

国内初 AI を活用した配合試験について

熊本県県北広域本部阿蘇地域振興局土木部維持管理課 森 和繁
株式会社インボックス ○菅野 由人, 秋山 祥克, 門分 良太, 小林 瑞穂
株式会社北海道土砂資源化研究所 宮木 康二

1. はじめに

熊本県は、2013年以降豪雨による甚大な土砂災害が多く発生しており、砂防ソイルセメントを活用して復旧及び対策工事を実施してきた。

砂防ソイルセメントは、現地土砂をセメント水和反応で改質するもので、その配合設計のための試験は費用、時間ともに比較的大掛かりなものとなる。

防草工は、砂防堰堤のような大きな構造物でなく、工事規模も小さいため砂防堰堤の配合試験をそのまま適用した場合、配合試験費の負担が大きくなる。

防草工のような小規模工事にソイルセメントを利用するためには、出来る限り簡便な試験が望ましい。

本工事は、砂防ソイルセメントのこれまでの配合試験結果を教師データとして学習させたAIシステムを用いることにより、合理化を図ったものである。



写真-1 防草工（左・着工前、右・竣工後）



写真-2 防草工ソイルセメント施工状況

2. 防草工用ソイルセメント

2.1. ソイルセメントの目標強度

防草工用のソイルセメントの強度は、植物の根張りを防ぐ硬さが必要である。

植物の生育を阻害する土壌は、セメント協会¹⁾から強度がコーン指数: 22kgf/cm^2 (2.2N/mm^2) 以上であることが報告されている。

同報告内で土壌pHは、セメント添加により一時的に強アルカリとなるが5ヵ月程で中和されるため生育阻害効果は持続しないことが確認されている。

この結果からコーン指数と一軸圧縮強度の関係をを用いて、現場目標強度を下記とした。

$$q_{uf} = F_s \times q_c / 5 = 3 \times 2.2 / 5 = 1.3\text{N/mm}^2$$

ここに、 q_{uf} ；現場目標強度

F_s ；安全率 (3)

q_c ；コーン指数

また、現場試験強度； q_{uf} /室内試験強度； $q_{ul} = 0.5$ を考慮して、配合試験における室内試験の目標強度； $q_{ul} = 2.6\text{N/mm}^2$ とした。

2.2. ソイルセメントの配合試験

1) 配合試験に必要な土砂量と日数

材料試験に必要な現地土砂の量と日数は概ねのとおりである。

表 1 材料試験に必要な土砂量と試験日数

試験項目	基準	必要量 (kg)	所要日数 (日)
土の含水比試験	JIS A 1203	5	2
ふるい分け試験	JIS A 1102 or JIS A 1204	10	3
密度・吸水率試験	JIS A 1109、JIS A 1110	15	3
締固め試験	JIS A 1210	1	2
有機不純物試験	JIS A 1105	5	7
	計	36	最長7日

材料試験に必要な土砂量は36kgとなるが、一般的には概ね2倍程度を確保している。

配合試験は、φ125mm×250mmの円柱モールドで供試体を作製するため、1本当り：0.00408m³の土砂が必要となる。

従来の配合試験では、3セメント・3含水比の9バッチで7日と28日強度試験用が必要で、供試体54本を作製する。

AIを活用する場合は、AIからの配合指示による1セメント・3含水比の7日強度のみとなるため、供試体は9本となり、示方配合の7日強度確認のための供試体が3本必要のため、供試体は計12本となる。

表2 従来の配合試験に必要な土砂量

本数(本)	土量(m ³)	土砂の単位体積重量(kg/m ³)	必要量(kg)	ロス率(%)	試験量(kg)
54	0.220	2,000	440.5	50	661

表3 AIを活用する場合に必要な土砂量

本数(本)	土量(m ³)	土砂の単位体積重量(kg/m ³)	必要量(kg)	ロス率(%)	試験量(kg)
12	0.049	2,000	97.9	50	147

従来の配合設計に必要な土砂は、合計で730kg程度となっている。

AIを活用する場合は、合計で210kg程度になるため500kgの土砂運搬が不要になる。

また、試験日数は、従来であれば40日を要するが、AIを活用する場合は、21日となり概ね半分の期間で示方配合を提案できる。なお、試験費用は、現状で従来の2/3程度になる。

2) AIを活用した配合試験結果

現地土砂の材料試験結果をAIへ入力し、AIから指示された試験配合は、単位セメント量：200kg/m³で、試験含水比96.0%、101.0%、106.0%であった。

この3バッチの7日強度試験結果をAIへ入力し28日強度を推定した。

表4 AIによる28日強度推定結果

試験ケース	単位セメント量	試験含水比	圧縮強度結果	
			実施結果	AI解析
			7日強度	28日強度
CASE 1	C-150	94.0		0.52
		99.0		0.24
		104		0.20
CASE 2	C-200	96.0	0.225	0.44
		101	0.155	0.33
		106	0.160	0.29
CASE 3	C-250	98.0		0.88
		103		0.80
		108		0.78

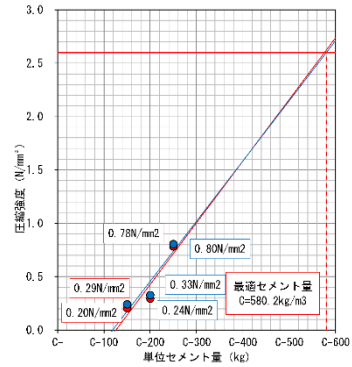


図1 AI結果によるセメント量と強度の関係

当該土砂は、有機不純物を多く含む粘土質であったため、現地土砂100%の場合は、固化材の添加量が590kg/m³必要との結果となった。

解析結果から示方配合案として、下表を提案した。

表5 示方配合提案一覧表

適用部位	現場基準強度(配合強度)	単位セメント量(kg/m ³)	使用材料混合割合		設定含水比
			小森地区採取土砂	改良材	
防草工	σ ₂₈ =1.3N/mm ² (2.6N/mm ²)	590(P-730)	100%	0%	117%~122%
		180(P-730)	30%	70%	19.0%~23.0%
		300(P-730)	50%	50%	35.5%~39.5%

防草工ソイルセメントは、転圧ではなく土羽打ちによる施工となるため、固化材添加量を削減して改良材(RC-40)を加えてもポーラスにならないように改良材を50%混合し、固化材添加量：300kg/m³を採用した。

3. おわりに

防草工用ソイルセメントの配合試験に初めてAIを活用し、現地で目標強度：1.3N/mm²以上を確保した。

今後、AIの教師データが増えることで、精度はさらに向上し、利用機会が増えれば試験費用も低減するため、小規模のソイルセメントの配合決定に貢献できる。

なお、本工事の当初計画は、現地法面をすき取った発生土を用いる予定だったが、ススキ等の雑草の根が多く混入しており、分別に時間を要すこと、また、賦存量が不足するため、近隣の工事で発生した建設発生土を利用した。

参考文献

- 「セメント系固化材による固化処理土への緑化に関する研究」(1998年5月) 社団法人セメント協会・監修：東京農業大学地域環境科学部造園学科