

砂防ソイルセメント配合試験 AI について

株式会社インボックス 秋山 祥克, 岩田 健, 安田 益堂, 小林 瑞穂, ○深見 文哉
株式会社北海道土砂資源化研究所 宮木 康二
NTT アドバンステクノロジー株式会社 石村 公宏

1 はじめに

近年、建設工事や災害等で発生した土砂等を有効活用することを目的に、砂防ソイルセメント工法を用いた構造物が採用されることも多くなっている。

砂防ソイルセメント工法は、土石流等で流出した土砂や工事で発生する残土を主な材料として用いるが、弾性体領域の強度を確保するという点は一般的な地質改良工等でのソイルセメント工法とは異なる。そのために必要な水和反応を確実に生じさせるため、材料特性に合わせた固化材(セメント等)種類や量、含水設定等適切な配合を設計する必要がある。

しかし、主材料に自然土を用いることから発現強度にバラツキが生じるため、最適な配合設計を行うためには、経験と技術が必要となる。

そこで筆者らは、これまでに蓄積した砂防ソイルセメントの配合試験データをもとに、経験と技術が必要である最適な配合設計を簡易にするべく、砂防ソイルセメント配合試験 AI (以降、「配合試験 AI」と称す)の開発を行った。本報告は、配合試験 AI を用い、従来の配合試験結果との精度比較を行ったものである。

2 配合試験 AI の概要

配合試験 AI のアルゴリズムには Python の scikit-learn の ExtraTreeRegressor を用いた¹⁾。ExtraTreeRegressor は、非常にランダム性が高くノイズや外れ値に強いことが特徴である。配合試験 AI では、ExtraTreeRegressor として、配合試験データを複数の決定木に分割し、各決定木によって予測された値を平均化することで、回帰を行った。具体的には、目的変数を「9種類の材齢 28 日圧縮強度結果」としたことから AI モデルを 9 個作成し、この評価に交差検証を 7 分割にて行うため、各モデルで 7 個作

成している。従って、 $9 \times 7 = 63$ 個の AI モデルが作成され、63 個のモデルを合わせて 1 つの配合試験 AI として使用する。なお、「9種類の材齢 28 日圧縮強度結果」とは、通常ケースとして「3セメント量」×「3含水比」にて行った配合試験の圧縮強度結果である²⁾。この配合試験 AI には筆者らが実施してきた 3000 以上の材料試験結果や配合試験結果などを学習データとして用いている。今後実施する試験結果は更に学習データとして用いることができるため、AI の精度が更に向上する可能性がある。

3 配合試験 AI と従来の配合試験の比較

3.1 配合試験内容の比較

表 1 従来と配合試験 AI の比較

	従来	配合試験 AI ^{*1}
配合試験量	9ケース	1ケース
供試体作製数	54本	3本
圧縮試験	材齢7, 28日	材齢7日
土砂採取量	500~600kg	50~150kg

*1 ここでは、最低必要量を記載する。

配合試験 AI と従来の配合試験内容を表 1 にまとめた。配合試験 AI を用いることで、配合ケースが減少したことにより必要土砂採取量が大幅に減少する。また、材齢 28 日の圧縮試験が不要となることから、工期削減につながる。更に、追加で配合試験が必要になった場合に従来では大幅に工期とコストが増大したが、配合試験 AI では追加の配合試験をせずに配合ケースの再検討が可能である。また、供試体作製数が減少したことにより施工現場近くでも作成することが可能になり、その供試体の材齢 7 日圧縮試験結果を配合試験 AI に入力することで、その場で示方配合を検討することが可能となる。

3.2 配合試験結果の比較

実際に行った従来の配合試験の計画情報および材齢 7 日圧縮試験結果を、配合試験 AI に入力し強度予測計算を実行した。なお、材齢 7 日圧縮試験結果を 1 ケース用いた場合と 3 ケース用いた場合（以降、「1 データ AI 結果」、「3 データ AI 結果」と称す）との 2 パターン行った。強度予測計算結果は図 1 の通りである。なお、実際に行った従来の配合試験結果も併記した。

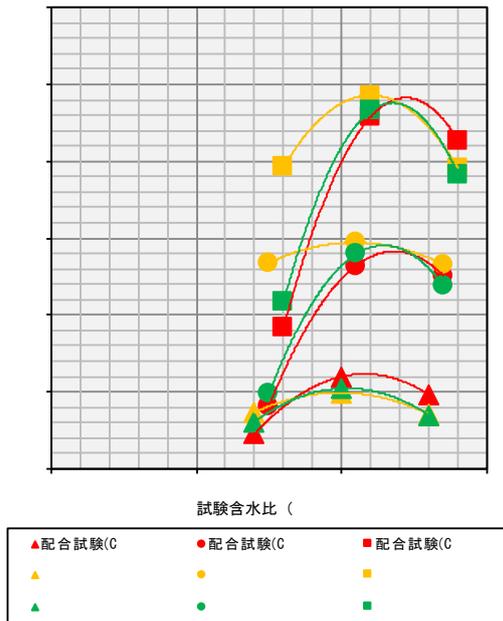


図 1 配合試験 AI 予測結果と配合試験結果の比較

図中の赤グラフが従来の配合試験結果，黄色が 1 データ AI 結果，緑色が 3 データ AI 結果である。配合試験 AI 結果の決定係数 (R^2 値) は以下の値となった。

- 1 データ AI 結果 : $R^2=0.83$
- 3 データ AI 結果 : $R^2=0.90$

R^2 値は評価関数であり，従来の配合試験結果に対してどの程度近い値となっているかを表している。従って，1 データ AI 結果よりも 3 データ AI 結果の方が高精度という結果となった。しかし，自然土は非常にバラツキのあるものである。例を図 2 に示す。

これはある現場にて採取された 8000 m^3 の土砂による試験結果である。この土砂を 500 m^3 毎に区切り 16 ケースに分け，それぞれ 3 含水比の試験を行った。なお，セメント量は 1 水準とした。同じ現場の土砂でも 5 N/mm^2 以上の差が出る場合があり，強度が非常にば

らつくことが分かる。従って，図 1 に示した 1 データ AI 結果と従来の配合試験結果のズレは非常に軽微であると考えられる。

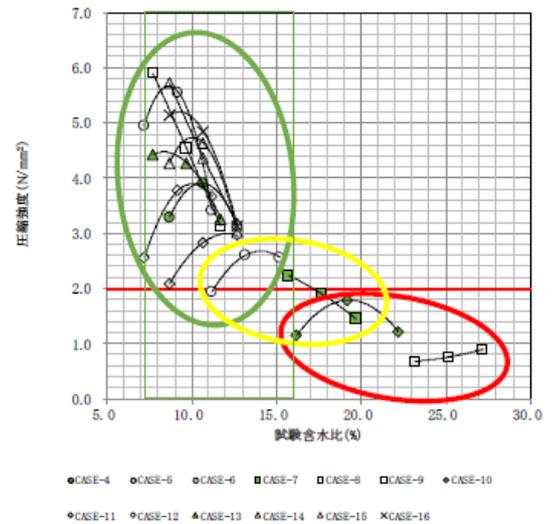


図 2 試験結果のバラツキ

4 おわりに

本報告の内容を以下に整理する。

- 配合試験 AI により，材齢 7 日圧縮強度の最低 1 データにて材齢 28 日圧縮強度を予測することで，コストカットおよび工期の削減が可能と考えられる。
- 当初の配合ケースで要求品質が満足されない場合，配合試験 AI では物理試験の追加が不要となり，計画ケースの修正で試験結果の取得が可能である。
- R^2 値は 1 データ AI 結果よりも 3 データ AI 結果の方が高精度となったが，自然土のばらつきを勘案すると軽微な差であり，実用域であると考えられる。
- 配合試験 AI を用いた配合試験は供試体作製数が最低 3 本であり非常に簡便であるため，施工現場等で供試体を作製し材齢 7 日情報を得ることができれば，示方配合の検討が可能である。

現在生成された配合試験 AI はまだ粗削りである部分が多く，更にブラッシュアップする必要がある。今後は更に配合試験 AI の学習データ数を増やし，精度向上について検討していきたいと考える。

参考文献

- 1) Pierre Geurts 他 : Extremely randomized trees, Mach Learn (2006) 63: 3-42
- 2) (一財)砂防・地すべり技術センター : 砂防ソイルセメント施工便覧 (平成 28 年版)