

ペーパースラッジを配合した流動化処理土に関する室内試験及び実証試験

西松建設(株) 正会員 ○岩谷 隆文, 正会員 阿部 孝行
宮城大学食産業学群 正会員 北辻 政文

1. はじめに

筆者らは、紙・パルプ製造業の産業廃棄物であるペーパースラッジの特性（材料分離特性等）に着目し、汎用的な土木資材（以下、PS 混合材）として有効利用する研究・開発を行っている¹⁾。

早期復旧が必要な埋戻し等に用いられている流動化処理土では、細粒分の少ない砂質土を原料土として使用した場合、ポンプ圧送時に材料分離を生じやすく品質、施工性の低下が懸念されている。一方、現場条件によってはコストやリサイクルの観点から細粒分の砂質土の利用が望ましい場合がある。

本報では、細粒分の少ない砂質土を原料土とした流動化処理土の品質向上を目的とし、PS 混合材を配合した流動化処理土の室内配合試験および実証試験を実施したので、その結果について報告する。

2. 試験概要

実証試験は、PS 混合材を配合した流動化処理土の施工性の確認および砂質土の既往流動化処理工法であるエースサンド工法²⁾（以下、エースサンド）との比較も行った。

2.1 使用材料

試験に使用した PS 混合材の基本物性を表-1、山砂の物性値および粒径加積曲線を図-1 に示す。砂質土系の原料土には山砂（購入土）を用いた。セメントは高炉セメント B 種、混和材はベントナイト（クニミネ工業：クニゲル V1）、気泡剤（界面活性剤系：エースサンド用）を使用した。

3. 室内配合試験

実証試験の配合設計のために室内配合試験を行った。配合設計では、標準性能³⁾を参考に、フロー値（JHS S313）180±10mm、ブリーディング率（JSCE-F 522-2013）3.0%以下を目標値とした。試験に使用した配合を表-2 に示す。PS 混合材の配合量は 0,20,30,40kg/m³ とし、エースサンドの気泡量は空気量（L）として表記した。試験項目は、フロー試験、湿潤密度試験、ブリーディング試験、一軸圧縮試験（JISA 1216）である。一軸圧縮試験は、円柱供試体(φ50mm×100mm)を用い、温度 20℃、湿度 100%で養生し、7 日後、28 日後に実施した。

3.1 室内配合試験結果

室内配合試験結果の一覧表を表-3 に示し、一軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線を図-2 に示す。各配合ともフロー値 180 ±10mm 以内となり、ブリーディング率も基準値 3.0%以下であることを確認した。特に、エースサンドは山 PS20~山 PS40 の配合より W/S が低く、ブリーディング率 1.0%以下であった。一軸圧縮強さ q_u は、エースサンドの配合が最も高く、PS 配合量による大きな違いはみられなかった。また、28日後の応力-ひずみ曲線では、PS 混合材を添加した配合はピーク後も残留強度を保持し、急激な強度低下が生じていない。これは PS 混合材の繊維による靱性の改善効果と推察される。

表-1 PS 混合材の代表的な物性値

項目	物性値
土粒子密度 (g/cm ³)	2.276
繊維長 (mm)	3.2
繊維径 (mm)	0.017
含水率 (%)	25.8
pH	7.4
強熱減量 (%)	32.8

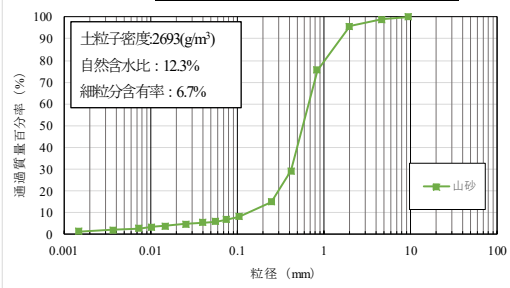


図-1 原料土の粒径加積曲線及び物性値

表-2 配合(原料土: 1m³ 当たり)

配合名	流動化処理土 (kg)					
	W/S	養生土 S	水 W	セメント	ベントナイト	空気量 (L)
山 PS0	52.0	1080	562	100	10	—
山 PS20	52.2	1066	556			20
山 PS30	53.5	1044	559			30
山 PS30	54.8	1022	560			40
山エース	33.0	1236	408			100

表-3 配合試験結果の一覧

配合名	フレッシュ性状			一軸圧縮試験					
	湿潤密度 (g/cm ³)	フロー値 (mm)	ブリーディング率 (%)	材齢 7 日			材齢 28 日		
				w (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	q_u (MPa)	w (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	q_u (MPa)
山 PS0	1.753	188.0	1.72	41.8	—	172	39.9	1.725	430
山 PS20	1.747	175.0	1.45	41.7	1.725	194	40.2	1.698	516
山 PS30	1.730	178.5	1.81	42.6	1.725	220	42.7	1.702	441
山 PS40	1.725	170.5	2.02	42.7	1.719	219	41.8	1.705	439
山エース	1.757	178.5	0.12	26.7	1.740	393	26.4	1.753	941

キーワード ペーパースラッジ, 流動化処理土工, 混和材, 実証試験

連絡先 〒105-6407 東京都港区虎ノ門一丁目 17 番 1 号 西松建設(株) 技術研究所 T E L 03-3502-0247

4. 実証試験

4.1 実証試験の概要

室内試験の結果より、PS0、PS30、エースサンドの配合を用いた実証試験を行った。図-3に実証試験の概略図を示す。圧送距離は、配管距離 50m、圧送は定置式スクイズポンプ（能力：40m³/h）、流動化処理土の混合は連続式スクリーミキサ（能力：40m³/h）、圧送用配管はφ5インチとした。実証試験では、製造直後（ポンプ圧送前）とポンプ圧送後（50m 圧送）のフロー試験、湿潤密度試験、ブリーディング試験、一軸圧縮試験による品質確認を行った。

4.2 実証試験結果

PS0 は製造時の性状から、ポンプへの負荷が大きく配管等の破損が懸念されたため、圧送距離を 50m から 20m へ変更し、圧送前、後のフロー試験と湿潤密度試験を行った。フロー試験、湿潤密度試験結果およびブリーディング試験の結果を図-4、図-5、図-6に示す。各配合ともフロー値は、圧送前と比べ圧送後の値が増加した。これは、圧送時に材料が再度混練されたためと考えられる。湿潤密度は各配合とも圧送前と比べ圧送後の値が小さくなったが、山 PS0 および山エースと比べて山 PS30 の低下率は小さく、材料分離抵抗性が向上している。また、ブリーディング率をみると、エースサンドは室内試験の結果に比べ値が高く、圧送後の値は目標基準値である 3.0%を超過しており、圧送により材料分離が生じたことが影響していると推察される。PS 混合材を配合した流動化処理土は、実証試験においても室内配合試験結果と同等の結果を得ており、圧送後もフロー値、湿潤密度、ブリーディング率に大きな変化はなく安定した品質を得られた。以上から、細粒分の少ない砂質土を原料土とした流動化処理土に対して、PS 混合材を添加することで品質の安定した流動化処理土が製造できる可能性を示すことができた。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- ・室内配合試験において、PS 混合材を配合した流動化処理土はフレッシュ性状の目標値を満足した。また、圧縮試験では PS 混合材に含まれる繊維によると思われる靱性の向上がみられた。
 - ・実証試験では、実際の施工機械を用いて室内配合試験結果と同様の性状を有する流動化処理土を製造することができた。また、PS 混合材を配合した流動化処理土は 50m のポンプ圧送後も材料分離も少なく安定した品質が保たれており、砂質土を原料土とした流動化処理土の材料分離抵抗性の向上が確認された。
- 今後も、本報執筆時に取得できなかった実証試験の強度試験結果を踏まえ、PS 混合材の評価を行っていく予定である。

謝辞：本研究開発にあたり、ご支援、ご協力いただいた㈱シンコー小笠原様、牧様、沼田建設㈱伊藤様および関係各位の方々に深く感謝します。

参考文献

- 1) 岩谷ほか：ソイルセメント地中連続壁へのペーパースラッジの適用性の検討，土木学会年次学術講演会講演集，2020.
- 2) エースサンド工法協会，<https://acesand.com/interpret.html>.
- 3) 流動化処理土利用技術マニュアル（第2版），土木研究所，2007.

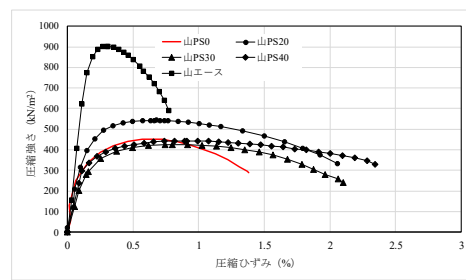


図-2 圧縮ひずみ曲線(28日後)

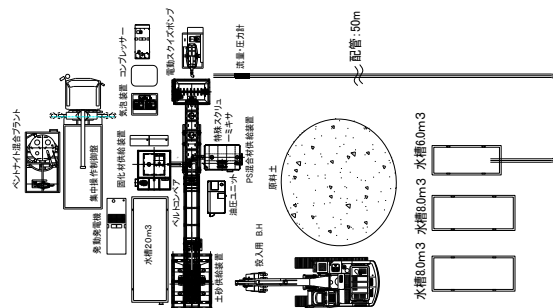


図-3 実証試験の概略図

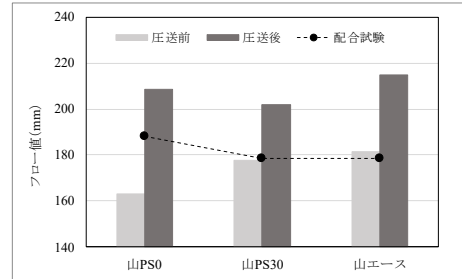


図-4 フロー試験の結果

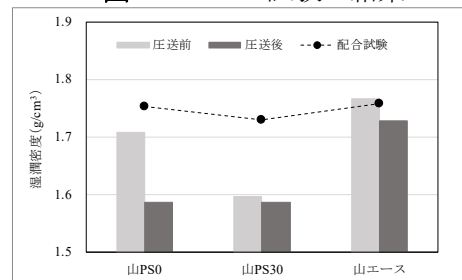


図-5 湿潤密度試験の結果

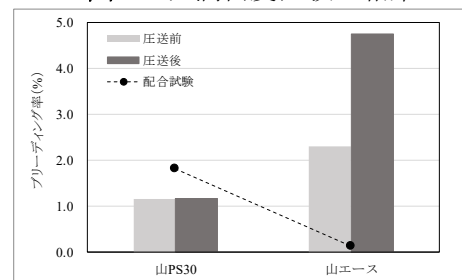


図-6 ブリーディング率の結果