[共通セッション] 土木分野におけるAIの活用

土木分野における AIの活用 (3)

2023年9月14日(木) 13:30 〜 14:50 CS-1 (広島工業大 五日市キャンパス三宅の森Nexus21 701／広島大 東広島キャンパス工学部講義棟 B218)

[CS14-17] 再帰型ニューラルネットワークによる谷埋め高盛土の盛土内水位予測手法の検討
Study of a method for predicting the water level in a valley filling high embankment by a recurrent neural network

*佐々木 直也[1]、東 拓生[1]、佐々木 哲也[1]、加藤 俊二[1] （1. 国立研究開発法人土木研究所）
*Naoya Sasaki[1], Azuma Takuo[1], Sasaki Tetsuya[1], Kato shunji[1] （1. Public Works Research Institute）

キーワード：再帰型ニューラルネットワーク、谷埋め盛土、地下水位予測
Recurrent neural networks, Valley fill embankment, Groundwater level prediction

谷埋め盛土の安定性は、盛土内の地下水位が大きく影響することがわかっている。特に谷埋め盛土は、背面地山からの継続的な水の供給により、水位上昇量が多く、水位低下しにくい場合があり、降雨と水位変動の関係を把握することが盛土の安定性を評価する上で重要となる。本検討は谷埋め盛土における盛土内水位の観測記録から再帰型ニューラルネットワークを用いて、盛土内水位の変動予測を行う手法を検討し、安定性評価における活用性について検討を行った。

©公益社団法人土木学会

再帰型ニューラルネットワークによる谷埋め盛土の盛土内水位予測手法の検討

国立研究開発法人土木研究所　正会員　○佐々木直也　正会員　東　拓生
正会員　佐々木哲也　正会員　加藤　俊二

１．はじめに

谷埋め盛土の安定性は、盛土内の地下水位（以降、盛土内水位と示す）が大きく影響することがわかっている[1)]。特に谷埋め盛土は、背面地山からの継続的な水の供給により、水位上昇量が多く、水位低下しにくい場合があり、降雨と水位変動の関係を把握することが盛土の安定性を評価する上で重要となるが、豪雨時や地震時の評価における盛土内水位の設定方法は明確でない。既存盛土においては、盛土高、湧水、地下水位、変状等の現場状況に応じて水位観測孔によるモニタリングが実施されている場合があるが、降雨条件、盛土条件（材料、基礎地盤材料、元地形等）や排水対策の有無で降雨による盛土内水位の変動傾向は異なるため、豪雨時の盛土内水位や長期的な水位の挙動等を把握することが難しく、観測期間も長期にわたる可能性がある。本検討は、効果的に盛土内水位を把握するため、谷埋め盛土における盛土内水位の観測記録から再帰型ニューラルネットワークを用いて、盛土内水位の変動予測を行う手法を検討し、豪雨時や地震時の評価における活用性について検討を行った。

２．予測手法の概要

本検討では、参考文献 2)を参考に時系列データの扱いに特化した再帰型ニューラルネットワーク（以降、RNN と示す）を用いた。RNN は過去の状態を隠れ層として保持し、次の隠れ層に伝えることで時系列データの予測に過去の状態を反映できる。ネットワークの構成は**図-1** に示すとおり、入力層、1 つの隠れ層、出力層とし、通常の RNN を用いた場合に長期の時間依存性は誤差関数の勾配消失により学習が進まない問題があるため、短長期の時間依存性を学習できる LSTM（long Short-Team Memory）ブロックを隠れ層に適用した。LSTM ブロックは入力値を保持する入力ゲート、破棄する値を調整する忘却ゲート、出力値を調整する出力ゲートで構成されており、学習する値を追加、破棄することで最適化できる。

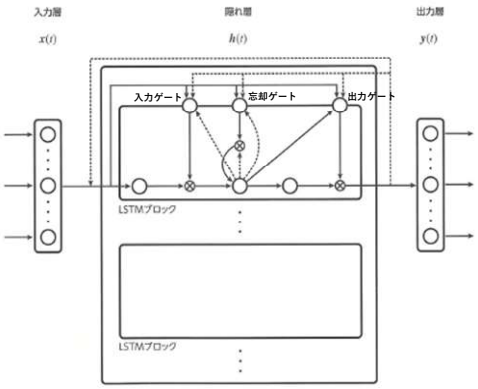


図-1 LSTM のネットワーク構成[2)]
※一部加筆

３．対象盛土と予測方法

(1) 対象盛土の概要

対象盛土は、集水地形で継続的に盛土内水位を観測している 5 箇所とした（**表-1**）。各盛土の条件として、地域、盛土高、盛土材料、元地形の勾配、基礎地盤の透水性、集水面積、水位観測期間を記した。なお、使用する観測孔は法肩付近とし、元地形の勾配および基礎地盤の透水性は、情報がないため想定地質断面から定性的に評価した。

表-1　対象盛土の概要

盛土 No.	地域	盛土高	盛土材料	元地形の勾配	基礎地盤の透水性	集水面積※1	水位観測期間
①	東北	23m	粘性土	急勾配	良	11,000m^2	4 年 7 ヵ月
②	西部	22m	粘性土	緩勾配	良	25,000m^2	3 ヵ月
③	東北	10m	粘性土	緩勾配	悪	18,000m^2	5 ヵ月
④	東部	10m	砂質土	緩勾配	悪	31,000m^2	10 年
⑤	中部	20m	砂質土	急勾配	良	55,000m^2	2 年 2 ヵ月

※1 盛土の集水域から算出した概算値

(2) 予測方法

予測モデルは過去 7 日間の時間降雨量[mm/h]を入力データ、1 時間先の水位（水圧計から得られた値）[m]を出力データとした。モデルの設定を**表-2** に示す。モデルの学習は、降雨量と盛土内水位の関係性を学習するための訓練期間と予測を行うテスト期間に分け、降雨量は気象庁の近傍観測所の時間降水量を用いた。学習時のパラメータとして、バッチサイズ、エポック数、隠れ層のニューロン数を各盛土に設定した。また、学習時のオーバーフィッティングを防ぐために学習全体の値を調整するドロップアウト手法[2)]を用いた。ドロップアウト確率は一般的な値として 0.3 とした。

表-2　モデルの設定

項目	設定値
訓練期間	全期間の 9 割
テスト期間	全期間の 1 割
ドロップアウト確率	0.3
バッチサイズ	6～12
エポック数	50～100
隠れ層のニューロン数	200～300

キーワード　再帰型ニューラルネットワーク，谷埋め盛土，地下水位予測
連絡先　〒305-8516　茨城県つくば市南原 1-6　国立研究開発法人土木研究所　ＴＥＬ029-879-6771

© Japan Society of Civil Engineers

4．予測結果

(1) 盛土内水位の変動予測結果

盛土内水位の時系列予測結果を**図-2** に示す。降雨と盛土内水位の関係を学習させることで観測期間が短期～中期（2年程度）の水位変動を概ね学習・予測できることが確認できた。但し、水位上昇前に降雨がない場合や上昇後の水位が完全に低下せず残存する場合などは今回のモデル設定では予測が難しいことがわかった。これは、近傍観測所と盛土位置が離れている場合や盛土⑤のように集水面積が広く、盛土と集水域での降雨の有無などによるものと考えられる。一方で、盛土①、④のような長期（4 年以上）の水位変動は、今回のモデル設定では予測が難しいことがわかった。特に盛土④では水位変動が激しく、予測結果が大きくばらつく結果となった。短中期の結果から訓練期間の学習において、降雨前後の水位変動は降雨パターンや背面地山からの水の供給などの影響により、急激又は緩やかな水位の上昇低下を示すと考えられ、多くの水位変動パターンを学習させることが重要と考えられる。

(2) 予測手法の精度

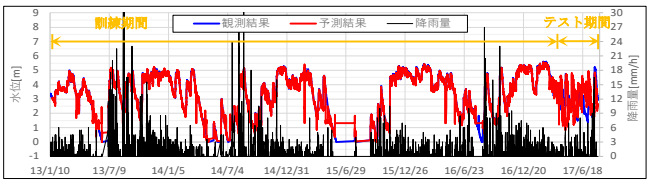
水位観測結果と予測結果の比較、各盛土の平均誤差率を**図-3** に示す。平均誤差率は観測結果と予測結果の差の絶対値を観測結果で除し、全期間で平均して算出した。予測結果の水位は、ピークが低めに評価される場合（盛土②、③）があり、水位上昇量が多いほどピーク水位が低めに評価される傾向がある（盛土②）。また、訓練期間にピーク水位があると高水位の精度は高く（盛土①）、ピーク水位がないと高水位の精度が低い傾向がみられた（盛土④）。盛土③、⑤の平常時水位が比較的安定している場合は平均誤差率が小さく、盛土①、④の平常時水位が安定していない場合は平均誤差率が大きく、水位変動の度合いで予測精度にばらつきがみられた。なお、本検討では盛土高や地形勾配等による予測精度に明確な違いはみられなかった。これより、観測結果の水位変動とピーク水位の学習結果から、豪雨時や将来の降雨波形を用いた水位変動とピーク水位の予測を行うことで、安定性評価時の水位設定への活用が期待できる。

5．まとめ

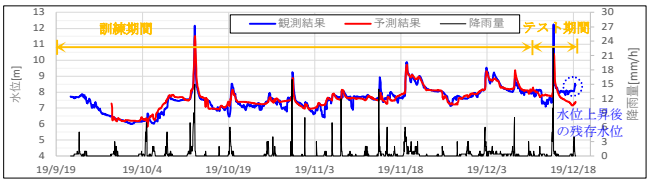
- 短中期の水位変動の予測結果は、水位観測結果と概ね整合しており、予測手法の適用性を確認した。
- 水位上昇前に降雨がない場合や降雨後に水位が低下せず残存する場合などでは、予測結果にばらつきがみられた。
- 盛土条件によっては、ピーク水位が低めに評価される場合があり、水位上昇量が多いほど顕著に表れていた。
- 平常時水位が安定せず、水位変動が激しい場合、予測精度にばらつきがみられた。

6．今後の課題

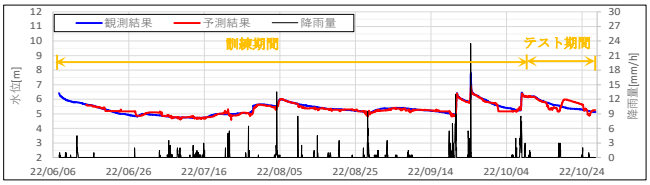
水位予測に用いる降雨データの種類（例：テレメータや解析雨量）、過去の降雨量の入力期間、モデルの設定値等を変えて予測精度の向上を図る。また、様々な谷埋め盛土の水位観測及び学習を行い、水位設定方法の検討を進める。



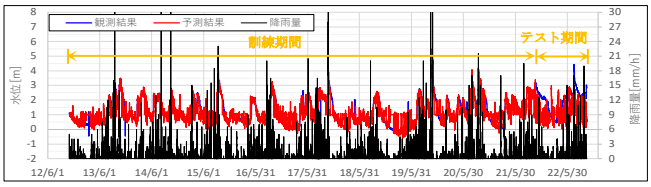
（盛土①）



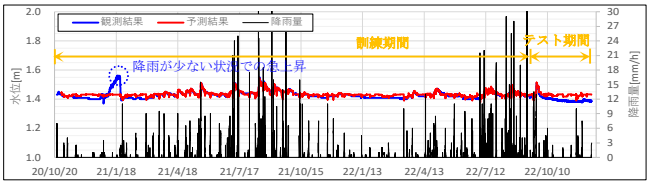
（盛土②）



（盛土③）

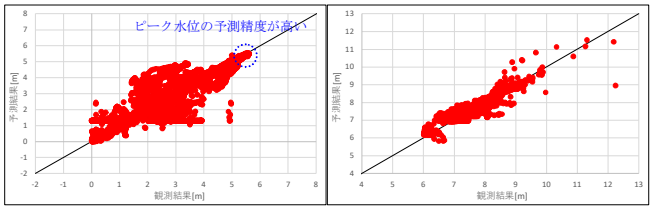


（盛土④）

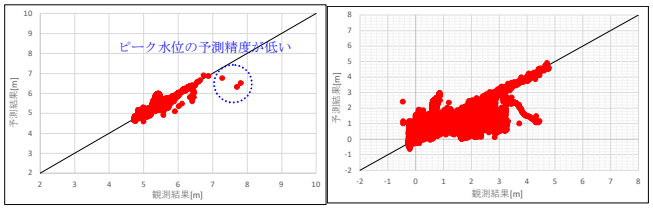


（盛土⑤）

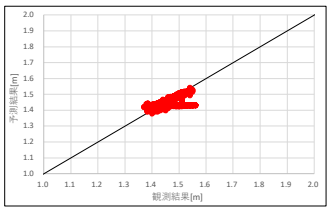
図-2　水位の時系列予測結果



（盛土①）　（盛土②）



（盛土③）　（盛土④）



（盛土⑤）

盛土 No.	平均誤差率
①	0.3706
②	0.0263
③	0.0187
④	0.3167
⑤	0.0095

（平均誤差率）

図-3　観測結果と予測結果の比較

参考文献 1)佐々木哲也，榎本忠夫，加藤俊二：平成 22 年度重点プロジェクト研究報告書，3.2 山岳道路盛土の耐震補強技術に関する試験調査，土木研究所，2010. 2)巣籠悠輔:詳解ディープラーニング第2版，2019. 11.

© Japan Society of Civil Engineers