



カルシア改質土の土運船混合管理システム

※第23回国土技術開発賞（授賞式2021.9.28）の受賞技術全11件のうち、港湾関連技術をピックアップしました。

東洋建設株式会社 和田 眞郷

1. はじめに

コンテナ船やクルーズ船の大型化は近年の国際的な動向であり、これらに対応するため航路や泊地の整備が積極的に実施されている。しかし、航路や泊地の整備においては、土砂処分用地がなく、またこれらの新規造成が困難な場合が多い。そのため、浚渫土砂をカルシア改質土に改良し、浅場造成や防波堤などの強靱化のための盛土材適用など有効利用されている。カルシア改質土は、鉄鋼スラグのうち転炉系製鋼スラグを成分管理、粒度調整したカルシア改質材と航路浚渫や泊地浚渫で発生した土砂（以下；浚渫土砂と呼ぶ）を混合したもので、高含水比でシルト・粘土などの細粒分を多く含む浚渫土砂とカルシウムなどの水和固化成分を含むカルシア改質材を混合することにより、浚渫土砂の含水比低減や粒度改善、水中投入時における濁り低減、材齢時間とともに増加する強度発現性、赤潮や青潮に対する底質浄化機能など、さまざまな効能を有した土砂に改善される。カルシア改質土工法は、カルシア改質土研究会（当社他7社）が所有する特許工法である。

2. システムの概要

カルシア改質土の混合方法として、連続式ミキサー混合工法、管中混合工法、バックホウ混合工法、落下混合工法等があげられ、「カルシア改質土の土運船混合管理システム」は、そのうちのバックホウ混合工法に着目したものである。当工法は、土運船泥倉内に投入された浚渫土にカルシア改質材を投入し、バックホウにて均一になるまで攪拌混合する工法で、これまでバックホウによる混合攪拌や攪拌時間は、作業指示者やオペレーターの判断で行われており、未改良部分の発生や混合不足等が生じる可能性があり、改質土のばらつきや攪拌時間が長くなる等の課題があった。

本システムは、短時間で土運船の土砂を均一に混ぜることを目的として、図1に示すようにバックホウに「マシンガイダンスシステム（GNSS2ヶ所、チルトセンサをアーム2ヶ所）」を装備してICT化し、泥倉内を複数のブロックに分割し、バケット刃先の位置と混合残時間の履歴をモニター上にブロック毎に色別表示して泥倉内全体を均質に混合できるシステムである。例えば泥倉全体を60分混合する場合、泥倉を20ブロックに

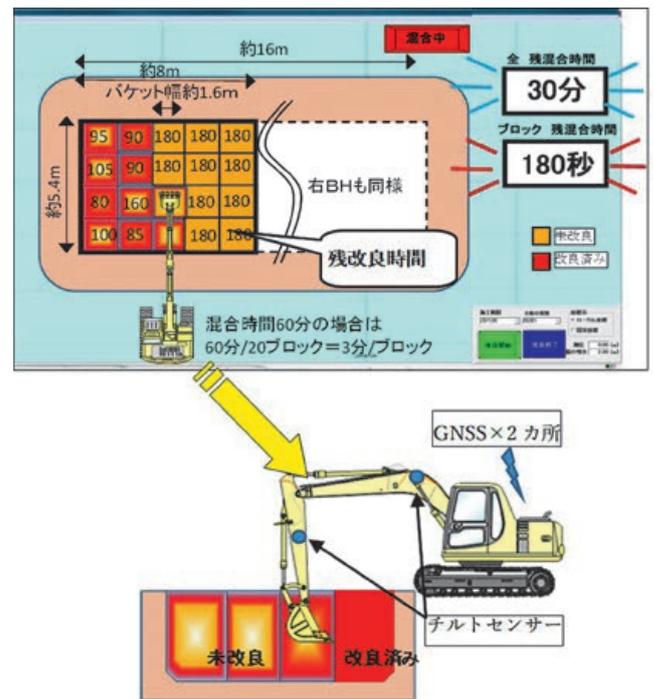


図1 カルシア改質土の土運船混合管理システム概要図

分割した場合、60分/20ブロック=180秒/ブロックで管理する。オペレーターはモニター上でバケット位置を確認しながら、未混合の黄色から混合済みの赤に変わるまで「可視化」によって混合状況を把握でき、オペレーターの技量やヒューマンエラーによる未改良部分や混合不足等が生じず、混合時間や改良部と未改良部を確実に管理でき、施工の効率化が期待できる。また混合時間短縮、混合品質一様化をより確実にするため、一連の施工手順の見直しを行い、カルシア混合前の浚渫土の解泥や、カルシア投入について、段階的投入・事前混合などのプロセスを追加した。

3. 適用事例

当システムを函館港若松地区-10m泊地浚渫工事に適用した。当工事は、函館港若松地区の泊地を浚渫し、浚渫土を積み込んだ土運船にカルシア改質材を投入後、バックホウにより攪拌・混合を行い、西防波堤背後の盛土を施工するものである。カルシア改質土の設計基準強度は、25kN/m²（室内配合強度66kN/m²）と設定され、当初の浚渫土に対するカルシア改質

材の容積混合率は20%と予定されていた。室内配合試験の結果から、浚渫土の含水比が1.1 ω L (ω L:液性限界)を超過する場合は目標室内強度を満足しなかったため容積混合率は30%が必要となった。容積混合率30%の場合、コストが高くなること、改質土容量が増加し浚渫土の処分量が減少すること、発現強度には十分な余裕があることなどから、種々の条件で行った室内配合試験結果から浚渫土の含水比に応じて容積混合率を低減させることでコスト縮減、浚渫土の処分量の確保を図ることとした。容積混合率を低減させつつ要求品質を満足させるため、一様で確実なカルシア改質土の混合が必要であった。

バックホウ混合工法における当システム導入前の試験施工において、土運船内にカルシア改質材を投入後、混合時間毎(30、60、90、120分)に土運船内6箇所から試料を採取して湿潤密度を計測し、カルシア改良土の密度のばらつきが収束する混合時間を調査した。図2は、試験施工における混合時間と湿潤密度の関係を示したもので、湿潤密度データのばらつきは、混合時間の経過とともに小さくなり、混合時間90分でばらつきの収束を確認し、施工における混合時間を90分に設定した。

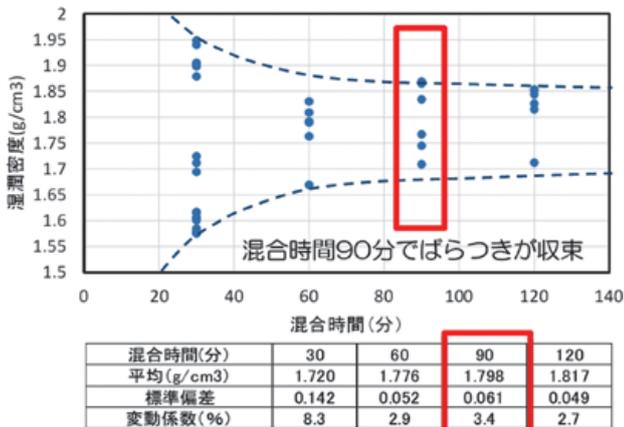


図2 改良時間と湿潤密度の関係(システム適用前)

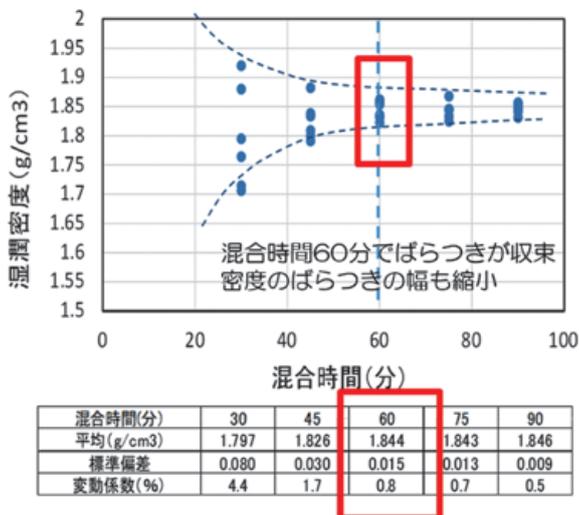


図3 改良時間と湿潤密度の関係(システム適用後)

当システムを導入後、同様にカルシア改質土の湿潤密度の混合時間毎(30、45、60、75、90分)の変化を計測したところ、図3に示す混合時間と湿潤密度の関係が得られ、湿潤密度のばらつきはシステム適用前と比べて小さく、混合時間も30分短い60分でばらつきが収束する結果であり、土運船混合管理システムの有効性を確認し、施工効率の向上が図れた。さらに湿潤密度のばらつきも低減できることから、含水比に応じたカルシア改質材の容積混合率を含水比に応じて変化させても改良品質を高いレベルで維持することができることを確認した。写真1に土運船混合状況およびシステム運用状況を示す。

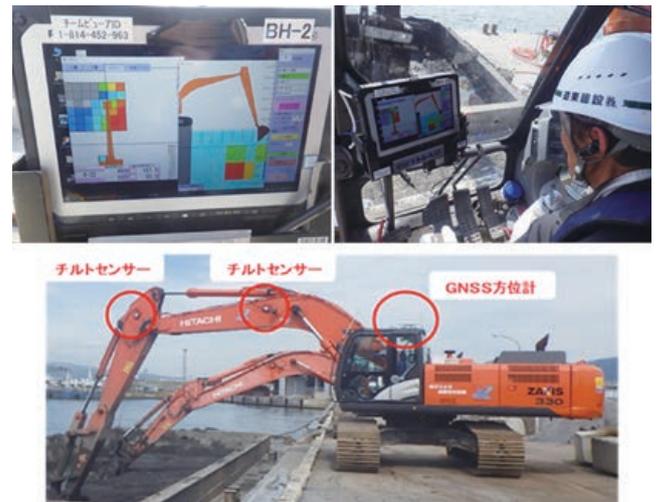


写真1 土運船混合状況およびシステム運用状況

カルシア改質土の品質管理として、混合完了後土運船毎に湿潤密度及びフロー値を測定し基準値内であることを確認した。また、1日1回供試体を採取し標準養生(20°C)を行い実施した一軸圧縮試験(σ 7、 σ 14、 σ 28)による強度確認では、全89件体を実施し78件体が室内配合強度を上回り、11件体(12.4%)が不良であった。当初室内配合強度には25%の不良率が考慮されていたことから、設定値内であったと評価でき、当システムの導入で混合品質も良好であることを確認した。本施工では、目標強度を満足する最も経済的な容積混合率での施工が要求事項であったが、結果として、不良率が25%までの設定内で12.4%の不良で収まり、非常に経済的な容積混合率にて施工を行い、浚渫土の処分量も確保できた。

4. おわりに

「カルシア改質土の土運船混合管理システム」の導入により、オペレータの熟度によらず安定した品質のカルシア改良土を製造することができるようになった。熟練技術者の高齢化に対応したICT技術による熟練技術の継承に役立ち、生産性向上の一助となればと思っている。

最後に本システムの開発および施工に関係された多くの方々に謝意を表します。