

溶接管理技術者の体験紹介

鋼橋の溶接及び検査手法の最適化について

川田工業株式会社 四国工場

藤田 敏明

1. はじめに

鋼橋が老朽化する中、交通量の増大や大型車両の通行に起因した疲労損傷事例が数多く報告されている。近い将来、保守・修繕に伴う維持管理費の増大によって管理が行き届かなくなるような事態になれば、通行止め等が発生することで経済活動に影響を与える可能性もある。このような社会背景から、疲労耐久性に配慮した構造ディテールの採用や施工方法についての規定が平成14年版の道路橋示方書に明記され、それ以来、新規に架設される鋼橋では、その規定に従った製作が行われている。

その中でも床版形式が「鋼」となる図1の鋼床版構造は、床版を構成する鋼板を薄板化することで上部構造を軽量に設計する構造であるが、輪荷重の影響を直接大きく受ける構造でもあることから十分な疲労対策が必要とされた。特に、デッキプレートとトラフリブ(Uリブ)との縦方向溶接部に発生する疲労亀裂は、デッキプレートを貫通進展することで路面陥没を生じることとなり、危険な損傷と認識され、その対策がなされた。この縦方向溶接部の疲労対策とは、図2に示すように、トラフリブ板厚の75%以上の溶け込み深さを確保しつつ、トラフリブの閉断面側に抜け落ちを生じない施工を行うことである。この溶け込みに対する要求は、板厚の薄いトラフリブ(6mm、8mm)にとって極めて難易度の高い溶接施工となった。

トラフリブ

形状(高さ×板厚×幅)

例 320mm×6mm×240mm

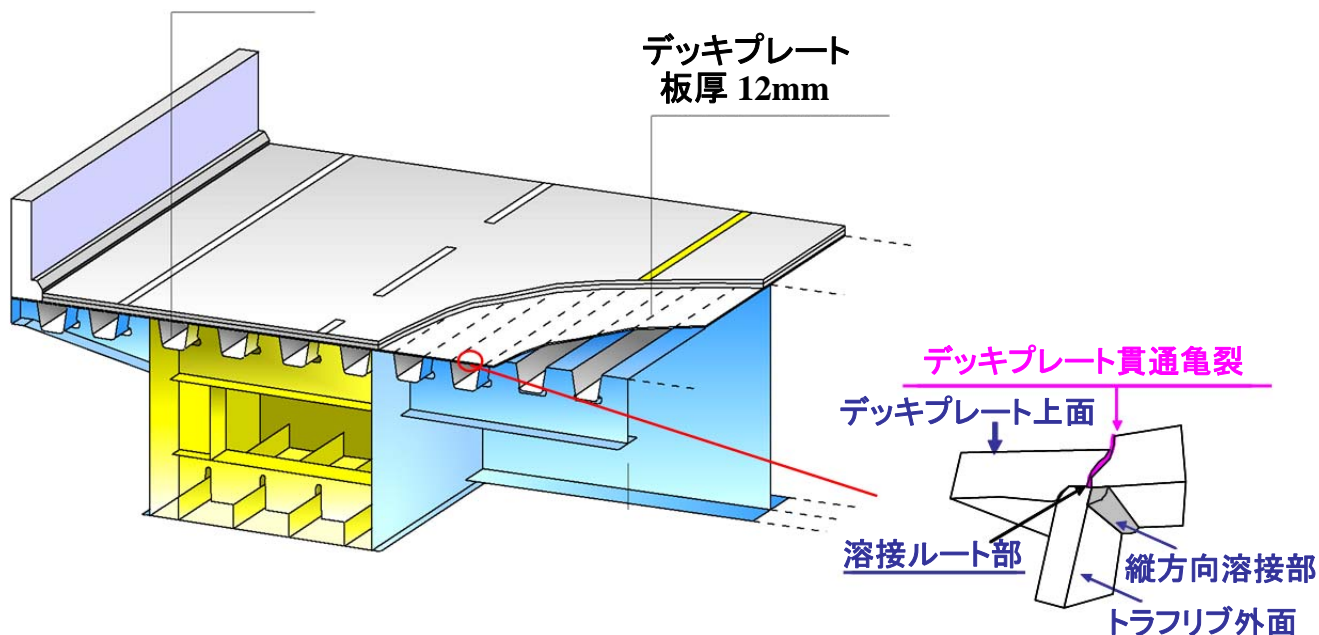


図1 鋼床版構造

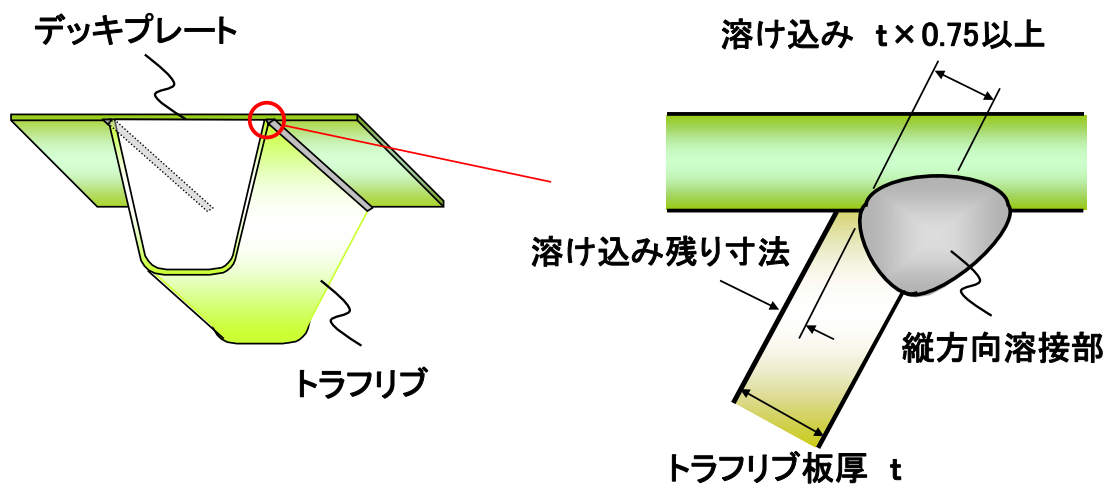


図2 溶け込み要求

ここでは、この溶け込み要求に対して溶接継手を安定的に得るための施工条件の確立、その実現に向けた設備改修、更には溶け込み品質を検査するツールの開発を行った経験について紹介する。

2. 溶け込み要求への対応

2.1 施工条件の最適化

目標とする溶け込み深さは、板厚が 6mm の場合には溶け込みの残り寸法が 1.5mm 以下、板厚 8mm の場合には 2.0mm 以下と小さい。このためトラフリブの閉断面側への抜け落ちを防ぎつつ所定の溶け込み深さを確保するためには 1mm 以下のオーダーで溶け込みを制御する必要がある。そこで、溶接条件の最適化に向けて、各パラメータ（電流、電圧、速度、狙い、開先角度、ルートフェイス等）が溶け込みに与える影響を事前試験にて系統的に調査することとし、溶け込みの深さや形状を断面マクロ試験により比較した。パラメータの組み合わせが多岐にわたり、製作すべき試験体が数百個にもおよび大変な労力を要したが、各パラメータが溶け込みに与える影響を概ね把握することができた。一方で、施工時に生じる条件変動が溶け込み品質に無視できないバラツキを生じることも確認され、溶け込みを安定して得るためにはロバスト性の高い条件を選定することが有効となること、設備機器を見直して条件変動が生じない対策を講じることの重要性を認識した。なおロバスト性の高い溶接条件とは、意識的に溶接条件を変更しない限り溶け込みが変化しないもので、施工時に生じる通常の変動では溶け込みに大きな影響を与えない条件である。溶接条件の最適化に際しては、このロバスト性のある溶接条件を基本とし、開先精度や組み立て精度による製作誤差にも対応できるよう他のパラメータを調整した。

2.2 施工条件の安定化

本施工の難しさは、溶け込み品質を 1mm 以下のオーダーで制御し、その溶け込みを常に安定して得ることにある。このため、通常使用の溶接電源と既存設備では対応に限界があった。そこで、溶接電源として溶接条件の変動が少ないデジタル電源を新たに導入することとし、溶接条件を確実に管理

できるよう複数台のコントロールパネルを溶接作業者の手元に集約するなどの見直しを行った。さらに、条件変動の主要因と考えられたワイヤ送給の安定性を確保するため、送給補助装置の追加設置や送給抵抗の少ないコンジットケーブルの採用、送給経路の短尺化とワイヤ屈曲箇所への排除、ワイヤ矯正器による矯正の最適化など既存設備全般について見直しを行った。

これらの対策により当初設備に比べて溶接条件の変動が極めて小さくなり、溶け込み形状のバラツキが抑制された結果、安定した溶け込み品質を得ることができるようになった。加えて、再現性があり信頼性の高い試験データが効率的に収集できる環境が整ったことで、前節で紹介した溶接条件の最適化の際に、溶け込み深さと各パラメータの関連性が明瞭に現れ、条件選定の見極めに要する時間を大幅に短縮することができた。

既存設備の全般的な見直しは、改修に要する費用とその効果の見極めだけでなく、日々流れる製造ラインの生産工程への影響を最小限に留める配慮を必要としたが、改修中に大きな混乱もなく、改修完了後の製品は品質レベルが格段に向上し、不適合発生率の低減と補修箇所の減少による生産性向上効果も十分に得られた。

2.3 溶け込み品質の確認

各施工条件の溶け込み品質への影響調査と設備改修による条件変動の抑制によって最適な施工条件を確立することができた。しかし当初は、本溶接部の溶け込み深さを検査する手法が確立されておらず、実製品の溶け込みが要求品質を満たすことを証明できない状況にあった。鋼橋製作に用いられる超音波探傷検査では、探傷走査による探触子の移動量をもって寸法を特定することが一般常識となっていたため、この場合には検査時間が膨大になるばかりか微小寸法を精度良く求めることが難しいと判断されたことによる。

そこで、数 km にも達する検査部位を短時間で検査でき、1mm 以下の微小寸法の溶け込み深さを高精度に評価できる検査ツールの開発を以下のコンセプトの下で行った。

- 1) 短時間で検査ができ、現場ですぐに評価ができること
- 2) 高精度な溶け込み評価を可能にすること
- 3) 特別な知識が不要で、誰にでも容易に扱えること

新たな検査手法は、検査時間の短縮策として、探傷走査を不要とする「エコー高さ法」を採用した。エコー高さ法は、**図 3** に示すように溶け込み残り部およびデッキプレートからのエコーの高さを指標に溶け込み深さを測定するもので、この方法を具現化させる必須条件は、固定した探傷位置から得られるエコー高さが溶け込み深さとリニアな相関を有することにある。そこで、既製品のみならず試作した探触子を用いてリニアな相関が得られる探触子とその探傷位置の組み合わせを選定した。また、探傷条件を一定に保ちつつ誰にでも容易に扱えるよう検査治具の開発を同時に進めた。最終的には開発した検査治具を用いて実製品のマスターカーブを作成することで、検査対象部位の溶け込み深さを現場で瞬時に評価することができた。

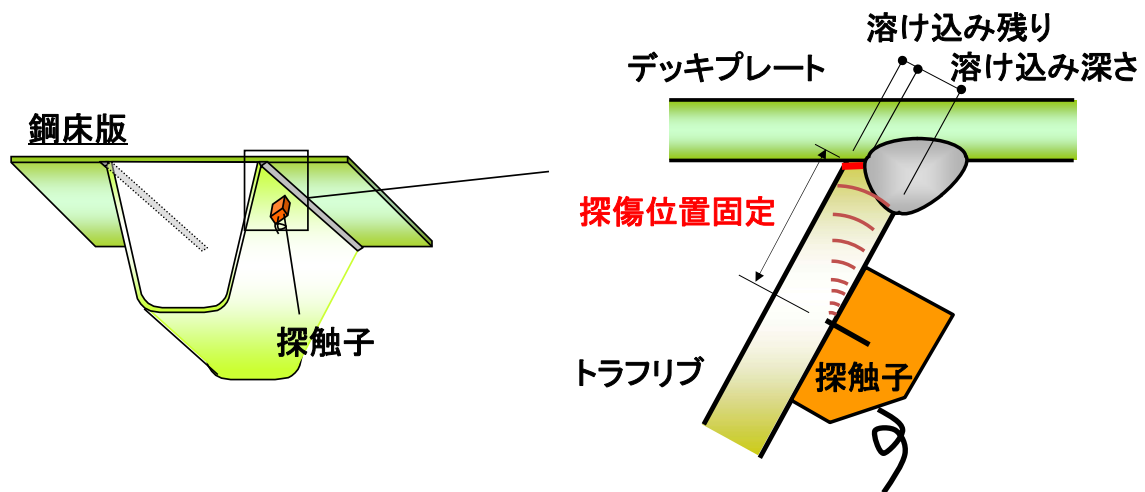


図3 新たな検査手法（エコー高さ法）

開発した新たな検査装置（図4）は、実製品の溶け込み品質を保証する検査装置としての活用だけでなく、溶け込み品質の変動や変化を日々管理するツールとしても利用することができ生産性の向上にも寄与した。



図4 検査装置「トラフチェッカー」

3. おわりに

鋼橋の鋼床版デッキプレートとトラフリブとの縦方向溶接部において難易度の高い溶け込み要求がなされ、その施工方法の確立と品質確認を行う検査ツールの開発を行った。最適な溶接条件を選定する上で、設備改修までも行う必要があり苦労も多くあったが、安定した溶接品質を作り込む環境を整備することができた。また、検査ツールの開発によって、これまで行われていたプロセス管理（溶接施工試験を通じた溶接条件の事前確認と溶接条件の再現による間接的な管理）だけではなく、実製品を直接的に検査することのできる環境を整えることができた。溶接管理に携わる技術者として有意義な成果が得られた経験となった。

藤田 敏明 (ふじた としあき)

溶接管理技術者特別級

<略歴>

1993年 愛媛大学 工学部 卒業

1993年 川田工業株式会社入社 溶接研究室 配属

2012年 川田工業株式会社 橋梁技術課 配属 係長

現在に至る