CSG 品質管理システムの運用状況についての報告
―その１：画像処理による粒度推定技術の運用状況に関する報告―

前田建設工業株式会社　正会員　○田中 麻穂　國井 聡
前田建設工業株式会社　正会員　笹倉 伸晃　安井 利彰
（一財）ダム技術センター　正会員　安田 成夫

１．はじめに

近年普及が進んでいる CSG 工法は，CSG の高速大量製造による急速施工が可能という利点がある．施工初期における CSG の品質管理は，表面水量の変動が所定の範囲内に収まることを条件として，材料に対して 1 時間に 1 回の頻度で粒度及び含水率を測定し CSG 材の品質に大幅な変動がないかを確認する．そのため，高速大量製造を実施する際には CSG 材の品質をよりきめ細やかに管理し，構築する CSG 構造物の品質を確保することが重要である．また，CSG 工法は，最新技術を積極的に適用した品質管理合理化への取組みが求められており [1)]，高速大量製造実現に向けて品質管理の自動化を図ることができれば，現行の人力による品質管理方法の省力化（合理化）にも繋がる．そこで，著者らは，品質管理の自動化が可能な『CSG 品質管理システム』[1)]を開発し，当社が CSG の製造を担当している『平成 27 年度［第 27－K5601－01 号］浜松市沿岸域津波対策施設等整備事業（海岸）工事（舞阪工区 CSG 製造工)』（静岡県発注）において試験的に導入し，高速大量製造に向けたシステムの構築を図っている．

本報は，開発した品質管理プラントが備える 3 つの機構（①画像処理を用いて CSG 材の粒度を推定する機構, ②既製品のマイクロ波水分計を用いて CSG 材および砂の含水率を連続的に測定する機構, ③推定した CSG 材の粒度と測定した含水率に基づき，CSG 材の表面水量を算出する機構）のうち，①画像処理を用いて CSG 材の粒度を推定する機構の運用状況について報告する．

２．粒度推定方法の改善

開発した品質管理システムは, 平成 28 年 3 月から現行の日常管理試験と並行して試験運用を実施している．品質管理プラントを導入して間もない期間は, 室内試験及びプラント導入時の検証試験で確認した目標推定精度（推定誤差 5%）を満足できておらず，CSG 材が高含水率の場合に団粒化による影響を十分評価できなかったことが原因と考えられた．そこで，団粒化の影響を最も受けやすい 5mm 未満の粒径区分（$D_{max}5$）に着目した．7 月から約 1 ヶ月間の運用状況を図-1 に示す．図-1 は，現行法の日常管理試験（ふるい試験）から得られた $D_{max}5$ の通過質量百分率と，それに対応して品質管理システム（画像処理）により得られた $D_{max}5$ の通過質量百分率の関係を示している．図より，品質管理システムで得られた値が現行法の値を十分に再現できていないことがわかる．ただし, 著者らは, CSG 材の含水率が高く団粒化が生じやすい場合であっても，含水率に閾値を設けて粒度推定式を分けることで粒度推定精度を向上させる方法を提案している [2)]．しかしながら，閾値の判別が難しい場合や，2 パターンの粒度推定式では十分な精度が得られない場合があることがわかった．そこで，含水率の閾値を設定しなくても，団粒化の影響を考慮して粒度推定ができる方法について検討した．まず，団粒化は水分を含んだ細粒分同士が膠着することに

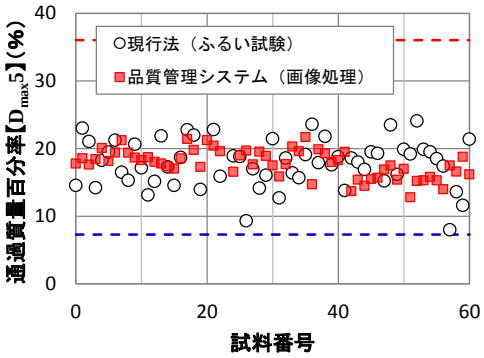

図-1　運用状況（平成 28 年 7 月）

キーワード　画像処理，品質管理，CSG，生産性向上
連絡先　〒179-8914　東京都練馬区旭町１丁目３９番１６号 前田建設工業株式会社　ＴＥＬ03-3977-2242

よって生じる現象であるため，区分 $D_{max}5$ に着目した．まず，1 ケースあたりの全撮像画像から認識できる土粒子 1 粒の平均面積と電子レンジ法により求めた $D_{max}5$ の土粒子数の関係を求めた（図-2）．図-2 より，含水率が高いほど団粒化の影響により平均面積が大きく評価されていると考えられる．その結果，団粒化の影響をより詳しく粒度推定式に反映するために，回帰式の説明変数を短径，合計投影面積から平均面積，面積率，合計投影面積と変更し，品質管理システムによって粒度推定を実施した．なお，この関係を用いることによって $D_{max}5$ の含水率を画像処理で得られる情報から推定することも可能であり，本報告その 2[3] において表面水量の算出に適用している．

3．運用状況についての報告

平成 29 年 1 月から約 1 ヶ月間の運用状況を図-3 に示す．図-3 は，図-1 と同様に現行法の日常管理試験（ふるい試験）から得られた $D_{max}5$ の通過質量百分率と，それに対応して品質管理システム（画像処理）によって得られた $D_{max}5$ の通過質量百分率を示している．また，検証時の目標推定誤差として区分毎の $2\sigma+\mu$（95%信頼区間）の値を表-1 に示す．図-3 より，図-1 に比べて推定精度が向上していることがわかる．また，表-1 より，$D_{max}80$ 以外は $2\sigma+\mu$ が 5%以内に収まっており，比較的良い推定精度が得られていると考えられる．$D_{max}80$ の推定誤差が他区分より大きいのは，80～40mm の土粒子は粗粒材であるため団粒化の影響が少なく，改良効果が小さかったためであると考えられる．次に，本品質管理システムは，粒度の変動傾向を把握できているかについて検討した．図-4 に $D_{max}5$ の通過質量百分率の変動量の傾向を示す．変動量とは，通過質量百分率の 1 時間ごとの差を示している．画像処理の変動量は，推定精度が影響するため現行法の変動量まで完全に評価できているわけではないが，変動の傾向は把握できていると考えられる．

4．まとめ

本研究では，品質管理システムの試験運用を実施しており，試験運用を通じて画像処理を用いた粒度推定技術の精度向上を図ることができた．現在では，比較的精度良く粒度推定を実施できることを確認しており，変動傾向も概ね評価できていると考えられる．今後，推定精度の向上を図るとともに運用方法について検討し，提案していく所存である．

参考文献 1）田中ら：CSG 材料の品質管理合理化技術の開発，土木建設技術発表会 2015 概要集，Ⅲ-9，2015，2）國井ら：品質管理システムの運用状況についての報告，土木学会年次学術講演会講演概要集，2017（投稿中），3）台形 CSG ダム　施工・品質管理技術資料(平成 19 年 9 月)

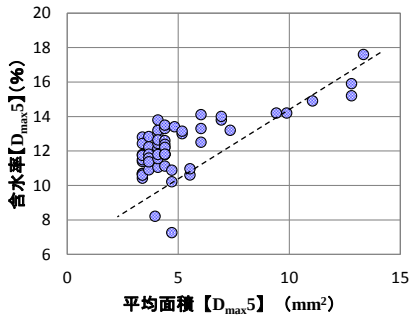

図-2　含水率～土粒子数関係【$D_{max}5$】

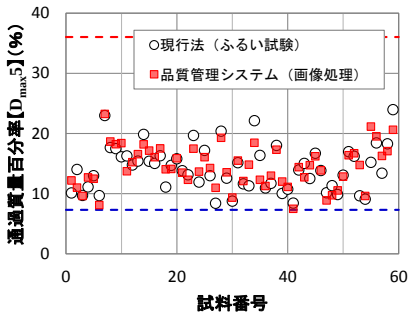

図-3　運用状況（平成 29 年 1 月）

表-1　推定誤差

区分	平均 (%)	標準偏差 (%)	2σ+μ (%)
$D_{max}80$	0.0	3.8	7.6
$D_{max}40$	0.0	2.6	5.1
$D_{max}20$	0.0	1.9	3.8
$D_{max}10$	0.0	1.1	2.2
$D_{max}5$	0.0	2.2	4.3

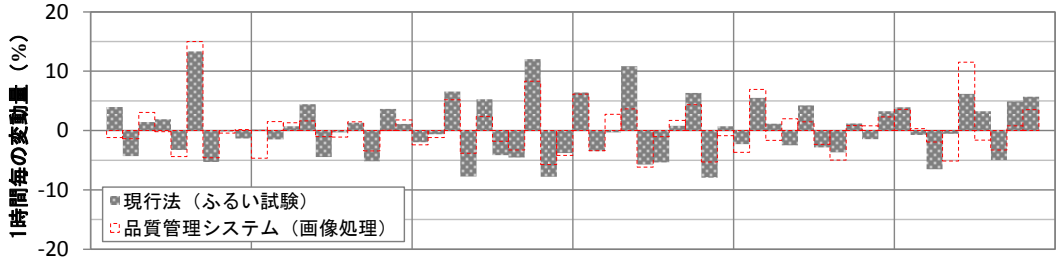

図-4　通過質量百分率の 1 時間毎の変動量【$D_{max}5$】