

[I-39] 鋼床版現場突合せ溶接継手の放射線透過試験データに基づく内部きずの発生傾向分析

An Analysis of embedded flaw in butt-welded joints of orthotropic steel decks

○高橋 実¹、町田 文孝²、村越 潤³、土田 駿人³（1.土木研究所、2.港湾空港総合技術センター、3.東京都立大学）

○Minoru Takahashi¹, Fumitaka Machida², Jun Murakoshi³, Hayato Tsuchida³（1.Public Works Research Institute, 2.Specialists Center of Port and Airport Engineering, 3.Tokyo Metropolitan University）

キーワード：鋼床版、デッキプレート、現場溶接継手、放射線透過試験、内部きず

orthotropic steel deck, steel deck plate, preventing welded joints, radiographic test, embedded flaw

実鋼床版現場溶接の放射線透過試験結果を基に、内部きずデータの整理を行い、過去の調査結果との相違、各種溶接方法による相違について分析した結果を報告する。

鋼床版現場突合せ溶接継手の放射線透過試験データに基づく内部きずの発生傾向分析

(国研)土木研究所 正会員 ○高橋 実 (一財)港湾空港総合技術センター 町田 文孝
東京都立大学 正会員 村越 潤 東京都立大学 学生会員 土田 駿人

1. はじめに

鋼床版の現場接合には溶接と高力ボルトによる方法があるが、舗装への配慮、水密性の確保、死荷重軽減等から一般に現場溶接が採用されており、工場溶接と同等の性能、品質が求められている。溶接部の内部きずの非破壊検査法のうち、放射線透過試験については、1990年改訂の道路橋示方書(以下、道示)において、当時の検査結果¹⁾²⁾を踏まえて現場溶接の検査率等が規定され、現在に至っている³⁾。この間、鋼床版現場溶接の採用実績とともに溶接技術や施工管理の技術的向上等が図られる一方で、2012年道示では疲労の観点からデッキプレート(以下、デッキ)の標準厚が12mmから16mmに増厚され溶接パス数も変化しており、現行デッキ厚における内部きずの発生傾向を把握することは溶接品質確保の観点から重要と考えられる。本文では、近年建設された16mm厚の実鋼床版現場溶接の放射線透過試験結果を基に、内部きずデータの整理を行い、きず発生傾向の過去の調査結果との相違、各種溶接方法による相違について分析した結果を報告する。

2. 整理分析の対象・方法

鋼3径間連続トラス・箱桁複合橋(総幅員21m、橋長792m(トラス部672m、箱桁部120m)⁴⁾の鋼床版デッキの完全溶込み開先溶接継手(縦・横方向突合せ継手)を対象とした。なお、本橋では縦・横方向突合せ継手の交差部では、十字交差ではなく段違い交差が採用されている。また、溶接線全線に対して放射線透過試験が実施されている。きずデータについては、属性(施工会社、溶接箇所・方法など)や内部きず情報(きず発生箇所、きずの種類・寸法、きずの合否判定結果など)により整理を行い、きず発生傾向との関係を分析した。内部きず寸法の許容値は3mmである³⁾。表-1に、施工会社別の撮影フィルムの内訳、きず数等データ概要を示し、図-1に溶接法別の継手の断面イメージを示す。なお、表-1中のきずフィルム数については、1枚中に複数のきずがある場合も、きずフィルム1枚としている。また、各社のデータは必ずしも同じ仕様ではないため、分析対象に応じて比較する施工会社は全社ではない(例えばD社は不合格きずフィルム数の情報未入手)。

3. 分析結果

(1) 施工会社、溶接箇所別の傾向

図-2に、施工会社別のフィルム数、きずフィルム数、きずフィルム発生率(%), 不合格きずフィルム発生率(%)等を示す。A社の不合格きずフィルム発生率は、他社に比べて高い値を示している。また、A社ではきずフィルム発生率に対して不合格きずフィルム発生率が高く、逆にB社ではきずフィルム発生率に対して不合格きずフィルム発生率は低くなっている。また、不合格きずフィルム数が把握できているA,B,C3社の不合格きずフィルム発生率は、過去の調査結果23.8%(288枚/1,209枚)¹⁾と比較すると、2.8%(375枚/13,622枚)に低下している。参考までに1990年道示の検査率検討²⁾では、

表-1 整理分析データの概要

施工会社	溶接延長 (mm)****	フィルム 数(枚)	きずフィルム 数(枚)	不合格きず フィルム数(枚)	溶接箇所	溶接方法	きず数 (個)	不合格 きず数(個)
A社	372,000	1,488	255	96	交差部等*	CO ₂ 半自動溶接**	255	96
					中間部	SAW***		
B社	1,633,000	6,532	1,377	168	交差部等*	CO ₂ 半自動溶接**		
					中間部	CO ₂ 半自動溶接**と SAW***の併用	1,378	160
C社	934,750	3,739	486	82	A社と同様		592	92
	465,750	1,863	199	29	B社と同様		231	23
D社	1,446,750	5,787	934	—	B社と同様		949	—
合計	4,852,250	19,409	3,251	375	—	—	3,405	371

* 溶接線の交差部及び始終端部から500mmの範囲 ** 炭酸ガスシールドアーク溶接の半自動溶接

*** サブマージアーク溶接 **** フィルム有効長を250mmとした場合の概略値

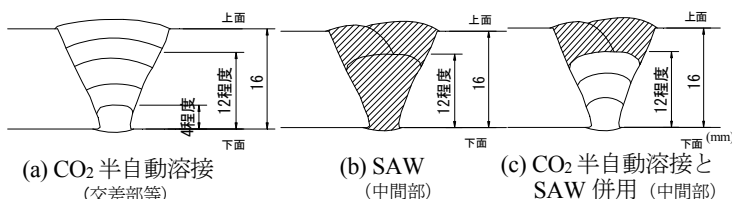
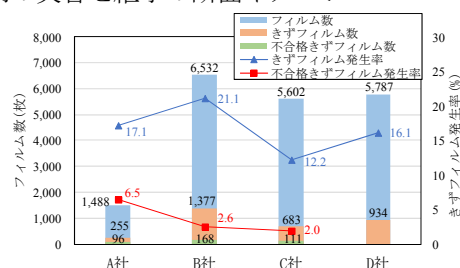


図-1 溶接法別の突合せ継手の断面イメージ



フィルム数=きずなしフィルム数+きずフィルム数
きずフィルム数=合格きずフィルム数+不合格きずフィルム数
きずフィルム発生率(%)=きずフィルム数/フィルム数
不合格きずフィルム発生率(%)=不合格きずフィルム数/フィルム数

図-2 施工会社別のきず発生状況

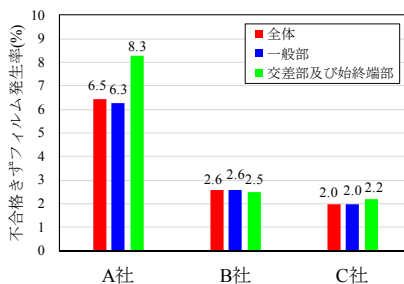


図-3 溶接箇所別の不合格きずフィルム発生率

キーワード：鋼床版、デッキプレート、現場溶接継手、放射線透過試験、内部きず

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研)土木研究所 TEL：029-879-6773 E-mail：mtakahas@pwri.go.jp

中間部の初期欠陥率を 4.0%と仮定している。この値と比較すると、前提条件の整理が必要であるが、2.5%(74 枚/2,981 枚)と低めの値となっている。

図-3 に、A,B,C3 社について、溶接箇所別の不合格きずフィルム発生率(%)を示す。B,C 社に対して、A 社では中間部と交差部等では大きな差が見られる。ここで、この 3 社の交差部等の溶接方法はほぼ同じであり、交差部等の不合格きず発生率の差は、各社の施工方法の違いによるものと考えられる。

(2) きず種別の傾向

図-4 にきず種別の分類方法が同じ A,C2 社についてのきず種別の発生状況を示す。同図(a)より、きず全体の中ではブローホールの割合が 67.1%と高いが、同図(b)より不合格きずの中では、パイプ(28.0%),ブローホール(27.5%),融合不良(28.3%)が同程度の割合となっており、また、溶込み不良も多い傾向にある。なお、疲労の観点から注意すべき割れについては、過去調査⁷⁾では不合格きず中の割合で 12.2%であったが、今回の調査では見られなかった。

図-5 に同じ溶接方法を採用しきず種別の分類がされている A 社と C 社の 2 社について、きず種別の発生状況と、きず発生時の不合格率(%) (不合格きず数(個)/きず数(個)) (きず数=合格きず数+不合格きず数)を示す。2 社ともに融合不良、パイプ、溶込み不良による不合格きずの発生率が高い。溶込み不良は開先部が溶けていないことでありルート面の形状の急変や裏当て材の密着不良に起因し、融合不良は金属間の融合がされていないことであり溶接狙い位置の不適切さや前パスの形状不良等に起因するものと考えられる。

図-6 に、図-1 の溶接法について、各社共通の CO₂ 半自動溶接による交差部と、各社で異なる中間部について、きず種別の寸法を比較して示す。上記の不合格きずの発生率の高い 3 つのきず種別のきず寸法は比較的大きく、特に融合不良は最大 130mm である。また、溶接法の違いに着目すると、交差部は中間部と比較して、きず寸法の各社間の差は小さい。次に、中間部の溶込み不良と融合不良に着目すると、SAW の A 社、C 社(A 社と同様の溶接方法)では発生しているが、SAW と CO₂ 半自動溶接併用の C 社(B 社と同様の溶接方法)では、フィルム数も関係するが発生していない。

CO₂ 半自動溶接では、溶接作業者が運棒により溶接の狙い位置を修正しながら溶接をすることにより、溶込み不良や融合不良などのきずの発生が抑制されているものと推測される。なお、中間部において、特に融合不良の不合格きずの発生数の多い箇所では、開先ルートギャップの状況(ギャップ量と溶接線方向の変化傾向)と対応する傾向がみられた。

4. おわりに

デッキ増厚による、パス間のきず発生傾向と溶接法の関係について概略確認した。本橋の場合、溶接の施工プロセスも含めた受け入れ品質確認を第三者機関で実施し、また段違い交差を採用するなど、一般的な現場施工条件と異なる面もあるため、国内の他の鋼床版橋のきず発生傾向とは異なる可能性も考えられ、今後、他の鋼床版橋の検査結果との比較も重要と考えられる。また、検査率に関して言えば、デッキ厚改定前の 12mm 厚鋼床版の現場溶接の検査結果との比較を行い、デッキ厚の違いによる欠陥の発生傾向の比較分析を行うことが重要と考えられる。なお、本データ整理分析にあたり国土交通省関東地方整備局東京港湾事務所にご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献 1) 加藤：鋼床版の現場溶接における欠陥と X 線検査について、東京大学学位論文、1974.9。 2) 藤原他：道路橋示方書Ⅱ鋼橋編の改訂概要、土木技術資料、Vol.32-6、1990.6。 3) 道路橋示方書・同解説、Ⅱ鋼橋・鋼部材編、pp.559-567、2017.11。 4) 千葉他：東京港臨海大橋(仮称)の施工、第 13 回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集、pp.63-75、2010.8。

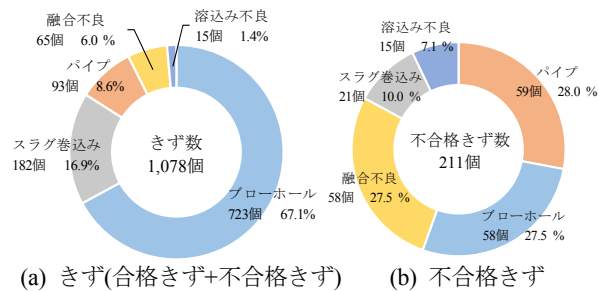


図-4 きず種別の発生状況(A 社と C 社の合計)

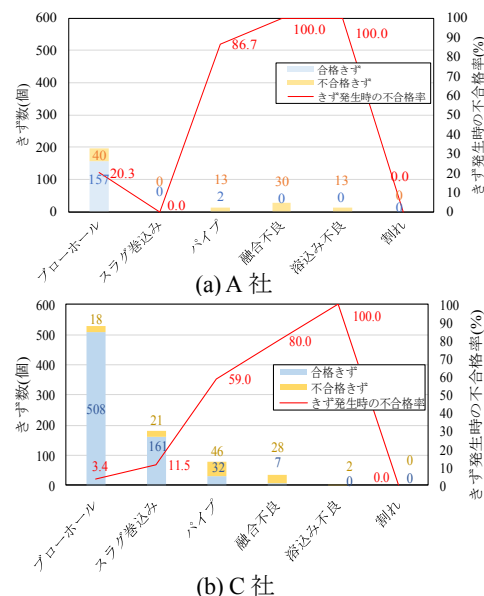


図-5 施工会社別のきず種別発生状況と きず発生時の不合格率

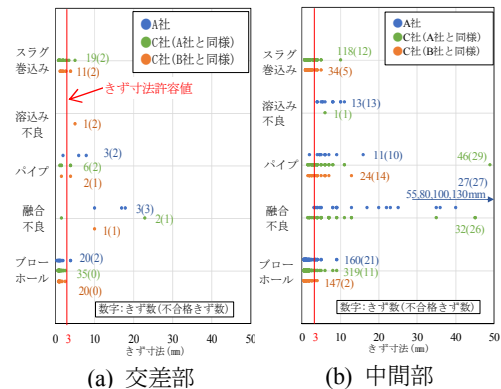


図-6 きず種別の寸法分布