

大深度立坑の外観調査へのひび割れ画像解析技術の適用

大成建設（株）技術センター 正会員 ○堀口 賢一，本澤 昌美，野村 侖生
 大成建設（株）原子力本部 正会員 本島 貴之
 大成建設（株）札幌支店 正会員 押野 善之，広島 隆司
 （国研）日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センター 菜花 良平

1. はじめに

幌延深地層研究センターでは、原子力発電の使用済燃料を再処理した際に発生する高レベル放射性廃棄物を安全に処分するための地層処分技術に関する研究開発のうち、国の計画に示された深地層の科学的研究（地層科学研究）や地層処分研究開発等が行われている。この研究開発の一環として、図-1 に示すような調査研究のための立坑および調査坑道が建設されている。このうち、立坑は西立坑、東立坑、換気立坑の3つの立坑が構築されており、いずれも地上からおよそ350mの深さに達している。

これらの立坑は、竣工後から目視による外観調査が定期的に行われており、コンクリート構造物としての健全性が確認されている。しかしながら、直径が4.5mないし6.5mの立坑内部を、地上から深さ350mまで工事用エレベーターを一定間隔で昇降させながら、点検員がエレベーター内から目視により確認するしかないため、ひび割れの長さや幅をコンクリート表面で直接測定することが困難である。

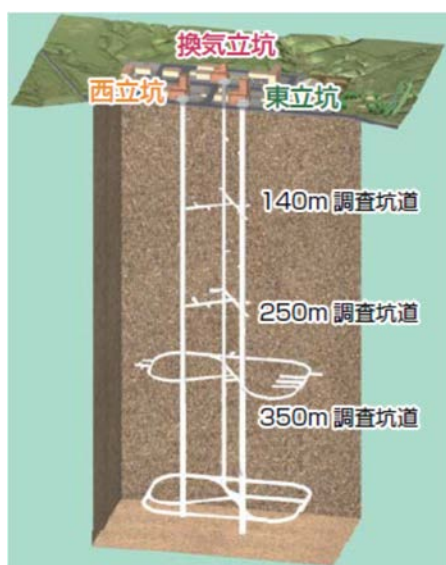


図-1 調査研究のための立坑・調査坑道の位置

このようなことから、今回、コンクリートのひび割れ画像解析技術を活用した調査を試行した。また、調査結果を3次元画像上に表示することで、視覚的にわかりやすい結果の表示も試みた。

2. ひび割れ画像解析技術の概要^{1), 2)}

適用したひび割れ画像解析技術は、デジタル画像からひび割れをAIにより自動的に抽出、もしくは点検員がひび割れの位置を画像上でトレースし、ひび割れの幅や長さを画素単位で出力することができる。特に、画素単位でウェーブレット変換と呼ばれる画像処理を実行し、1画素ごとに得られるウェーブレット係数からひび割れ幅を推定できるため、撮影画像の空間分解能の1/4から2倍程度のひび割れ幅の評価に適用できる。これは例えば、撮影画像の空間分解能が0.4mm/画素の場合、幅0.1~0.8mmの範囲でひび割れの幅を推定することができる。

3. 画像撮影方法

画像撮影は、直径6.5mの西立坑のうち、深さがGL-273.8m~GL345.8mの72mの範囲で、上下方向に2mごとに36分割して実施した。

図-2 に立坑内部壁面の画像撮影方法を示す。画像

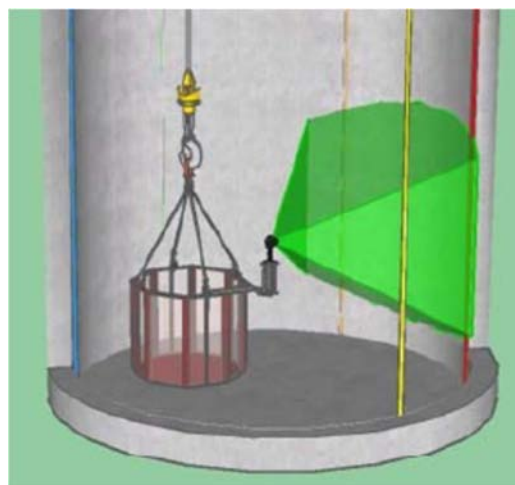


図-2 立坑内部壁面の画像撮影方法

キーワード コンクリート，大深度立坑，ひび割れ，AI，自動検出，ウェーブレット変換

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設（株）技術センター TEL045-814-7210

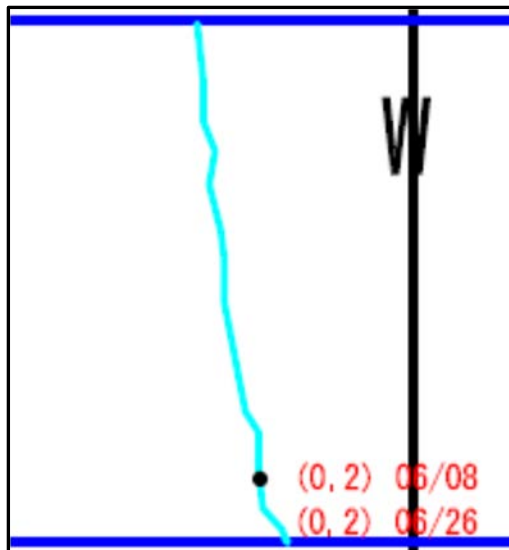


図-3 従来の目視によるひび割れ点検結果

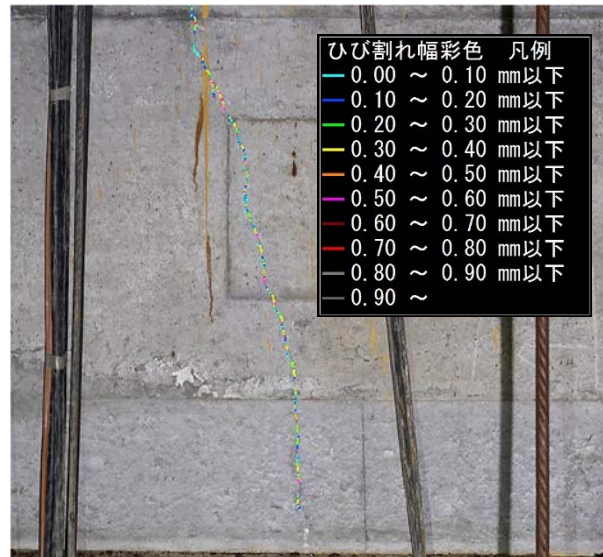


図-4 本画像解析手法によるひび割れ点検結果

の撮影は、キブルにデジタル一眼レフカメラを設置して行った。このとき、立坑直径の中央にカメラを配置できるように、専用の鋼製架台を製作してキブルに設置した。また、水平方向に360°自在に回転できる雲台も鋼製架台に設置し、この上にカメラを載せて円周方向には6分割して撮影した。

立坑内部壁面の表面で、この60°ごとの区画を明示するために、予め色の異なる6本のロープをGL-250m付近の調査坑道から立坑の下方に垂らして設置した。このロープは、撮影時にカメラの向きを決めるときの基準とし、撮影画像の左右両端にこのロープが映るようにした。また、画像解析を行う際には、撮影画像を正面からの正対画像にあおり補正する必要があり、その時の目安としても利用した。

さらに、最終的にひび割れの発生位置を立坑内部壁面の3次元動画像上に投影することを目的として、撮影位置の座標情報を取得できる動画も同時に撮影した。

4. ひび割れ画像解析結果と3次元動画表示

図-3に従来の目視によるひび割れ点検結果を、図-4に本画像解析手法によるひび割れ点検結果を示す。これは、GL-333.8m~GL335.8mの高さ2m、西側の円周方向に幅2m程度の範囲を抜粋した結果である。目視点検でひび割れ幅が0.2mmと測定された箇所に対して、本手法によるひび割れ幅は0.2~0.3mm程度と評価され、両手法で大きな乖離は見られなかった。

図-5にひび割れ点検結果の3次元動画表示の一例を示す。紙面上に抜粋した画像のため平面的に見える



図-5 ひび割れ点検結果の3次元動画表示

るが、円筒形の立坑内部壁面を3次元で立体的に動画化して、その画像上にひび割れ画像解析結果を重ね合わせることで、ひび割れの位置や幅を視覚的にわかりやすく表示できることが確かめられた。

5. まとめ

大深度立坑のコンクリートの外観調査において、ひび割れ画像解析技術と3次元動画化技術を組み合わせたひび割れ点検を試行した。その結果、撮影作業の安全性を高めつつ、効率的に立坑内部壁面の外観調査ができることを確かめられた。

参考文献

- 堀口賢一, 本澤昌美, 岡部成行, 富山潤: ドローンによる撮影画像を用いたコンクリートのひび割れ点検, コンクリート工学, Vol.57, No.9, pp.687-692, 2019.9
- 本澤昌美, 堀口賢一, 野村侖生: AIを用いたコンクリートのひび割れ自動検出精度の検証と実用化に関する検討, 大成建設技術センター報, Vol.54, pp.55-1-55-7, 2021.12