

技術紹介

深層学習を用いた U リブ溶込み深さ推定への取り組み

Estimation of Penetration Depth in U-rib Welding Using Deep Learning

小谷 祐樹 *1
KOTANI Yuki

津山 忠久 *2
TSUYAMA Tadahisa

藤原 康平 *3
FUJIWARA Kohei

1. はじめに

鋼床版構造では、道路橋示方書においてデッキプレートと閉断面リブ（以下 U リブ）の縦方向溶接部の溶込み量をリブ板厚の 75% 以上確保することが要求されており、所定の溶込みが確保されていることを確認しなければなりません（図 1）。その確認方法としては、溶接施工試験を実施し、そこで確認された溶接条件を適用することにより、品質が満足するとみなすことができます。

このように溶接品質を事前確認する方法が標準であるのに対して、溶接中に溶込み深さ管理を行うことを目的に、AI 技術を使って U リブ溶接の溶込み深さを推定する検討を行っており、その実験検証の取り組み ¹⁾ について紹介します。

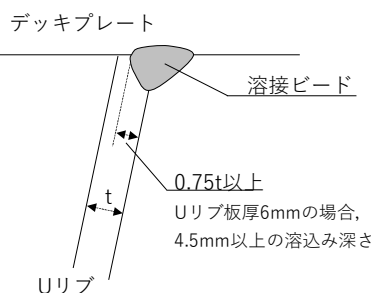


図 1 U リブ溶込み深さの規定

2. AI 技術について

AI 技術は近年、製造業における不良品検知などの品質管理に適用した事例や、溶接を対象に開先のルートギャップ変動に対する溶込み深さ推定に関する研究が報告されています²⁾。後者は AI 技術の中でも深層学習と呼ばれる学習手法を利用しており、一見何の変化もない溶融池周辺画像の特徴を AI 自らが判断し、答えとなる溶込み深さを導き出すことが可能な技術です。この手法を利用することで、U リブ溶接においても人では認識できない溶融池周辺画像の変化を捉えて溶込み深さを推定できることが期待されます。

3. 深層学習を用いた溶込み深さ推定法

深層学習による溶込み深さ推定には、予めデータを学習させる必要があります。今回対象とする U リブ溶接においては、溶接中の溶融池周辺画像を入力し溶込み深さの推定値を出力することとなるため、溶接中の溶融池周辺画像と、その画像に対する溶込み深さの実測値が学習データとなります。

4. 学習データの取得

学習データ取得のため、溶接ロボットアームの前後にカメラを取り付け溶融池周辺を同期撮影しました。撮影状況を写真 1 に示します。

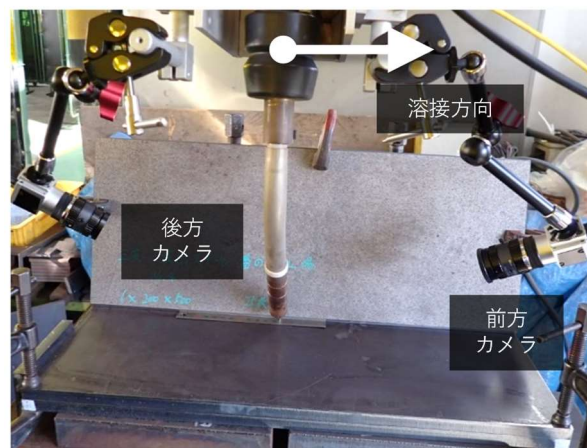


写真 1 溶接画像取得システム

溶接長 300 mm に対し、20 fps で溶接中の画像を撮影し、溶接 1 回につき 900 枚の画像を取得します。取得した溶融池前方・後方画像の一例を写真 2、写真 3 に示します。画像に対応した溶込み深さの実測値の取得には、溶接ビードを縦方向に強制破断した破面観察により溶込み深さを 2 mm ピッチで計測しました。破面を写真 4 に示します。また、学習データは 1 条件だけでなく、溶込み深さに影響を与える外乱を踏まえたデータが必要となります。そのため、図 2 に示す U リブ溶接における開先

*1 川田工業株式会社橋梁事業部生産統括部生産開発室 係長

*2 川田工業株式会社橋梁事業部生産統括部生産開発室 室長

*3 川田工業株式会社橋梁事業部生産統括部生産開発室

のルートフェイスと、溶接狙い位置を外乱条件として学習データを取得しました。

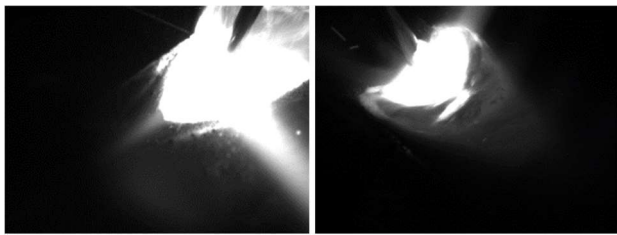


写真2 溶融池前方画像

写真3 溶融池後方画像

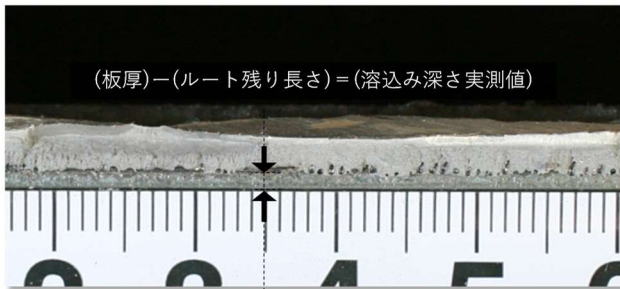


写真4 溶接部破面

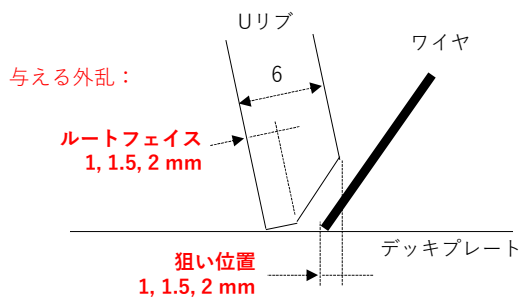


図2 学習データの乱れ条件

5. 推定精度の検証

溶込み深さ推定には、ルートフェイスと狙い位置の組合せ計33条件から取得した前方・後方画像各29700枚を学習データとし、学習にはCNNを用いた深層学習モデルを使用しました(図3)。推定結果を図4、5に示します。入力画像から出力値である溶込み深さを導くのに必要な時間は1s以下です。図中の橙線で示す溶込み深さの実測値に対して、青線の推定値は前方・後方画像どちらを適用した場合でも誤差0.5mm以下で95%以上の推定精度となることが確認されましたが、前方画像と後方画像どちらを適用しても有意差はありませんでした。

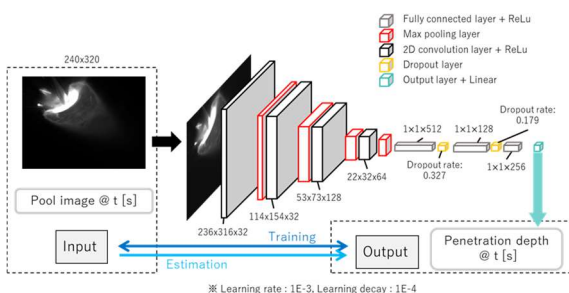


図3 深層学習モデルの一例

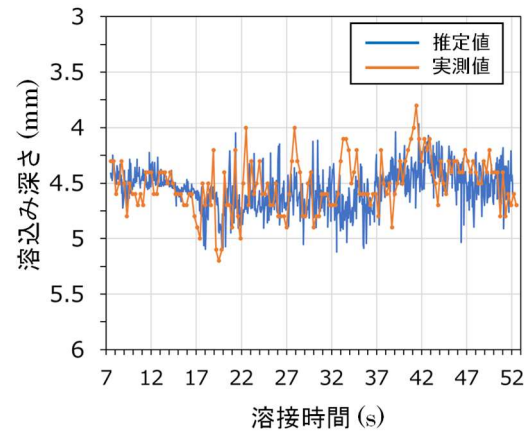


図4 前方画像を使った検証結果例

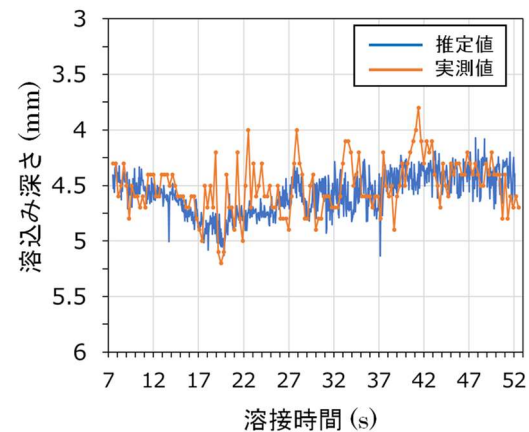


図5 後方画像を使った検証結果例

6. まとめ

深層学習をUリブ溶接へ適用した溶込み深さの推定精度検証の取組みについて紹介しました。今後は現状の推定精度をさらに高めていくために学習データの取得と入力方法を変化させたときの推定精度を検証するとともに、溶接中の溶込み深さリアルタイム推定の実用化を目指していきます。

7. おわりに

本取組みにあたり、深層学習モデルの構築と推定精度の検証に際し多大な御協力をいただきました大阪大学の野村講師に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 野村, 松村, 棚原, 佐野, 浅井, 津山, 小谷, 藤原: 溶融池モニタリングと深層学習を用いた溶込み深さ推定法に関する研究, 第255回溶接法研究委員会, 2021.
- 野村, 松村, 佐野: 溶融池モニタリングにおける深層学習を用いた溶込み推定に関する研究 第三報, 溶接学会全国大会講演概要, 108(2021-4), 130-131.