

(Ⅲ-10) 改良された砂質土の埋立工法に関する研究(その3)

1/36模型土運船による直投実験

日本国土開発株式会社 正員 ○玉井章友 正員 芳沢秀明
正員 黒山英伸 和田航一
片野英雄

1. はじめに

砂質土に改良材を添加した改良土が底開式土運船から直投される場合、改良土が水中で分離し水質汚染を生じることや目標とする埋立て後の一軸圧縮強度 $qu=0.5\text{kgf/cm}^2$ が得られないことが考えられる。そこで、改良土に分離防止剤を添加することを考え、 $2,100\text{m}^3$ 積底開式土運船の1/36模型による直投実験を実施した。実験は、直投水深9mと18mにおいて改良材と分離防止剤が砂質土に与える影響を調べることを目的に、模型によって直投時間、堆積形状、粒度の分級、改良材の分離、強度と密度について調べた。

2. 相似則

実験に用いた相似則は、過去に報告された実船調査¹⁾と図-1に表した土運船の直投現象の分類²⁾を参考にフルードの相似則を適用し、実験に次の条件を付加した。

- 模型船の改良土のみの排出時間は2.3秒を目標とする。
- 模型船は改良土排出に伴い喫水変化で浮上する。
- 模型船のホップ開放は瞬間的な開放を行う。
- 水底は硬い地盤と仮定する。
- 実験に使用する砂質土の最大粒径を 4.76mm とする。

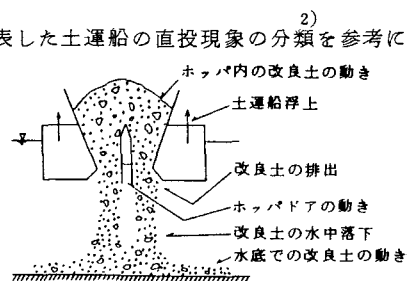


図-1 土運船による直投現象の分類

3. 実験装置

実験装置は、相似則の条件から図-2に示した装置とした。模型船の内壁は排出時間から滑りやすい磨き鋼板とし、模型船の浮上は水槽背面に設けたウェイトを改良土の排出に伴って下降させ行つた。ホップパダ開放は短時間で開放するために電磁弁を使用し、歯車1と歯車2を切離すことで行つた。水底は、敷き砂をした場合と鋼板での堆積形状に差がないことから鋼板を使用した。

4. 実験材料

砂質土：六甲産マサ土 ($D_{max}=4.76\text{mm}$)

改良材：普通ポルトランドセメント添加率4%

：スラグ系セメント添加率3%

分離防止剤は強アニオン性ポリアクリルアミドを使用し、濃度は改良土乾燥重量に対する分離防止剤重量で表した。改良土は含水比5%に混合調整した後、含水比5%分の海水で溶解した分離防止剤を添加した。水槽の水は水道水を使用した。

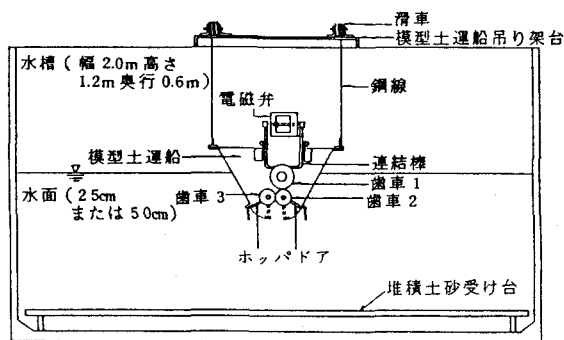


図-2 1/36模型土運船による実験装置

5. 実験結果および考察

図-3は、シャッタースピード1/2000秒の高速度ビデオで撮影した画像コマ数から測定した改良土の着底時間と排出時間を整理したものである。分離防止剤濃度の増加に伴って着底時間と排出時間は長くなり、高濃度での分離防止剤の使用は排出時間が急激に長くなることが予想される。図-4は、直投後の改良土の堆積形状を水深18mに換算し整理したものである。堆積形状は、分離防止剤を添加した場合堆積幅の減少が見られ、濃度 200mg/kg までは中心が凹となる二子山形状、濃度 400mg/kg 以上では中心が高くなる山型形状となる。このことから、分離防止剤の使用は直投時の改良土拡散を押さえるが、濃度 400mg/kg 以上の使用は堆積形状を著しく変化することが予想される。図-5は、水深18mにおいて直投後に堆積した改良土の上層と下

層での粒度差から粒度の分級を評価した一例である。分離防止剤を添加した改良土は、無添加のものに比べ粒度の分級を小さくすると思われる。図-6は、水深9mと18mにおいて直投後に堆積した改良土の改良材の分離をまとめたものである。図中の改良材保持率は、改良材添加率を100%として堆積した改良土の改良材含有率を表している。改良材保持率は、分離防止剤無添加の場合60%以下と少なく、濃度200mg/kg以上では80%以上で効果が一定となり過剰添加となることが予想される。図-7は、水深18mにおいて模型船により埋立てた改良土の一軸圧縮強度と乾燥密度をまとめたものである。分離防止剤は100mg/kgの濃度を添加している。埋立て高さが20~30cmであり水槽端部に堆積の乱れが生じたために、乾燥密度は低い値から分布している。普通ポルトランドセメント4%に比べスラグ系セメント3%の一軸圧縮強度は大きく、乾燥密度 $\gamma_d = 1.52 \text{ g/cm}^3$ 以上であれば目標とする強度 $q_u = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ が得られる。その他、材令28日後の埋立てた改良土についてポータブルコーンペネトロメータによる静的コーン貫入試験を行った結果、 q_c 値は普通ポルトランドセメント4%で 4 kg/cm^2 、スラグ系セメント3%で 16 kg/cm^2 が得られている。

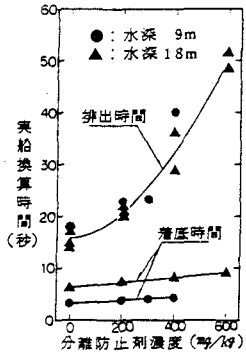


図-3 直投に要する時間

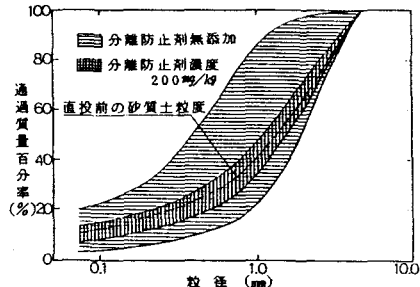


図-5 粒度の分級

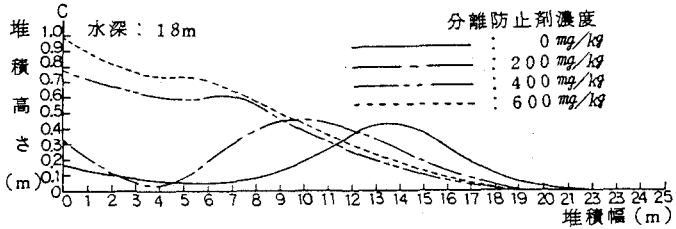


図-4 改良土の堆積形状

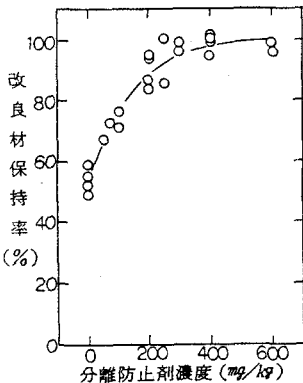


図-6 改良材の分離

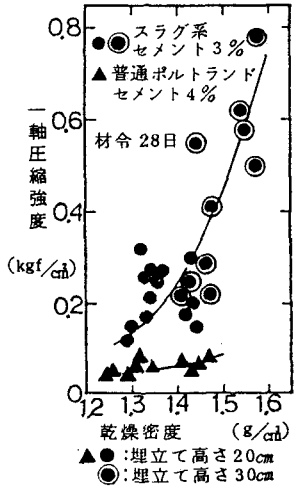


図-7 強度と密度

6. おわりに

実験により得られた主要な結論は次のとおりである。

- a. 改良土が完全混合状態で直投後の密度が $\gamma_d = 1.52 \text{ g/cm}^3$ 以上であれば、改良材としてスラグ系セメント3%と分離防止剤の併用により、目標とする強度 $q_u = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ を満足できる。
- b. 分離防止剤濃度は200mg/kg以下において改良材と分離防止剤両者の効果を考えて決定すべきである。

本実験は、運輸省港湾技術研究所と日本国土開発協会の共同研究「改良された砂質材料の埋立工法」の一環として、改良土の直投方法について検討し工法の提案を行ったものである。なお、実験にあたり運輸省港湾技術研究所動土質研究室善功企室長、山崎浩之氏に多大な御指導を頂いたことに謝意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 早乙女、石塚、松本：土運船調査報告一土砂投下時の船体挙動一、港研資料No.267、1977. 9
- 2) 武藤、吉井、石田：大規模埋立用底開ページによる土砂投下の研究、三菱重工技報 Vol.11. No.1 1974
- 3) 小川、竹内：土捨船による投棄土砂の分散、土木学会論文報告集、第161号、1969. 1、pp39-49