

大深度立坑のひび割れ点検の効率化に向けた撮影手法の開発

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，上村 勇太
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
（株）オカベメンテ	正会員	岡部 成行，宮良 正彦
（国研）日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センター保安・建設課		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 6.5m ないし 4.5m 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

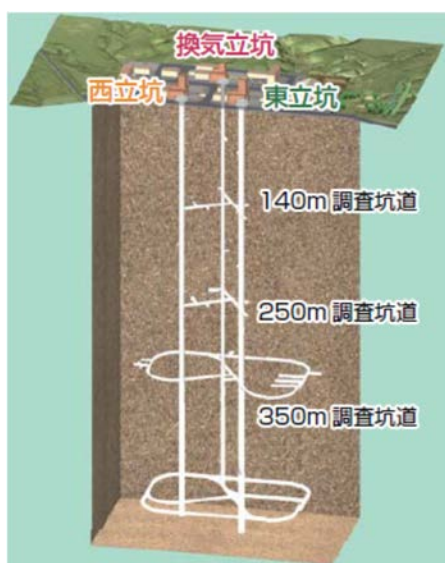


図-1 調査研究のための立坑・調査坑道の位置

ることが困難であつた。

このようなことから、筆者らは、2020 年度に西立坑のうち、深さが GL-273.8m～-GL345.8m の 72m の範囲で、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実施し、立坑壁面のひび割れの位置や幅、長さを、非接触で正確に把握できることを確かめている¹⁾。しかしながら、図-2 に示すようなキブル（荷役用エレベーター）にデジタル一眼レフカメラを設置して撮影する方法としたことで、撮影に時間を要した。今回、前回撮影した範囲以外の立坑壁面を調査したが、撮影方法を改善したことで、高精細な画像を撮影ししつつ、撮影作業を効率化することができたことから、本稿で報告する。

2. ひび割れ画像解析技術の概要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高い精度で推定できるため、

表-1 前回調査と今回調査の撮影条件の比較

調査区分	前回調査	今回調査
カメラ	デジタル一眼レフ	小型ジンバル
有効画素数	6,100万画素	6,370万画素
画角	5.80×3.87m	6.09×4.55m
空間分解能	0.61mm/pixel	0.66mm/pixel
円周分割数	6分割	4分割
調査範囲	西立坑 高さ72m	西立坑 高さ278m 東立坑 高さ350m 換気立坑 高さ350m
調査面積	1,470m ²	16,749m ²
準備・撮影時間	12時間	25時間
準備・撮影速度	147m ² /h	670m ² /h

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

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/pixel の場合、幅 0.1~0.8 mm の範囲でひび割れ幅を推定できる。

3. 画像撮影方法

表-1 に前回調査と今回調査の撮影条件の比較を示す。また、図-2 と図-3 にそれぞれの撮影方法を示す。

使用機材について、前回調査ではデジタル一眼レフカメラを使用した。カメラが立坑中央に配されるように架台を製作してキブルに取り付けた。このとき、カメラは水平方向に 360° 回転できる雲台に取り付けていたが、円周方向に 60° ごとに 6 分割して、リモコンで雲台を回転させながら撮影した。そのため、撮影位置や焦点の合せに時間を要した。一方、今回調査では、よりコンパクトな小型ジンバルカメラを使用し、前回調査と同様の架台を製作して、これに専用ジンバルを取り付けて、キブルに設置した。このカメラは、スイッチ操作で一定回転角ごとの操作ができるジンバルに搭載されており、円周方向に正確に 90° ごとに回転できたため、前回よりも少ない 4 分割で撮影できた。なお、いずれの場合も高さ方向には 2m 間隔で撮影した。

このように、大深度ではあるが、同じ断面形状が続く立坑の撮影方法を工夫したところ、撮影とその準備に要する時間を大幅に短縮することができ、前回調査での 147m²/h に比べて、今回調査では 670m²/h と、およそ 4.6 倍の速度で撮影作業が実施できた。

4. ひび割れ画像解析結果

図-4 に今回調査におけるひび割れ画像解析結果の一例を示す。これは、東立坑の GL-300m~GL-308m の高さ 8m の範囲である。目視点検でひび割れ幅が 0.2mm 以上のひび割れは、前回調査と同様に、今回調査でもほぼ全て検出されていた。また、この立坑と

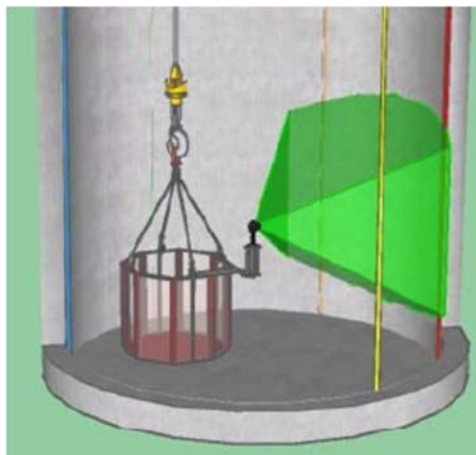


図-2 前回調査の撮影方法

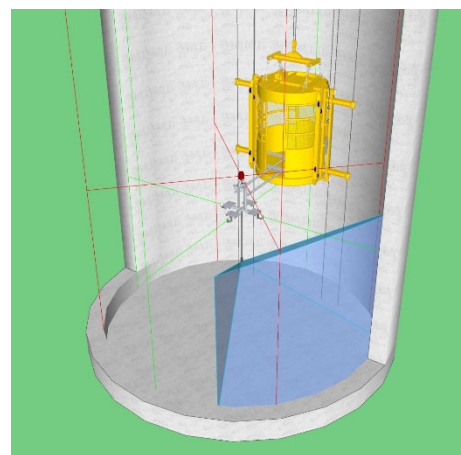


図-3 今回調査の撮影方法

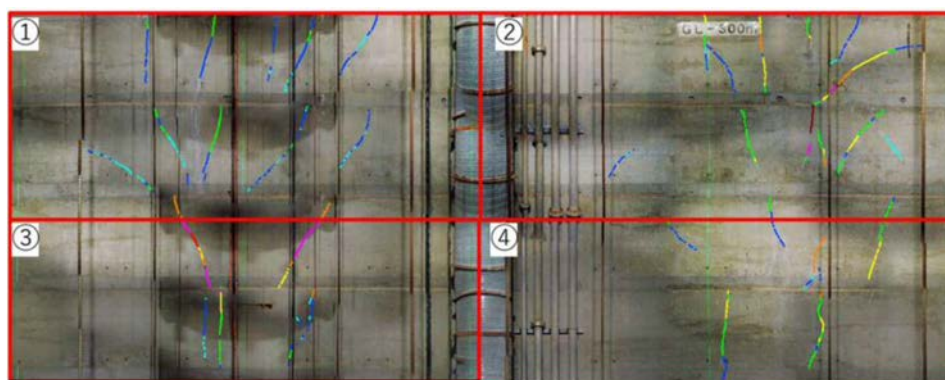


図-4 今回点検でのひび割れ画像解析結果の一例

は別の橋梁下部工で、両カメラによる画像解析の結果を比較したところ、ひび割れはほぼ同じに検出され、ひび割れ幅の評価結果も同程度であった。

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を用いることで、非接触で正確なひび割れ図と幅・長さの定量評価が可能となった。さらに今回、必要な画質の画像を効率的に撮影できる方法を開発したことで、ひび割れ点検の効率化にも寄与できることが確かめられた。

参考文献

- 堀口賢一，本澤昌美，野村佃生，本島貴之，押野善之，広島隆司，菜花良平：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，第 77 回土木学会年次学術講演会，VI-323，2022.9
- 本澤昌美，堀口賢一，野村佃生：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