

コンクリート表層品質の AI 画像診断に基づくトンネル施工

日本国土開発(株) 正会員 ○佐野健彦, 佐原晴也
(株)科学情報システムズ 森智彦, 寺下修平, 武田祐二

1. はじめに

我が国は、生産労働人口が減少する局面を迎え、これまでの生産性を維持しようとした場合、個々の生産性向上は避けて通れない重要な課題であり AI を積極的に活用していく必要がある。AI は、画像認識、文字認識、医療画像による診断支援、自動運転自動車のコア技術など幅広い分野において応用的に活用されている。本稿では、新設トンネルの覆工コンクリートを対象として、コンクリートの表面の出来映えを AI 画像診断にて評価した結果を次工程へフィードバックしたトンネル施工について報告する。

2. AI 画像診断にて代替した技術の概要

コンクリート表層品質向上を目的とした表層品質目視評価手法¹⁾は、目視によって、コンクリート表層部分の表面気泡、型枠継ぎ目のノロ漏れ、砂すじなどの表面出来映えの状態に着目し、それぞれの項目についてあらかじめ準備された評価基準を参考にランク分けを行い、コンクリート表面の出来映えを面的に定量評価するものである。評価結果に基づく施工方法の見直し、改善、計画を常に実施し、PDCA サイクルを活用して品質向上を図る手法である。評価点数は、表面の出来映えが良いほど評価が高く、高い順に 4 点、3 点、2 点、1 点の指標で表現される。

3. AI 画像診断システムの概要

AI 画像診断を活用したコンクリート表層品質評価システム²⁾は、通信インフラの負荷の低減と即応性を備える目的で図-1 のシステム概要に示す様な、可搬性に優れたスマートフォンとタブレット型 PC で構成されるモバイルエッジコンピューティング(現場環境モード)および、教師データの蓄積、ディープラーニングを実施するクラウドコンピューティング(クラウド環境モード)の 2 モードで構成している。現場環境モードでは、学習済みの AI 画像診断アプリがインストールされているタブレット型 PC(親機)に対して、スマートフォン(子機)は Wi-Fi 接続し、教師データの登録または AI 画像診断キーワード AI 画像診断, コンクリート表層品質, 維持管理, i-Construction, トンネル

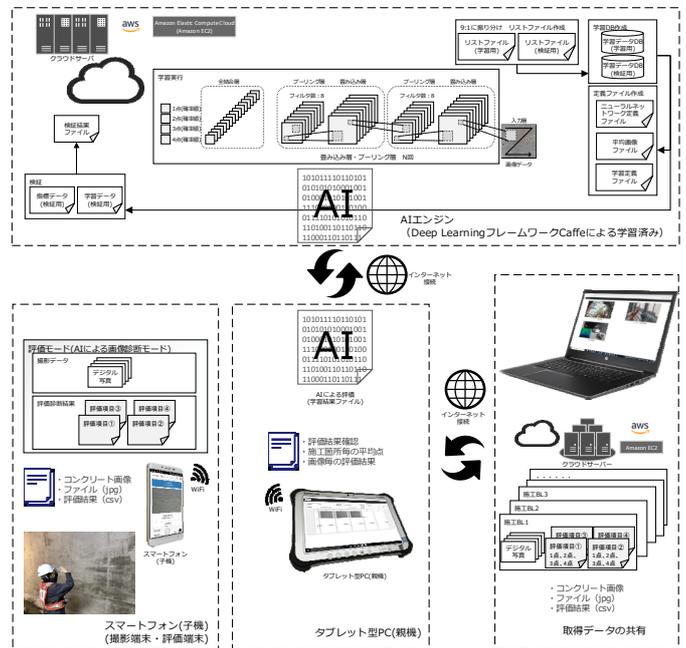


図-1 AI 画像診断システムの概要

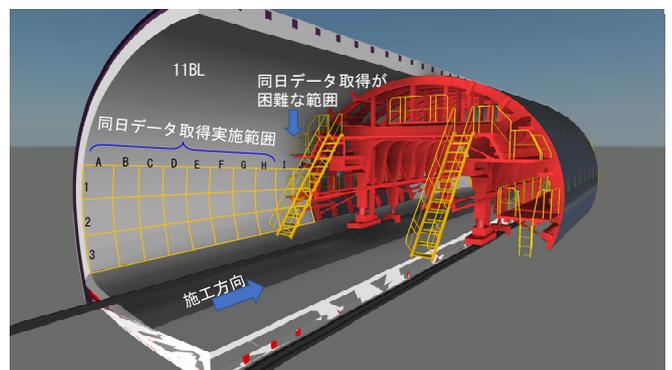


図-2 AI 画像診断のデータ取得概要

断を実施する。本稿では、AI 画像診断モードのみを使用した。また、AI 画像診断では、あらかじめ有効性が確認²⁾されている表面気泡のみを評価の対象とした。

4. AI 画像診断システム活用による施工

本稿で対象とした覆工コンクリートの延長は、標準断面部 74.65m, 拡幅断面部 40.15m の計 114.8m であり、施工ブロックとしては、No.1~No.15 の 15 ブロックである。縦断方向ではブロック長(標準断面部の基本長 10.5m, 拡幅部の基本長 6m)とし、高さ方向では、表面

気泡がSL付近までの高さのいわゆる壁状構造物で多く見られることを考慮し、図-2 に示す様に GL+0.0m～+3.0m とした。スマートフォンの画像分解能を考慮し、被写体から撮影者までの距離は概ね 1.0m～1.5m としたため、写真画像 1 枚あたりの撮影範囲は、概ね 1.0m×1.0m である。側壁片側で撮影枚数 15～30 のマトリックス、側壁両側(ブロック全体)では、30～60 枚分のマトリックスとし、それぞれのマトリックスごとに表面画像データを取得した。表-1 は、図-3 中の N2 行 E 列の写真画像 1 枚に対して AI 画像診断を行った結果を例として示している。この例では、2 点の判定確率が 21.3%、3 点の判定確率が 74.0%、4 点の判定確率は 4.7%であることを示している。この判定確率から N2 行 E 列の写真画像に対する計算値 C_V は、式(1)により算出した。

$$C_V = \frac{\sum_{i=1}^k m_i f_i}{n} = \frac{m_1 f_1 + m_2 f_2 + \dots + m_k f_k}{f_1 + f_2 + \dots + f_k} \quad (1)$$

ここで、 k は評価点の分類の階級数(1～4 点の階級数=4)、 n は評価点 1～4 点のそれぞれの確率の合計値(100%)、 m_i は階級値(評価点 1,2,3,4)、 f_i は AI がその評価点を正しいと判断する確率である。図-4 に示す AI 画像診断に基づく評価結果は、図-3 に示した各マトリックス中の計算値から表-2 に示す換算方法にて算定した。目視評価法に対応した 1 ブロックあたりの面としての評価は、図-4 中の各マトリックス中の評価点の算術平均を求め算出した。この例では、3.3 点であった。図-5 は、施工した 15 ブロックすべての評価点を施工した順番ごとに時系列で図示したものである。この図から、AI 画像診断結果に基づく施工の改善を行った結果、施工終盤ではコンクリートの仕上がりが良くなっていることがわかる。

5. まとめ

AI 画像診断に基づく診断結果をリアルタイムに施工へフィードバックするという手法によって以下の知見を得た。

これまで、人間による評価結果に基づき、施工改善 PDCA サイクルを用いた品質管理を行っていたが、AI が判断した結果においても、コンクリートの品質を向上することが可能であることが示された。

謝辞

本研究は、国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプ

表-1 評価点数の算定方法の例

画像名	1点	2点	3点	4点	計算値 C_V
写真 A	0.0%	21.3%	74.0%	4.7%	2.834

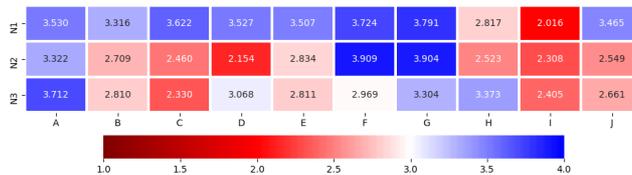


図-3 AI 画像診断による撮影画像 1 枚ごとの計算値



図-4 AI 画像診断に基づく評価結果の例

表-2 計算値から評価点への換算

評価点 E_P	計算値 C_V
4 点	3.5 以上
3 点	2.5 以上 3.5 未満
2 点	1.5 以上 2.5 未満
1 点	1.5 未満

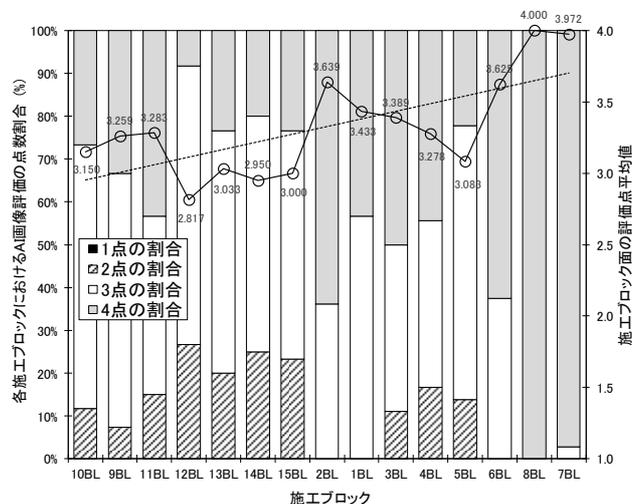


図-5 AI 画像診断による表面評価結果の推移

プロジェクト」の助成を受けたものである。国土交通省中国地方整備局鳥取西道路重山トンネル工事にて試行した。関係者に謝意を表する。

参考文献

- 1) 細田 暁, 坂田 昇, 田村隆弘, 二宮 純: 目視評価を活用した山口県のひび割れ抑制システムによる表層品質向上の分析, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, 2013
- 2) 佐野健彦, 佐原晴也, 武田祐二: スマートフォンを用いたコンクリート表層品質の AI 画像診断, 建設機械, 54 巻 7 号(2018), pp.45-51