

様々な水理外力の作用に伴う空洞形成・陥没の進行過程および吸い出し抑止法の研究

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 正会員 梁 順普
 港湾空港技術研究所 正会員 後藤 翔矢

1. 研究目的

本研究では港湾施設の吸い出しの進行過程および吸い出し抑止法の検討を目的とした。まず、大型吸い出し可視化模型装置を用いて、波や潮汐から受ける水理外力下における吸い出しの進行過程を検討した。次にフィルター層の目詰まり作用を利用した吸い出し抑止法に着目し、水理外力下での吸い出し抑止効果を実験的に検証した。

2. 様々な水理外力下における吸い出しの進行過程の検討

本検討では図-1 に示す大型吸い出し可視化模型装置を用いた。装置の寸法は図に示す通りである。土槽前面はガラス製であり、吸い出し過程を観察できる。装置に取り付けた各計測器の位置と土層の寸法を図-2 に示す。裏埋砂には沖縄糸満産の海砂(図-3)を用いた。昇降機と外付けポンプを用いて土層の下部および左右側方の水槽の水位をコントロールし、表-1 に示す各水理外力を発生させた。水理外力下における吸い出しに伴う地盤内の空洞の発達および陥没過程を見るため、初期水位を土層下部から 10cm に設定し、地盤中にサクシオンが働く状態を再現した。さらに、吸い出し口を幅 3cm 開き、空洞の長辺が数十 cm 程度になった段階で各水理外力を与えた。そして、粒子解析ソフト PIV を用いて実験中の模型前面の動画を画像解析し、吸い出される裏埋砂の動きを可視化した。図-4 に各位置の間隙水圧およびサクシオンの経時的な変動を外力 1, 外力 2 について示す。外力 1, 外力 2 でそれぞれ 7~8kPa, 2~3kPa 程度の間隙水圧の周期的な変動幅が見られる。図-5 に PIV により求めた代表的な時刻の空洞の写真と土粒子の速度ベクトルの分布図を示す。特に外力 1 の 2 時点の空洞の写真と比較すると水理外力の繰り返し負荷に伴い、空洞が発達していることが分かる。図-5 の速度ベクトルの向きから、外力 1 では水位上昇に伴って削られた地盤が水位低下時に吸い出される様子が見られる。外力 2 では主に波を入射した左側の砂が主に吸い出される様子が見られる。図-6 に空洞陥没後の地盤の写真を示す。外力 1 では陥没した穴の形が吸い出し口に対してほぼ左右対称であるのに対し、外力 2 では波を入射した左側が大きく削られていることが分かる。図-4 のサクシオン計 2 の結果から地盤下端から 60cm 上においてもサクシオンが時間の経過に伴い全体的に低下しており空洞の陥没に影響したと考えられる。以上から外力の向きが吸い出し過程に影響することが分かる。

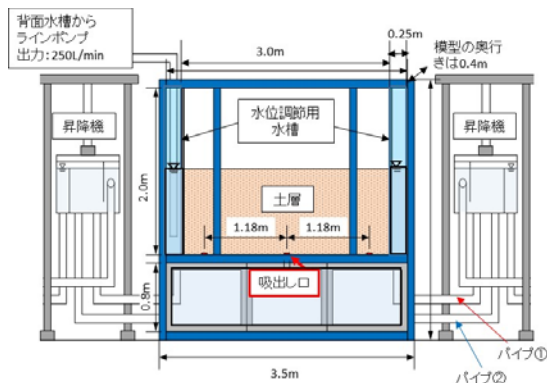


図-1 大型吸い出し可視化模型装置

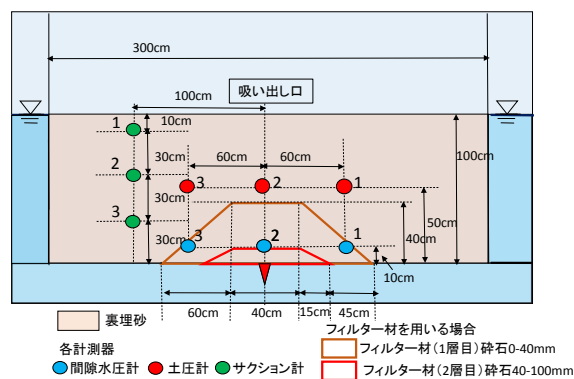


図-2 各計測器の位置および土層の概略図

キーワード 吸い出し, 水理外力, 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

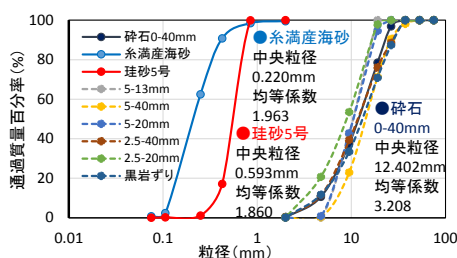


図-3 各試料の粒径加積曲線

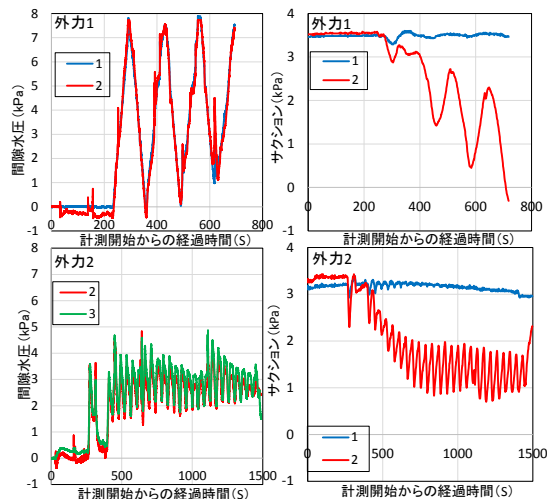


図-4 間隙水圧とサクションの経時的変化

(凡例の番号は各計測器の番号, 位置は図-2)

3. フィルター材を用いた吸い出し抑止法の実験的検討

フィルター材の吸い出し抑止効果を碎石の均等係数と裏埋砂との中央粒径比（フィルター材の中央粒径/裏埋砂の中央粒径）について簡易振動台を用いた系統的な要素試験により図-3 に点線で示す碎石を用いて検討した。その結果、均等係数 3 以上のフィルター材では中央粒径比が 20 程度以下で目詰まり効果を十分に発揮することが分かった。以上を踏まえ、図-1 に示すとおり 0-40mm（均等係数 3.208）に粒度調整したフィルター材を 1 層目に敷設した。裏埋砂には飯豊珪砂 5 号（図-3）を用いて、中央粒径比は 20.9 とした。この条件下で表-1 の各水理外力を与えた。外力 3 により得られた 1 波分の間隙水圧変動を図-7 に示す。2 秒間で間隙水圧が約 8kPa 変動しており、非常に大きな外力が再現できていることが分かる。図-8 に示す各外力による地盤天端の変位の空間分布より、フィルター材の上の位置する側点でも変位がほとんどないことが分かる。また、空洞も形成されなかったことから水理外力下においても吸い出しが抑止されていることが分かる。

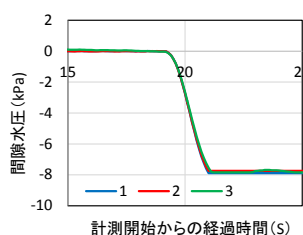


図-7 外力の間隙水圧変動

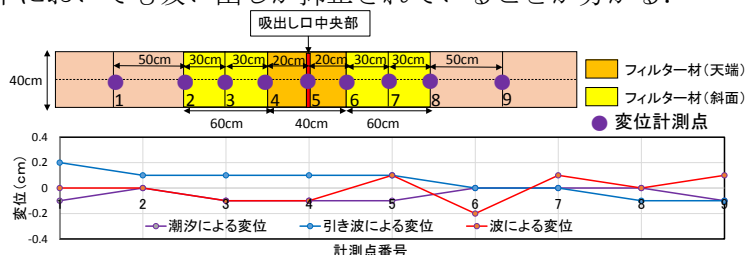


図-8 地盤天端の変位計測点位置と変位の空間分布

4. 結論

水理外力の繰り返し作用により空洞が発達し、外力の方向が空洞形成・陥没の進行過程に影響する。均等係数 3 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、強い水理外力下においても十分な吸い出し抑止効果を発揮する。

参考文献

- ・小林 孝彰・佐々 真志・梁 順普・後藤 翔矢：「吸い出しと空洞形成及び陥没過程の可視化と防止対策としてのフィルター層の有効性」,土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.74, No.2, I_264-I_269, 2018

表-1 水理外力の一覧表

番号	水理外力
外力1	潮汐等による横方向に水平な上下方向の水位変動 昇降機は約50cm/min [10波]※
外力2	横側からの数十秒の規則的な周期を持つ波 [10分間]
外力3	引き波を想定した急激な水位低下 [10回]

※[]内はフィルター材を用いる場合の継続時間(又は繰り返し回数)

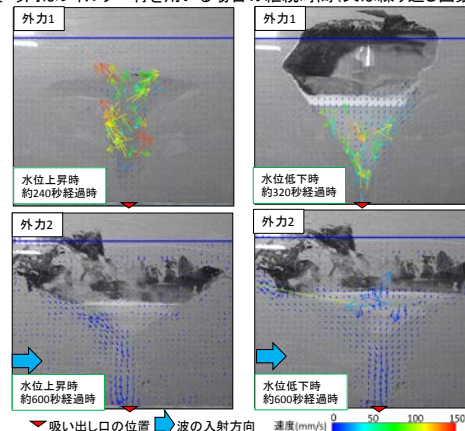


図-5 各水理外力下の土粒子の速度ベクトル



図-6 空洞陥没後の地盤の写真