

軽質炭酸カルシウムの表面乾燥飽和状態評価およびモルタル性状に及ぼす影響

—GI 基金事業『CUCO』開発成果—

(株)フローリック 正会員 ○根岸 稔 Rosyad Mohammad 西 祐宜 非会員 安田 玲子
鹿島建設(株) 正会員 向 俊成 取違 剛 閑田 徹志

1. はじめに

日本では 2050 年までに脱炭素化社会の実現，カーボンニュートラルに向けた取り組みが各産業で行われている．建設分野では，CO₂ 排出量をマイナスにするカーボンネガティブコンクリートに関する研究・開発が盛んに進められている．このような中，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に 2 兆円規模の「グリーンイノベーション（GI）基金」が造成され，「CUCO（Carbon Utilized Concrete）」等の研究開発を進めている¹⁾．近年，ボイラー排ガス中の CO₂ とコンクリートスラッジから生成した軽質炭酸カルシウム（以下，EC とする）の使用が注目されている．EC は石灰石微粉末に比べ，ブレーン値は同程度であるものの空隙が多く BET 比表面積が大きくなることが報告されている²⁾．炭酸カルシウムを主成分とする石灰石微粉末については，高流動コンクリートでの利用や水和熱抑制のための利用等が多く，軽質炭酸カルシウムに関する研究は殆ど見られない．軽質炭酸カルシウムは重質炭酸カルシウムよりも水中で凝集しやすいことも報告されている³⁾．コンクリート製造時に EC が練混ぜ水を吸水，あるいはフロックを形成して保水することで，所用の流動性を得るために必要な混和剤使用量が増大する可能性がある．そこで，含水率調整した EC を用いて表面乾燥飽和状態（以下，表乾状態）の評価を行い，さらに EC の含水率補正によるモルタルの流動性に及ぼす影響について検討した．

2. EC の表面乾燥状態に関する評価

2-1 実験概要

EC は数十 μm の粒子であるため，細骨材と同様にフローコーンを用いた表乾状態の判定が困難である．また，粉末状粒子の表乾状態に関する判定方法については規格化されていない．そこで，川村ら³⁾が提案している含水率調整した試料を用いて，任意の温湿度環境下におけるサンプルの乾燥速度および乾燥加速度から表乾状態を評価する手法にて EC の表乾状態を判断した．これは，一定乾燥条件下において，試料表面に付着した水（付着水）は乾燥速度が一定となり，気乾状態では乾燥速度が徐々に遅くなる特性を基に，試料の含水率と乾燥加速度曲線の関係から乾燥加速度曲線の変曲点となる含水状態を表乾状態と判断する手法である．

本試験では，約 190×140mm のパッドに予め含水率 30% に調整した EC を 100g 程度薄く広げ，40℃40%RH の恒温恒湿槽で静置し，任意の間隔で質量を測定することで乾燥速度および乾燥加速度を算出した．以下に，乾燥速度(V; g/cm²・hr) 及び乾燥加速度(G; g/cm²・hr²)の算出式⁴⁾を示す．

$$V = \{(m_i - m_{(i+\alpha)})/A\} / \{1/(h_i - h_{(i+\alpha)})\} \quad \text{式(1)}$$

m_i : h_i 時における試料の質量(g)

$m_{(i+\alpha)}$: $h_{(i+\alpha)}$ 時における試料の質量(g)

α : 通常，土の場合は 1 時間，砂の場合は 1/6 時間

A : 試料の断面積（蒸発面積）(cm²)

$$G = (V_i - V_{(i+\alpha)}) / \alpha \quad \text{式(2)}$$

V_i : h_i 時における乾燥速度(g/cm²・hr)

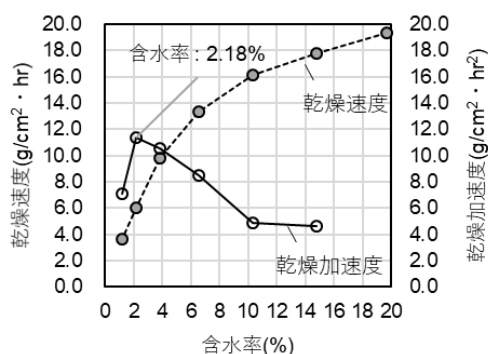


図1 含水率と乾燥速度，乾燥加速度の関係

キーワード CUCO, CCU 材料，軽質炭酸カルシウム，表面乾燥飽和状態，含水率，流動性

連絡先 〒170-0013 東京都豊島区東池袋 1-10-1 住友池袋駅前ビル 5 階

(株)フローリック 技術本部 技術部 TEL03-5960-6911

$V_{(i+\alpha)} : h_{(i+\alpha)}$ 時における乾燥速度($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{hr}$)

2-2 実験結果および考察

図1に含水率と乾燥速度、乾燥加速度の関係を示す。含水率20%から10%程度まではほぼ一定の乾燥加速度となった。含水率10%程度から2%程度の範囲では乾燥加速度が急激に増加し、乾燥速度は遅くなった。含水率2.18%で乾燥加速度曲線の変曲点となったことから、ECの表乾状態における含水率を2.18%と判断した。

3. 含水率調整したECを使用したモルタル試験

3-1 実験概要

表-1にモルタル試験の要因と水準を示す。W/C=30%とし、セメントは普通ポルトランドセメント ($\rho=3.16\text{g}/\text{cm}^3$)、細骨材は静岡県掛川産山砂 (表乾密度= $2.59\text{g}/\text{cm}^3$, F.M.=2.61) を使用し、細骨材は39.3vol.%固定とした。EC ($\rho=2.46\text{g}/\text{cm}^3$, 水分量=3.8%) は表1に示すように5水準の含水率に調整した。混和剤はポリカルボン酸系化合物を主成分である。基準配合として、コンクリート配合における単位水量 $175\text{kg}/\text{m}^3$ および $165\text{kg}/\text{m}^3$ 、含水率3.8%を補正した配合にて目標ミンスランプフロー (MSL) 300mm となる混和剤添加率を検討した。さらに、前述したECを使用した配合で目標MSFとなる混和剤添加率にて、含水率0.0%, 1.2%, 2.2%, 10.0%のECを使用し、基準とした3.8%含水率との差分を補正したモルタルの流動性を検討した。

3-2 実験結果および考察

図2にECの使用有無によるMSF=300mmとなる混和剤添加率、25cm到達時間を示す。単位水量 $175\text{kg}/\text{m}^3$ 、EC無に比べ、単位水量 $165\text{kg}/\text{m}^3$ でECを使用すると混和剤添加率は大幅に増加した。また、ECの使用により25cm到達時間が遅くなったことから、粘性が付与されることが確認された。図3にEC含水率とMSFの関係を示す。MSFに含水率による差は見られなかったことから、ECの含水状態にかかわらず含水率 (表面水率) 補正をすれば、同程度のモルタル性状となることが確認された。

4. まとめ

ECの使用によりモルタルの流動性に影響を及ぼす可能性があることから、EC含水率-乾燥加速度曲線から得られた変曲点の含水率をECの表乾状態として評価し、モルタル試験にてECの使用により目標MSFとなる混和剤添加率が増加し、粘性が付与されることを確認した。また、ECの含水状態が変動しても、細骨材と同様に表面水率 (含水率) の補正により同等の流動性が得られた。ただし、混和剤添加率の低減は見込めない結果となった。

謝辞：本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP21014) を受け、革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技术及び評価技術の開発で得られた成果である。

参考文献

1)取達剛, 森泰一郎, 小島正朗：コンクリートの材料・施工技术および品質評価技術の開発ーCUCO (Carbon Utilized Concrete) によるカーボンニュートラル社会の実現へー, コンクリートテクノ, Vol.42, No.1, pp.58-64, 2023
2)八木利之, 佐々木猛ら：コンクリートスラッジから生成した軽質炭酸カルシウム微粉末の諸物性, 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会, V-520
3)荒川正文：分散・凝集と私(1), J. Soc. Powder Technol., Japan, 36, pp.130-136, 1999
4)川村政史, 笠井芳夫：粘性土と砂の混合土の見掛けの表乾状態と吸水率試験方法, コンクリート工学論文集, 第8巻第1号, pp.205-214, 1997.1

表1 要因と水準

要因	水準	
W/C [%]	30	
S [vol.%]	39.3	
コンクリート配合における単位水量[kg/m^3]	175	165
EC [vol.%]	0	3.5
EC 含水率 [wt.%]	-	0.0, 1.2, 2.2, 3.8, 10.0

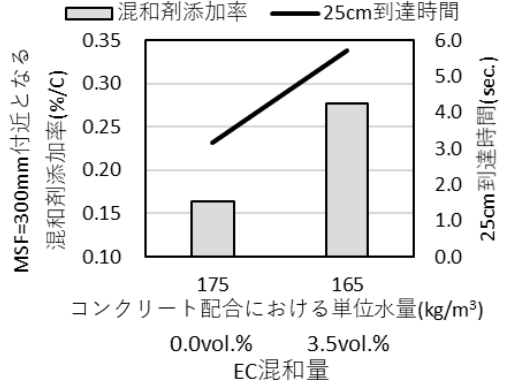


図2 EC使用有無によるMSF=300mmとなる混和剤添加率, 25cm到達時間

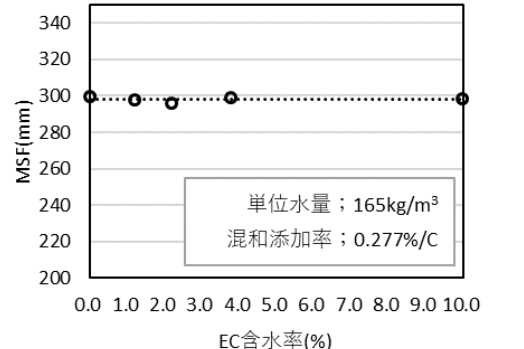


図3 EC含水率とMSFの関係