

ハイパースペクトルカメラと弾性波による AI 切羽評価支援ツールの圧縮強度評価補完

前田建設工業 (株) 正会員 ○森勇貴 正会員 小熊登
前田建設工業 (株) 正会員 大久保弘 正会員 中山泰起

1. はじめに

近年では, AI 切羽評価支援ツールを用いて, デジタルカメラで撮影したトンネル切羽画像を観察する技術が開発され使用されている. しかし, 切羽評価項目の一つである圧縮強度については画像から判断できないため評価精度の向上に限界がある. そこで, デジタルカメラより多くの波長情報を得られるハイパースペクトルカメラ(以下, HSC)を使用し, AI に HSC 画像と弾性波速度のスペクトルパターンの相関性を勉強させて, 圧縮強度と相関性のある弾性波速度の相関を求めることで, 圧縮強度評価の補完を行った. 今回, 切羽観察の評価結果と比較して評価精度の向上が見られるか, 掘削延長 225m, 掘削断面 104m² の雨嶋トンネルで検証を行った.

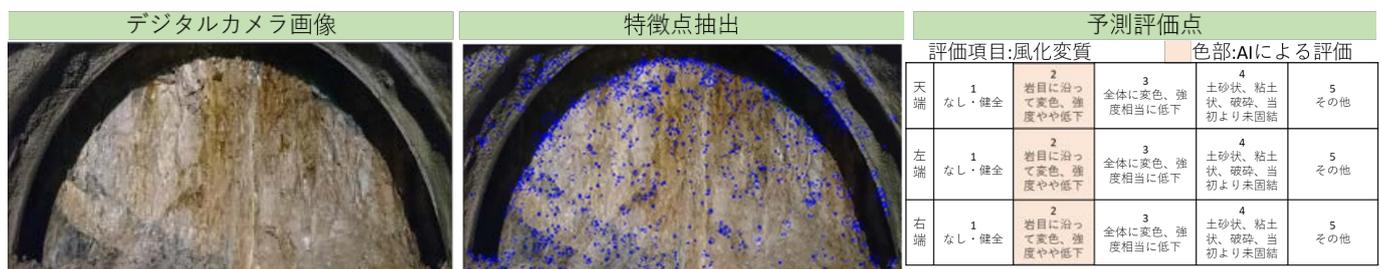


図-1 AI 切羽評価支援ツール

2. HSC による圧縮強度推定方法

AI 切羽評価支援ツールはデジタルカメラ画像を読み込ませることで, 切羽評価点を評価できる. デジタルカメラ(SONY 製 ミラーレス α5000)によって撮影した 30m 分(区間 1)の切羽写真と, さらに 30m 分の追加学習(区間 2)を行いモデルを構築し, 各区間の最終切羽画像より圧縮強度なしの切羽観察簿を作成した. さらに, 圧縮強度評価の補完として以下の 5 ステップを実施した.

- 1: 切羽前方クロスホール弾性波トモグラフィによって切羽内の弾性波速度分布を調べる.
- 2: デジタルカメラが 3 バンドに対して 204 バンドものスペクトルバンドを波長ごとに分光して撮影できる Spectral Imaging 社の SPECIM IQ の HSC で切羽を撮影する.
- 3: HSC 画像と弾性波速度のスペクトルパターンとの相関性を AI に切羽毎で勉強させる.
- 4: HSC 画像を AI に読み込ませて得られた弾性波速度からロックテストハンマー反発度を介して圧縮強度の推定を行う.
- 5: 圧縮強度を直接推定可能な点载荷試験の結果を用いて推定結果の正誤判定を行う.

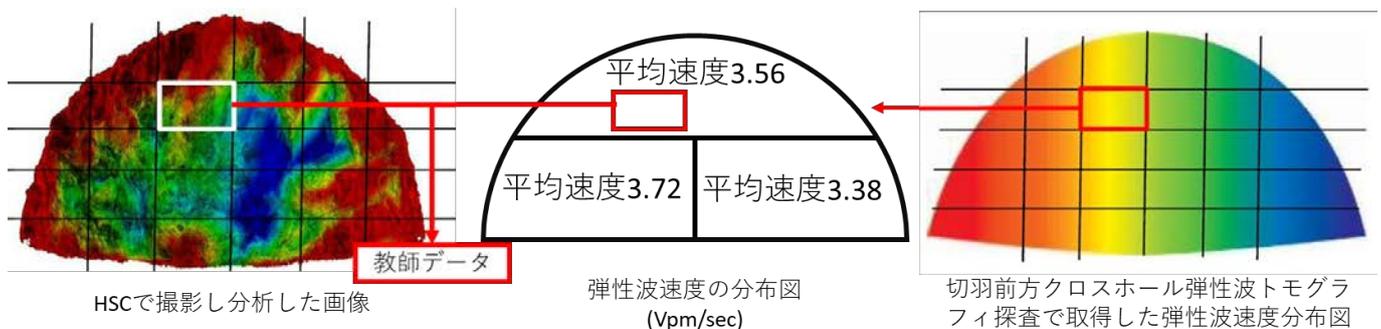


図-2 教師データの関連付け図

キーワード ハイパースペクトルカメラ, 弾性波速度, AI 切羽評価支援ツール, 山岳トンネル

連絡先 〒541-8529 大阪府大阪市中央区久太郎2丁目-5-30 前田建設工業(株)関西支店 TEL06-6243-2411

3. 検証方法

検証に用いたフロー図を図-3に示す。

<切羽観察簿>

各区間における最終切羽のデジタルカメラ画像を用いて求めた切羽評価点に HSC 画像と弾性波速度のスペクトルパターンとの相関性から求めた圧縮強度評価を追加する。同切羽での切羽観察の結果を用いて正誤判定を行う。

<圧縮強度>

各区間の後方から 11 基分の切羽で圧縮強度推定を行い、点載荷試験結果を用いて正誤判定を行う。

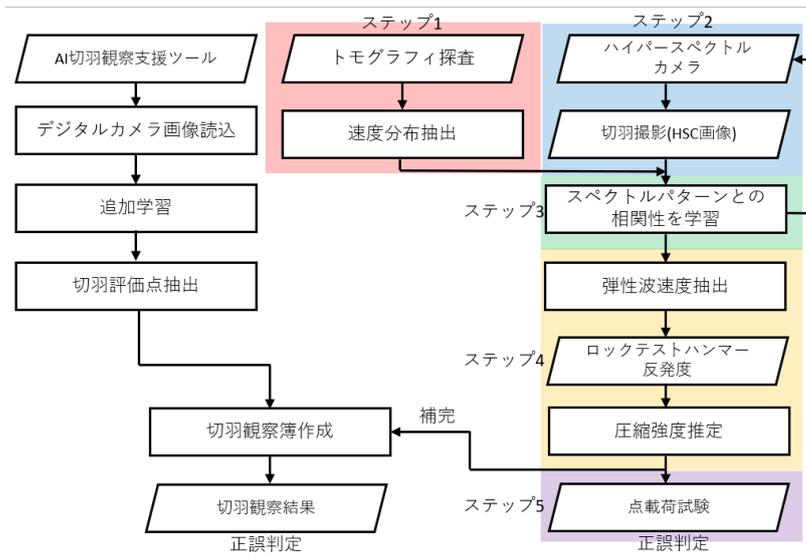


図-3 フロー図

4. 検証結果

デジタルカメラ画像を用いた AI 切羽評価支援ツールによる検証では評価することのできなかった圧縮強度について、HSC 画像とトモグラフィ探索による弾性波のスペクトルパターンの特徴を割り出すことで評価した。圧縮強度の評価が可能となったことで、図-4 のように切羽観察簿の正答率が圧縮強度を評価しない場合に比べて、区間 1 : 54%→56%, 区間 2 : 66%→70%と上昇した。圧縮強度の精度としては図-5 に示すように、区間 1 が正答率 51%に対して、追加学習を行ったことで 78%まで上昇した。

区間1：7～39基→40基予想				区間2：7～89基→90基予想			
正解率 15/27=56%	左端	天端	右端	正解率 19/27=70%	左端	天端	右端
(A)切羽の状況	2	2	2	(A)切羽の状況	2	2	2
(B)素掘面の状態	3	3	3	(B)素掘面の状態	2	2	2
(C)圧縮強度	2	3	2	(C)圧縮強度	2	2	2
(D)風化変質	3	3	3	(D)風化変質	1	3	1
(E)割れ目の頻度	3	4	3	(E)割れ目の頻度	3	3	3
(F)割れ目の状態	3	3	3	(F)割れ目の状態	3	3	3
(G)割れ目の形状	3	3	3	(G)割れ目の形状	3	3	3
(H)湧水	1	1	1	(H)湧水	1	1	1
(I)水による劣化	1	1	1	(I)水による劣化	1	1	1

図-4 切羽観察簿検証結果

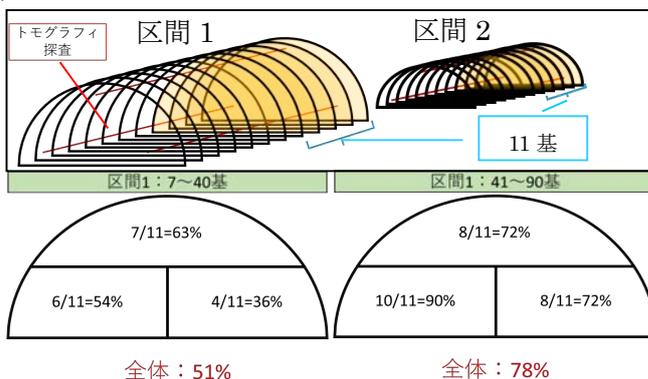


図-5 圧縮強度検証結果

結果として、HSCを用いることで圧縮強度と切羽観察簿両方の評価精度の向上が確認できた。しかし、今回はデータ量が少ないこと、検証した区間にばらつきが少なかった等、検証するにはデータが不足している。今後は地質の条件を変えて検証を行い、データ量を増やす必要がある。

5. おわりに

今後、建設業界に限らず産業全体を通して AI の活躍は、進化・成長を続ける産業には必要不可欠である。危険を伴うトンネル工事での AI 活用は安全面だけではなく、生産性、精度の向上が期待されるため、実用化に向けて必要なデータの収集、より幅広い条件下での検証を続けることで、技術の向上を行っていく必要があると思われる。

参考文献

- 1) 森田篤・小熊登：『延長が短いトンネルでの AI を利用したトンネル切羽評価支援ツールの適用性』
- 2) 長谷川航・後藤信男：『ハイパースペクトルカメラを利用した切羽情報の取得』