

製鋼スラグと食品廃棄物を組み合わせた新規地盤材料の提案

広島大学 学生会員 ○大槇 望未, 正会員 畠 俊郎
中国地方整備局 広島港湾空港技術調査事務所 非会員 窪田 幸一郎

1. 背景と目的

海域の底泥は軟弱な場合が多く、波浪や船舶の影響を受けて比較的容易に巻き上がる。この底泥の巻き上がりに伴う懸濁物質の発生、底泥からの重金属類の溶出、富栄養化の進行など水環境の悪化が懸念されている。加えて、潮流によって運ばれた浮泥が航路や泊地に堆積し、安全な航路の確保が困難になる問題も指摘されている。このような背景のもと、浚渫土を目的に応じて改良し、干潟再生等の環境に配慮した港湾整備事業で利用することが計画されている。この環境に配慮した港湾整備事業向けの新しい地盤材料として、近年利用が進められている製鋼スラグに着目した。製鋼スラグとは、製鉄の際に生成される副産物であり、資源再利用の点からさらなる利用拡大が期待されている。水和反応によって $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を生成するためその水溶液はアルカリ性を示す特徴を持ち、この特性を活かした新しい地盤材料としてカゼインとの組み合わせに着目した。カゼインとは、牛乳由来の食品廃棄物であり、アルカリ性で水溶性を示す。また、その水溶液は接着力を有し、古くから絵具の媒材などに用いられてきた。本研究ではこの性質に着目し、製鋼スラグ中の CaO が水と反応して生成する水酸基でカゼインを溶解させ、カゼイン溶液の持つ粘着力で製鋼スラグ混合土の物性改善効果を得る、廃棄物を有効利用した新しい地盤材料の提案を目指している。本文では、浚渫土を用いた室内試験を通じてその特性（ベーンせん断強度および濁度抑制効果）を評価した結果について報告する。

2. 試験概要

a) 使用材料

本研究では、徳山港で採取した浚渫土を使用した。浚渫土の物理特性を表-1 に示す。改質材には、転炉系製鋼スラグ（遊離石灰 $f\text{-CaO}=6.02\%$ ）と、試薬として販売されている粉末状カゼインを用いた。なお、製鋼スラグの最大粒径は $850\ \mu\text{m}$ になるよう調整したものをを用いた。

b) 試料の作製

本研究で作製したカゼイン併用製鋼スラグ混合土試料の配合を表-2 に示す。なお、製鋼スラグは浚渫土の湿潤重量に対して、カゼインは浚渫土の乾燥重量に対しての質量比として定義している。試料の作製では、 $1.5w_L$ になるよう含水比を調整した浚渫土に所定量の製鋼スラグとカゼインを投入し、ハンドミキサーで3分間練り混ぜる方法を用いた。その後、ベーンせん断試験ではモールド、濁度試験では水槽内に直接投入し所定の期間養生を行った。

c) ベーンせん断試験

カゼイン併用製鋼スラグ混合土の初期物性把握を目的とし、ベーンせん断強度を求めることとした。試験には混合土の状況に合わせて高さ $H=3.5\ \text{cm}$ 、幅 $D=2.0\ \text{cm}$ と $H=1.0\ \text{cm}$ 、 $D=2.0\ \text{cm}$ の2種類のベーンブレードを使用することとし、回転速度を $6^\circ/\text{min}$ とした。供試体の作製では、モールド（ $\phi=60\ \text{mm}$ 、 $H=70\ \text{mm}$ ）に混合土を3層に分けて充填し、 20°C の室内で所定の期間気中養生を行った。

キーワード 浚渫土、製鋼スラグ、カゼイン、地盤材料

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1丁目4番1号

TEL 082-424-7784

表-1 浚渫土の物理特性

採泥地	ρ_s (g/cm^3)	w_L (%)	w_P (%)	分類
徳山港	2.63	112.6	57.1	MH

表-2 試料の配合

ケース	浚渫土 (%)	スラグ (%)	カゼイン (%)
1	100	30	1.5
2	100	30	3.0
3	100	30	0.0

d) 濁度試験

1. で述べた通り実海域では底泥の巻き上がりが課題となっている。そのため、提案手法で作成した混合土による巻き上がりの抑制効果を濁度で評価する試験（濁度試験）を行った。試験装置の概要を図-3 に示す。水槽に混合直後の試料を投入し、人工海水を満たして2日間水中養生を行う。その後、水流ポンプを作動させて波を起し時間と濁度の関係を記録した。試験はケース 2, 3, 比較対象である未処理の粘土の 3 ケースを対象に実施した。

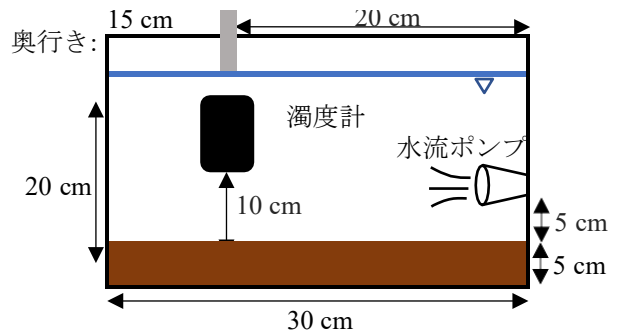


図-3 濁度試験装置概念図

表-3 ベーンせん断試験結果

ケース	1	2	3
養生時間			
3 時間	2.07	2.24	2.97
6.5 時間	2.56	2.74	3.04
1 日	5.92	4.70	23.06
2 日	20.20	11.89	94.15

単位 (kN/m²)

3. 試験結果

a) ベーンせん断試験

ベーンせん断試験結果を表-3, 図-4 に示す。ケース 3 は養生 12 時間あたりから顕著な強度増進が認められた。一方、ケース 1, 2 は 48 時間を通じて徐々に強度が増加する傾向が維持された。加えてカゼイン添加量が多いケース 2 はより強度の伸びが低調であることが明らかとなった。以上より、カゼイン添加量と初期強度発現の抑制効果には正の相関がある可能性が示唆された。

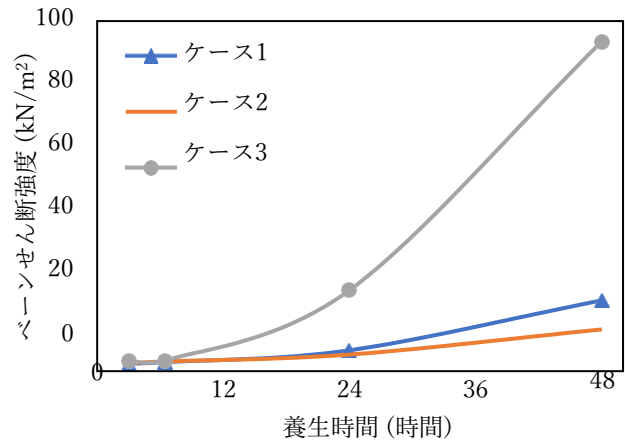
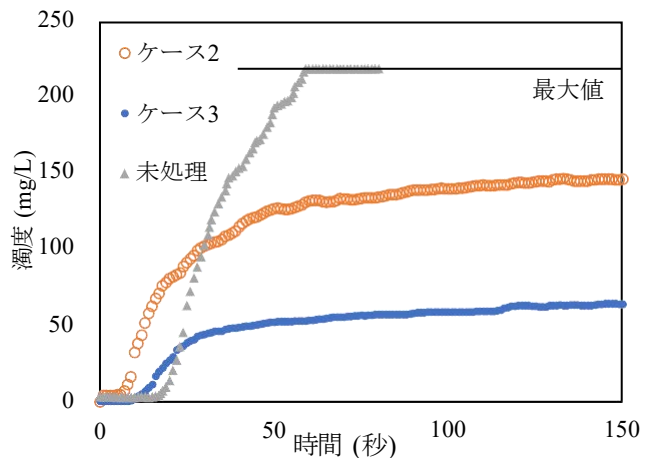


図-4 ベーンせん断試験結果

b) 濁度試験

濁度試験の結果を図-5 に示す。未処理（底泥そのもの）のケースと比較すると、ケース 2, 3 ともに濁度の上昇を抑制する効果が認められた。カゼインを併用したケース 2 製鋼スラグのみを用いたケース 3 より濁度が上昇しているが、未処理のように測定範囲を超えることはなく濁度の上昇を抑える効果が期待できる。濁りが抑制されていることから、カゼインを添加することで緩やかな強度発現に伴う濁度抑制効果が期待できる結果となった。



4. 結論

今回の試験結果から、製鋼スラグとカゼインを併用することにより強度発現が緩やかになるものの、未処理と比較して濁度の上昇を抑える効果は確認できた。この強度発現が緩やかに進む原因や、長期的な強度発現特性については今後検討が必要であると考えている。

加えて、カゼインの溶解に伴う粘性の向上が改良初期の物性や長期強度にどのような影響を与えるかについての検討も進め、環境に配慮した新しい地盤材料としての実用化を目指していきたい。