

## 人工石材を裏込材として用いた重力式護岸の変形挙動に関する遠心模型実験

五洋建設株式会社 正会員 ○江守 辰哉  
 五洋建設株式会社 正会員 上野 一彦  
 北海道大学大学院 正会員 渡部 要一  
 北海道大学大学院 非会員 和泉 大志

## 1. はじめに

現在、国内の港湾工事に伴って年間約 1,000 万  $m^3$  の浚渫土が発生しており、浚渫土の処分場が慢性的に不足している。一方で、護岸築造等に用いられる石材は有限の材料であり、大型の港湾工事などでは供給量不足が懸念されている。本検討では、浚渫土を母材料とする人工石材を護岸裏込材として代替利用することを目的とした遠心模型実験を行った。本稿では、人工石材の材料特性と遠心模型実験により得られた護岸の変形挙動について報告する。

## 2. 人工石材の材料特性

既往研究<sup>1)</sup>で作成した人工石材の材料特性の実験値と裏込材に多く用いられる割石（以下、天然石材と称する）の材料特性の一般値を表-1に示す。人工石材は準硬石相当の一軸圧縮強さを有し、比重が天然石材よりも軽いため、裏込材として使用した際の土圧軽減効果を期待できる材料である。また、既往研究<sup>1)</sup>では、拘束圧が大きくなると人工石材の粒子破碎が発生し、せん断抵抗角が徐々に低下することを示唆している。本研究では、遠心模型実験によって人工石材を使用した護岸の変形挙動とともに人工石材の粒子破碎の影響について検討した。

## 3. 護岸変形挙動に関する遠心模型実験

## 3.1 実験概要

遠心模型実験における模型地盤の代表断面を図-1に示す。模型縮尺は 1/40 として、模型地盤に作用させる遠心加速度を 40g とし、高さ 10m の重力式護岸をモデル化した。実験時は模型地盤を傾斜台の上に設置し、 $1^\circ/\text{min}$  の速度で傾斜させ、静的な地震時土圧を与えることで護岸の変形を再現した。なお、模型地盤に水位を設けると傾斜中に水位が変動することになるため、水位は設けずに乾燥条件下で実験を実施した。

実験モデルのケーソンはモルタル製 ( $\gamma=20\text{kN}/m^3$ ) であり、ケーソン背面に土圧計を設置し、遠心場での静止土圧や変形時の作用土圧を計測した。また、実験モデルに使用する石材の粒径は、既往研究<sup>1)</sup>で CD 三軸試験によりせん断特性を確認した粒径 (6.7~9.5mm) に合わせた。ケーソンや裏込材の変形挙動は、粒子画像流速測定法 (以下、PIV) を用いて評価を行った。

表-1 人工石材の材料特性<sup>1), 2)</sup>

	強度 ( $\text{MN}/m^2$ )	密度 ( $\text{Mg}/m^3$ )	せん断抵抗角 ( $^\circ$ )	見掛の粘着力 ( $\text{kN}/m^2$ )
割石(硬石相当品)	50以上	2.5~2.7	40	20
人工石材	10~20	1.6~1.8	34.8	23.8

※人工石材のせん断特性は、参考文献1)における拘束圧200kN/m<sup>2</sup>時の値

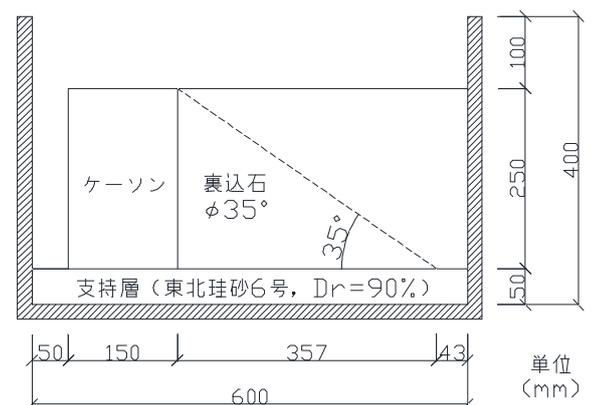


図-1 遠心模型地盤 (代表断面)

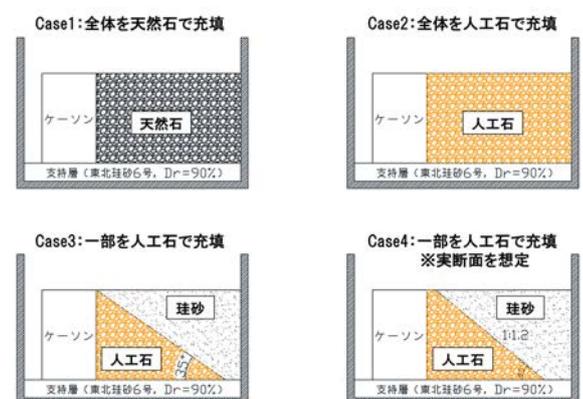


図-2 実験ケース断面模式図

キーワード 遠心模型実験, 浚渫土, 固化処理, 人工石材, 重力式護岸

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設株式会社技術研究所 TEL:0287-39-2116

実験ケースの一覧を図-2に示す。CASE1では、裏込材に天然石材を模擬した6号砕石を使用した。CASE2では、裏込材に人工石材を使用し、人工石材を裏込材として使用した際の土圧低減効果を検証した。CASE3では、裏込材の法勾配が人工石材のせん断抵抗角と等しくなるように造成し、その背面を珪砂6号で埋め立てた。CASE4では、一般的な施工断面として、裏込材の法勾配が $40^\circ$ となるように造成した。また、CASE2については、実験の前後で粒度試験を実施し、粒子破碎の有無を確認した。

### 3.2 実験結果

各実験ケースにおける護岸変形時の傾斜角 $\theta$ と傾斜角から算出される換算水平震度 $k_h$ の一覧および護岸変形時の断面写真を図-3から図-6に示す。計測土圧については、ロッキング等の影響によって正しく計測できなかったため、CASE1を標準ケースとする相対的な評価とした。CASE1においてケーソンは転倒破壊の挙動を示しており、破壊時の実験モデルの傾斜角 $\theta$ は $14.02^\circ$ であった。換算水平震度 $k_h$ は0.25であり、設計水平震度の標準値と比較しても妥当な結果であると考えられる。CASE2においてもCASE1と同様の転倒破壊挙動を示した。また、計測土圧はCASE1の67.9%であり、土圧低減効果も示された。土圧低減効果は、別途実施した試設計においても同等の低減効果を示している。また、破壊時の傾斜角 $\theta$ は $15.09^\circ$ 、換算水平震度 $k_h$ は0.27であり、静的解析における護岸の安定性が向上する結果が得られた。CASE3やCASE4も転倒破壊挙動を示し、静止土圧は、CASE1に近い値を示した。人工石材のせん断抵抗角が $34.8^\circ$ であるので、背面の裏埋材の影響を受けたものと考えられる。また、CASE2における実験前後の粒度試験結果を図-7に示す。粒子端部の欠け等により6.7mm以下の粒子が生じてはいるが、明確な粒子破碎は確認されなかった。

### 4. まとめ

人工石材を護岸裏込めに使用した場合でも、すべり線の位置やすべり土塊の形状などが天然石材を模擬したCASE1と同様の破壊挙動を示しており、従来法での設計が適用可能であることを確認した。ただし、人工石材の土圧低減効果に期待するためには、法勾配を緩やかにするなどの断面の検討が必要であると考えられる。また、本実験においては、明確な粒子破碎は確認されなかったが、拘束圧に依存する材料であるため、設計時にはその影響を留意する必要がある。

### 参考文献

- 1)和泉大志ら：浚渫土を用いた人工石材のせん断特性に関する基礎的研究，地盤工学会北海道支部技術報告集，第60号，2019。
- 2)公益社団法人日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2018。

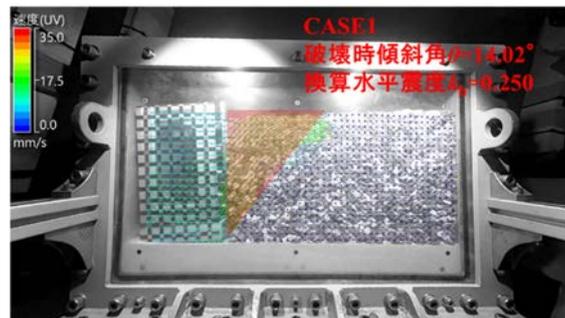


図-3 護岸変形時の断面写真 (CASE1)

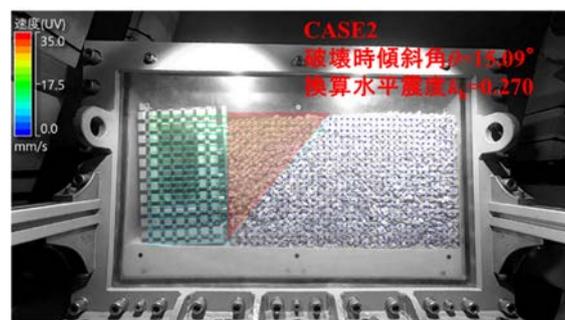


図-4 護岸変形時の断面写真 (CASE2)

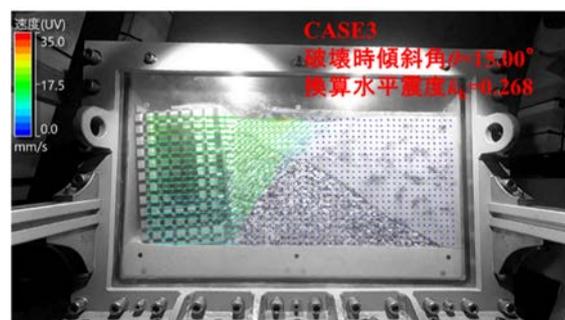


図-5 護岸変形時の断面写真 (CASE3)

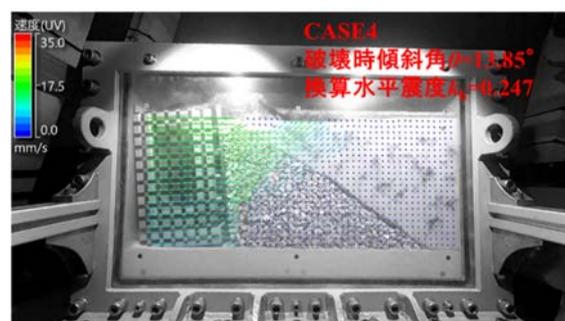


図-6 護岸変形時の断面写真 (CASE4)

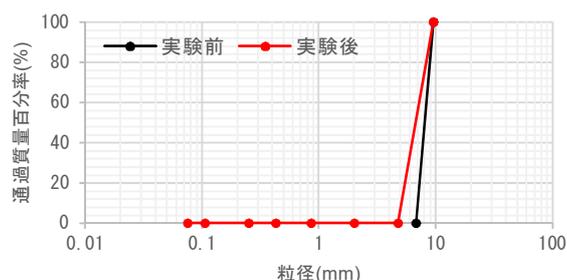


図-7 実験前後の粒径加積曲線