

鋼床版 U リブから発生するデッキ進展き裂に対する超音波探傷ロボットの開発

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○村野 益巳
首都高速道路 (株) 正会員 平野 秀一

1. 目的

鋼床版デッキプレートとUリブの溶接部に発生する疲労き裂のうち、Uリブ内面側溶接ルート部より発生し、デッキプレート内を進展するデッキ貫通型き裂(図-1)は、デッキプレートを貫通し、路面に段差が生じるまで目視点検による検出が難しい。デッキ貫通型き裂を、貫通に至る前のデッキプレート内在のうちに検出する技術として、超音波探傷を用いた各種手法^{1), 2), 3)}が開発されているが、何れの手法も機器の設置または操作のために、調査技術者が対象Uリブに近接する必要がある。桁高のある箱桁内などは近接するために足場の設置が必要である(図-2)。今回、筆者らが開発したデッキ貫通型き裂の半自動超音波探傷装置(以下、鋼床版 SAUT)(図-3)を用いて、高所の調査を遠隔で行うための鋼床版 SAUT ロボットを開発したので報告する。

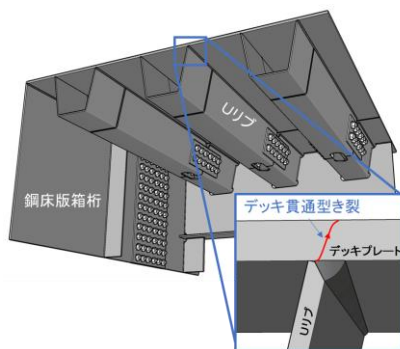


図-1 鋼床版デッキ貫通き裂



図-2 Uリブ超音波探傷状況



図-3 鋼床版 SAUT 調査状況

2. 鋼床版 SAUT ロボットの概要

鋼床版 SAUT は平成 18 年度に開発(特許第 4459244 号)し、これまで首都高速のUリブ鋼床版 350 径間以上の調査で 500 箇所以上のデッキ内在き裂を検出している。鋼床版 SAUT は、デッキプレート板厚内に深さ 6mm 以上進展した早期貫通の恐れのあるき裂を選択的に検出する手法であり、他の探傷方法と比較して高い作業能率が特徴である⁴⁾。筆者らは、脚立等による簡易足場や単管等による支柱足場が必要な高所作業の能率を向上させるため、長尺ポール先端に専用台車を載せた鋼床版 SAUT ロボットを開発した(図-4)。開発したロボットは、高所Uリブへの設置を長さ 7.0m まで伸縮する長尺ポールで行い、デッキプレート裏面には磁力で吸着する(図-5)。溶接線に沿った走行は長尺ポールで行うことを基本とするが、高所での操作を補助するためのモータ駆動機構を備えている。また、超音波プローブをロボット両端に搭載、切換え操作することで、調査開始、終了時に横リブ等への接近限界を小さくする機能も備えている。

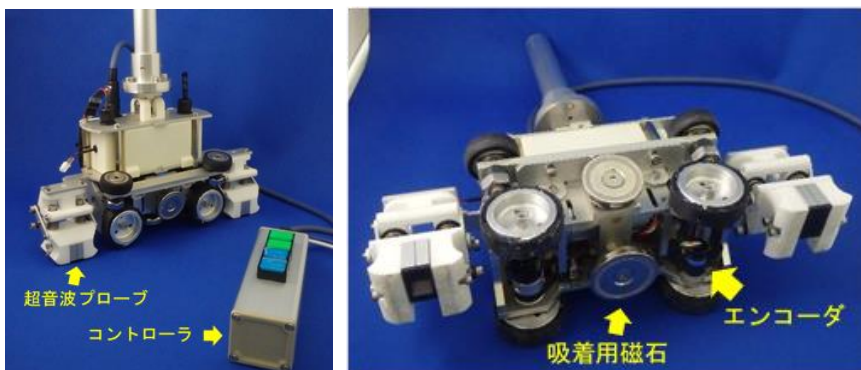


図-4 鋼床版 SAUT ロボット(試作品)

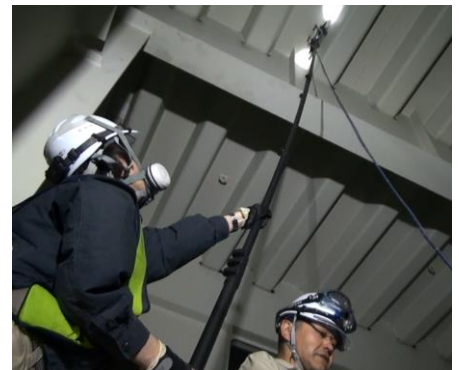


図-5 鋼床版 SAUT ロボット調査状況

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, ロボット

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 TEL 03-3578-5765

3. 探傷精度の検証承認周知

開発した鋼床版 SAUT ロボットで、放電加工によりき裂深さ 4mm, 5mm, 6mm, 長さ 100mm のスリットを入れたデッキ貫通型き裂模擬試験片に対して探傷試験を実施した。試験結果のBモード表示を図-6 に示す。Bモード表示は、横軸を探傷位置、縦軸をエコー反射距離とし、反射エコーの強さを色で表示（弱[黄]→強[赤]）する。Bモード表示から、き裂深さ 4mm は未検出であるが、深さ 5mm, 6mm のき裂指示を検出した。き裂深さ、き裂長さともに精度良く捕らえており、現行鋼床版 SAUT と同様に深さ 6mm 以上のき裂検出能力を確認した。

実き裂に対する精度検証のため、過年度に鋼床版 SAUT で検出済みのデッキ貫通型き裂に対するフィールド試験を行った。長さ 40mm 程度のき裂 3 箇所について鋼床版 SAUT ロボット探傷を実施したところ、過年度と同様のき裂指示が確認できた。調査結果の一例を図-7 に示す。き裂発生位置、長さともに現行 SAUT と同等の調査結果が得られている。なお、調査箇所は SFRC 舗装による恒久対策が施されており、き裂が進展していないことも確認できた。

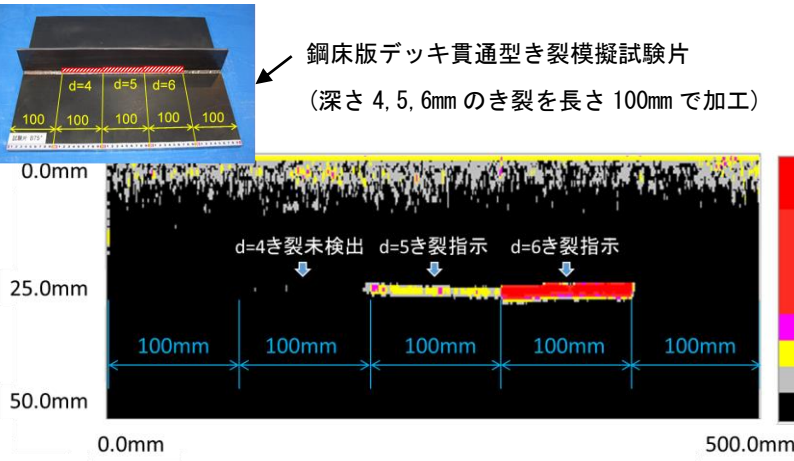


図-6 き裂模擬試験片の鋼床版 SAUT ロボット探傷結果（Bモード表示）

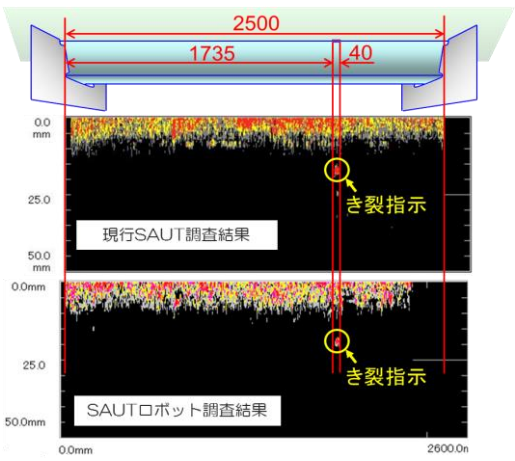


図-7 鋼床版 SAUT ロボットのき裂検出結果

4. 探傷能率の検証

フィールド試験で計測した調査時間を表-1 に示す。鋼床版 SAUT ロボットは、現行のマニュアル操作に比べてモータ駆動のため探傷速度が遅く、探傷準備および探傷作業に時間を要するものの、近接のための簡易足場の設置、撤去の必要がないため、合計時間では現行の鋼床版 SAUT 作業と同等以上の能率が確保できた。さらに、開発した鋼床版 SAUT ロボットは、長尺ポールの使用で、今まで近接のために単管等を用いた支柱足場を設置する等、膨大な時間と費用を要していた高さ 3.5m~7.0m の調査にも対応できる。フィールド試験では高さ 4.5m でも同様の調査時間であることを確認しており、支柱足場が不要になることで、大幅な能率向上が期待できる。

表-1 鋼床版 SAUT および SAUT ロボットの調査時間

調査条件	鋼床版SAUT（マニュアル） 脚立2台使用	鋼床版SAUTロボット 長尺ポール使用
人員構成	探傷技術者1名 探傷補助員1名 計2名	探傷技術者1名 探傷補助員1名 計2名
作業工程 （横リブ 間1格間の調査）	①足場設置 3分 ②探傷準備 3分 ③SAUT探傷 8分 ④足場撤去 2分 ⑤移動 1分 計17分	①探傷準備 4分 ②SAUT探傷 10分 （ロボット走行） ③移動 1分 計15分

5. まとめ

デッキ貫通型き裂を検出する鋼床版 SAUT のロボット化により、高所の鋼床版 U リブ溶接部を足場を設置することなく調査することが可能となった。今後は、実橋梁での使用を重ねながら、より効率的で使い易いものに改良していく予定である。

参考文献

1) 村野ら, 鋼床版デッキプレート方向き裂の進展性状とその超音波探傷方法, 土木学会第 62 回年次学術講演会, I-425, 2007. 9
2) 村越ら, 臨界屈折角に調整した超音波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
3) 塚本ら, 鋼床版デッキ貫通亀裂発見を目的とする複合的検査手法の開発, 土木学会第 64 回年次学術講演会, IV-346, 2009. 9
4) 塚本ら, 鋼床版疲労き裂の検知手法の検証について, 国土交通省関東地方整備局平成 27 年度スキルアップセミナー, 2015. 7