来法の半分以下(溶接速度 2 倍以上)、入熱量は 36% 低減出来ていることが分かります。

表 1 SAW 法と F-SAW 法のアークタイム他比較

溶接法	SAW法	F-SAW法
断面マクロ		
アークタイム比	1.00	0.48
入熱量比	1.00	0.64

*1 川田工業株式会社鋼構造事業部四国工場生産開発課 課長

*2 川田工業株式会社鋼構造事業部四国工場製造課 係長

*3 川田工業株式会社鋼構造事業部執行役員 四国工場長

ます。つまり、F-SAW 法は高速度化と高溶着量化および低入熱化を同時に満足する、従来の概念をブレークスルーする画期的な溶接施工法であると言えます。

表 2 には溶接金属部の機械的性質の一例を示します。板厚 16mm の SM490YA 鋼材を SAW 法および F-SAW 法で 1 パス施工した時の引張試験およびシャルピー衝撃試験の結果ですが、F-SAW 法の強度および 0°C 吸収エネルギーは SAW 法のそれらに比べて向上していることが分かります。この機械的性質の変化は、溶接金属部の化学成分が変化していることが要因の一つと考えられます。ワイヤに含まれる強度や靱性に影響する脱酸元素である Mn や Ti がホットワイヤ側でアークが生じないために酸化消費されにくくなり、溶接金属中に多く歩留まっていることが確認されており、これら合金元素の濃度上昇により機械的性質が改善されたと考えられます。なお本性質を利用すれば、ホットワイヤ側の溶接材料を変更するだけで溶接金属部の機械的性質を変化させることが出来るため、鋼種や要求性能に応じたコントロールが容易であることも分かりました。

5. 現場溶接への実適用

本施工法は、国土交通省四国地方整備局の那賀川大橋上部工事のデッキプレート現場溶接に初めて適用し、実用化を達成しました。

写真 1 に現場溶接の様子を示します。ホットワイヤは SAW 溶接機の電極に取り付けたホルダーにトーチをセットし、溶接方向に応じて挿し替え可能としています。ホットワイヤ用送給装置は SAW 溶接機と同じレール上を走行する台車に載せ、SAW 溶接機と同速度で移動します。これ以外にはホットワイヤ用溶接電源が必要ですが、F-SAW 法の適用は現場で使用している機器類の改造等が一切不要で、ホットワイヤ関連装置の追加のみで運用可能であるため、設備コストを非常に小さく抑えられる事も大きな特徴です。

写真 2, 3 に溶接ビード外観（表・裏）を示します。止

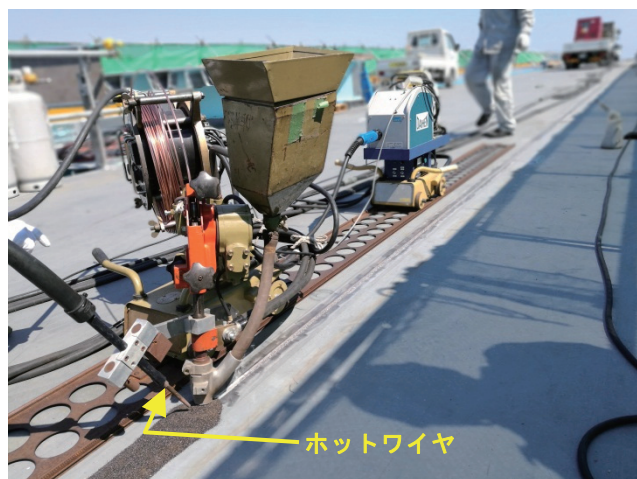


写真 1 F-SAW 法の現場溶接適用の様子

表 2 溶接金属部の機械的性質例

溶接法	引張試験			シャルピー試験
	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	0°C吸収エネルギー
SAW	337	511	32	24(24,20,29)
F-SAW	360	529	32	36(26,34,48)

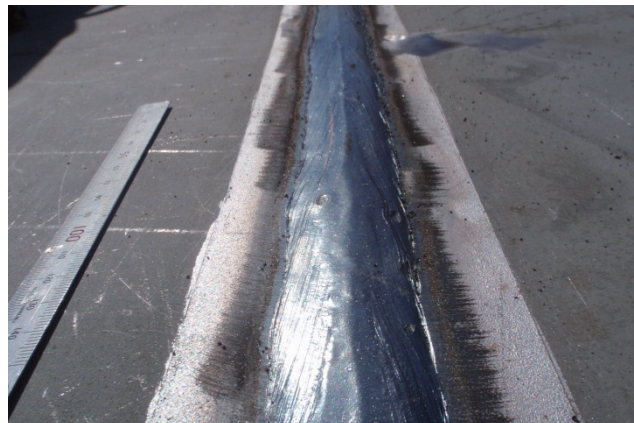


写真 2 F-SAW 法の表側ビード外観



写真 3 F-SAW 法の裏側ビード外観

端の滑らかな溶接ビードが得られていることが確認できます。また、1 パス施工とすることで積層管理が不要となり、加えて積層間の溶接欠陥発生リスクもなくなるため、内部品質にも問題がない結果が得られました。

6. おわりに

16mmデッキプレートの現場溶接は、F-SAW法の適用により工数・工期・設備コストの全てにおいて大幅な低減を可能としました。また、溶接技能者もオペレータ1名で済むため、溶接技能者不足にも対応できる溶接施工法です。今後は適用拡大を進め、工期短縮およびコスト低減に貢献したいと考えています。

参考文献

- 1) 土木学会：鋼床版の疲労, 2010.
- 2) 津山, 南部：鋼橋デッキプレート現場溶接向け高能率溶接法の開発, 溶接学会全国大会講演概要, 214, Vol.100, 2017-4.