

固化処理土の水平抵抗力に関する遠心模型実験

五洋建設(株) 正 新舎 博 正 ○堤 彩人
東京理科大学 正 菊池喜昭

1. はじめに

高波浪時のケーソン式混成堤の安定性を向上させるためには、ケーソン背面に裏込めを施すことが有効である^{1),2)}。裏込めは通常、捨石で築造するが、本文では浚渫粘土に固化材を混合した固化処理土で作製し、遠心模型実験を実施して、処理土裏込めの水平抵抗力を調査した。

2. 処理土の配合

実験での原料土には名古屋港海成粘土を用いた。原料土の粘性土分は92%、液性限界 w_L は84%、強熱減量は9.3%である。処理土の配合を表1に示す。遠心模型実験は材齢4日で実施した。1.8 倍の w_L に調整した処理土のフロー値は152～156mmであり、一軸圧縮強さ q_{u4} が100～200kN/m²になる固化材添加量は63～81kg/m³であった。

3. 実験方法

(1) 実験モデル

遠心模型実験で想定した処理土裏込めを持つケーソン式混成堤の断面を図1に示す。実験モデルは砂地盤(硅砂3号B, $D_r=90\%$)上に5m厚の捨石マウンド(硅砂3号B, $D_r=90\%$)を作製してその上に幅16m×高さ18mのケーソン(平均密度は2.06g/cm³)を置き、背面に処理土裏込めを施したものである。処理土裏込めは天端高を地盤から13.5m、天端幅を7.5mとし、法勾配は1:3、処理土の背面は5m高の直立壁とした。実際は海水があるが、ここでは考慮していない。実験での遠心加速度は90Gである。

(2) 実験条件

Case 0 は処理土と砂の摩擦係数を測定する実験であり、13.5 m 立方の処理土ブロックを砂地盤上に置き、重心位置で水平に载荷した。Case 1～Case 4 は波圧が作用した場合を想定した実験であり、水平载荷重はケーソン下端から9.2 m 高で与えた。Case 1 はケーソンのみに水平载荷重を与えた実験であり、Case 2 と Case 3 は処理土裏込めの一軸圧縮強さ q_u の違い、Case 3 と Case 4 は処理土裏込めの下部固定条件の違いの実験である。Case 2 と Case 3 は砂地盤上に処理土裏込めを打設し、そのまま载荷したが、処理土の強度が大きいと処理土底面と砂地盤との境界ですべりを生じる可能性がある。そこで、Case 4 は処理土裏込めの背面下部に滑り防止工を設置し、処理土底面と砂地盤との境界でのすべりを無くし、処理土裏込め内ですべりが生じるように配慮した実験である。

4. 実験結果

(1) 処理土と砂の摩擦係数

Case 0 における水平载荷重とケーソン変位量の間関係によると、 q_u が203kN/m²の場合、変位量 δ が約1.20mにおいて、最大水平载荷重 $P_{max}=1.91$ MN/m が得られた。処理土の重量 W は2.52 MN/m (=13.5 m×13.5 m×13.8 kN/m³/m) であったので、砂との摩擦係数 μ は0.76 が得られた。

(2) 水平载荷重

水平载荷重とケーソン変位量の間関係を図2に示す。この図によると、処理土裏込めがある場合(Case2～Case4)は、

表1 処理土の配合

4日強度 q_{u4} kN/m ²	W/C	原料土		セメントスラリー		処理土 密度 (g/cm ³)
		土粒子 (kg)	水 (kg)	水 (kg)	固化材 (kg)	
100	13.018	497.0	754.1	62.7	62.7	1.377
200	10.024	483.9	734.3	81.4	81.4	1.381

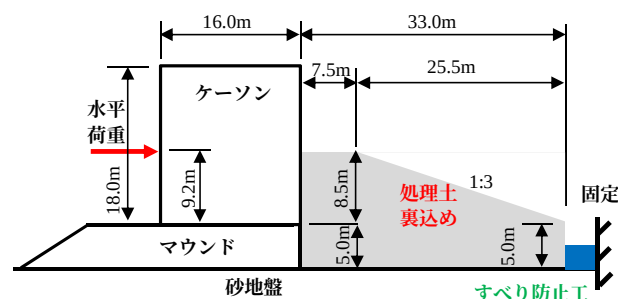


図1 実験モデル

表2 実験条件

実験条件	処理土 q_{u4} (kN/m ²)	実験内容
Case0	203	砂～処理土の摩擦係数
Case1	なし	ケーソンのみ
Case2	112	処理土裏込め
Case3	223	処理土裏込め
Case4	198	処理土裏込め+境界すべり防止工

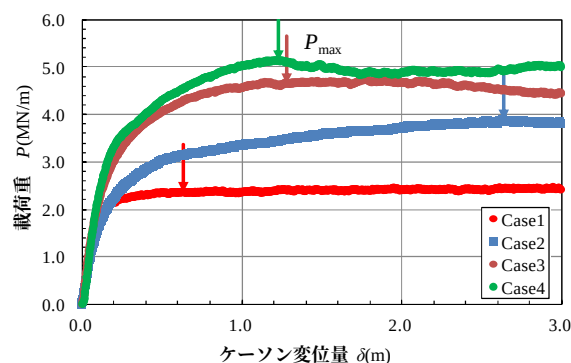


図2 水平载荷重 (Case 1～Case4)

キーワード：固化処理土、水平抵抗力、遠心模型実験

連絡先：〒320-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設(株)技術研究所 TEL0287-39-2116

載荷重 P がピーク値 $P_{\max}$ を超えても、 P は $P_{\max}$ の 95% 以上を維持していることがわかる。Case1 はケーソンのみの結果 ($P_{\max} = 2.37\text{MN/m}$) であり、 $P_{\max}$ は Case2 (3.88MN/m) → Case3 (4.67MN/m) → Case4 (5.14MN/m) の順に大きくなっており、処理土裏込めによる水平抵抗力の増加が認められる。

(3) すべり線

Case2～Case4 の変位ベクトルとすべり線を図 3 に示す。変位ベクトルはケーソン変位が 2.7m 時の変位ベクトルを 2 倍スケールで表示したものである。また、図内のすべり線は実験終了時の写真にすべり箇所を赤線で示したものである。各実験 Case におけるすべり線を詳細に見ると、次のようである。

Case2 は、処理土底面付近での水平変位ベクトルが小さいことから、処理土と砂との境界ですべりは生じていない。すべりは、ケーソン背面に土楔が形成され、土楔の先端から処理土背面に向かって、処理土層内をほぼ水平に横切る複数のすべりが認められた。なお、処理土背面の浅い部分で円弧状のすべりが認められたが、この表層すべりは他のケースでは見られないことから、処理土の強度が低い場合に生じるものと思われる。

Case3 では、Case2 と同様、ケーソン背面で三角形の土楔が形成されたが、土楔の先端から処理土と砂との境界に向かうすべりがあり、かつ処理土裏込めの背面側約 1/2 の部分では、処理土と砂との境界ですべりが生じた。この境界でのすべりは変位ベクトル図においても、顕著に観察することができる。

Case4 は、Case3 で生じた処理土と砂との境界すべりを強制的に無くした実験である。変位ベクトル図を見ると、すべり防止工を設置した処理土下部 2m の部分では、水平変位はほとんど生じていない。また、ケーソン背面では三角形の土楔は形成されず、処理土は全体的に水平に押されており、すべり防止工の影響により、すべりは処理土層の中間位置に生じている。

5. まとめ

ケーソンの背面に固化処理土からなる裏込めを設置し、遠心模型実験を実施して、処理土裏込めの水平抵抗力を求めた。主な結果は次のようである。

- (1) ケーソンの背面に処理土裏込めを施すと、水平抵抗力を大きく増加させることができる。
- (2) 処理土の強度および処理土下部の拘束条件によって、処理土内のすべりは、その場所が異なる結果となった。すなわち、処理土内のほぼ水平方向のすべり (Case2 と Case4) と、処理土内から処理土と下部砂層との境界に生じるすべり (Case3) である。

本実験は気中で実施していることから、海水中にある現地とは条件が異なっている (浮力が考慮できていない)。したがって、本実験結果を基に、現地に則した条件で処理土裏込めの水平抵抗力について検討する必要があると考えられる。

参考文献：

- 1) 菊池喜昭, 新舎博, 河村健輔, 江口信也：裏込めを有するケーソン式混成堤の安定性の検討, 土木学会論文集 C, Vol.67, No.4, pp.474-487, 2011. 2) 新舎博, 海野寿康, 菊池喜昭, 森川嘉之：砂地盤上の裏込めを有するケーソン式混成堤の安定性検討, 地盤工学ジャーナル, Vol.9, No.2, pp.474-487, 2014.

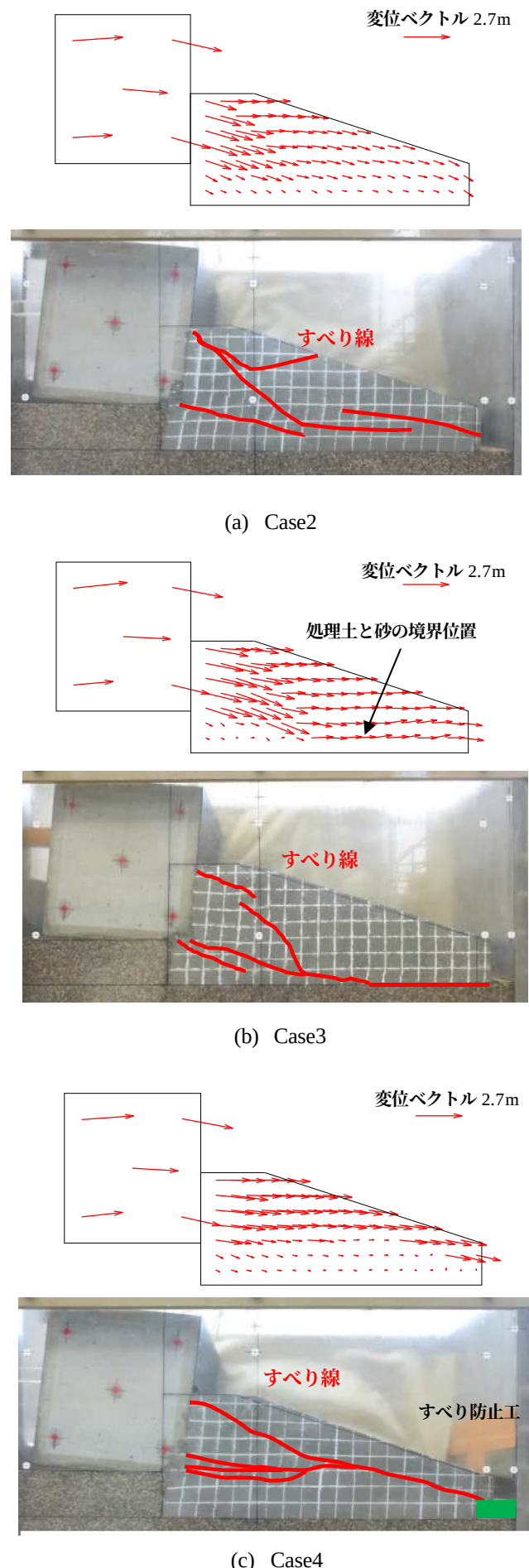


図 3 変位ベクトルと滑り線