

可塑状グラウト増深工法の開発 ーその4：捨石間の夾雑物除去ー

あおみ建設(株) 正会員 ○橋本 健, 五洋建設(株) 正会員 小笠原 哲也  
東亜建設工業(株) 正会員 三枝 弘幸, りんかい日産建設(株) 合田 和弘

1. 目的

可塑状グラウト増深工法は、基礎捨石の間に可塑状グラウトを注入することにより、重力式係船岸の増深を図る工法である。そのため、基礎捨石の間に夾雑物（砂、粘土、貝殻等）が多く存在する場合は、グラウト注入を阻害すると考え、可塑状グラウト増深工法の適用除外としていた。しかし、横浜港や川崎港の基礎捨石を調査したところ、夾雑物の存在を確認できたため、可塑状グラウト増深工法の適用範囲を拡大する目的で、捨石間の夾雑物除去工法の開発を行ったものである。

2. 夾雑物除去工法の開発 STEP

捨石間の夾雑物除去は、基礎捨石内に吸引管を設置し、吸引管を通して夾雑物を吸引除去する方法で計画した。この方法による夾雑物除去は、これまで実施した実績が無かったため、STEP1 予備実験、STEP2 大型実験、STEP3 現地実験の 3STEP において、それぞれ課題を設け、この課題をクリアしたことで次の STEP に移行する方式で夾雑物除去工法を開発した。

3. STEP1 予備実験

STEP1 予備実験は、基礎捨石の間に夾雑物が存在する模擬供試体を作成し、吸引管を通して夾雑物を吸引除去できるかの検証を課題とした。実験条件を表-1 に示す。夾雑物の吸引除去状況を可視化するため、供試体の容器として透明水槽を使用した。夾雑物の種類、吸引管設置条件、補助装置条件を変えた実験ケースを実施した。実験の結果、図-1, 2 に示す通り夾雑物を吸引除去でき、除去形状は円錐状になることが検証できた。また、すべての種類の夾雑物を除去できること、吸引管は鉛直で低い方が、除去範囲が広いこと、ウォータージェットを使用することで、除去範囲がさらに拡大することが確認できた。吸引除去の経時変化として、吸引を始めると吸引管先端の夾雑物が無くなることで、吸引管直上の夾雑物が落下し、落下した夾雑物を吸引することで、除去範囲が広がる。また、吸引の初期段階（約 30 秒以内）に多くの夾雑物を除去し、その後は安定することが確認できた。

表-1 STEP1 実験条件

|                                     |                 |                                    |                            |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------|
| 供試体容器                               |                 | アクリル製透明水槽<br>(長さ86cm×幅41cm×高さ44cm) |                            |
| 捨石                                  |                 | 割栗石50～150mm<br>(空隙率40%を目標に作成)      |                            |
| 吸引ポンプ                               |                 | 真空ポンプ（到達圧力-98kPa）                  |                            |
| 吸引管                                 |                 | VP25（内径25mm）                       |                            |
| 実験ケース<br>右の条件の<br>組合せを<br>変えて<br>実施 | 夾雑物の種類          | 珪砂6号，山砂，笠岡粘土，貝殻                    |                            |
|                                     | 吸引管<br>設置<br>条件 | 角度                                 | 鉛直下向き，斜め45° 下向き            |
|                                     |                 | 高さ                                 | 容器下端から10cm，30cm            |
|                                     | 補助装置の<br>有無と種類  |                                    | 無，有（ウォータージェット，<br>コンプレッサー） |



図-1 STEP1 夾雑物除去状況

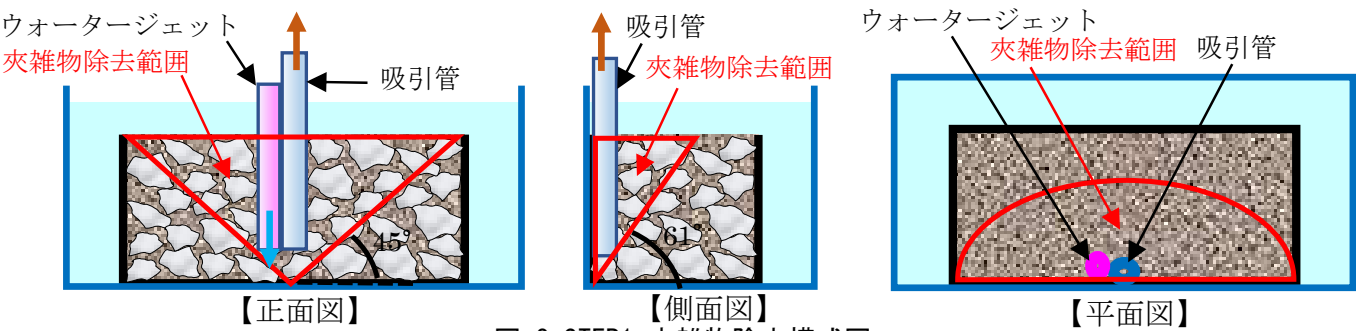


図-2 STEP1 夾雑物除去模式図

キーワード 夾雑物，吸引除去，重力式岸壁，基礎捨石，増深工法，可塑状グラウト

連絡先 〒101-0021 東京都千代田区外神田 2-2-3 あおみ建設(株) 土木技術部 TEL03-5209-7868

4. STEP2 大型実験

STEP2 大型実験は、実際のサイズの基礎捨石にて、間隙に存在する夾雑物を、実機の吸引システムで吸引除去できるかの検証を課題とした。実験条件を表-2 に示す。除去後の基礎捨石の状況を確認するため、陸上に水位を調整できる大型実験ヤード(実験池)を設置した。実験の結果、図-3 に示す通り実機の吸引システムで吸引除去できることを検証できた。夾雑物の吸引量と、水位を下げて基礎捨石を目視観察した結果、除去形状は円錐状であると推定できた。

5. STEP3 現地実験

STEP3 現地実験は、実岸壁の基礎捨石の間隙に存在する夾雑物を、実機の吸引システムで吸引除去できるかの検証と、今後計画している可塑状グラウト増深工法現場実験に向けて、夾雑物を確実に吸引除去するために必要な、吸引管の設置間隔の決定を課題とした。実験条件を表-3 に示す。基礎捨石内への吸引管の設置にあたっては、岸壁前面の海上に設置した SEP 台船上からロータリーパーカッションドリルを用いて削孔を行い、孔内に吸引管を挿入した。夾雑物の吸引管理として、夾雑物を含んだ水の汚濁状況の目視確認で吸引状況と完了の監視を行うとともに、吸引箱に貯留した夾雑物の重量を測定した。また、吸引除去に先立ち基礎捨石内に観測孔として透明パイプを設置し、ボアホールカメラで透明パイプ内から吸引前後の基礎捨石と夾雑物の状況を確認した。実験の結果、基礎捨石の間隙に存在する夾雑物を、実機の吸引システムで吸引除去できることを検証できた。また、ウォータージェットのノズル孔数 2 孔、孔径φ4mm とし、吸引するポンプ圧力を 4MPa とした場合において、ボアホールカメラによる観察結果と夾雑物の吸引量から、図-4 に示す通り、吸引範囲の直径は 1m 程度と推定できた。そこで、吸引管設置間隔は安全側として 75cm に決定した。

6. おわりに

3STEP に渡る実験を経た結果、実岸壁の基礎捨石の間隙に存在する夾雑物を除去できることが検証でき、可塑状グラウト増深工法の適用範囲が「捨石の間隙に夾雑物が多く存在する場合」まで適用拡大できる可能性が示唆された。今後の課題として、除去前の夾雑物存在範囲及び量の把握方法、夾雑物除去した範囲の把握方法、吸引状況と吸引完了の定量的な監視方法等が挙げられる。

本開発結果は、(国研) 港湾空港技術研究所から公募された「革新的社会資本整備研究開発推進事業」に対して、五洋建設(株)・東洋建設(株)・東亜建設工業(株)・若築建設(株)・あおみ建設(株)・(株)本間組・みらい建設(株)・りんかい日産建設(株)の 8 社で行ったものの一部である。なお、この開発結果について、上記の 8 社にて特許を出願中である。

参考文献

小笠原ら：可塑状グラウト増深工法の実岸壁への適用と夾雑物除去工法の開発，土木学会論文集「特集号(海洋開発)」，2023.06 (投稿中)

表-2 STEP2 実験条件

|       |                                         |
|-------|-----------------------------------------|
| 捨石    | 50～100kg                                |
| 夾雑物   | 山砂                                      |
| 吸引ポンプ | 横型サンドポンプ (22kW)                         |
| 吸引管   | SGP80A (内径80.7mm)<br>ウォータージェット管SGP20A内装 |
| 補助装置  | ウォータージェット，エジェクタ                         |



図-3 STEP2 夾雑物除去状況

表-3 STEP3 実験条件

|                |                                                                          |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 捨石             | 50～100kg                                                                 |
| 夾雑物            | 細粒分混じり砂質礫 (礫は貝殻)                                                         |
| 吸引ポンプ          | 横型サンドポンプ (22kW)                                                          |
| 吸引管            | SGP90A (内径93.2mm)<br>ウォータージェット管SGP20A内装<br>設置下端高さ-10.05<br>(基礎捨石天端-5.90) |
| 実験ケース          | 吸引ポンプ圧力<br>2MPa, 4MPa, 20MPa                                             |
| 右の条件の組合せを変えて実施 | ウォータージェットノズル孔径<br>φ 2mm, φ 4mm, φ 8mm                                    |

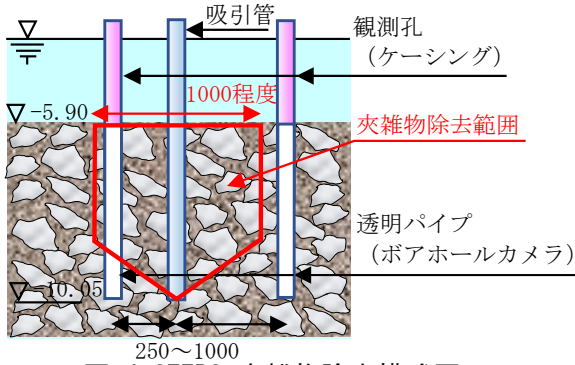


図-4 STEP3 夾雑物除去模式図