

製鋼スラグを用いた粘り強い地盤材料に関する解析的研究 その2：矢板式岸壁の模型振動実験結果の再現・考察

日本製鉄株式会社 正会員 ○杉村 裕二

日本製鉄株式会社 正会員 篠崎 晴彦

株式会社日建設計 正会員 由井 洋和, 加藤 亮輔

1. はじめに

矢板式岸壁の模型振動実験から、裏込めに筆者らの提案する製鋼スラグ混合土¹⁾を用いた場合、セメント改良土を使用したケースに対して、矢板の変位や曲げモーメントが小さくなることが確認でき、これは製鋼スラグ混合土の粘り強さに起因する可能性が示された²⁾。本稿では、有効応力解析プログラム FLIP を用いた前稿の検討結果³⁾を踏まえ、矢板式岸壁の模型振動実験の結果を解析的に再現・考察した内容について報告する。

2. 解析条件

矢板式岸壁の解析モデルを図-1に、主な解析地盤定数を表-1に示す。製鋼スラグ混合土、セメント改良土の解析定数は前稿³⁾に示した通りである。模型振動実験時に行った一軸圧縮試験では、製鋼スラグ混合土、セメント改良土共に材齢4日の一軸圧縮強さ $q_u \approx 20 \text{ kN/m}^2$ であったが、実験で生じた改良体の様々なクラックの発達を考慮し、 20 kN/m^2 での約半分である $q_u \approx 9 \text{ kN/m}^2$ という値を設定した。その上で、製鋼スラグ混合土は c' - ϕ 材、セメント改良土は c' 材($\phi=0$)として、 c' 、 ϕ の値を定めた。入力地震動は周波数4Hz(周期0.25sec)、加振時間20secの正弦波とし、加速度振幅は100galと300galの2つとした。解析ケースは表-2の通り、4ケースを設定した。この中で、case4のセメント改良土のケースは模型振動実験で改良体基部を貫通するクラックが発生した²⁾ため、解析モデル上の再現として、図-1に示す改良体の青色破線部のせん断剛性 G_0 を 20 kN/m^2 に低減させた。

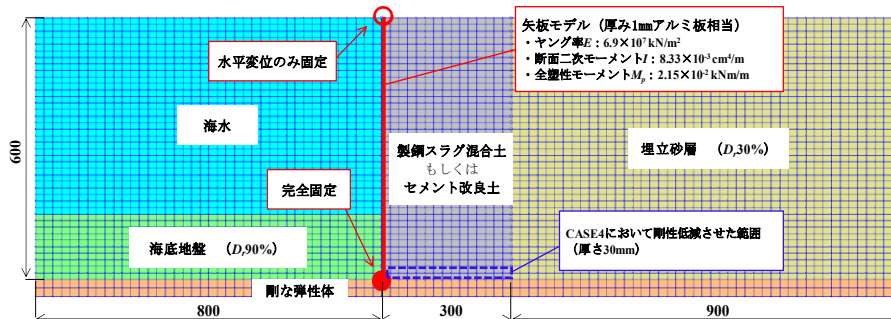


図-1 振動台模型の解析モデル

表-1 主な解析地盤定数

土質	基準せん断剛性 G_m (kN/m^2)	基準上載圧 σ_{vm} (kN/m^2)	有効摩擦角 ϕ ($^\circ$)	間隙率 n
埋立砂層	27,125	73.5	33.38	0.49
海底地盤	151,100	98	42.05	0.39

表-2 解析ケース

ケース	入力加速度	矢板背後の改良体
CASE1	100 (gal)	製鋼スラグ混合土
CASE2		セメント改良土
CASE3	300 (gal)	製鋼スラグ混合土
CASE4		セメント改良土

3. 解析結果の評価と考察

図-2、図-3に矢板の水平変位と曲げモーメントの実験値と解析値の比較を示す。実験値は模型振動実験での加振後の残留値である。解析値も同様に残留値を採用した場合、実験値に対して値が非常に小さくなる傾向が確認された。これは、改良体に発生・進展するクラックの再現性に起因すると考えられる。本検討では、一軸圧縮強さが等しい c' - ϕ 材と c' 材の挙動の定性評価を解析的に検討することを目的とするため、完全な加振終了から約1/4周期手前(加振時間20secのうち19.95sec時点)での値を解析における残留値として採用した。これに加え、前出の通り、改良体の一軸圧縮強さを実験より小さな値に設定したが、図-2、図-3から分かる通り、解析値は実験値より相対的に小さな値となる傾向となった。ただし、矢板の水平変位と曲げモーメント共に、100galではCASE1<CASE2、300galではCASE3<CASE4となる傾向が得られており、これは模型振動実験の結果と一致している。表-3には加振時間19.95sec時点におけるせん断ひずみコンター図を示す。模型振動実験では、セメント改良土の基部にクラック

キーワード 製鋼スラグ, 粘り強さ, FLIP, 模型振動実験, 圧密非排水三軸圧縮試験

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 E-mail:sugimura.t8m.yuji@jp.nipponsteel.com

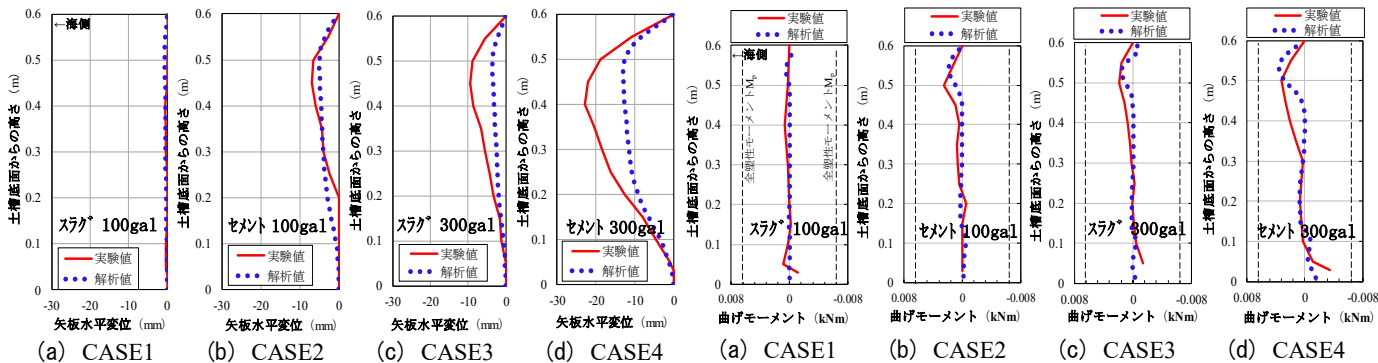
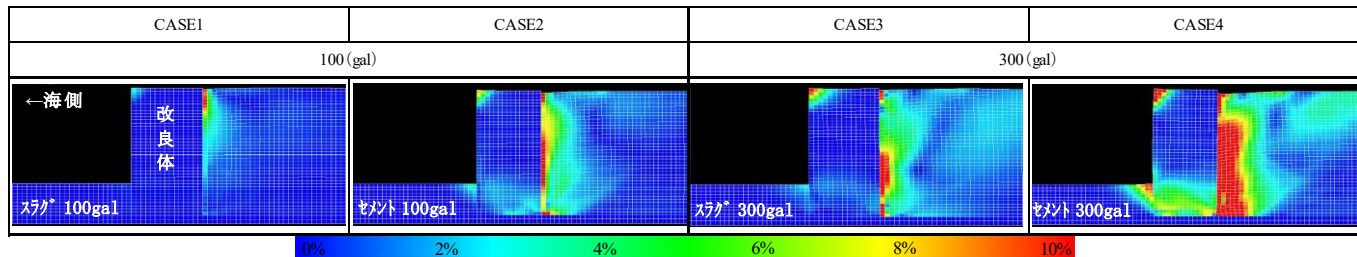


図-2 矢板水平変位の実験値と解析値の比較

図-3 矢板曲げモーメントの実験値と解析値の比較

表-3 せん断ひずみコンター一覧



クが発生・貫通したが、CASE2, CASE4 の結果から、概ねそれは再現できたと考えられる。これに対して、CASE1, CASE3 の製鋼スラグ混合土ではせん断ひずみの値が突出して大きい箇所が相対的に少なく、改良体自身のせん断抵抗を面的に保持した状態だと推定される。

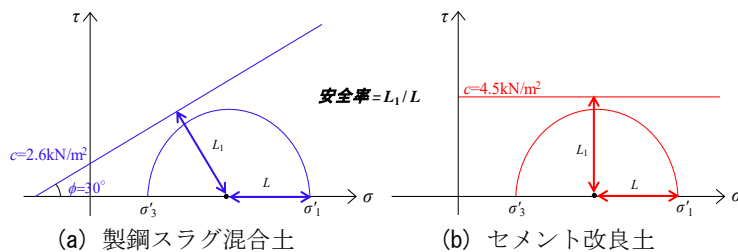
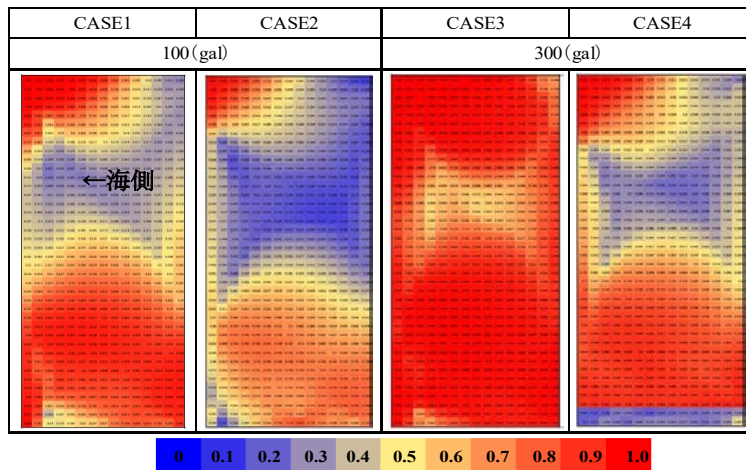


図-4 安全率の定義

図-4 の考えに基づき、改良体の応力状態に関する安全率を定義し、その分布をコンター図で整理したものを表-4 に示す。安全率が1に近いほど、応力状態が破壊線に近いことを意味する。表より、製鋼スラグ混合土の方が、応力状態が破壊線に近い傾向が分かる。一方で、矢板の変位や曲げモーメントは製鋼スラグ混合土の方が小さいことを踏まえると、応力状態が破壊線に近づいた後も製鋼スラグ混合土は脆性的に破壊せず、せん断抵抗を保持すると考えられ、それが c - ϕ 材の ϕ による粘り強さであると推定される。

表-4 安全率コンターの一覧



4. まとめと残課題

矢板式岸壁の模型振動実験の再現解析を通じて、製鋼スラグ混合土の粘り強さについて解析的検討を行った。改良体に発生するクラックの再現性については今後の検討課題である。また、製鋼スラグの c - ϕ 材としての粘り強さの検証を深化させるため、実断面スケールでの解析的検討についても、今後進めていく予定である。

参考文献

- 1) 杉村ら：製鋼スラグと浚渫土を混合した粘り強い地盤材料の開発，土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.77, No.2, pp.I_427—I_432, 2021
- 2) 杉村ら；製鋼スラグを用いた粘り強い地盤材料で構成した矢板式岸壁の模型振動実験，土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.77, No.2, pp.I_433—I_438, 2021
- 3) 由井ら：製鋼スラグを用いた粘り強い地盤材料に関する解析的研究その1：応力ひずみ曲線を双曲線モデルで近似した粘り強さの再現・考察，令和4年度土木学会全国大会，投稿中，2022，9月