

## 製鋼スラグを混合した浚渫土砂の水中のり面勾配確認実験

国土交通省九州地方整備局 根木貴史 樋口晃 吉原竜則

九州工業大学大学院 廣岡明彦

沿岸技術研究センター・日建設計シビル設計共同体 春日井康夫 渡部耕平 片桐雅明

ジオデザイン 橋爪秀夫

**1. はじめに** 護岸裏込め部には一般に山土が腹付けされている。この腹付に浚渫土砂を用いることができれば、腹付に用いた浚渫土砂の分だけ土砂処分場の受入容量は増加することになる。ただし、対象とする浚渫土砂はシルト・粘土など高含水比で軟弱な場合が多く、そのままでは腹付土には活用できず、何らかの改良が必要となる。一方、転炉系製鋼スラグは、銑鉄から鋼を製造する過程で生成される産業副産物で、現在、これから生産したカルシア改質材を浚渫土砂に混合して、浚渫土砂の土性を改良する技術開発が実用化されてきている<sup>1)</sup>。そこで、今回、カルシア改質材を混合した浚渫土砂(以下、改質土)を腹付土として用いることを想定し、水中に投入した改質土ののり勾配を確認する実験を行ったので、その結果を報告する。

**2. 実験材料と配合実験** 実験には、新門司沖土砂処分場周辺から浚渫した海底土砂を用いた。その物理的特性は、含水比：121.9%，土粒子密度：2.677 g/cm<sup>3</sup>，液性限界：97.7%，塑性指数：65.7であった。また、カルシア改質材は、新日鉄住金八幡製鉄所で副生されたもので、その物理的特性は、含水比：4.9%，土粒子密度：3.828 g/cm<sup>3</sup>，表乾密度：3.378 g/cm<sup>3</sup>，最大粒径：9.5 mmであった。

配合条件は、カルシア改質土利用技術マニュアル<sup>1)</sup>を参考に、表-1に示すものとした。なお、浚渫土砂の初期含水比は、採取時の状態(含水比122%)に加水することを意図し、150%、200%とした。また、改質土の強度の経時変化を把握するために、直径20 mm、高さ40 mmのベーンブレードを用いたベーン試験を、混合直後から24時間後(一部48時間)まで行った。

混合条件によって改質土の特性が変化することを懸念して、全ケース、次の手順に統一とした。i)所定の配合条件に調整・計量した浚渫粘土をハンドミキサーで攪拌しながら、改質材を5分程度で投入する。ii)その後、全体を4分間攪拌する。iii)攪拌後、直径100 mm、高さ200 mmのモールドに充填し、所定の期間養生して、ベーン試験を行った。なお、配合試験は室温20度の恒温室で行った。

図-1に、混合してからの経過時間とベーン強度の関係を示す。初期含水比が低いほどベーン強度が高いこと、経過時間が長くなるほどベーン強度が増加することが確認できた。改質材の添加量の違いはそれほど大きくないこともわかる。

### 3. 水中のり面勾配確認実験の方法

図-2は想定した水中のり面勾配確認実験の概要である。用いた容器は、高さ0.7×幅1.4×奥行0.45(m)の矩形土槽で、1:1.2の模擬護岸本体を組み込んだ。腹付部は、上端0.2m、のり勾配1:2を想定した土量(90リットル)を準備し、一度に4.5リットル程度の改質土を奥行に一樣(単位奥行当たり0.1リットル)となるように、一辺0.2m三角柱容器を用い、試料を入れ、回転させて所定の位置の水面に投入した。

表-1 改質土の配合条件

| ケース | 初期含水比<br>$w_o$ (%) | 混合率<br>$\alpha$ (%) |
|-----|--------------------|---------------------|
| 1   | 150                | 25                  |
| 2   | 150                | 30                  |
| 3   | 150                | 35                  |
| 4   | 200                | 25                  |
| 5   | 200                | 30                  |
| 6   | 200                | 35                  |

\*) 混合率：改質材重量／浚渫土砂体積×100

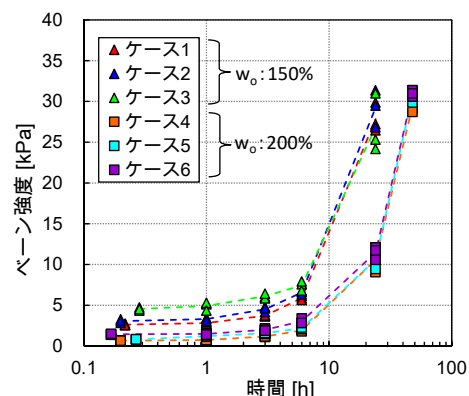


図-1 混合からの経過時間とベーン強度

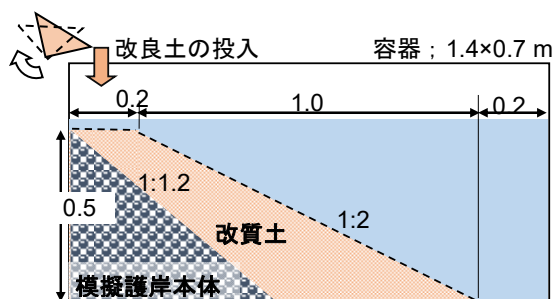


図-2 水中のり面勾配確認実験の概要

改質土の混合条件は、配合実験の結果から、ケース-1 ( $w_o=150\%$ ,  $\alpha=25\%$ )とケース-4 ( $w_o=200\%$ ,  $\alpha=25\%$ )とし、それぞれ、模型-1、模型-2 と称した。

混合にはコンクリート用のミキサーを用い、混合時間は 9 分間とした。また、改良土のせん断強度の経時変化を確認するため、ベーン試験のための試料も準備した。なお、実験室内の気温は 5～10 度であった。

堆積した改質土の性状を把握するため、投入の翌日、土槽内の水を抜いて、堆積土砂の高さをのり面に沿った 9 測線で測定し、ハンドベーン試験機を用い、のり面に沿った 3 測線で堆積土砂の強度を求めた。

**4. 実験結果と評価** 図-3 は、模型-1( $w_o=150\%$ ,  $\alpha=25\%$ )ののり面形状である。奥行方向にほぼ同じ地盤高さに、のり面方向には多少の凹凸が見られたが、その平均的な勾配は 1:2 となっていることが確認できた。

図-4 は、堆積土砂のベーン強度の分布で、2～7 kPa の範囲であった。模型実験に用いた同じ改質土の 1 日養生後のベーン強度は 5～6 kPa(図-7)であり、土槽内の最大ベーン強度にほぼ相当していた。このことは、投入時の土砂がそのまま堆積したところと、周辺の水を捲き込んで強度が低下したところが形成されたものと考えられる。ちなみに、室内配合試験の 24 時間後のベーン強度は 25 kPa 程度(図-1)と、模型実験の方が 1/4 程度しか発揮されていなかったようである。

図-5 は、模型-2( $w_o=200\%$ ,  $\alpha=25\%$ )ののり面形状である。のり面勾配は 1:5 程度となり、のり面方向の凹凸が少なくなっていることが確認できた。

図-6 は、投入 1 日後の改質土のベーン強度の分布で、平均で 2～2.5 kPa 程度であった。模型実験に用いた同じ改質土の 1 日養生後のベーン強度は 2.3 kPa 程度であり、土槽内の改質土のベーン強度にほぼ相当していた。

図-7 は、模型実験時の作製した改質土のベーン強度の経時変化である。混合直後は、図-1 に示したベーン強度と同程度であったが、1 日後は 4 分の 1 程度 (模型-1: 5.5 kPa ← 25 kPa, 模型-2: 2.3 kPa ← 9.5 kPa) に低下した。混合手法が全く同じではないが、20℃で行われた室内配合試験と土槽周辺の気温が大きく異なっていることが要因と思われる。

**5. まとめ** 改質土を護岸腹付部に活用することを想定し、配合試験ならびに高さ 0.5m 程度の水中ののり面勾配試験を行い、のり面勾配とベーン強度の関係を求めた。その結果、改質土の水中堆積勾配は投入時の強度に依存し、2.0 kPa 程度のベーン強度を示した模型-1 では 1:2 程度、0.7 kPa 程度の模型-2 では 1:5 程度となった。しかも、堆積した改質土の強度は、高強度のものほどばらつきが大きくなること、改質土の固化過程では周辺気温に依存し、周辺温度が低いと強度発現が遅れる傾向にあることが確認できた。

**参考文献** 1) 沿岸技術研究センター(2017): カルシア改質土利用技術マニュアル, 沿岸技術ライブラリーNo.47.

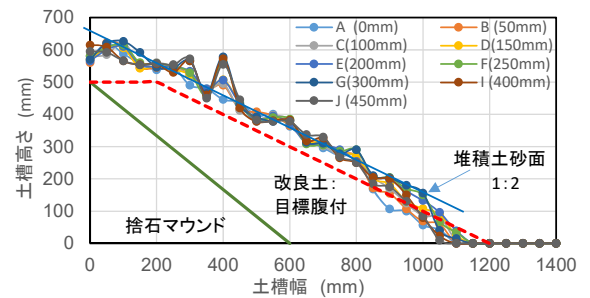


図-3 模型-1( $w_o=150\%$ ,  $\alpha=25\%$ )ののり面形状

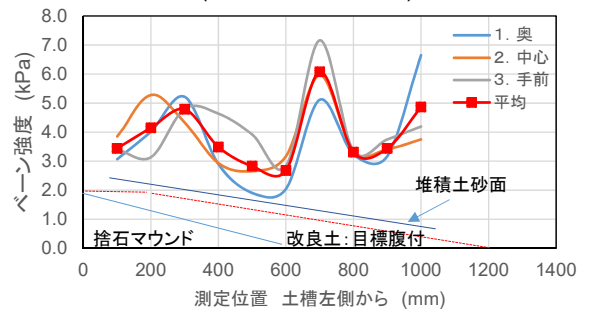


図-4 模型-1( $w_o=150\%$ ,  $\alpha=25\%$ )のベーン強度分布

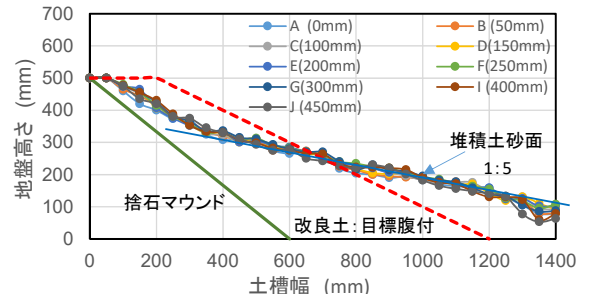


図-5 模型-2( $w_o=200\%$ ,  $\alpha=25\%$ )ののり面形状

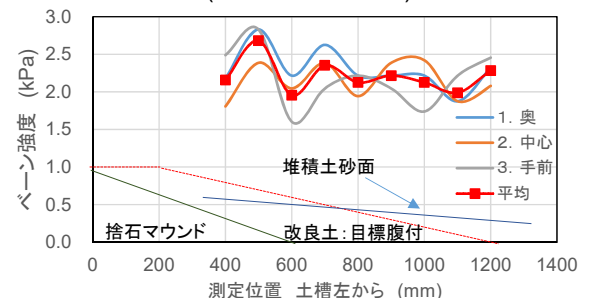


図-6 模型-2( $w_o=200\%$ ,  $\alpha=25\%$ )のベーン強度分布

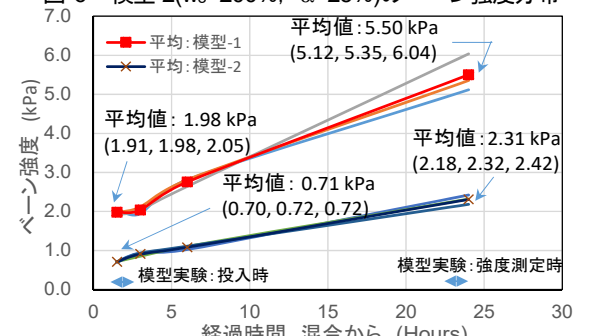


図-7 模型実験に用いたベーン強度の経時変化