

## マウンド透過波作用下の吸い出しの進行過程・影響範囲及びフィルター材による抑止法の研究

|            |     |        |
|------------|-----|--------|
| 元港湾空港技術研究所 | 正会員 | ○工代 健太 |
| 港湾空港技術研究所  | 正会員 | 佐々 真志  |
| 港湾空港技術研究所  | 非会員 | 梁 順普   |
| 元港湾空港技術研究所 | 非会員 | 高田 康平  |

## 1. 研究目的

押し波と引き波の作用が連続的に裏埋砂に作用するマウンド透過波は、吸い出しを引き起こす主要な外力の一つとして考えられる。本研究では大型吸い出し可視化実験により、マウンド透過波作用下の吸い出しの進行過程とフィルター材の吸い出し抑止効果について検討した。

## 2. マウンド透過波による吸い出しの進行過程の検討

本検討で本検討では図-1 に示す大型吸い出し可視化装置を用いた。図-1（右の黒点の位置に、3～6kg の砕石をマウンドとして敷設した。また裏埋砂には糸満産海砂を（粒径加積曲線は図-2）用いた。吸い出し口を幅 3cm 開き、マウンドの天端上には吸い出し口の直上の 3cm 分以外に防砂シートを模した不織布を敷設した。本実験では不透過版を隔てた左側水槽の水位をポンプにより上下動させることにより、表-1 に示す範囲で周期・波高及び初期水位を変化させた 4 ケースのマウンド透過波を再現した。周期についてはうねりや 1 分程度以下の長周期波の範囲内で変化させた。図-3 に Case3 を例に間隙水圧およびサクシジョンの経時的な変動を示す。間隙水圧は吸い出し口近傍の計測点（Ch.2、図-1）では 10kPa 程度の周期的な変動が見られる。サクシジョン変動は初期地下水面直下から地下水面上約 30cm の範囲で見られる。図-4 に Case2 を例に陥没までの代表的な時刻の空洞の写真と画像解析より求めた土粒子の速度ベクトルの分布図を示す。側面水槽内の水位が地下水位よりも低い時点で浸透流の作用により吸い出される土粒子の速度が速くなり、吸い出しが助長されることが分かる。図-5 に実験開始 15 分後の地盤の写真を示す。陥没後の空洞が陸側に拡大している。図-5 の写真上に吸い出し口の右端から空洞の

右端までの水平方向の距離を  $L$ ，その 2 点を結ぶ直線が水平方向となす角度を  $\theta$  として表記している．また図-6 に  $L$  と  $\theta$  の経時的な変化を示す． $\theta$  は砂の安息角である 30 度程度に達すると一定となり，それに伴い  $L$  の増加も止まることが分かる（図-6）． $\theta$  が約 30 度となった実験開始 15 分後では地下水位に対して吸い出し口が深い Case3, Case4 で比較的  $L$  が大きく，陥没後の空洞の拡大が大きいことが分かる．

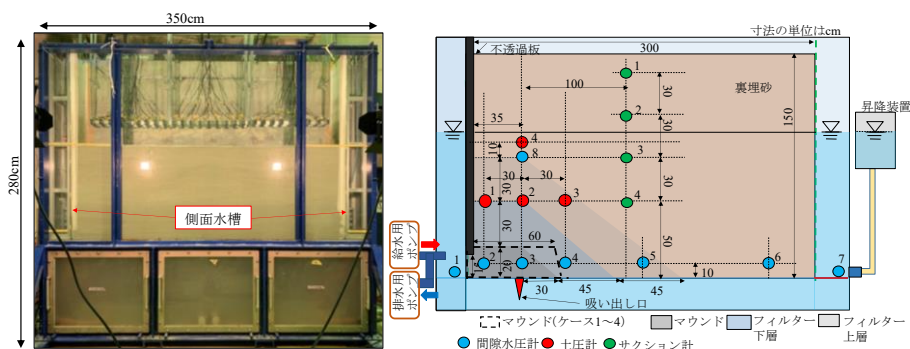


図-1 大型吸い出し可視化装置の写真（左）と実験のレイアウト

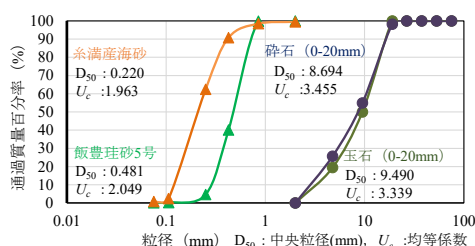


図-2 実験材料の物性及び粒径加積曲線

表-1 実験ケース

| ケース番号 | 水位変動幅                      | 周期   | 初期水位         |
|-------|----------------------------|------|--------------|
| 1     | 85cm（地盤下端より15cm-100cm）     | 約50s | 地盤下端より57.5cm |
| 2     | 85cm（地盤下端より15cm-100cm）     | 約35s | 地盤下端より57.5cm |
| 3     | 135cm（地盤下端より15cm-150cm）    | 約65s | 地盤下端より82.5cm |
| 4     | 50cm（地盤下端より57.5cm-107.5cm） | 約30s | 地盤下端より82.5cm |

キーワード 吸い出し, マウンド透過波, 陥没, フィルター材

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL: 046-844-5054

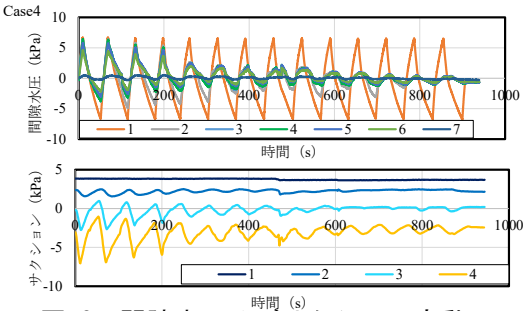


図-3 間隙水圧及びサクション変動

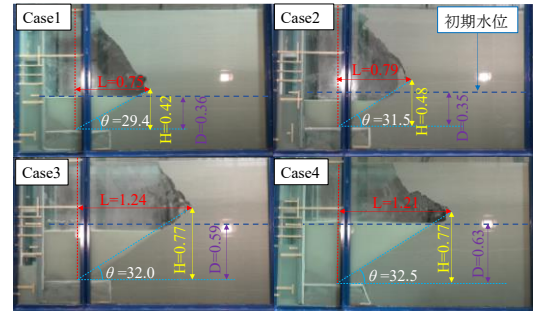


図-5 拡大後の空洞（実験開始 15 分後）

3. フィルター材を用いた吸い出し抑止法の検討

著者らは均等係数 3 以上のフィルター材は裏埋砂との中央粒径比が 20 以下で裏埋砂に直接作用する波や流れに対して十分な吸い出し抑止効果を有することを示した. 本研究ではマウンド透過波の作用下において, 適切な粒度のフィルター材の吸い出し抑止効果を検証するため, 図-1 の通りマウンドと 2 層のフィルター材を敷設した. フィルター材の形状の影響も検討するため, 図-2 に示す 0-20mm に粒度調整した碎石(円磨度約 0.25)と玉石(円磨度約 0.70)をそれぞれ上層のフィルター材として使用した. 裏埋砂には飯豊珪砂 5 号(図-3)を用いて, 中央粒径比は碎石と玉石で各々18.1, 19.7 とした. 初期水位を地盤下端から 115cm に設定し, 表-2 に示すマウンド透過波を順番に負荷した. 図-7 に碎石の実験終了後の地盤の写真を示す. 地盤内の空洞の形成が見られないことが分かる. またフィルター材に 10 kPa 程度の間隙水圧変動が作用するケース V (表-2) の負荷時のフィルター上層天端(図-1 の 4 番)の土圧変動(グラフの赤線)と砂の動き(写真中のベクトル)から, 土圧は間隙水圧変動(青線)に対応し安定しており, フィルター材内部への砂の流動がないことが分かる. 玉石を用いたケースでも同様の結果が得られた.

表-2 吸い出し抑止実験の外力一覧

| ケース | 水位変動幅                    | 周期   | 継続時間 |
|-----|--------------------------|------|------|
| I   | 40cm (地盤下端より95cm-135cm)  | 約15s | 10分  |
| II  | 60cm (地盤下端より85cm-145cm)  | 約20s | 10分  |
| III | 60cm (地盤下端より85cm-145cm)  | 約30s | 60分  |
| IV  | 90cm (地盤下端より70cm-160cm)  | 約35s | 10分  |
| V   | 120cm (地盤下端より55cm-175cm) | 約45s | 10分  |

4. 結論

本研究では大型吸い出し可視化実験により, マウンド透過波作用下の吸い出しの進行過程とフィルター材の吸い出し抑止効果について検討し, 以下の結論を得た.

- ・マウンド透過波作用下では引き波時に吸い出しが助長され, 周期や振幅に拘わらず, 地下水面に対して吸い出し口が深い場合に空洞の拡大の規模が大きく吸い出しの影響範囲が広がる.
- ・均等係数 3.0 以上のフィルター材を中央粒径比 20 以下で設置した場合, 材料の形状に拘わらず, マウンド透過波においても十分な吸い出し抑止効果を発揮する.

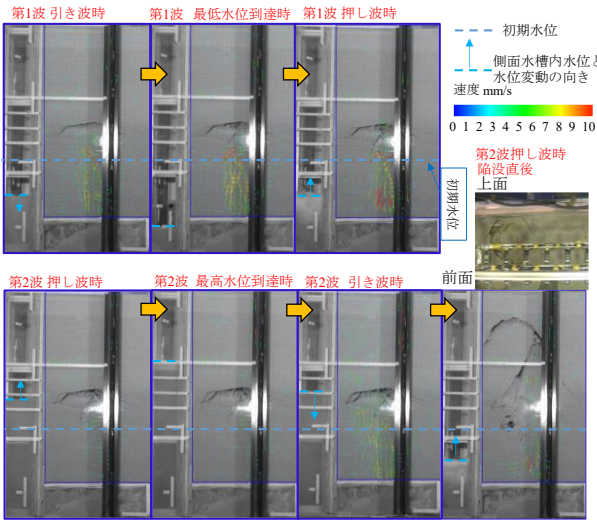


図-4 空洞形成と地表面の変位の関係

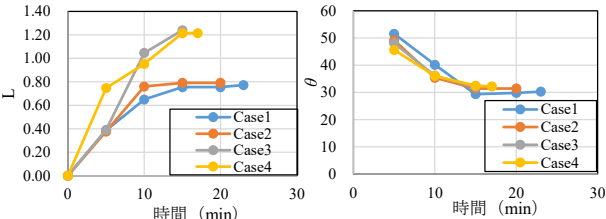


図-6 L 及び  $\theta$  の経時的変化

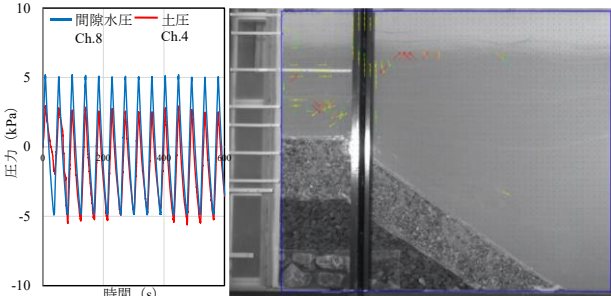


図-7 吸い出し抑止実験結果（碎石のケース）