

カルシア落下混合船の混合特性

五洋建設株式会社 正会員 ○ 田中 裕一
正会員 中島 健一
正会員 野中 宗一郎

1. 目的

カルシア改質土は、浚渫土とカルシア改質材（転炉系製鋼スラグの成分・粒度を調整した材料）を混合した材料であり、強度発現、濁り発生抑制等の特徴がある。こうした特徴を活かし、深堀跡の埋戻材、浅場干潟の造成材、潜堤材、埋立材等として使用されている。

カルシア改質土の混合方法としては、バックホウ混合、ミキサ混合、管中混合、落下混合がある。このうち、落下混合は大規模施工に適した方法として開発されたものであり、2m 以上×3 回の落下混合により所定の品質が得られることが報告されている¹⁾²⁾。

しかし、リクレーマ船を使用した落下混合の施工では、工事毎にカルシア改質材供給設備の艀装が必要であること、均一化に必要な 3 回の落下混合のうち最後の 1 回は陸上で実施する必要があること、1 回目の落下時に浚渫土とカルシア改質材の分離に注意が必要であること等の課題がある。そこで、これらの問題を解決するために新たにカルシア落下混合船を建造し、その混合効果の確認を行った。

2. カルシア落下混合船概要

建造したカルシア落下混合船（全長 55m、全幅 22m、深さ 4m、喫水 2m、浚渫土揚土バックホウ（11m³）を搭載）は、リクレーマ船を改造したものであり、カルシア改質土の製造能力は 2,400～4,000m³/日である。船の外観を写真-1 に、主な改造のポイントを以下に示す。

- ①カルシア改質材の供給設備の設置(ホッパー×1、ベルトコンベア×3)
- ②ベルトコベアを追加設置し、船から落下時に 3 回の落下混合が完了（図-1）
- ③カルシア改質材・浚渫土の順にベルトコンベアへ供給

3. 試験方法

カルシア落下混合船に横付けした土運船から浚渫土を、ガット船からカルシア改質材をそれぞれ所定量供給し手試験施工を行い、カルシア改質材混合率 30vol%のカルシア改質土 1000m³を作成した。使用した浚渫土とカルシア改質材の物理特性をそれぞれ表-1、表-2 に示す。

落下混合 1 回目、2 回目、3 回目のカルシア改質土を採取してΦ100mm×H200mm の供試体作成し、7 日および 28 日後に一軸圧縮試験等を実施した。また、比較のために同じ材料を使用して室内配合試験を実施した。



写真-1 カルシア落下混合船全景

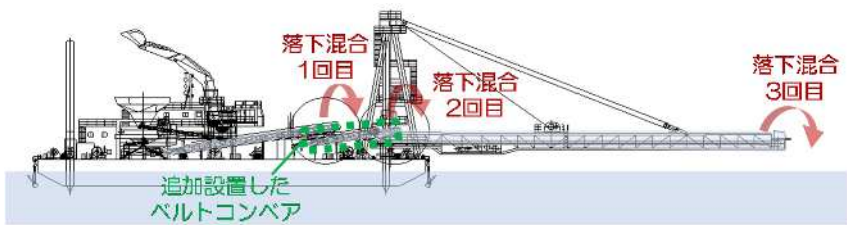


図-1 カルシア落下混合船と落下混合位置模式図

表-1 浚渫土の材料特性

土粒子密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	液性限界 (%)	強熱減量 (%)	細粒分含有率 (%)
2.673	210.7	79.7	13.3	84.3

表-2 カルシア改質材の材料特性

表乾密度 (g/cm ³)	最大粒径 (mm)	f-CaO (%)
2.87	26.5	9.5

キーワード カルシア改質土，落下混合，浚渫土，カルシア改質材、製鋼スラグ

連絡先 〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8 五洋建設株式会社 環境事業部 TEL03-3817-7521

4. 試験結果

試験施工・室内配合試験ともに、混合直後のフロー値（NEXCO 試験法 試験方法 313）、各材齢の供試体の一軸圧縮強さと湿潤密度を表-3 に、一軸圧縮強さの経時変化を図-2 に示す。カルシア改質土の一軸圧縮強さは材令とともに増加するが、落下回数が増えるにつれて発現強度は大きくなり、室内配合試験の強度に近い値となった。落下混合 3 回目の試料について、材齢 28 日の一軸圧縮強さの現場/室内強度比は $349.2/383.8=0.91$ と高い値であり、カルシア落下混合船により十分な混合が行われていることが確認された。

試験施工における各落下回数の一軸圧縮強さについて、材齢 28 日の 20 試料（落下 3 回のみ 16 検体）のヒストグラムを図-3 に示す。落下回数が増えるに従って、強度の増加とともに変動係数が低下することが確認された。

リクレーマ船を使用した落下混合方式により施工した場合の一軸圧縮強さの変動係数は、落下 1 回 0.332、落下 2 回 0.261、落下 3 回 0.099 と報告されている²⁾。これに対し、カルシア落下混合船を使用した試験施工では、2 回落下試料の変動係数が 0.104 となり、リクレーマ船を使用した場合の落下 3 回試料と同等であった。この要因としては、ベルトコンベアへの供給順序を変更し、カルシア改質材の飛出し・分離落下を抑制することによる落下混合 1 回目の材料分離の混合効率の向上が考えられる。

表-3 試験結果

材齢	試験項目	単位	試験施工			配合試験
			落下1回	落下2回	落下3回	
混合直後	フロー	cm	-	-	9.0	9.7
7日	一軸圧縮強さ	kN/m ²	104.8	137.7	172.2	208.0
28日	一軸圧縮強さ	kN/m ²	204.3	282.7	349.2	383.8
	湿潤密度	g/cm ³	1.676	1.649	1.703	1.718

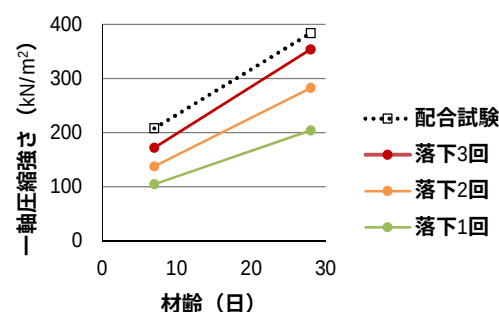


図-2 一軸圧縮強さの経時変化

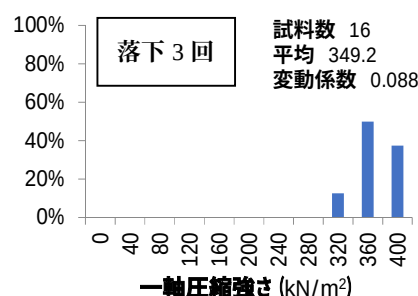
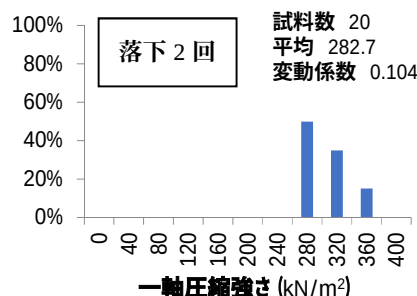
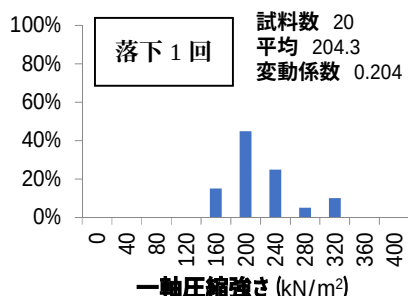


図-3 落下回数別強度の分布

5. まとめ

カルシア落下混合船での落下混合により、室内配合試験に近い強度のカルシア改質土を得ることができた。また、3 回の落下混合により強度のバラつきが小さく、リクレーマ船での施工と同等の品質のカルシア改質土を得られることが確認できた。

カルシア落下混合船では船から排出時に所定の品質が得られることから、陸上での混合作業が不要となり効率的な施工が可能である。また、カルシア改質土により浅場や干潟を造成する際、トレミー管を設置したカルシア落下混合船を使用して直接投入することにより、グラブによる投入よりも効率化的施工が可能になると考えられる。

参考文献

- 1) 田中 裕一・高将真・今村正・渋谷貴志・山越陽介・赤司有三・北野吉幸・菅野浩樹：カルシア改質土による海面埋立，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 70, No. 2, I_888-I_893, 2014.
- 2) 山越陽介・赤司有三・菅野浩樹・田中裕一・松本歩・渋谷貴志：落下混合方式によるカルシア改質土の埋立，土木学会第 69 回年次学術講演会，VI-312, 2014.