

## 開口合成フェーズドアレイ探傷による鋼床版デッキ貫通型き裂検知精度の検証

(一財)首都高速道路技術センター 正会員 ○村野 益巳  
 東芝電力検査サービス(株) 非会員 唐沢 博一 非会員 高橋 勝朗  
 首都大学東京 正会員 村越 潤 法政大学 正会員 森 猛

### 1. はじめに

Uリブ鋼床版橋梁でデッキプレートとUリブ溶接部の疲労損傷事例が多数報告されている(図-1)。中でも閉断面Uリブ内の溶接ルート部から発生しデッキプレート表面に至るデッキ貫通型き裂は、デッキプレートを貫通し上面舗装に段差等が生じる末期まで目視点検での検出が困難であり、検出の遅れによっては第三者災害を招く重大な損傷である。このデッキ貫通型き裂をデッキプレート内在段階で検出する超音波探傷手法<sup>1)2)</sup>が実用化されており、き裂の検知精度については、高さ6mm以上のき裂検出に絞ったもの(首都高式 SAUT)、高さ4mm程度からのき裂検出に対応するもの(土研式 AUT)といったそれぞれ特徴を有している<sup>3)</sup>。このデッキ貫通型き裂をより高精度に検出する技術として、フェーズドアレイ技術と開口合成法を融合した超音波探傷方法を適用し、疲労試験により導入した実き裂に対する探傷精度検証を実施したので報告する。

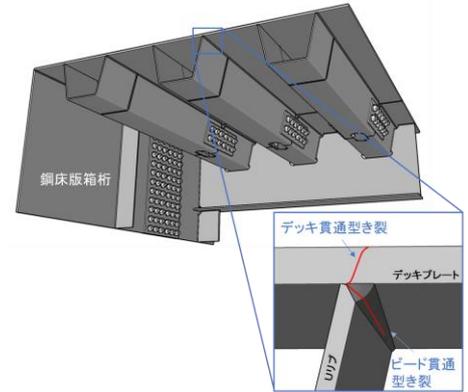


図-1 鋼床版デッキ貫通型き裂

### 2. 開口合成フェーズドアレイ装置の特徴

使用した装置の構成を表-1に、実き裂導入試験体の探傷状況を図-2に示す。本装置は64chのアレイプローブを電子スキャンすることで、数百から数千の組合せで送受信した超音波エコー(波形)データを収集する処理(Full Matrix Capture)と、収集した波形データを、送受素子と全画像化位置(メッシュ)の膨大な組合せの送受信パスの伝播時間で検索し、全画像化領域に均一に焦点を結ばせる開口合成処理(Total Focusing Method)の2段階からなる探傷技術である(図-3)。この技術により、全領域で解像度が均一・高精細で、ノイズの少ない超音波画像化が可能である。使用したアレイプローブは、中心周波数10MHz、32ch×0.4mmピッチ素子であり、ポリスチレンシュエにより、屈折角 $60\pm 20^\circ$ のセクタスキャンを実施した。



図-2 実き裂導入試験体の探傷状況

表-1 開口合成フェーズドアレイ装置の構成

探傷装置 (MatrixeyeLT)	
寸法	305W × 210H × 130D
質量	約5Kg(バッテリー含む)
A/D変換器	80MHz 12ビット
画像更新速度	25フレーム/s以上
送受ch	64ch
周波数帯域	2~25MHz
アレイプローブ	
周波数	10MHz
素子数	32ch
素子ピッチ	0.4mm
屈折角	60°(横波)
リニアエンコーダ	
方式	ワイヤー式
測定範囲	1000mm
出力パルス	5μパルス/mm
応答周波数	100kHz

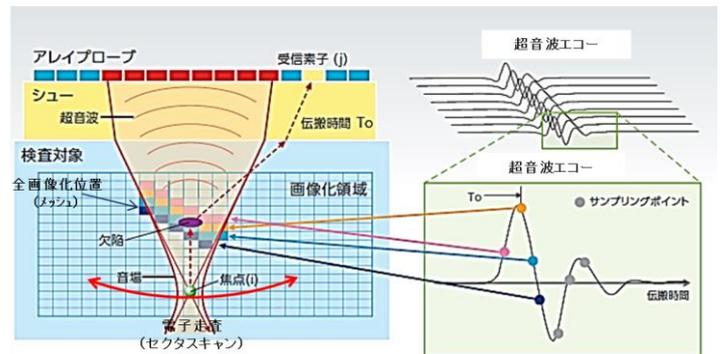


図-3 開口合成フェーズドアレイの原理

### 3. き裂導入試験体及び実き裂の寸法

き裂導入試験体は鋼床版の横リブ交差部を模擬した実物大部分モデル(デッキ厚12mm, Uリブ厚6mm)5体である(図-4)。本試験体はSFRC舗装によるき裂進展抑制効果を検証するため、SFRC施工前にデッキ貫通型き裂を導入済みであり、疲労試験終了後に実施した破面暴露による実き裂の寸法計測結果は表-2の通りであった。

キーワード 鋼床版, Uリブ, 疲労き裂, 非破壊検査, 超音波探傷試験, フェーズドアレイ  
 連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-10-11 (一財)首都高速道路技術センター TEL03-3578-5765

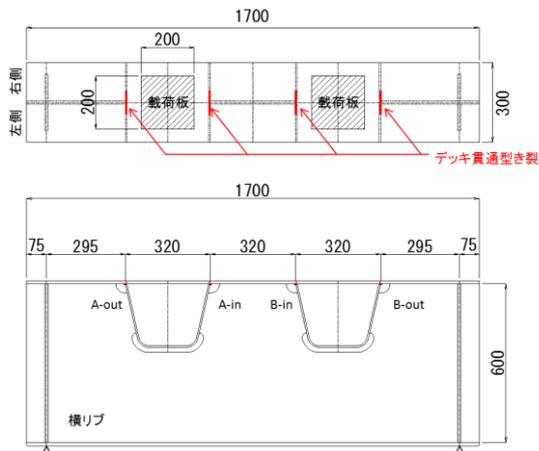


図-4 き裂導入試験体の形状

表-2 破面暴露によるき裂寸法計測結果

溶接線番号	左き裂先端 (a)	右き裂先端 (b)	き裂長さ (a+b)	き裂高さ	備考
2T-1 A-out	38mm	7mm	45mm	4.5mm	
2T-1 A-in	8mm	39mm	47mm	6.1mm	
2T-1 B-in	34mm	7mm	41mm	3.2mm	
2T-1 B-out	15mm	52mm	67mm	7.3mm	
2T-2 A-out	56mm	40mm	96mm	8.3mm	
2T-2 A-in	24mm	66mm	90mm	8.5mm	
2T-2 B-in	43mm	13mm	56mm	5.1mm	
2T-2 B-out	47mm	57mm	104mm	8.8mm	
2T-3 A-out	5mm	33mm	38mm	5.5mm	
2T-3 A-in	52mm	37mm	89mm	8.0mm	
2T-3 B-in	9mm	40mm	49mm	6.4mm	
2T-3 B-out	63mm	32mm	95mm	8.9mm	
2T-4 A-out	91mm	69mm	160mm	10.0mm	
2T-4 A-in	67mm	90mm	157mm	9.5mm	
2T-4 B-in	96mm	90mm	186mm	10.1mm	
2T-4 B-out	97mm	120mm	217mm	12.0mm	貫通
3T A-out	27mm	66mm	93mm	9.1mm	
3T A-in	70mm	36mm	106mm	8.2mm	
3T B-A	37mm	69mm	106mm	8.9mm	
3T B-C	70mm	43mm	113mm	8.4mm	
3T C-in	35mm	67mm	102mm	8.2mm	
3T C-out	68mm	38mm	106mm	8.7mm	

4. 開口合成フェーズドアレイによるき裂探傷結果

破面暴露前のき裂情報が無い状況でき裂探傷を実施し、探傷結果と実き裂寸法との精度検証を行った。なお、横リブへの探触子接近限界の関係から、横リブ中心より両側 28mm 範囲は探傷不能範囲となっている。検証事例として、貫通き裂であった 2T-4\_B-out 溶接線の結果を図-5 に示す。探傷結果から推定したき裂長さは左側で 99mm (誤差+2mm)、右側で 120mm (誤差±0mm)、き裂高さは 12mm (誤差±0mm) であり貫通き裂を精度良く検出していた。

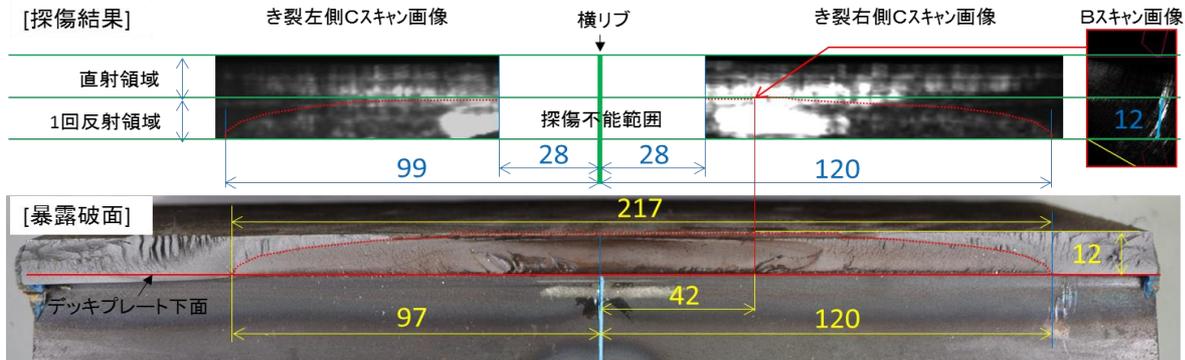


図-5 き裂導入試験体のデッキ貫通型き裂探傷結果 (2T-4\_B-out)

全溶接線 22 箇所 (左右き裂 44 個) に対するき裂長さ、き裂高さの推定精度の関係を図-6、図-7 に示す。なお、き裂が探傷不能範囲近傍で未検出であったき裂 12 個のデータは除いている。き裂高さは探傷範囲内で最大と推定した断面位置での比較である。結果、き裂長さの誤差は最大で-14mm、平均で-2.1mm、き裂高さの誤差は最大で+2.5mm、平均で+0.3mm であった。

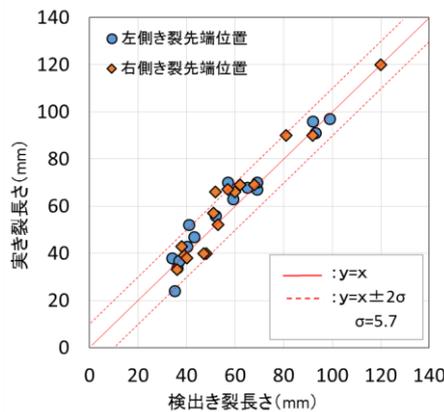


図-6 検出き裂長さと実き裂長さとの関係

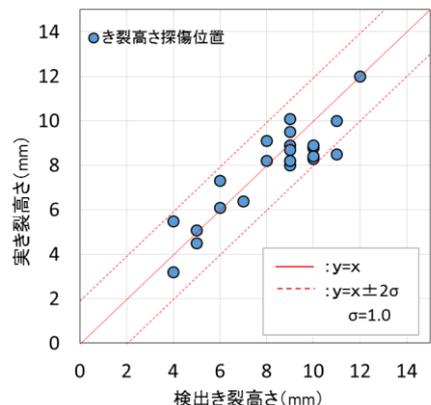


図-7 検出き裂高さと実き裂高さとの関係

5. まとめ

最新技術である開口合成フェーズドアレイ探傷法による鋼床版デッキ貫通型き裂の検知精度の検証を行い、高い精度でのき裂検出が可能であることを確認した。今後、探触子の最適設計、専用治具等の開発を行い、より高精度な探傷方法の確立を目指す予定である。

参考文献

- 1) 村越ら, 臨界屈折角近傍に調整した超音波斜角探触子による鋼床版デッキ進展き裂の探傷法の検討, 土木学会論文集 A1, Vol. 68, No.2, 453-464, 2012
- 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方法, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 6-071, 2008.9
- 3) 村野ら, 鋼床版デッキ貫通型き裂検知手法の適用性に関する検討, 土木学会第 71 回年次学術講演会, I-245, 2016.9