

盛土材料の全量品質管理技術の開発 —セメント改良土盛土への適用事例—

鹿島建設(株) 正会員 ○米丸佳克 坂本 諭 岡本道孝 藤崎勝利 間中弘之 武井 昭

1. はじめに

(株) 富山環境開発が建設中の平等処分場は管理型の最終処分場であり、セメント改良土を用いて施設法面を造成する計画である。法面の安定性確保のため、セメント改良土には設計強度として 500kN/m^2 の一軸圧縮強さ q_u が求められている。当工事では、セメント改良土の大量製造 ($180\text{m}^3/\text{h}$) を目的として、台形CSGダムの建設などで実績のあるSPミキサ¹⁾を導入した。セメント改良土の品質確保のためには、母材の含水比変動に応じて給水量を調節することや、母材の粒度が事前に実施したモデル施工時から大きく変動していないことを確認することが重要である。従来のセメント改良土の製造管理では、定時または定量間隔での抜き取り方式による試験（含水比：炉乾燥法等、粒度：粒度試験）が行われてきた。これに対し、当工事ではセメント改良土製造中の母材品質の全量管理を目的として、含水比の変動傾向を監視測定する「近赤外線水分計¹⁾」ならびに粒度の変動傾向を監視測定する「AI画像粒度モニタリング²⁾」を使用し、セメント改良土の品質確保に取り組んでいる。本報では当工事におけるこれらのシステムを用いた母材品質の全量管理システムの考え方を紹介する。

2. 製造設備

2.1 設備概要

図-1 に当工事で導入したセメント改良土の製造設備の概要を示す。前述した近赤外線水分計やAI画像粒度モニタリングは、母材投入ホッパーの底部から母材を引き出すベルトフィーダ上に設置されており、母材全量を対象として含水比と粒度を測定する仕組みとなっている。

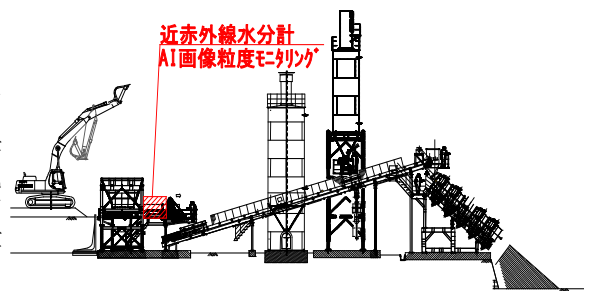


図-1 セメント改良土製造設備

2.2 近赤外線水分計による含水比の全量管理

近赤外線水分計は、含水比（水分量）と高い相関性を持つ近赤外光を測定試料に照射し、水分に吸光される近赤外線の色合い（吸光度）から予め設定した相関式を介して含水比を評価する装置である。当工事の設備では、この装置を用いてベルトフィーダ上の母材の含水比を3秒ごとに測定している。

2.3 AI画像粒度モニタリングによる粒度の全量管理

当システムは、台形CSGダムにおけるCSG材の粒度変動監視を目的として開発した画像粒度モニタリング³⁾と同様の原理で対象材料の粒度を評価するものである。機械学習させたAIに粒子形状を認識させるため、従来のシステムが必要としていた付帯装置（フラッシュなど）が不要となり、測定装置が大幅に簡略化された。これによってベルトフィーダ上への測定装置の設置が可能となり、ベルトフィーダで輸送される母材全量を対象とした粒度のモニタリングが可能となった。このシステムを用い、セメント改良土の製造中に150, 75, 37.5, 19mmの4粒径の通過質量百分率を測定している。測定間隔はセメント改良土の製造速度に応じて変更でき、最速で2秒まで短縮できる。

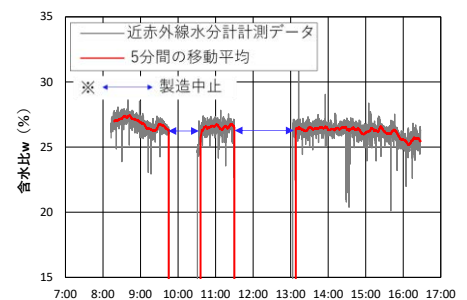


図-2 含水比の連続測定記録例

3. セメント改良土製造時の含水比測定記録と粒度測定記録

3.1 含水比測定記録

事前試験によって近赤外線水分計とJIS法で測定された含水比の比較を行い、近赤外線水分計の精度を確認した。図-2に含水比の連続測定記録例を示す。時折大きな変動も見られるが、5分間の移動平均値の変動幅は

キーワード：セメント改良土、品質管理、粒度、含水比

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

概ね±1%の範囲で推移していることが分かる。なお、当設備では5分間の移動平均値をもとに給水量を自動制御することができる。

3.2 粒度測定記録

図-3にAI画像粒度モニタリング解析結果（以下、AI法とする）を示す。AI法による測定の結果、通過質量百分率は37.5mm粒径の変動幅が最も大きく、1時間の間に±10%の変動幅を示した。このように粒度を全量測定した事例は過去にない、膨大なデータの取り扱いや有効利用は今後の課題だが、当現場ではこの結果を参考に細粒側、粗粒側に調整した母材を用いて配合試験を行い、セメント添加量や給水量の妥当性を検証することで、品質確保に向けたPDCAを実践している。図-4にAI法から得られた最大粒径の経時変化を示す。設備の試運転段階（図中白抜き）では、150mm以上の大径岩塊が時折混入することが確認された。大径岩塊の混入によってセメント改良土の品質が低下する可能性があるため、ホッパーに投入する前の母材上で21t級ブルドーザを走行させて大径岩塊を破砕させることとした。その結果、母材の最大粒径は概ね80~120mmの範囲で安定するようになった。

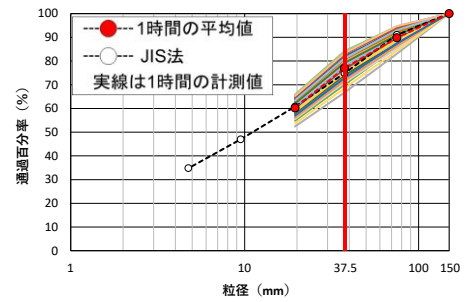


図-3 JIS法との比較

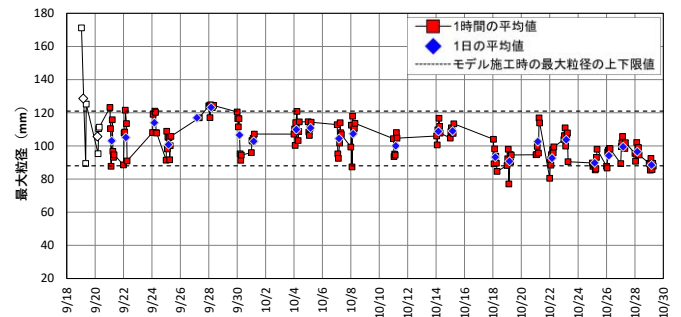


図-4 最大粒径の連続測定記録例

4. セメント改良土施工当日の品質管理および施工の合理化

母材品質の全量管理システムを日常の品質管理に導入した当現場の施工・品質管理フローを図-5に示す。本報で紹介した母材品質の全量管理によって、品質変動に応じた給水量の調整および迅速な粒度変動対策の実施が可能となった。さらに、セメント改良土製造時の計量管理に加え、マシンガイド付きブルドーザを用いた敷均し厚管理システムと振動ローラーの転圧回数管理システムを用いることでセメント改良土に付与する締固めエネルギーの管理も行っている。これらの一連の品質・施工管理によって、セメント改良土の品質確保に努めている。また、製造、施工、品質データは、クラウドサーバ上で製造設備の制御室、工事事務所、社内関連部署間でリアルタイムに共有しており、複数の立場からの品質管理も実現している。

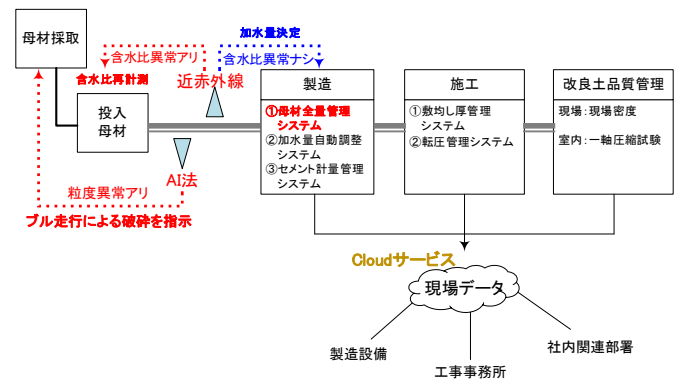


図-5 施工・品質管理フロー

5. おわりに

セメント改良土の施工では、抜き取り方式による母材の品質（含水比・粒度）管理と強度管理が一般的である。特に改良土の強度については、一定材齢を経過しないと結果が判明しないため、品質管理と称しつつも事後の「品質確認」とならざるを得ない。当工事では、セメント改良土の品質確保を目的として、その製造設備に「近赤外線水分計」、「AI画像粒度モニタリング」を用いた新しい母材品質の全量管理およびICT建機を用いた施工管理を実施している。これらの品質管理、施工管理の合理化により、設計強度を満足したばらつきのない少ないセメント改良土盛土の造成が可能となった。当システムはダムや一般土工への適用も可能であり、今後の土工事の発展に大きく寄与するものと考えられる。本工事で製造したセメント改良土の品質確認結果については、次回報告したい。

参考文献

- 1) 青野ら：連続型ミキサによる土砂混合設備—SPミキサー，地盤工学会誌，Vol.63，No.10，pp.42-43，2015。
- 2) 坂本ら：AI画像粒度モニタリングの現場適用事例，土木学会第77回年次学術講演集，2022。（投稿中）
- 3) 田中ら：土工事におけるリアルタイム材料管理の実現に向けた取り組み—画像粒度モニタリングの試行—，土木学会第74回年次学術講演集，VI-1068，2019。