

## 石炭ガス化スラグ細骨材を用いたコンクリートの物質移動抵抗性の検討（2）

## － 水分移動速度係数に関する一考察 －

東京電力ホールディングス ○ 正会員 松浦忠孝  
正会員 小林保之

## 1. はじめに

石炭ガス化スラグ細骨材（以下、CGS という）の普及に向け、現在、CGS を用いたコンクリートの標準化に資する様々な研究が展開されている。CGS は新しい材料であるため、まだ明らかになっていない物性も多く、安心して利用するためにはこれらの解明が急務である。

本研究では、CGS コンクリートの鋼材腐食に対する耐久性指標の一つとして、短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数の評価を行った。

## 2. 使用材料

試験に使用した CGS の品質試験結果を表-1 に示す。常磐共同火力勿来発電所産の CGS で、密度はやや重く、吸水率が極めて小さいことが特徴である。化学成分は  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$  を主成分とし、骨材に含まれるアルカリ成分は  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  で 1.82% である。供試体作製に使用したセメント C は普通ポルトランドセメント（密度  $3.16 \text{ g/cm}^3$ ）、細骨材 S は山砂と碎石の混合砂（表乾密度  $2.64 \text{ g/cm}^3$ 、吸水率 1.11%、粗粒率 2.44）、粗骨材 G は石灰石碎石（最大寸法 20mm、表乾密度  $2.71 \text{ g/cm}^3$ 、吸水率 0.23%）を用いた。

コンクリート配合を表-2 に示す。W/C は利用頻度の高い範囲として 40、50、60% の 3 水準とし、目標スランプ・空気量は、12cm、4.5% とした。CGS 混合率は、標準的な利用域と想定される 50% を全 W/C 対象とし、CGS 混合率の影響評価を行うため、W/C=50% のみ CGS 混合率 100% を実施した。

## 3. 試験方法

水分浸透速度係数の試験は、JSCE-G582-2018 を基本として実施した。供試体は、打設後 24hr で脱型し、材齢 28 日まで  $20^\circ\text{C}$  水中養生を行った後、底面側を 25mm 切断除去し、その後約 91 日間  $20^\circ\text{C}$ 、60%RH の環境で乾燥させた。浸水時間は 5、24、48hr であるが、浸透度合いを予め把握するために、48→24→5hr の順で試験を行った。なお、浸水深さを求めるための現像剤は NDIS 3423 適合の水分検出剤（モレミール W450 型）を利用し、所定時間浸水させた供試体を割裂した後、速やかにこれを噴霧し、

表-1 CGS の品質

項目	単位	試験成績	JIS A 5011-5	
絶乾密度	$\text{g/cm}^3$	2.72	2.5 以上, 見本値 $\pm 0.1$	
吸水率	%	0.24	1.5 以下	
単位容積質量	$\text{kg/L}$	1.89	1.50 以上	
粗粒率		2.40	協議値 $\pm 0.2$	
微粒分量	%	5.8	9.0 以下, 協議値 $\pm 2.0$	
化学成分	CaO	%	20.0	40.0 以下
	MgO	%	1.4	20.0 以下
	SO <sub>3</sub>	%	0.0	0.5 以下
	FeO	%	5.8	25.0 以下
	(参考) SiO <sub>2</sub>	%	47.8	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	18.2	
	K <sub>2</sub> O	%	1.4	
	Na <sub>2</sub> O	%	0.9	
炭素含有率	%	0.04	0.10 以下	

表-2 コンクリート配合

W/C	s/a	CGS 混合率	単位量 $\text{kg/m}^3$					Ad	AE
			W	C	S	CGS	G		
40	45	0	162	405	789	0	990	1.3	2.0
		50			395	410		1.3	
50	47	0	324	856	0	991	1.0	0.6	
		50			428		444		0.7
		100			0		889		0.6
60	49	0	270	915	0	978	1.0	0.7	
		50			458		475		0.7

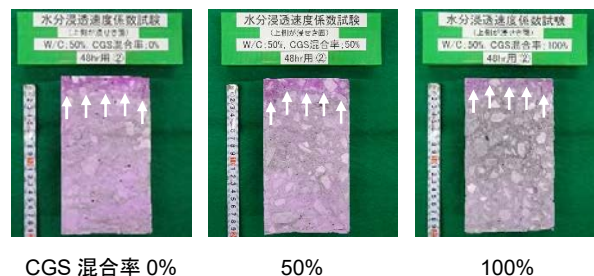


写真-1 現像剤噴霧直後の状況例 (W/C=50%, 浸水 48hr)

浸水面からの呈色深さを測定した。また、供試体本数は各ケース 3 本を基本としたが、最初に着手した W/C=50%、48hr の測定結果がばらついたため、本ケースのみ 5 本とし、W/C=50% の 5hr および 24hr は 2 本の供試体で結果を整理した。

## 4. 試験結果と考察

現像剤噴霧直後の状況の例を写真-1 に示す。現像剤を薄く噴霧することで呈色範囲を比較的明瞭に判定することができた。測定位置は試験規格に基づき各断面 5 箇所

キーワード 石炭ガス化スラグ細骨材 耐久性 水分浸透速度係数 水セメント比

連絡先 〒230-8510 神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1 東京電力ホールディングス (株) 経営技術戦略研究所 Tel.070-4540-1400

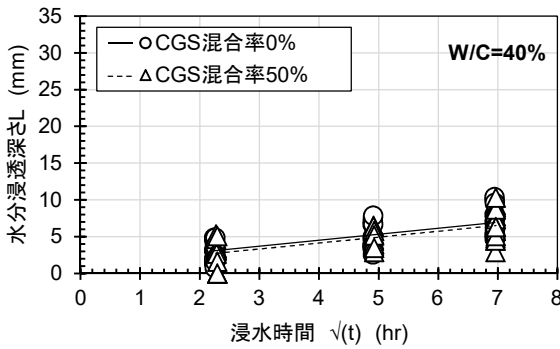


図-1 水分浸透深さと浸水時間の平方根の関係 (W/C=40%)

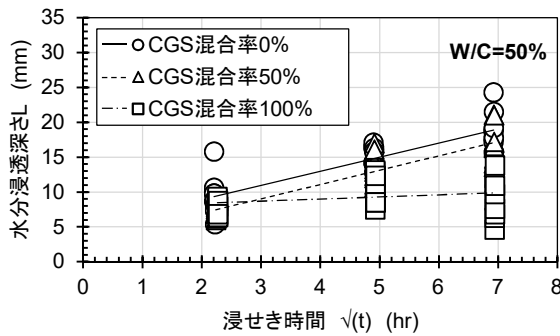


図-2 水分浸透深さと浸水時間の平方根の関係 (W/C=50%)

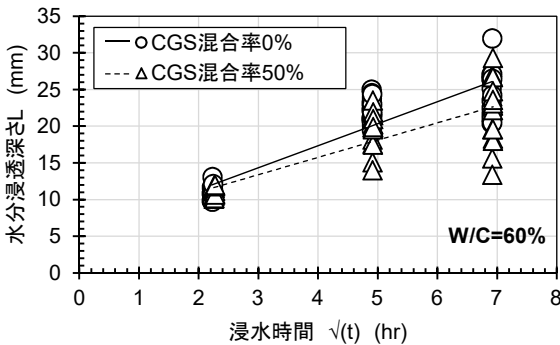


図-3 水分浸透深さと浸水時間の平方根の関係 (W/C=60%)

とした。いずれのケースも周縁のシール境界の吸上げ作用の影響によって側面に近いほど浸水深さが深い傾向が認められたが、本研究ではこれを含めて評価を行った。

図-1～図-3 に水分浸透深さ  $L$  と浸水時間  $t$  (平方根) の関係を示す。水分浸透速度係数  $q_k$  は、この両者が線形関係にあると仮定した場合の近似直線 (式1) の傾き (切片  $b$ : 定数) で表される。

$$L = q_k \cdot \sqrt{t} + b \quad \dots (式1)$$

表-3 には試験結果から算定した水分浸透速度係数と切片の結果を示す。なお、参考値として、物質移動の概念から  $b = 0$  とした時の近似直線の傾きを表中括弧内に併記する。また、図-4 には、コンクリート標準示方書の

表-3 水分浸透速度係数の算定結果

W/C	CGS 混合率 0%		50%		100%	
	$q_k$	$b$	$q_k$	$b$	$q_k$	$b$
40%	0.81 (1.05)	1.30 -	0.80 (0.98)	0.94 -	-	-
50%	2.02 (2.92)	4.88 -	2.05 (2.58)	2.88 -	0.30 (1.72)	7.80 -
60%	3.00 (3.98)	5.32 -	2.36 (3.52)	6.33 -	-	-

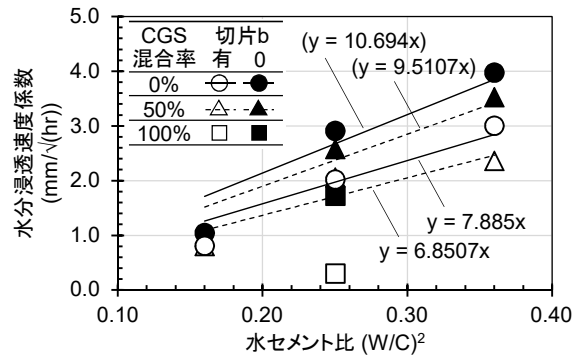


図-4 水分浸透速度係数と W/C の二乗との関係

予測式 (式 2) に倣い、試験結果から求めた水分浸透速度係数と W/C (二乗) の関係を示す。

$$q_p = 31.25 \cdot (W/C)^2 \quad \dots (式2)$$

これらの結果から、本研究の範囲において、CGS コンクリートは、W/C によらず CGS 混合率の増大に伴って水分浸透深さ、水分浸透速度係数が小さくなる傾向が認められた。既往の研究<sup>1)</sup>では、CGS の利用によって塩分浸透抵抗性を向上させること、細孔構造を緻密にすることが示されており、今回の結果はこれと符合する結果と言える。なお、(式2) に対して試験結果の傾きが小さい要因は、参考文献<sup>2)</sup>より養生と外部環境の影響によるものと推察される。

### 5. まとめ

CGS コンクリートの耐久性指標の一つとして水分浸透速度係数の評価を行った結果、CGS 混合率の増大に伴い水分浸透速度係数が低減される傾向が認められた。

### 参考文献

- 1) 宮村優希ら：石炭ガス化スラグを用いたコンクリートの強度特性および海洋環境下における耐久性に関する検討，セメント・コンクリート論文集，Vol.74，No.1，pp.207-214(2020)
- 2) 土木学会：コンクリートライブラリー149 2017 年制定コンクリート標準示方書改訂資料 設計編・施工編，2018