

浚渫土と転炉系製鋼スラグの混合土による盛土施工試験（混合土の製造、土質特性）

J F E スチール(株) 正会員 ○本田秀樹 林正宏 谷敷多穂
五洋建設(株) 正会員 高将真 山田耕一 非会員 杉原広晃

1. はじめに

港湾工事では、航路や泊地の増深、維持で生じる大量の浚渫土に対して、その有効利用が望まれている。最近では、細粒分含有率や含水比が高く、そのままの利用が困難な軟弱浚渫土に、鉄鋼生産の副産物である鉄鋼スラグ（転炉系製鋼スラグ）を混合することで、土質特性を改善（主に強度増加）できることがわかってきており¹⁾、海底の嵩上げや埋立て造成等へ活用され始めている。さらに陸部へと利用領域を拡大すべく、浚渫土と転炉系製鋼スラグ（以下、改質材）の混合土を、盛土材料に利用することを目的とした施工試験を実施した。本報では、混合土の製造、混合土の土質特性について述べ、盛土の施工性評価に関しては別報²⁾で述べる。

2. 試験の概要

(1) 試験の材料

試験に用いた浚渫土の物性値を表-1、外観を写真-1 に示す。浚渫土は、福山港の航路浚渫土であり、シルト・粘土分が主体であった。改質材は、転炉系製鋼スラグ、粒度 26.5mm以下（道路用鉄鋼スラグ JIS A5015CS-20 のほぼ上限の粒度分布）、遊離石灰の含有率は 4.1%であった。

(2) 混合土の配合条件、室内配合試験の結果

混合土の配合条件は、浚渫土 70 体積%、改質材 30 体積%（空隙ゼロ換算）とした。室内配合試験の結果を表-2 に示す。これより、混合直後は軟弱な状態であったが、養生日数の経過にともない強度発現がみられ、91 日養生後においても、28 日養生の 1.3~1.7 倍程度に強度増加していることがわかる。配合試験の結果から、混合直後にポンプ圧送可能なフロー値 90mm以上が確保できること、早期の強度確保を考慮して、混合時における浚渫土の目標含水比 203%に設定した。

(3) 混合土の製造方法

ポンド内（容量 440m³）に浚渫土（原泥）を搬入、目標含水比となるように加水調整を行った。含水比は、ポンド内 4 箇所計測した。その後、改質材を投入し、バックホウ（0.8m³、2 台）を用いて混合を行い、ポンド内 4 箇所において混合土の湿潤密度・フロー値を確認した。なお、混合作業は、改質材を必要量の 1/2 投入→45 分混合→1/4 投入→45 分混合→1/4 投入→75 分混合の手順とした。混合状況を写真-2 に示す。

表-1 浚渫土の物性値

| | | |
|----------------------------|-----------|------|
| 土粒子密度 (g/cm ³) | 2.621 | |
| 含水比 (%) | 123.2 | |
| 粒度 | 礫分 (%) | 0.5 |
| | 砂分 (%) | 8.3 |
| | シルト分 (%) | 30.0 |
| | 粘土分 (%) | 61.2 |
| | 最大粒径 (mm) | 4.5 |
| 液性限界 (%) | 103.1 | |
| 塑性限界 (%) | 30.3 | |



写真-1 採取した浚渫土

表-2 室内配合試験の結果（改質材 30%混合）

| No. | 浚渫土 含水比 (%) | 混合土 フロー値 (cm) | 一軸圧縮強さ (kN/m ²) (括弧内はコーン指数) | | | | |
|-----|-------------------|---------------------|--|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 0 日 | 7 日 | 28 日 | 56 日 | 91 日 |
| ① | 203 | 9.2 | — (5) | 90 (2090) | 233 (4514) | 316 (6401) | 380 (8784) |
| ② | 221 | 10.2 | — (5) | 81 (1753) | 227 (3766) | 279 (5361) | 306 (6844) |
| ③ | 231 | 10.8 | — (3) | 76 (1696) | 186 (3161) | 274 (4551) | 322 (6274) |



写真-2 バックホウでの混合状況

キーワード 転炉系製鋼スラグ、浚渫土、混合土、盛土

連絡先 〒210-0855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町 1-1 スチール研究所 土木・建築研究部 TEL044-322-6260

3. 試験結果

(1) 混合土の製造

加水調整後の浚渫土の含水比、バックホウ混合後における混合土の湿潤密度、フロー値の測定結果を表-3に示す。混合土は、2つのポンド（容量440m³）で製造した。測定値は、各ポンド内4箇所での平均値である。その結果、ポンドNo.2のフロー値が若干高いものの、混合土の湿潤密度、フロー値は、ほぼ目標値であった。バックホウ混合後の混合土の一軸圧縮強さを図-1に示す。養生28日の強度で比較すると、ポンドNo.1は、室内試験と同程度だが、ポンドNo.2では、ポンドNo.1よりも約25%低い強度であった。室内試験時の強度に対して、現場で採取した試料の強度は、約0.75~1.0の範囲であった。また、ポンドNo.2、養生28日の供試体（24本）の強度ばらつきは、変動係数0.15であった。これは、セメントなどを用いた混合固化工法³⁾で用いられる設定値以下であることから、今回の試験での混合状態は良好であると考えられる。

(2) 混合土の土質特性

解きほぐし後の強度変化：今回の施工試験では、ポンド内で混合土を製造、一定期間養生した後、混合土を解きほぐしてから盛土材料として用いることになる。混合土の解きほぐし前（バックホウ混合直後に採取した試料）と解きほぐし後（養生28日で解砕して、盛土施工後にコア採取した試料）の一軸圧縮強さの変化を図-2に示す。その結果、解きほぐし前の養生28日の一軸圧縮強さ174kN/m²に対して、解きほぐした混合土で盛土施工後、養生7日で採取したコア試料の一軸圧縮強さ60kN/m²であることから、解きほぐし直後には、約1/3以下に低下していると思われる。一方、盛土施工後、養生28日、91日でのコア試料の一軸圧縮強さは、再び増加傾向がみられた。これは、今回用いた改質材の最大粒径26.5mmであることから、強度発現（C-S-Hの水和固化）に必要なカルシウム成分の溶出が長期間継続するためと考えている。

透水性：ポンド内で養生、解砕した混合土を採取し、供試体作製後91日養生させて透水試験を行った。その結果、透水係数 $9.4 \times 10^{-5} \sim 4.5 \times 10^{-6}$ cm/sであり、混合土の透水性は低い。

4. まとめ

浚渫土と転炉系製鋼スラグの混合土を盛土材に利用するための施工試験を行った。混合土の湿潤密度とフロー値は、ほぼ目標値であり、混合土の一軸圧縮強さのばらつきも低く、バックホウを用いた混合方法でも良好な混合状態であることを確認した。また、混合土の強度は、解きほぐしにより低下するが、盛土施工後（締め）に、再び増加傾向を示すことがわかった。

参考文献

- 1) (社)日本鉄鋼連盟：転炉系製鋼スラグ 海域利用の手引き
- 2) 高、山田、杉原他：浚渫土と転炉系製鋼スラグの混合土による盛土施工試験（盛土の施工性及び強度・変形性）、第68回年次学術講演会講演概要集投稿中、2013
- 3) (財)沿岸技術研究センター：管中混合固化工法技術マニュアル

表-3 浚渫土、混合土の測定結果

| 項目 | 目標値 | 測定値 | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|
| | | No. 1 | No. 2 |
| 加水調整後の浚渫土含水比 (%) | 203 | 203 | 202 |
| 混合土の湿潤密度 (g/cm ³) | 1.890 | 1.876 | 1.873 |
| 混合土のフロー値 (cm) | 9.0 | 9.1 | 9.3 |

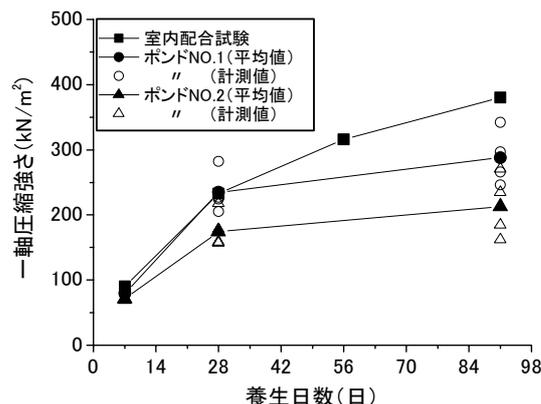


図-1 バックホウ混合後の一軸圧縮強さ

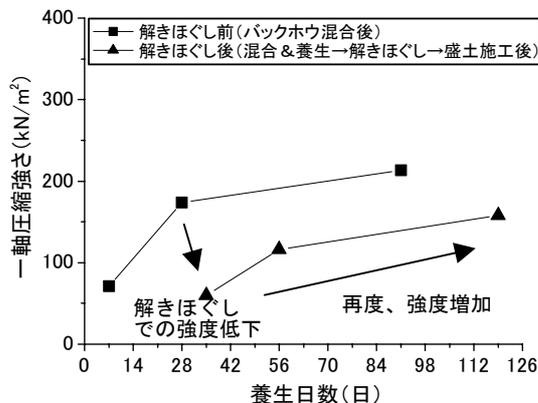


図-2 解きほぐしによる混合土の強度変化