

工場板継ぎ溶接の品質調査と考察

本州四国連絡橋公団

正会員

○大塚 雅裕

正会員

帆足 博明

齋藤 哲男

正会員

杉本 健

1. 概 要

大断面鋼箱桁橋で完成図にない板継ぎ溶接線が発見されたことに関連して、工場板継ぎ溶接の品質調査を行う必要があると判断し調査を実施した。その結果、公団の製作基準で要求している品質を満足しない溶接不良が工場検査範囲外に含まれることが判明した。本稿は実橋において実施した工場板継ぎ溶接の品質確認、その結果、明らかになった溶接不良に対する発生原因の究明および今後の鋼橋製作における品質管理上の課題についての考察を報告するものである。

2. 工場板継ぎ溶接線の状況

工場板継ぎ溶接の品質調査を実施した橋梁は、最大支間長 110m の 3 径間連続鋼床版箱桁橋で、主桁は、最大高さ 4.5m×幅 5.0m の 2 箱桁断面である。このため、鋼板の板幅も広く、工場板継ぎ溶接の溶接長も長くなっている。調査橋梁における板継ぎ溶接線の状況を表－1 に示す。

表－1 板継ぎ溶接線数

板継ぎ部位	溶接線本数(本)	最大板幅 (溶接長)
下フランジ	5 2	約 5.3m
上フランジ	5 8	約 8.2m
ウェブ	3 5	約 4.5m
鋼床版(張出部)	2 4	約 4.8m
合 計	1 6 9	

3. 品質調査方法

本調査に先立ち箱桁内面において調査対象溶接線を塗装上から探傷感度を上げた超音波探傷調査(以下、「予備 UT 調査」という。)を行い、その結果や開先形状などからグループ分けと抜き取り率を設定し、きずを有する可能性の高い溶接線から順に塗装をはがし、JIS に準拠した超音波探傷調査（以下、「UT 調査」という。）を実施した。UT 調査の探傷範囲は、溶接線両端 1 m および予備 UT 調査結果から必要に応じ中央部分 1 m(任意箇所)とした。結果の判定については、公団の基準に従い引張側 2 類、圧縮側 3 類以上を合格とした。

UT 調査で不合格となった溶接線については、公団基準による品質の合否判定を行うため、放射線透過試験(以下「X 線調査」という)を実施した。X 線調査は、JIS に準拠し、調査範囲は、UT 調査と同じとしたが、調査の結果不合格きずが検出された溶接線については、補修の要否判定、補修方法検討等に資するデータを得るため全長を対象とした。調査結果の判定は、公団の基準に従い引張側 2 類、圧縮側 3 類以上を合格とした。

4. UT,X 線および詳細調査結果

169 溶接線から採取した 108 本に対する UT 調査の結果、7 本に不合格溶接きずが検出された。不合格溶接線のを表－2 に示す。さらに、この 7 本について X 線調査を行った結果、1R8、2F4 は合格となり、5 本が不合格となった。代表例として 2 本の溶接線のきず状況を表－3 に示す。下フランジ縦リブ間隔（約 365mm、14 箇所）毎に判定すると約半数の区間にきずが検出された。2F4 は 1 箇所のみであった。なお、不合格きずの種類はいずれも溶込み不良(2 種)であり、きずはいずれも製作時の工場検査の範囲外で検出された。

X 線調査で不合格きずが検出された溶接線を対象に、板厚や鋼材硬さなどの計測、コア採取によるきず詳細調査等を実施した。コア採取による調査は、きず検出部分を採取したコアを切断し、切断面のマクロ、ミクロ観察等によりきずの種類や性状、大きさなどを確認するとともに、削孔後の孔のコバ面においてもスンプ試験等により同様の確認を行った。写真－1 に採取したコアの断面マクロ観察の一例を示す。これは、2F26 から採取したもので、きずは溶込み不良で、きず高さは約 0.3mm である。鋼板の表裏からの溶接が 1.7mm 程度芯ずれを起こしているのがわ

キーワード 工場板継ぎ溶接,溶接きず, 溶込み不良, UT 調査, X 線調査,コア採取,断面のマクロ観察,裏はつり, 芯ずれ,入熱量不足,公称板厚,管理シート

連絡先 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通 4-1-22 アーバンエース三宮ビル T E L 078-291-1000

表－2 不合格溶接線(UT 調査)

溶接線名称	部 位	板厚の組合せ	開先形状 (1orX)
1 F 1 5	下フランジ	15mm×12mm	I
1 R 8	ウェブ	16mm×15mm	X
2 F 1	下フランジ	10mm×10mm	I
2 F 4	下フランジ	26mm×26mm	X
2 F 6	下フランジ	26mm×23mm	X
2 F 1 7	下フランジ	10mm×11mm	I
2 F 2 6	下フランジ	10mm×12mm	I

かる。

なお、本橋の板継ぎ溶接の健全性を評価する上でもう 1 つの構成会社が製作した工場板継ぎ溶接の品質を調査する必要があると判断し、調査を行った。調査は、下フランジの板継ぎ溶接線 38 本に対して実施した。その結果、1 本に 1 箇所のみであるが同じような 4 類のきずが確認された。

言うまでもなく、このようなきずは橋梁の長期耐久性に影響する恐れのあるものである。

5. きず発生要因の推定

詳細調査の結果より、これまでに確認された主なきずの発生要因は、①継手中心と溶接中心のずれ(芯ずれ)、②溶接条件の誤差(低電流側への変動)、③実板厚と公称板厚の相違(実板厚>公称板厚)、④板幅が広い(5m程度以上)ことに伴う溶接中の板の変形、等が複合して起こったものと推定される。

6. 品質管理上の問題点

(1) 裏はつり省略のリスク

本橋の工場板継ぎ溶接では、裏はつりが行われていない。裏はつりを行えば、上述した要因によるきず発生は排除できる。裏はつりの省略は、溶込み不良など重大なきずの発生確率を高める最大の要因であると考えられる。

(2) 検査体系

現行製作基準の検査体系では、裏はつり実施の有無にかかわらずX線調査の撮影枚数を最大でも 1 継手あたり 1 枚としており(HT780 等を除く)、特に本橋のような幅広部材においては抜取り率が低くなり、きずの検出を困難にしている。

(3) 管理シート

別途実施した当時の品質管理体制に係る調査の結果、本橋の工場溶接施工時の管理シートはチェックシートの形態が採られ、施工の際に管理すべき諸数値(実績値)を直接記載するものではなかった。このため、本シートでは溶接の品質確認は実質不可能である。

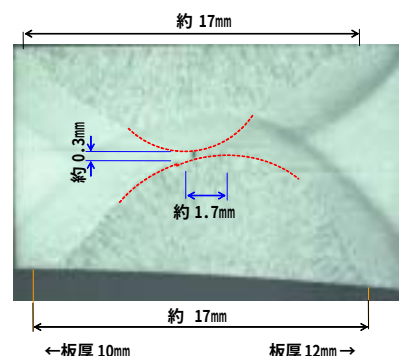
7. まとめ

これまで工場での板継ぎ溶接は、施工設備・施工環境から欠陥の少ない高品質の溶接が提供されていると思われていた。今回の溶接不良が判明した後、本四連絡橋の主な橋梁の「裏はつり」実施状況について当時の製作要領書やメーカーヒアリングによる調査を行った。その結果、製作に関わった 24 社のうち、一部又は全ての板厚で裏はつりを省略している社が約半数存在した。裏はつりの未実施イコール欠陥の発生ではないが、今回の一連の調査で、製作者における裏はつりを省略した場合のリスクに対する認識のあまき、工場の品質管理のマネリ化などが感じ取れた。また、発注者側の従来の工場板継ぎ溶接線に対する検査体系では、幅広部材においてはきずの検出率が低くなることがわかった。これらの結果を踏まえ、公団は製作基準の見直し作業を開始した。今回の一連の調査結果が製作者の鋼橋製作の品質確保に生かされれば幸いである。

最後に、今回の一連の調査は東京工業大学大学院 三木千壽教授にご指導をいただきながら進めた。記して謝意を表します。

表－3 X線調査による不合格溶接線の判定

1 F 1 5			2 F 1 7		
パネル番号	きず種類	判定	パネル番号	きず種類	判定
LF1	2 種	2 類	LF1	1 種	3 類
LF2	1 種	1 類	LF2	2 種	4 類
LF3	1 種	1 類	LF3	2 種	4 類
LF4	2 種	4 類	LF4	1, 2 種	1 類
LF5	2 種	4 類	LF5	1 種	1 類
LF6	2 種	2 類	LF6	1 種	1 類
LF7	2 種	4 類	LF7	2 種	4 類
LF8	2 種	4 類	LF8	2 種	4 類
LF9	2 種	4 類	LF9	—	—
LF10	2 種	4 類	LF10	—	—
LF11	2 種	4 類	LF11	1 種	2 類
LF12	2 種	4 類	LF12	2 種	4 類
LF13	2 種	4 類	LF13	2 種	4 類
LF14	—	—	LF14	2 種	4 類



写真－1 コアの断面マクロ(2F26)