

かごマット人工石の製造管理方法の開発

日本製鉄（株）正会員 ○川下 裕幸 ，同 赤司 有三
東亜建設工業（株）正会員 浅田 英幸 ，同 府川 裕史 ，同 鳥嶋 勇一

1. はじめに

航路や泊地の浚渫に伴い毎年大量の浚渫土が発生しているが、環境保全の観点からその有効利用が望まれており、その手法の 1 つとしてカルシア人工石の開発が行われている^{1),2)}。これまでの研究は、固化阻害因子である有機物を含有する浚渫土を、石材レベルまで固化させるときの配合設計や、固化後の強度品質等についての研究が主体であり、大量施工を想定した浚渫土の性状変動に対する品質管理についての研究事例は少ない。このような背景の中、重量 10(t)程度の方塊ブロックをカルシア人工石で製造したかごマット人工石の開発にあたり、混練性に関する品質管理方法を検討した結果を報告する。

2. 検討概要

かごマット人工石は、かごマット及び漏洩防止シートを型枠兼用として、かごマット内にフレッシュなカルシア人工石材料を充填し、固化させたブロック状人工石である。かごマット人工石の製造状況を図-1 に示す。かごマット人工石の製造は、細粒分が多く粘性が強い浚渫土を混合するため、ワーカビリティの確保が重要であり、図-1②の浚渫土調泥が、図-1③④⑤に示すフレッシュなカルシア人工石の混合や打設など作業性に大きな影響を与える。ワーカビリティの確保は、浚渫土に適切な加水調泥を行うことで実施するが、その品質管理方法は 2 つある。1 つ目は受け入れた浚渫土の含水比を電子レンジ法等で計測し、事前配合試験で確認した目標含水比まで加水する方法であり、2 つ目は受け入れた浚渫土の性状に関わらず、流動性指標（フロー値等）が一定の値となるように加水する方法である。これら 2 つの品質管理手法について製造実験で検討することとした。



図-1 製造実験状況

3. 材料と配合

実験には八戸港内で浚渫された土砂を使用した。各試料の物性を表-1 に示す。試料 A は室内配合試験、試料 B,C は製造実験に用いた浚渫土である。試料 A,B は同じ場所で採取し、試料 C は細粒分が多いと想定される場所から採取したため、試料 C はシルトであり、試料 A,B と比較し細粒分含有率や液性限界が大きく異なる結果となった。

カルシア改質材は鹿島製鉄所産を用いた。特性と写真を表-2 と図-3 に示す。

表-1 浚渫土物性

試料	土粒子密度 (g/cm ³)	自然含水比(%)	粒 度				コンシステンシー特性		分類
			礫分(%)	砂分(%)	シルト分(%)	粘土分(%)	液性限界(%)	塑性限界(%)	
A	2.629	63.3	0.0	37.7	38.3	24.0	60.3	23.2	砂質シルト (高液性限界)
B	2.662	4.2	0.4	80.3	15.4	3.9	NP	NP	細粒分質砂
C	2.500	113.8	0.0	3.0	79.4	17.6	115.6	51.4	シルト (高液性限界)

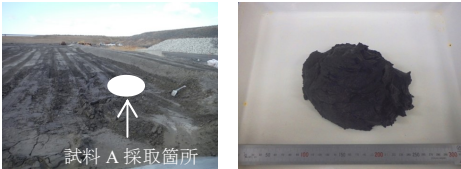


図-2 試料 A 状況写真

表-2 カルシア改質材物性

試料	土粒子密度 (g/cm ³)	自然含水比(%)	粒 度				表乾密度 (g/cm ³)
			礫分(%)	砂分(%)	シルト分(%)	粘土分(%)	
カルシア改質材	3.462	3.5	87.2	12.2	0.6	0.6	2.907



図-3 カルシア改質材

キーワード 浚渫土，転炉系製鋼スラグ，カルシア人工石，かごマット

連絡先 〒100-8071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 日本製鉄株式会社 TEL 03-6867-6199

カルシア人工石の配合は、可能な限り浚渫土を多量に活用すること、準硬石相当で 9.8(MPa)以上の強度を有すことの 2 点に配慮し、浚渫土混合率を 50(%)、強度指数¹⁾を 1.25 と設定した。示方配合を以下に示す。

表－3 示方配合

単 位		浚渫土			加水量	高炉セメント B種	カルシ ア改質材	合計
		全体	土粒子	含水量				
比重	t/m ³	1.644	2.629	1.030	1.030	3.040	2.907	2.178
重量	t	0.525	0.322	0.202	0.186	0.313	1.154	2.178
容積	m ³	0.319	0.123	0.197	0.181	0.103	0.397	1.000

4. かごマット人工石の製造実験

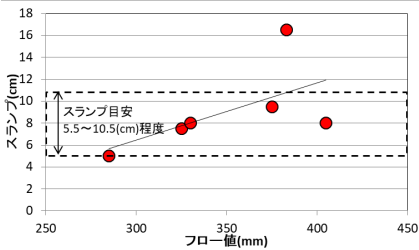
フレッシュなカルシア人工石のワーカビリティをスランプ 8±2.5(cm)と設定し、試料 A に対し室内配合試験を行い、所定のワーカビリティが得られる浚渫土の調泥方法を検討した結果、2 つの知見が得られた。

- 知見①：浚渫土の含水比を 120.6(%)〔液性限界の 2 倍〕となるように調泥する。
- 知見②：適切なワーカビリティを確保可能な浚渫土のフロー値は 300(mm)程度となる。

上記 2 つの知見をもとに製造実験を行うこととし、知見①に従って浚渫土を含水比調整した結果、非常に流動性の高いものとなり、フロー値は約 520(mm)となった。現地浚渫土の物性に想定より大きなバラツキがあり、室内配合試験と大きく異なる結果になったと推定されるが、この状態で製造を継続した場合、材料分離の発生が懸念されたため、実験を中断し品質管理方法を再検討した。その結果、簡易かつ明確な基準を定めることに配慮し、フロー値を管理指標として採用することとした。なお、適切なフロー値は、知見②を参考として 300(mm)程度とした。試料 B,C の 2 種の浚渫土でフロー値を変化させて行った製造実験の試験ケース、調泥後の浚渫土フロー値、フレッシュなカルシア人工石の性状を以下に示す。

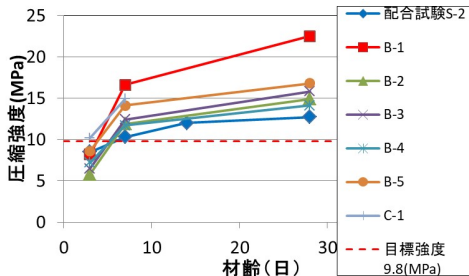
表－4 試験ケースと混合結果

試験 ケース	浚渫土 混合率(%)	強度 指数	浚渫土 フロー値 (mm)	カルシア人工石	
				空気量(%)	スランプ(cm)
B-1	49.7	1.40	325	3.3	7.5
B-2	50.5	1.26	285	3.0	5.0
B-3	50.2	1.27	375	3.2	9.5
B-4	50.3	1.25	330	2.8	8.0
B-5	50.2	1.25	405	3.3	8.0
C-1	50.3	1.27	383	2.0	16.5



図－4 フロー値とスランプ

表－3 より、ケース C-1 でスランプが 16.5(cm)となり、その他ケースと比べ著しく大きくなった。性状が大きく変動した浚渫土を試行的に使用したためと考えられるが、打設などの作業に悪影響はなかった。図－4 より、浚渫土のフロー値を 350±50(mm)程度とすることで、フレッシュなカルシア人工石のスランプを 8±2.5(cm)程度に調整できることが分かった。フロー値管理とすることで、バラツキの大きい浚渫土に柔軟に対応し、適切なワーカビリティを確保したフレッシュなカルシア人工石を製造可能と考えられる。製造実験の実施ケースと圧縮強度を確認した結果を図－5 に示す。カルシア人工石の強度は、強度指数で管理可能であることが明らかになっており¹⁾、今回もその知見に基づき管理することとした。具体的には強度指数を 1.25 と設定し、浚渫土への加水量に応じ投入するセメント量を調整し制御することで、全てのケースで目標とした材齢 28 日強度 9.8(MPa)以上を満足する結果となった。



図－5 現場供試体圧縮強度試験結果

5. まとめ

今回の製造実験より、浚渫土の加水調泥方法をフロー値管理とすることで、バラツキの大きい浚渫土を原料としたかごマット人工石を製造し、所定の品質を満足できることが分かった。今後も、より適切な配合（コスト減、施工性・安全性確保、浚渫土使用量増）や製造方法の検討に努めていく。

参考文献

1) 辻匠ら：浚渫土人工石の材料特性と製造技術, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.71, No.2, I-1173-1178, 2015.
2) 田中祐一ら：浚渫土固化体の製造と海域投入, 土木学会第 67 回学術講演会, VI-325, pp.649-650, 2012.