

鋼製フィンガージョイント用自走式フェーズドアレイ超音波探傷装置の開発

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 正会員 ○五味達矢, 柴田憲彦
三菱日立パワーシステムズ検査(株) 正会員 八木尚人, 池上克則, 三瓶洋之

1. はじめに

疲労き裂による鋼製フィンガージョイントの折損事象が発生した。疲労き裂はフェイスプレートとウェブプレートとの溶接部に内在する引張残留応力と交通荷重による圧縮の繰り返し応力に起因する。

き裂はフェイスプレートの下面から進展するため、従来は超音波探傷試験によりき裂調査を行ってきた。き裂の検出精度は調査員の技量や作業時間の影響を受ける。また、き裂の検出記録は代表的な探傷波形に限定されたものとなり、き裂の全容把握やトレーサビリティを確保することが困難な状況であった。

そこで、鋼製フィンガージョイント調査の高度化・効率化および現場作業の安全性向上に寄与することを目的として「鋼製フィンガージョイント用自走式フェーズドアレイ超音波探傷装置」を開発した。本稿は、探傷装置の開発に際して行った検証内容について報告するものである。

2. 検査装置の開発

検査装置の主な開発プロセスを以下に示す。

(1) 探触子の選定

フィンガージョイントの裏面付近で十分な検出能を確保できるフェーズドアレイプローブ（以下、探触子という）の選定を行った。選定した探触子を用いた超音波ビーム形状のシミュレーション結果を図1に示す。

一部の鋼製フィンガージョイントではフェイスプレートに溝切り（幅 30mm、深さ 5mm）が設置されており、探傷時に探触子と干渉するケースもあるが、この探触子を用いて屈折角 35° ～70° の範囲で探傷することで、溝切り部を避けてもき裂を検出することが可能となることを想定している。

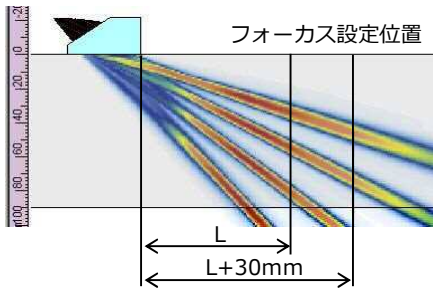


図 1. ビームプロファイルシミュレーション

(2) 探触子の配置検討

フィンガーR部とウェブ溶接止端部のき裂の発生位置は、ビーム路程における水平距離 L にして 2cm 程度の差がある。ここで、道路幅員方向に連続走査する際、フィンガーR部のき裂とウェブ溶接止端部のき裂を同時に検出できるかシミュレーションを行った。超音波ビームをフィンガーR部のスリットコーナーに入射するように探触子を配置すれば各々のき裂を検出可能であることを確認した。

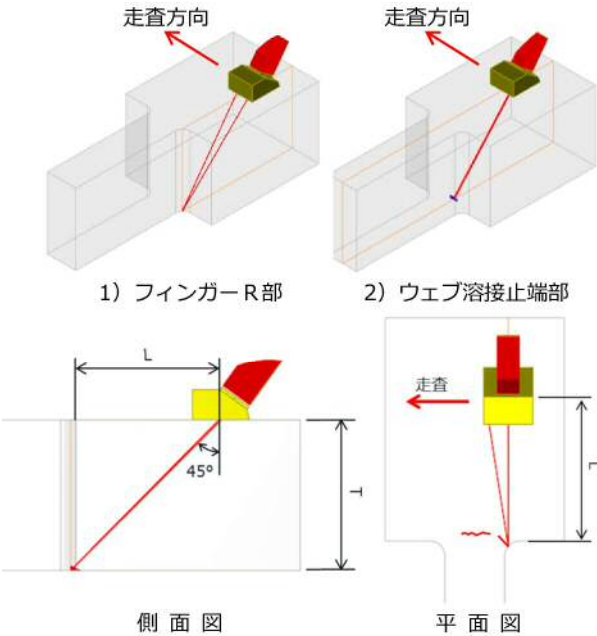


図 2. 供試体モデルへの探触子の配置

(3) 探傷手法の検討

き裂の発生箇所・寸法・傾き、探傷方向に対する検査装置のき裂検出性能を把握することを目的として、き裂を模擬した供試体により検証を行った。

表 1. 試験体形状（放電スリット加工：幅 3mm）

番 号	スリット位置	スリット寸法（角度）
供試体 1	ウェブ溶接止端部	きず高さ 3, 5, 20 mm （傾き 0°）
供試体 2	フィンガー（R部）	きず高さ 3, 5, 10 mm （傾き 45°）
供試体 3	きずの傾きスリット	きず高さ 3 mm （傾き 0°, 15°, 30°）

キーワード フェーズドアレイ超音波探傷法, 鋼製フィンガージョイント, 疲労き裂

連絡先 〒501-6236 岐阜県羽島市江吉良町鍵田 2578-1 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) TEL:058-398-3573

各供試体における検証結果は次のとおり。

- 1) き裂の発生位置はウェブ溶接止端部やフィンガー谷部であり、控え側からの探傷のみではき裂エコーとウェブ溶接やフィンガーR部の形状エコーが重なってき裂を見落とす危険性がある
- 2) フィンガーR部の初期き裂はフィンガー側からの探傷では検出できない可能性がある（図3）
- 3) 探傷角度、き裂の大きさ、傾斜角度はき裂高さの測定値に影響する

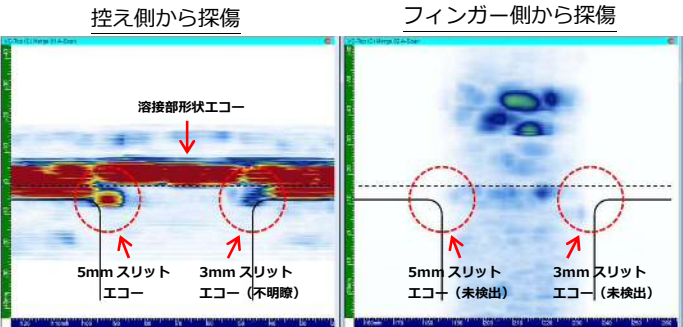


図 3. 供試体 2 の探傷画像（平面）

表 2. 検証結果の概要

検証項目	きず高さの検出性能（3，5，20mm）		きず傾斜の検出性能
	溶接止端部	R部	（ 0°，15°，30° ）
供試体No.	供試体 1	供試体 2	供試体 3
フィンガー側から探傷	○	× ※2	○
控え側から探傷 ※1	○	○	△ ※3
特 記 事 項	※1. 微小なき裂は形状エコーと重なり不鮮明となる傾向がある ※2. フィンガー側からは形状的にビームが届かないため探傷不可 ※3. 探触子と反対側に傾くきずは、高さ測定ができない場合がある		

（4）検査装置の開発

上記の検証結果を踏まえ、き裂検出精度を確保するために、控え側とフィンガー側の両側に探触子を配置して同時に探傷することを検査装置開発の基本方針とした。また、フィンガー側の探触子はフィンガー間をスムーズに横断する必要があるため、ソリ型のプローブホルダーを製作した。

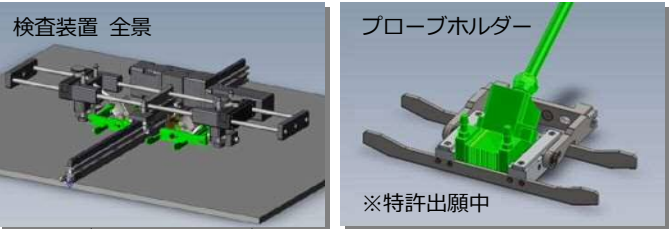
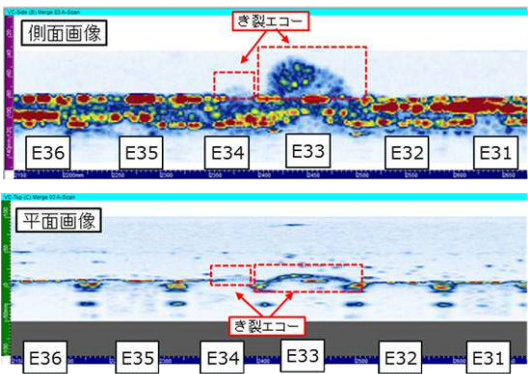


図 4. 探傷装置製作図及び探傷イメージ

3. 実機検証

実機における開発装置の適応性を確認するため、高速道路本線上において検証試験を行った。

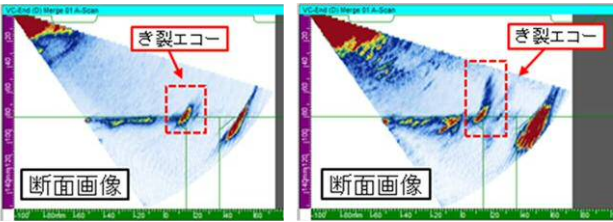
控え側とフィンガー側のき裂の測定値に差が認められたが、き裂形状やビーム入射角等に起因するものであるため、両者の最大値にて評価することが適切と判断する。なお、走査時間は伸縮装置 1 箇所（車線幅員 3.6m）当たり約 20 分（流入側 10 分＋流出側 10 分）であり、従来の約半分に調査時間を短縮できた。



(a) 控え側からの探傷画像



(b) フィンガー側からの探傷画像



(c) E34 断面画像 (d) E33 断面画像

図 5. 実機検証の探傷画像

4. おわりに

今回開発した「鋼製フィンガージョイント用自走式フェーズドアレイ超音波探傷装置」は、機械的にフィンガー基部に発生する初期き裂を 3 次元で捉えることを可能にした。今後の維持管理の高度化、現場作業の安全性向上および高速道路を利用するお客様の安全・安心の確保に繋がれば幸いである。