

鋼床版半自動フェーズドアレイ超音波探傷試験（鋼床版 PSAUT）の実用化検討

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○齋藤 豪

1. はじめに

重交通化で供用する閉断面リブ鋼床版道路橋では、デッキプレートとトラフリブの溶接内部から発生した疲労き裂がデッキプレートを貫通する事例が報告¹⁾されている(図1)。このき裂はトラフリブ内側の溶接ルート部を起点として発生、デッキプレート母材内を進展し、舗装が敷設された上面側へ貫通することから目視による点検では早期に発見できない。そのため、超音波探傷試験などの非破壊検査による調査が行われている。このうち、実橋で10年以上の実績がある半自動超音波探傷試験(鋼床版 SAUT)²⁾がある。一方、国内ではフェーズドアレイ式の超音波探傷試験装置(以下 PUT)の普及が進み、PUT による鋼床版き裂の調査手法も開発され実橋に適用されている³⁾。今回、現行型の鋼床版 SAUT(以下、現行型)の検出性能を高めるため、単眼探触子を用いたコンベンショナルな探傷装置から、フェーズドアレイを用いたもの(以下、改良 I 型)、および FMC/TFM^{*}を用いたもの(以下、改良 II 型)に改良を行い、その実用性の検討を行った。

2. 各探傷システム

①現行型: 現行型は、鋼床版下面側から屈折角 70°の点収束斜角探触子を用いた超音波探傷試験を手動走査で行い、波形情報と位置情報(X 距離)を自動収録し結果を画像化するものである。探触子の走査は、Y 距離(溶接線からの離れ)を固定しながらスライド走査を可能とする専用ホルダを用いており、位置情報はワイヤ式のエンコーダを用いて測定している(特許第 4459244 号)。調査は、まず鋼床版 SAUT によりデッキプレートに高さ 6 mm 以上進展したき裂を対象にスクリーニングを行い、きずエコーを検出した場合、その場で Y 走査や複数の探触子を用いた詳細な手動探傷を行って、対象とする疲労き裂であるかの判定およびき裂の長さ、高さの測定を行う。なお、カットオフ値高さ 6 mm については、70° 探触子が確実に検出可能な最小寸法であるが、このき裂は板厚の 7 割程度(約 8.5 mm)まで進展すると、高さ方向の進展はしばらく停留するという知見⁴⁾があり、また長さでは 20 mm 程度と短く、十分な安全代を確保した上で、疑似エコーの影響をカットできる適度な寸法と考えられる。

溶接長手方向は概ね 2.5m 毎に横リブやダイアフラムが配置され、調査はこの区間毎に分割して行うが、これら部材交差部では探傷不可範囲が生じる。現行型では部材交差部でのき裂最小検出可能長さは、この部材幅(t=10 の場合)と溶接ビード、探触子フォルダの縁幅の影響により 60 mm 程度になる。(図 2)

②改良 I 型: 改良 I 型のシステムでは、探傷装置にフェーズドアレイが可能な OLYMPUS 製 OmniScan SX を用いた。探触子は、周波数 5MHz、素子数 16、ピッチ 0.6 mm、同時励振 16ch である。探触子はウェッジと共に現行型と同形のフォルダに収め、現行のエンコーダーに接続し、セクタースキャンによりスキヤニングを行うものとした。(図 3)

③改良 II 型: 改良 II 型では、探傷器に FMC/TFM が可能な OLYMPUS 製 OmniScan X3 を用いた。探触子は改良 I 型と同様のものを使用し、FMC/TFM 探傷によるスキヤニングを行うものとした。

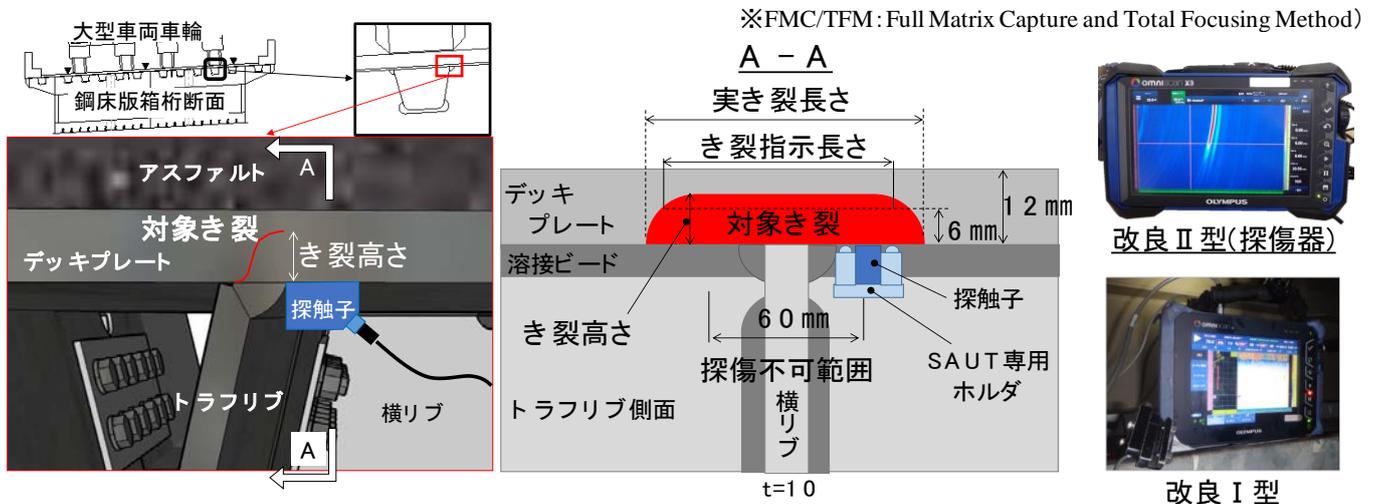


図1 対象き裂(横断面)

図2 対象き裂(縦断面)と探傷不可範囲

図3 探傷システム

キーワード 鋼道路橋, 鋼床版, 疲労き裂, 非破壊検査, フェーズドアレイ, FMC/TFM, 鋼製橋脚基部腐食
連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目10番11号 (一財) 首都高速道路技術センター TEL03-3578-5765

3. 性能確認試験および結果と評価

①試験内容：性能確認試験として、き裂を模擬した放電加工によるスリット(以下きず)が導入された2種類の試験体を用いた。試験体Aは、高さが4, 5, 6 mmの順に長さ100 mm毎に、試験体Bは、高さ3, 6, 9, 12 mmの順に長さ50 mm毎にきず(傾き70°)が設けられている。現行型と改良I型の比較を試験体Aにて、改良I型と改良II型の比較を試験体Bにて行った。なお、改良I型は実橋においても探傷を行い作業性を確認している。

②試験結果：【検出性能】探傷結果画像を図4に示す。試験体Aにおいて、現行型 SAUT では高さ4 mmのきずはほとんど検出されず、明瞭に確認されたのは6 mmのみであった。これに対し、改良I型では高さ4 mmを含む全てのきずが明瞭に検出された。試験体Bにおいて、改良I型は3 mmのきずをほとんど検出できないが、これに対し改良II型では高さ3 mmを含む全てのきずを検出できた。なお、本試験のきずはスリットであるため、実き裂に比べきず先端の端部のエコーが高めに、きず中腹部のエコーは低くなる傾向がある。

【探傷能率】探傷速度は手動走査によることから、改良I, II型とも、現行型とほぼ同程度の速度で走査することが可能で、実橋においても探傷時間に大きな差がないことを確認した。

【探傷不可範囲】実橋では、改良I型はウェッジ幅により、部材交差部の探傷不可範囲が現行型より広くなり80 mm程度となることが確認された。探傷不可範囲を補完する対策として、フォルダを外した探触子による手動探傷を併用する方法が考えられる。これにより不可範囲は30 mm程度に抑えられる。

4. まとめ

結果を表1に整理する。現行型に対する改良型の調査費用の試算の比率も記載した。調査能率は同程度であるが、探傷器価格やウェッジの消耗による費用により価格は高くなる。改良型は探傷不可範囲が大きくなるため、手動探傷を組合せて行うことも想定し、これによる歩掛の影響を考慮した費用比率も併記した。

改良型では、現行型より高さの低いき裂を検出可能であることが確認された。しかし、カットオフ値6 mmでスクリーニングを行う場合、6 mm未満のき裂を検出することは過剰性能である。そこで、用途として現行型の検出き裂の手動探傷に代わる手法としての活用が考えられる。現行手法により高さ6 mmを超えるき裂をスクリーニングし、検出き裂の詳細な探傷を、手動探傷に代えて改良I型鋼床版 SAUT で行うものである(表中赤枠)。手動探傷によるき裂評価は、探傷技術者の技量や単眼探触子の屈折角変化の影響を受けやすい問題がある。フェーズドアレイ探傷では、この解決が期待されるとともに記録性に優れることから、特に検出き裂の追跡調査をする場合に有効性を発揮すると考えられる。なお、改良II型では、特徴として断面形状(図5)が視覚的にわかりやすいことから、本対象き裂の他に、橋脚基部根巻きコンクリート部の腐食調査などにも期待できる。

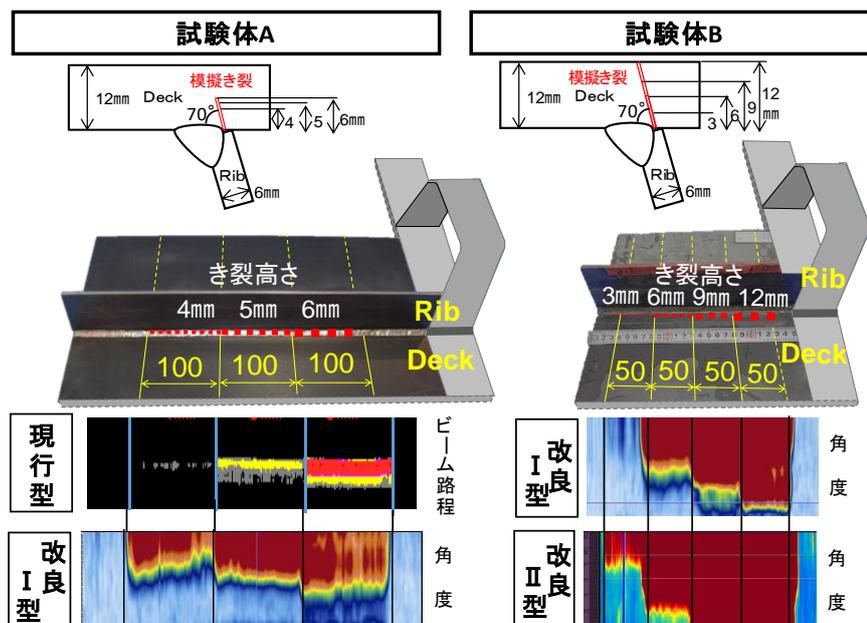


図4 試験体および試験結果(スキャン画像)

表1 試験結果まとめ

探傷	スクリーング	現行型	改良I型	改良II型	現行法
	詳細	手動探傷			改良I型
き裂高さ	検出可能	6mm	4mm	3mm	6mm
	長さ評価	6mm	4mm	3mm	4mm
部材交差部	探傷不可範囲	60mm	80mm	80mm	60mm
		(30mm)	(30mm)	(30mm)	(30mm)
価格比率		1.0	1.3	1.6	1.1
		(1.2)	(1.5)	(1.8)	(1.3)

◎表中()内は、探傷不可範囲を手動探傷した場合の値。

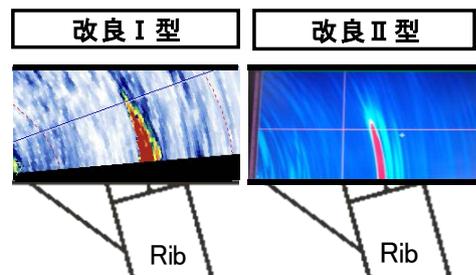


図5 探傷結果きず断面画像

参考文献 1)例えば：鋼床版の疲労 [2010年改訂版]，土木学会、2)村野ら：鋼床版デッキプレート方向き裂の半自動超音波探傷法，土木学会第63回年次学術講演会，2012、3)服部ら：鋼床版のUリブ・デッキプレート溶接線に対するフェーズドアレイ超音波探傷法の活用検討，土木学会第73回年次学術講演会，2018、4)原田ら：鋼床版デッキプレート・トラフ・横リブ交差部のデッキプレート貫通き裂の発生・進展性状に対するデッキプレート厚とスカップの影響，鋼構造論文集19巻第73号，2012.3