

## CSG 品質管理システムの運用状況についての報告

## —その2：表面水量の算出方法に関する検討—

前田建設工業株式会社 正会員 ○國井 聡 田中 麻穂  
 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 工法には、材料の高速大量製造が可能という利点がある。通常は、1 時間に 1 回の頻度で CSG 材の粒度と含水率を管理し表面水量を算出することより単位水量管理を行っている。高速大量製造を行うにあたっては、構築する構造物の品質を確保するために単位水量管理は重要な管理項目である。これまでに CSG 材の品質を連続的に監視できる品質管理システムの開発を進めてきたが<sup>1)</sup>、得られた結果を単位水量管理に反映することによって品質管理システムの更なる改善を目指している。本報では、現在開発中の品質管理システムによって算出した表面水量と現行法によって算出した表面水量を比較し、本システムの実用性について検討を行った。本システムは画像処理による粒度推定及びマイクロ波水分計による含水率計測を用いて全体の表面水量得算出を目指すものである。

## 2. 検討条件

静岡県が浜松市沿岸域で CSG 工法による防潮堤整備を進めており、その中で当社が 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）』の現場において、品質管理システムを導入し試験運用を実施している。ここでは、システムの稼働は 1 時間に 1 回とし、現行法の品質管理結果と対応させて実用性を検討する。本 CSG 製造工事における現行の表面水量の算出方法について以下に述べる。粒度はふるい試験（簡易法）にて管理する。一方、含水率は一般的に粗粒分は低く、細粒分は高くなる傾向があり、粗粒分の含水率以上に細粒分の含水率が表面水量に与える影響は大きいと考えられる。そこで、土粒子の粒径が 80～40mm の区分 ( $D_{\max 80}$ )、40～20mm の区分 ( $D_{\max 40}$ )、20～10mm の区分 ( $D_{\max 20}$ ) においては比較的表面水量への影響が少ないと考え、施工前日までに炉乾燥法による含水率試験で求めた値を適用し、10～5mm の区分 ( $D_{\max 10}$ )、5mm 未満の区分 ( $D_{\max 5}$ ) については現行法の品質管理試験の結果、つまり電子レンジ法で求めた含水率を適用して表面水量を算出している。表-1 に検討ケースの一覧を示す。CASE1 は現行法である。CASE2 では、粒度は画像処理による推定、含水率は  $D_{\max 80}$ 、 $D_{\max 40}$ 、 $D_{\max 20}$  については CASE1 の方法を踏襲し、 $D_{\max 10}$  及び  $D_{\max 5}$  についてはマイクロ波水分計で求めた含水率を適用した。ただし、マイクロ波水分計では対象試料の全粒径での含水率しか評価できないため、区分毎の粒度等を考慮して重み付けすることにより、10mm 未満の合成含水率を算出した。

CASE3 では、粒度は画像処理による推定、一方、含水率については画像処理によって得られた  $D_{\max 5}$  の平均面積と電子レンジ法による  $D_{\max 5}$  の含水率との関係<sup>2)</sup>を用いて  $D_{\max 5}$  の含水率を求めた。 $D_{\max 10}$  の含水率は、その他の区分の含水率や粒度を考慮して CASE2 と同様の方法で算出した。

表-1 検討ケース一覧

| CASE  | 方法       | 粒度    | 含水率<br>$D_{\max 10}$ | 含水率<br>$D_{\max 5}$ |
|-------|----------|-------|----------------------|---------------------|
| CASE1 | 現行法      | ふるい試験 | 電子レンジ法               | 電子レンジ法              |
| CASE2 | 品質管理システム | 画像処理  | マイクロ波水分計             |                     |
| CASE3 | 品質管理システム | 画像処理  | マイクロ波水分計             | 画像処理                |

キーワード 画像処理, 水分計, 品質管理, CSG

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1 丁目 3 9 番 1 6 号 前田建設工業株式会社 TEL 03-3977-2242

### 3. 検討結果

CSG 材は算出した表面水量に応じて、単位水量が所定の範囲に収まるように給水調整を行う。そのため、単位水量が所定範囲の最低値以下を満足するように表面水量を管理している。

まず、CASE1 と CASE2 を比較することによって、CASE2 の表面水量の算出方法について実用性を検討する。それぞれの算出結果を図-1 に示す。CASE1 に対して、品質管理システムを用いた CASE2 は概ね同様の傾向を示している。さらに、表面水量の相対誤差 (CASE1 - CASE2) を図-2 に示す。CASE2 の相対誤差 (95%信頼区間:  $\mu \pm 2\sigma$ ) は  $14.4\text{kg/m}^3$  であった。

次に、CASE1 と CASE3 の算出結果を図-3、相対誤差を図-4 に示す。CASE2 と同様で現行法の CASE1 と比較して大きな誤差は生じていない。この場合、CASE3 の相対誤差 (95%信頼区間:  $\mu \pm 2\sigma$ ) は  $13.5\text{kg/m}^3$  であった。D<sub>max</sub>5 の含水率を画像処理結果から求めた CASE3 の方が、僅かに良い精度が得られる結果となった。CASE2 及び CASE3 はどちらも品質管理システムを適用した表面水量の算出方法であるが、本検討に用いているデータ数が少ないこともあり、試験運用データを蓄積し、材料特性も含め継続して検討を続ける必要があると考えられる。また、表面水量の算出精度には品質管理システムの要素技術の精度が大きく関係しており、算出方法の検討とともに要素技術の精度向上を図る。また、本検討によって、品質管理システムにより CSG 材の表面水量を自動で算出し単位水量管理できる可能性が示唆された。

### 4. まとめ

本研究では、現行法と品質管理システムによって算出した CSG 材の表面水量とを比較し、本システムの実用性について検討を行った。品質管理システムにより D<sub>max</sub>5 の含水率を 2 種類の方法 (CASE2: マイクロ波水分計, CASE3: 画像処理) で推定し CSG 材の表面水量を算出した。算出精度には、品質管理システムの要素技術の精度が大きく影響している。そのため、要素技術である画像処理による粒度推定及びマイクロ波水分計による含水率計測の精度向上が求められる。品質管理システムを用いることで、従来法よりも高頻度で粒度及び含水率の管理が可能となり、材料品質に応じて迅速な CSG 材の給水調整ができる。今後、表面水量の算出精度の向上を図るとともに運用方法についても検討する。

#### 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) 田中ら: 品質管理システムの運用状況についての報告—その 1, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 2017 (投稿中)

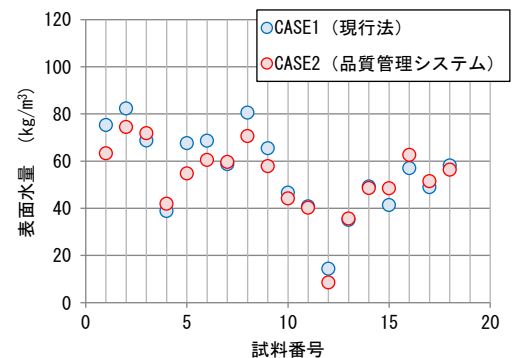


図-1 表面水量算出方法の比較

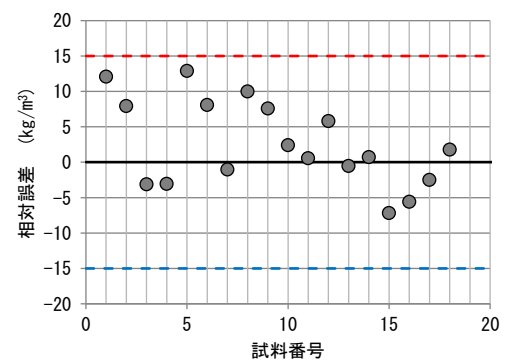


図-2 相対誤差の確認

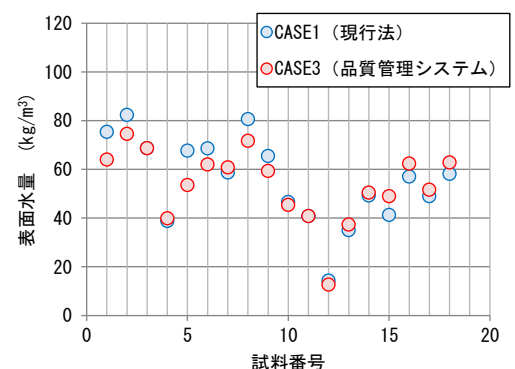


図-3 表面水量算出方法の比較

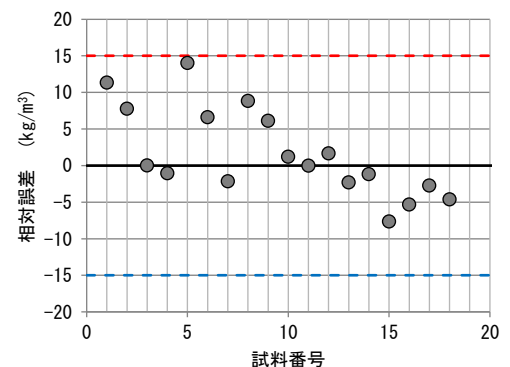


図-4 相対誤差の確認