

深層学習による土質構造からの天端縦断亀裂発生の判別

中部大学大学院 学生会員 ○浅井 駿輝
(株)葵エンジニアリング 非会員 高橋 蒼
中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫

1. はじめに

朱ら¹⁾は、堤体の内部液状化のトリガーとなる閉封飽和域が発生する堤体基礎の支持力不足（圧密沈下）の危険箇所と縦断亀裂の関係から、縦断亀裂が確認される場所において粘土層が一定以上になると発生することを得た。しかし、縦断亀裂が生じていない箇所が一部にみられたことから、縦断方向だけでなく堤体の横断面方向についての分布状態についても検討が必要となった。粘土層分布について5つのパターンに分類分けし発生率を調べたところ、粘土層が非対称に分布する場合に天端舗装に縦断亀裂が発生しやすいこと得ることができ、亀裂情報が有力な手掛かりになるものと考えた。そこで、本研究では、こうした堤体内部の液状化の発生箇所の特定を目的とし、その過程で天端の亀裂と堤体基礎の支持力の関係性を見いだすために、深層学習を取り入れ亀裂情報を有効に使えるか試みるものである。

2. 研究方法

(1)解析の概要

堤体の土質用断面の画像データを読み込み、CNN（畳み込みニューラルネットワーク）によって天端の舗装亀裂の有無を検討する。教師データでモデルを構築し検証データを用いて的中率の高い学習モデルを確定し、モデルを一つ河川に適用させ Grad-CAM アルゴリズム（一種の感度分析）により、注目領域がどこであることを求め、共通項を人間の目で確認することで亀裂発生要因の検出を行う(図 1)。

(2)堤体土質断面と亀裂有無のデータ作成方法

これまで著者らは、粘土層のみに注目するため断面中の粘土層とそれ以外の白黒の二値化で分析をしてきたが²⁾、今回は複数の土質をも考慮するためにカラー画像を用いている。

全国河川の詳細調査点検結果にある横断面図から解析に不要な N 値やボーリングデータを除いてトレースする(図 1)。また、Google ストリートビューを利用して縦断亀裂の有無に分けて、同数を教師データ・検証データとする。揖斐川、木曽川、天竜川、牧田川の断面データを使用した。適用データは庄内川の断面データを使用した。また教師データ・検証データは異なる断面データである(表 1)。

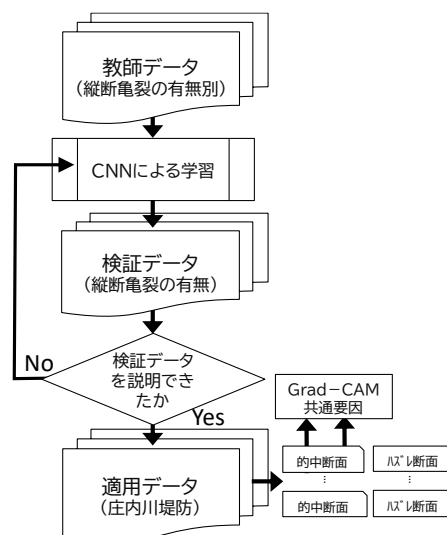


図1 解析の流れ

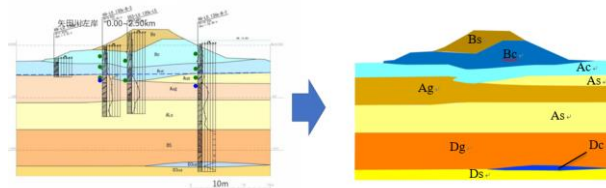


図2 データトレース

表 1 解析に使用したデータ

	教師データ		検証データ		適用データ	
	亀裂あり	亀裂なし	亀裂あり	亀裂なし	亀裂あり	亀裂なし
断面	76	76	8	8	30	19

キーワード 内部液状化 粘性土層 深層学習
連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 番地
TEL0568-51-1111

3. 解析結果

(1)モデルの構築

教師データによりモデル構築し、を検証データに、累積の学習回数と的中率の変化を記録したグラフ（図3）より、学習回数20回モデルを使用することにした。

(2)庄内川への適用

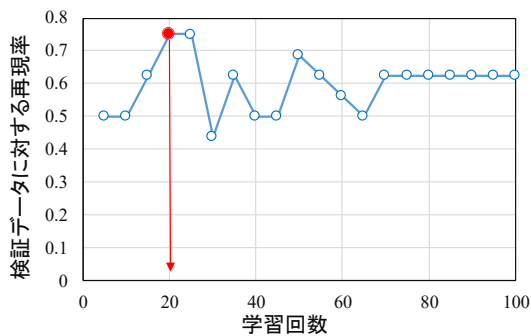


図3 学習回数と的中率（検証データ）

解析の結果を図4図5に示す。「亀裂あり断面」30断面中15断面的中、「亀裂無し断面」19断面中14断面的中で全体の的中率は59.2%だった。

Grad_CAMの結果の一部を図6、図7に示す。全てのデータで、粘性土層(青・水色)に注目されていた。亀裂ありのデータでは、盛土の粘性土層、不規則に分布した沖積層と洪積層の粘性土層、粘性土層と他の層の境界が

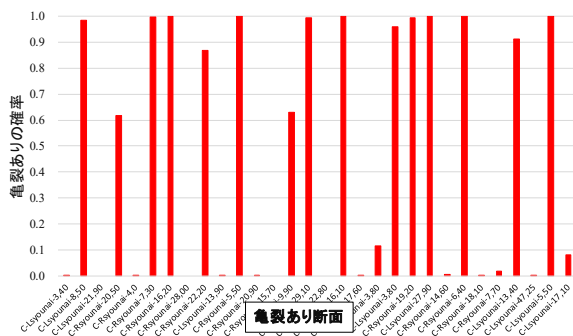


図4 亀裂あり断面に対する亀裂ありの確率

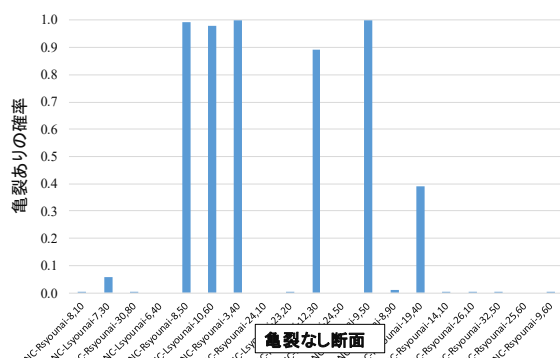


図5 亀裂なし断面に対する亀裂無しの確率

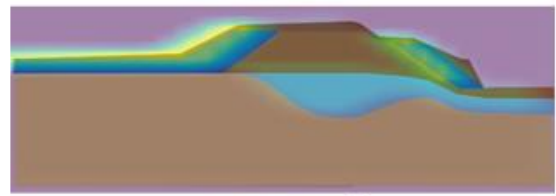


図6 盛土のり面と堤体基礎の粘土層に着目

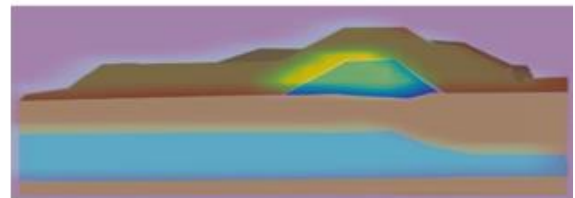


図7 堤体内と堤体下部の粘土層に着目

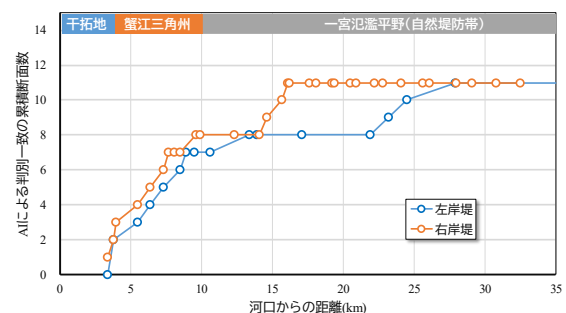


図8 河口からの距離と判別一致の累積断面数

傾斜しているところに強く着目が見られた。画像より、粘性土層の厚み、傾斜など複数の要因が影響している可能性が得られた。

また、庄内川河口からの距離と判別一致の累積断面数をプロットした（図8）。10km地点までは正解を重ねているが、10kmを超えると一部停滞している部分が見られる。濃尾平野の概念図4)によると10km地点からは一宮氾濫平野とよばれる地層になっており、断面図を見ると深層に締め固まった粘土層が存在する場合としない場合で亀裂の表れ方が違うため、精度に影響が出た可能性が考えられる。

4. おわりに

堤防天端の亀裂と地盤状況の関係性の解明において、深層学習による画像解析を取り入れて研究を試み、以上の結果を得ることができた。

【参考文献】1)朱ら：堤体基礎の支持力と天端縦断亀裂の関係，土木学会年次学術講演会，2020。2)朱ら：天端縦断亀裂による堤体基礎めり込み危険箇所の評価，令和元年土木学会中部支部研究発表会，2019。3)浅井ら：深層学習による堤防天端の縦断亀裂を伴う粘性土分布の分析，2022。4)坂本他(1984)，2-1-1 濃尾平野の地形・地質概要