

吸出し防止層の捨石マウンドへの貫入量の評価に関する遠心模型実験

九州工業大学 学生会員 岡田修弥 諏訪一樹 正会員 廣岡明彦
 (株) 日建設計 正会員 片桐雅明 山崎誓也
 九州地方整備局 正会員 北原政宏 西野智之 石田道昭
 (一財) 沿岸技術研究センター 正会員 春日井康夫 藤村立行

1. はじめに

近年港湾整備事業において建設されている防波護岸は、防波堤を設けず直接波力を受ける構造となっている。そのため波圧によって防砂シートが破損し、埋立土砂が吸出されることで地表面の陥没や沈下が発生する被害が生じている。この吸出し現象への対策として、防砂シートを一定の強度と層厚を持つカルシア改質土層に置換することで、吸出し被害を抑制しながら浚渫土をリサイクル材として有効利用する方法が検討されている(図-1)。しかしこの方法では、養生中の段階でカルシア改質土がマウンドの空隙に侵入することで、層の破壊や層厚の減少が生じる可能性が懸念されている。そこで本研究では縮尺模型による実験から養生中のカルシア改質土のマウンドへの貫入量を観測することで安全性の検討・予測手法の確立を目的とする。

2. 実験方法

実験システム図を図-2 に示す。実規模では 2~3m の厚さで改質土層を施工することから遠心加速度 20G での実験とし、1/20 スケールの模型に対し 5 分間 20 倍の加速度を載荷して模型の挙動を観察・解析した。水槽は模型下部でマウンドと接続しており常に透水状態になっている。

実験ケースは表-1 のようにカルシア改質材の添加率を変え強度の異なる 3 ケースとした。改質土材料は母材に新門司沖浚渫土を使用し、マウンドは市販の玉砂利を使用し、粒径が門司港で使用されているマウンドと同様の均等係数で粒径が 1/20 になるように調整した(表-2)。

実験中の測定事項としては図-2 に示す 3 か所でレーザー変位計による表面沈下量の測定、間隙水圧の測定、模型上面と側面に設置したカメラで挙動の観察を行った。また、図-2 に示すターゲット位置で実験前後の表面沈下量の測定、さらに実験後のマウンドを 3~4 層に分けて取り出し、砂利の中に含まれていた改質土の量を測定した。養生開始から 6 時間の時点で遠心実験を開始し、その時点での各供試体のベーンせん断強度を各ケースでのカルシア改質土強度とした。

3. 実験結果

3.1 実験後側面・表面沈下量比較

実験後の側面写真と、実験後の各ケースの表面沈下量を図-3 に示す。case1 では改質土層の表面が大きく沈下し、側面では砂利の空隙に改質土がはらみだしている様子が見られ、模型底部に少量の改質土が沈降している様子が見られた。case2・3 は表面の沈下量どちらも 4mm 前後で、側面には少量の変形が見られた。

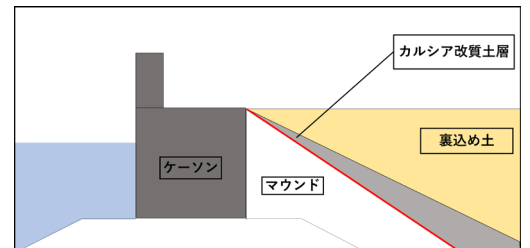


図-1 カルシア改質土を利用したケーソン式護岸

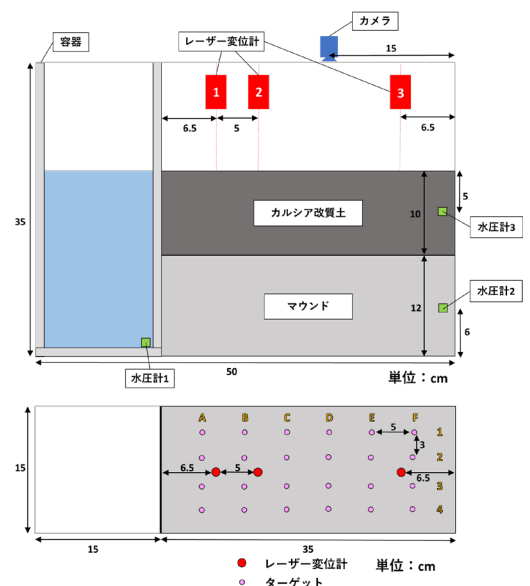


図-2 実験システム図

表-1 実験ケース

	浚渫土含水比(%)	カルシア改質材容積混合率(%)	養生6時間でのベーンせん断強度(kN/m ²)
case1	200	15	0.65
case2	150	15	2.16
case3	150	25	3.04

表-2 マウンドの諸量

ふるい目(mm)	透過百分率(%)	均等係数Uc
		2.86
4.75	0	間隙比e
9.5	20	0.577
19	55	間隙率φ
26.5	75	(%)
37.5	100	36.6

3.2 改質土貫入量の比較

実験後のマウンドを大まかに 3~4 層に分けて取り出し、それぞれから取り出されたカルシア改質土の体積を各層の貫入量とした。カルシア改質土貫入量(cm³)をマウンド内部の間隙率から求まる空隙の体積(cm³)で割ったものを、マウンドの空隙のうち改質土で満たされた割合として貫入量割合(%)と定義し横軸に、各層の取り出す砂利の量の誤差を補正した各層深さを縦軸にとり図-4 とした。case1 は 1 層目 (上部 3cm ほど) の貫入量が非常に大きく、2 層目以下にもある程度貫入していたが、case2・3 はどちらも 1 層目の貫入量が case1 の半分ほど、2 層目以下ではほとんど貫入していなかった。

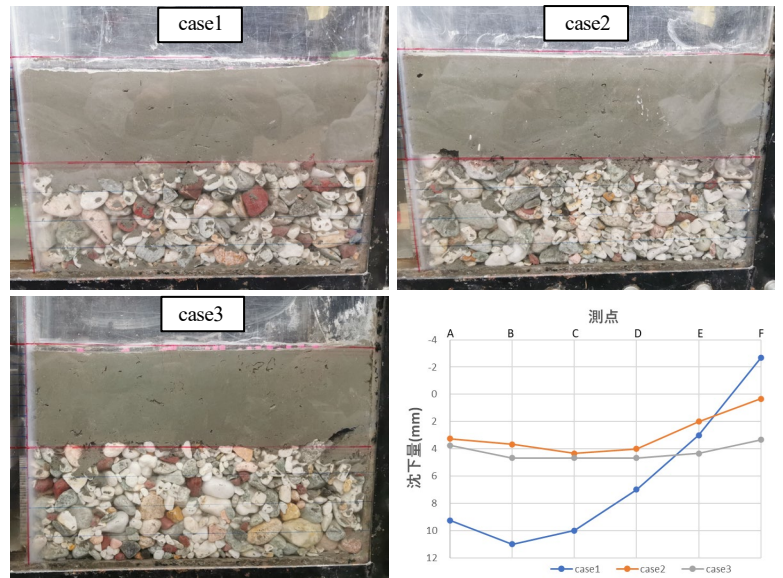


図-3 実験後側面と表面沈下量比較

3.3 貫入量の推定式

カルシア改質土の貫入の有無を推定する式を、貫入抵抗比 $F = (\text{マウンドの空隙に働く改質土のせん断抵抗力}) / (\text{マウンドの空隙に落下しようとする改質土の自重})$ として次式とした。

$$F = \frac{\tau_f \times \pi D}{n\gamma' \times \frac{\pi D^2}{4}} \quad (\text{式}-1)$$

ただし、 τ_f : 改質土のせん断強度(kN/m²)、 D : マウンドの空隙径(m) ($D = eD_{50}$ とした)、 n : 遠心加速度倍率、 γ' : 改質土の水中単位体積重量(kN/m²) とする。

この式から遠心加速度 5G、10G、15G、20G の時点での各ケースの貫入抵抗比を算出し、図-2 のレーザー変位計 2 で観測した各遠心加速度での表面沈下量に対してプロットした(図-5)。case1 は貫入抵抗比が 5 以下になると大きく沈下していることが観察された。case2・3 はともに近い挙動を示しており、貫入抵抗比が 6 以上の場合、表面沈下量はほとんど同じ挙動を示すことが分かった。

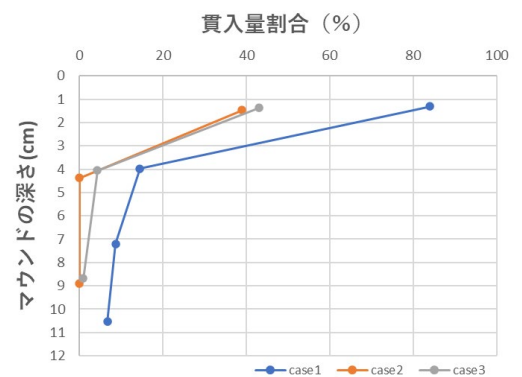


図-4 各層のカルシア改質土貫入量の比較

4. まとめ

case1 では強度が小さいため表面沈下量と改質土貫入量が大きくなったが、case2・3 では強度の差にかかわらず表面沈下量と改質土貫入量がほとんど同じ値となった。このことから改質土のベーンせん断強度が 0.76~2.16 kN/m² の間に貫入の有無を決定する強度が存在し、それ以上の強度の改質土を用いた場合 case2・3 と似た貫入挙動を示すと考えられる。

また、式-1 から算出した貫入抵抗比と各遠心加速度での表面沈下量の関係から、貫入抵抗比が 5 以下の場合大きな沈下が発生し、10 以上の場合沈下がほとんど発生しない。

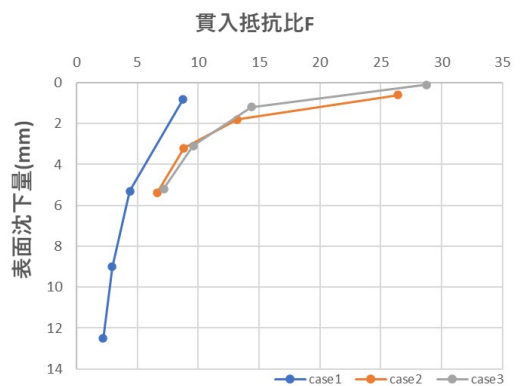


図-5 各遠心加速度での貫入抵抗比と表面沈下量

5. 参考文献

護岸背後での吸い出し現象対策 としての浚渫土の利用に関する 遠心模型実験:岡田ら、第 57 回地盤工学研究発表会、2022