

## 現地レポート

## 鋼床版の疲労損傷に対する非破壊調査技術の現場への適用

村越 潤\* 木村嘉富\*\* 高橋 実\*\*\* 木ノ本 剛\*\*\*\*

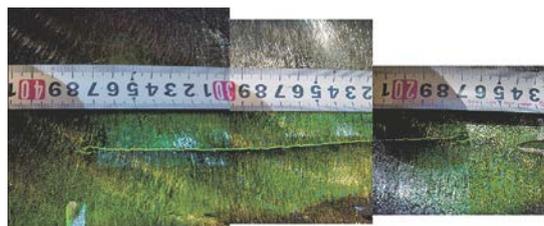
## 1. はじめに

道路橋の鋼床版には、以前より大型車交通量の多い路線を中心に、溶接各部に疲労き裂が確認されている。それらのき裂の多くは床版の下面側からの目視点検により見つけることができるき裂であるが、近年では、写真-1、図-1に示すようにデッキプレートとUリブの溶接ルート部からデッキプレート板厚方向に進展する疲労き裂（以下、デッキ進展き裂）が報告されている<sup>1)</sup>。このき裂は溶接内部から発生し、進展するとデッキプレートの破断につながるが、貫通しても舗装下に隠れているため目視による確認が困難である。また、溶接線に沿って長く進展していくと、舗装の損傷や路面の陥没を引き起こし車両の走行に支障を来すおそれがあることから、供用安全性の確保のためには出来るだけ早期に確実に発見して対策を講じる必要がある。

このため、これまでにき裂発生懸念される橋梁の絞込みやき裂が疑われる部位の抽出を行うための有効な調査手法に関する検討が行われている<sup>2)</sup>。このような背景の下、著者らは、き裂を検出するための技術として、超音波探傷法を用いた非破壊調査手法の検討を行い、き裂の進展初期の段階で検出できる信頼性を確保した調査技術を提案し、現場での試行を重ねてきた。本文では、同技術の概要と現場での適用状況等を紹介する。

## 2. 調査技術の概要

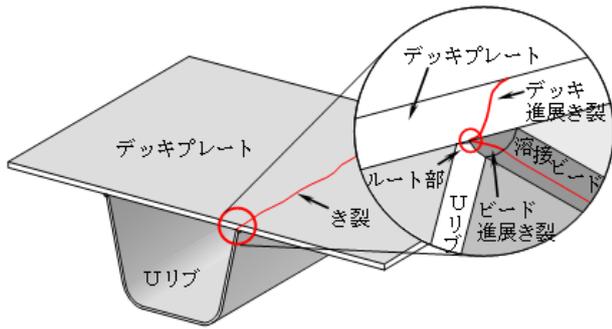
非破壊で溶接内部のき裂を検出する方法としては超音波を利用した方法が一般的であるが、超音波探傷法は検査技術者の技量に左右されやすく、客観性・信頼性の高い情報を得るためには、探触子の選定、探傷方法、き裂とエコー高さの関連付け等による検出結果の評価方法について十分な検討が必要である。また、実用面では、鋼床版の鋼材表面の塗装を剥がさずに探傷することが効率的

a) 舗装を剥がしたデッキプレート表面の状況  
(非破壊調査により事前に部位を特定)b) 舗装下のデッキプレート表面に現れた貫通き裂  
(緑色の濃い線：湿式蛍光磁粉探傷試験によるき裂指示模様)

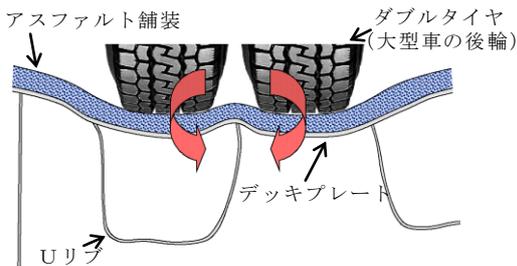
c) 当て板による応急対応

写真-1 鋼床版の疲労損傷とその対応事例

であり、塗膜等による探傷面の状態の違いが探傷結果に及ぼす影響について検討しておく必要がある。さらに、写真-2は実橋での上向き探傷によるき裂の手探傷（従来法）の様子を示しているが、足場条件などにより厳しい姿勢での上向き作業となる場合があり、輪荷重直下の溶接線を橋長全長



a) き裂の起点(ルート部)と進展方向



b) Uリブと車両の走行位置の関係、作用力と変形イメージ

図-1 鋼床版デッキプレート内に進展する疲労き裂の概要

にわたって調査するには作業性の高い探傷法であることが求められている。

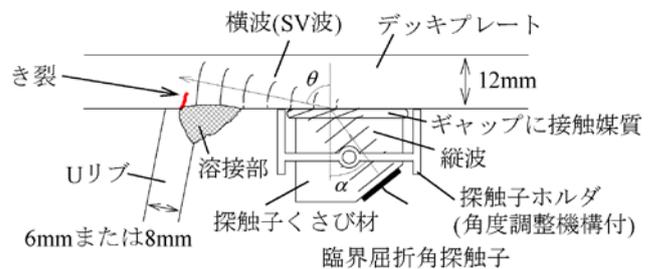
これらの技術的課題の解決を目指して超音波探傷法の開発を行ってきた。図-2に探触子と探傷イメージを示す。本技術の特徴は以下のとおりである。

- ・板厚方向深さが4mm程度の浅いき裂について誤検出等を極力なくして検出可能
- ・探触子の自動走査を可能とし、探傷結果の客観性(再現性)を向上

鋼材表面での超音波の屈折角を90度に近づけた横波斜角探触子を使用し、その屈折角を微調整できる探触子ホルダーを組合せることにより、塗膜等の影響を補正可能とした探触子(臨界屈折角探触子と呼んでいる)を用いている。通常の探触子では屈折角度が70度であるが、それを90度に



写真-2 従来法による上向きの超音波(手動)探傷による調査状況



ここに、 $\alpha$ :入射角(縦波)  
 $\theta$ :屈折角(横波(SV波))

図-2 超音波探傷法による鋼床版き裂の探傷イメージ

近づけることにより、浅いき裂に対しても超音波を当たりやすくしている。また、詳細は省略するが、同探触子から発生する超音波の特性を利用して、鋼材の表面状態の差異(塗装の厚さ、種類など)や鋼材中の音速の差異に依存しない探傷結果が得られるような感度補正の方法を工夫している。板厚12mmのデッキプレートに対して、出来るだけ浅いき裂の段階で検出できるのが理想であるが、現状の探触子では、2mm程度のき裂はき裂起点であるルートからの反射波との判別が技術的に難しいことから、板厚方向深さ4mm程度というのは確実に検出できるほぼ限界に近い値である。

また、探傷にあたっては探触子の自動走査のための治具を用いることにより、検査技術者の技量に左右されることなく、客観性(再現性)にも配慮している。

なお、本技術の開発は、土木研究所、菱電湘南エレクトロニクス株式会社および三菱電機株式会社情報技術総合研究所の3者による共同研究「鋼床版デッキプレート内進展き裂の非破壊調査法に

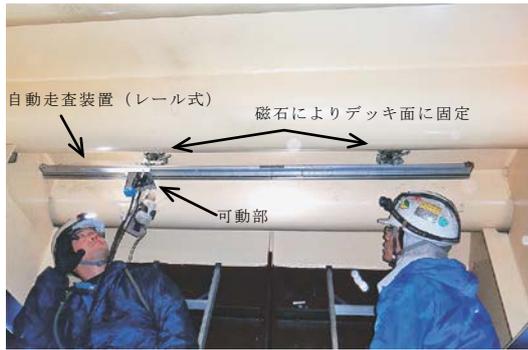


写真-3 現場での適用状況

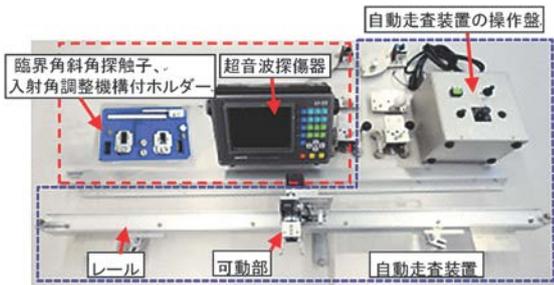


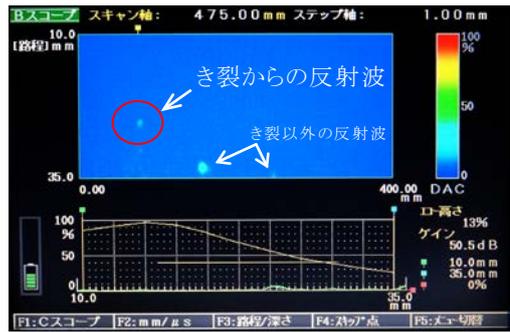
写真-4 超音波自動探傷装置の構成

関する研究」(2006年度～2007年度)において実施したものである。

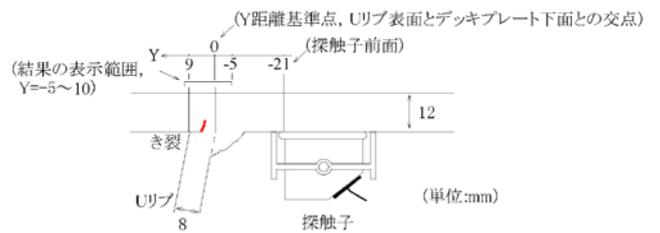
### 3. 現場での適用状況

写真-3に現場での適用状況を示す。また、写真-4に探傷装置の構成を示す。現場では対象とする溶接線に沿って、自動走査のガイドとなるレールをデッキプレートに固定（磁石式）し、探触子を自動走査することにより超音波探傷器上でデータを確認しながら記録するものである。これまでに探傷マニュアル案<sup>3)</sup>を作成しているが、超音波探傷試験の資格を有する非破壊検査技術者であれば、基本的に使用することができる技術である。現場試行の初期段階では、装置の設置、データ記録等の作業性の点での課題があり、1日当たりの調査延長は15m/日程度であったが、その後改良を加え、現状では最大80m/日程度が可能となっている。

図-3は、探傷結果の一例である。本橋では既に鋼床版の他のき裂損傷が発見されており、デッキ進展き裂の発生が懸念されたため、一部抜き取りで調査が行われた事例である。図-3 a)は、探傷時の探傷器の表示画面を示したものである。画面内の上段のカラーコンター表示(Bスコープ)では、横軸にUリブとデッキプレートとの溶接線の調査

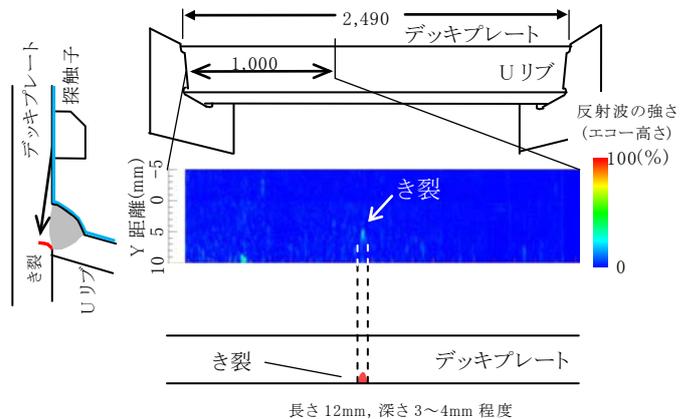


a) 探傷器の表示画面（下:Aスコープ,上:Bスコープ）



注) A,Bスコープ上の表示では、探触子前面(Y=-21mm)を基準点ゼロとし、そこからの距離で10～35mmまでの範囲の結果を表示している。

b) き裂と探触子の位置関係



c) 探傷結果から推定されるき裂の長さの例

図-3 探傷結果の例

位置を、縦軸に探触子前面から反射波までの距離を示すとともに、図中の色階層スケールは反射波の強さを示している。また、下段の図(Aスコープ)は、横軸に探触子前面から反射波までの距離を示し、縦軸に反射波の強さ(エコー高さ)を示している。図-3 b)は同図a)のBスコープの縦軸（またはAスコープの横軸）を模式的に示したものである。注釈に記載したとおり、図-3 a)のA,Bスコープでは、探触子前面（Y=-21mm）を基準点ゼロとし、そこからの距離で10～35mmまでの範囲の結果を表示している。図-3 c)にUリブ溶接部



写真-5 現地視察時の説明の様子

の周辺のみを表示した結果の例を示す。同図c)の矢印の部分（図-3 a)の赤丸の部分）は反射波の強さと位置からき裂である可能性が高い。

#### 4. 調査技術に関する情報提供

デッキ進展き裂をはじめとした鋼床版の疲労損傷事例とその対応について、国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人土木研究所において参考となる技術情報の提供を行ってきている。本技術についても土研新技術ショーケース等を通じて紹介しているが、最近では本年3月中旬に開催された各地方整備局等による「道路橋保全における症例検討会」の現地視察に際して、関東地方整備局の協力により現場での本技術の説明の機会を設けさせて頂いた（写真-5）。現地では、鋼床版の疲労損傷の概要、本技術を提案するに至った背景、本技術の概要について紹介するとともに、実際に鋼床版に装置を設置して超音波探傷のデモンストレーションを行った。

#### 5. まとめ

本技術についてはき裂の非破壊調査技術として現場に適用可能と考えているが、今後、実き裂に対する探傷を積み重ね改良を加えていくことで、探傷法としての信頼性や現場での作業性を高めていく予定である。また、デッキ進展き裂に対して必要な対策を進めていくためには、各種の調査結果を基にした総合的な診断が求められるが、本技術の適用場面、探傷結果の解釈及び活用方法についても詰めていく必要がある。

なお、本調査技術については文献3)（CAESARホームページにて公開）に掲載しているもので、詳細についてはそちらを参照いただきたい。

国土交通省関東地方整備局の関係者の皆様には、現地調査及び調査データ提供等にあたりご協力頂きました。ここに記して感謝する次第です。

#### 参考文献

- 1) 例えば、村越潤、梁取直樹、宇井崇：鋼床版の疲労損傷と補修・補強技術に関する検討、(社)土木学会、鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集、第10回、－鋼床版の疲労損傷とその対策－、pp.19～37、2007.8.
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所、(社)日本橋梁建設協会：鋼部材の耐久性向上策に関する共同研究、－実態調査に基づく鋼床版の点検手法に関する検討－、国土技術政策総合研究所資料共同研究報告書、第471号、2008.8.  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0471.htm>
- 3) 村越潤、木村嘉富、高橋実：鋼床版デッキプレート進展き裂の調査のための超音波探傷マニュアル(案)、土木研究所資料、第4138号、2009.3.  
[http://www.pwri.go.jp/caesar/manual/pdf/pwmate\\_4138.pdf](http://www.pwri.go.jp/caesar/manual/pdf/pwmate_4138.pdf)

村越 潤\*



独立行政法人土木研究所  
構造物メンテナンス研究  
センター橋梁構造研究  
グループ 上席研究員  
Jun MURAKOSHI

木村嘉富\*\*



独立行政法人土木研究所  
構造物メンテナンス研究  
センター橋梁構造研究  
グループ 上席研究員  
Yoshitomi KIMURA

高橋 実\*\*\*



独立行政法人土木研究所  
構造物メンテナンス研究  
センター橋梁構造研究  
グループ 主任研究員  
Minoru TAKAHASHI

木ノ本 剛\*\*\*\*



独立行政法人土木研究所  
構造物メンテナンス研究  
センター橋梁構造研究  
グループ 主任研究員  
Takeshi KINOMOTO