

## 石炭ガス化スラグ細骨材が強度発現特性に与える影響検討

東京電力 HD 正会員 ○小林 保之  
東京電力 HD 正会員 松浦 忠孝

## 1. はじめに

石炭ガス化スラグ細骨材（以下、CGS とする）は、石炭ガス化複合発電の過程で副産されるスラグを摩砕分級したものであり、2020年10月にコンクリート用骨材としての JIS 規格（JIS A 5011-5 コンクリート用スラグ骨材—第5部：石炭ガス化スラグ骨材）が制定された。

CGS は、石英やムライトなどが微量含まれるものの大部分が非晶質（ガラス質）であること、化学組成は石炭の灰分とほぼ同等であることなど、粒径を除けばフライアッシュと類似している。このため、細骨材周辺のいわゆる遷移帯においてポゾラン反応が生じ、長期強度の増進、ひいては耐久性向上に寄与すると考えられる。

ここでは、材齢 6ヶ月までのモルタル供試体による強度ならびに分析結果について報告する。

## 2. 実験概要

実験に用いた CGS の外観を写真 1 に示す。CGS は、天然砂と比較して吸水率が小さく、コンクリートの単位水量の低減が可能で、乾燥収縮が小さくなる反面、細骨材表面の保水性が低いため、多量に使用するとブリージングが多くなる特徴がある<sup>1)</sup>。今回使用した CGS の表乾密度は 2.77g/cm<sup>3</sup>、吸水率は 0.12%、粗粒率は 2.61 であった。

本実験は、細骨材が強度発現特性へ与える影響を検討する目的から、モルタルとし、天然砂を用いた配合をレファレンスとした。配合は、モルタル強度に対するセメントの影響を一定とするため、水セメント比は同一とし、CGS の単位量（セメントに対する質量比）をパラメーターとした。表 1 に配合を示す。なお、用いたセメントは普通ポルトランドセメントである。練り混ぜは、モルタルミキサーにより行い、30秒空練り後、水を加え 30秒練り混ぜ、かき落とし後 60秒練り混ぜた。供試体サイズは φ50mm×h100mm、養生は 20℃水中の標準養生とした。

測定ならびに分析項目は、圧縮強度ならびにポゾラン反応の状況を確認するため、薄片試料による偏光顕微鏡観察と電子顕微鏡による反射電子像（BSE）観察とし、遷移帯での反応状況を確認するため、エネルギー分散型 X線分析（EDS）の線分析の 4項目とした。

## 3. 実験結果

材齢 182日までの圧縮強度試験結果を図 1 に示す。また、図 1 にはそれぞれの配合における圧縮強度を材齢 28日の圧縮強度で正規化した相対圧縮強度をプロットした。CSG モルタルの強度は、天然砂モルタルの圧縮強度よりも低く、CGS 単位量が増加すると低下傾向にある。この要因として、CGS の保水性の低さから天然砂よりもセメントペーストとの付着力が低下し、更に、CGS 単位量が多いほどセメントペーストとの接触面積が増加するため弱点が増え、強度が低くなると考えられる。

各配合とも材齢の経過に伴い強度増進がみられる。相対圧縮強度では、材齢 91日以降、CGS-1.5、CGS-2.0 配合では天然砂モルタルよりも高くなっている。天然砂モルタルの強度増進は、セメントの水和反応の進行に

キーワード 石炭ガス化スラグ、強度増進、ポゾラン反応、モルタル

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HD(株)経営技術戦略研究所 TEL 045-394-6000



写真 1 CGS の外観

表 1 モルタル配合

配合番号	C:S	W/C (%)	SDの種類	単位量(kg/m <sup>3</sup> )		
				W	C	S
S-1.5	1:1.5	40	天然砂	362	905	905
CGS-1.0	1:1.0		CGS	371	927	927
CGS-1.5	1:1.5			312	794	1192
CGS-2.0	1:2.0			287	695	1389

よるものと考えられるが、CGS モルタルはこれに加え、先に弱点と述べた CGS とセメントペーストとの付着力がポズラン反応によって高まったことが寄与していると推察される。

図2に材齢5.5ヶ月時におけるCGS-1.5モルタルのBSE画像とEDS線分析の結果を示す。BSE画像ではCGSの輪郭が不明瞭となっており、反応が生じていることが分かる。また、不明瞭な領域ではCH(水酸化カルシウム)が確認されなかった。紙面の都合上、割愛したが、偏光顕微鏡観察においてもCGSの輪郭が不明瞭であることを確認している。

EDS線分析の結果では、CGS部では比較的均一に各元素が分布し、Si, O, Al, Ca, Na, Mgの順でX線強度が高く、セメントペースト部では各元素の分布がばらついているものの、Ca, Si, O, Alの順で、NaとMgについては弱くなっている。BSE画像と合わせて見ると、CGSからセメントペースト部にかけてSiが減少しCaが増加している。この変化している大凡の範囲を図示したが、この範囲においてポズラン反応が生じていると考えられる。

#### 4. おわりに

CGSのポズラン反応性について、材齢6ヶ月までのモルタル供試体の圧縮強度試験ならびに偏光顕微鏡、BSE画像観察とEDS線分析により検討した。その結果、今回の実験の範囲内では、材齢91日以降にポズラン反応による強度増進が生じていることが確認された。このことから、CGSを使用したコンクリートでは、モルタルが緻密化することにより、強度だけではなく物質移動抵抗性も向上し、高耐久となることが期待される。

今回は、材齢6ヶ月までの検討であったが、今度も継続する予定であり、CGSの利用促進に向けた検討を実施していきたい。

#### 参考文献

- 1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：2016年度～2018年度成果報告書 クリーンコール技術開発 石炭利用環境対策事業 石炭利用環境対策推進事業／石炭ガス化溶融スラグ有効利用推進事業

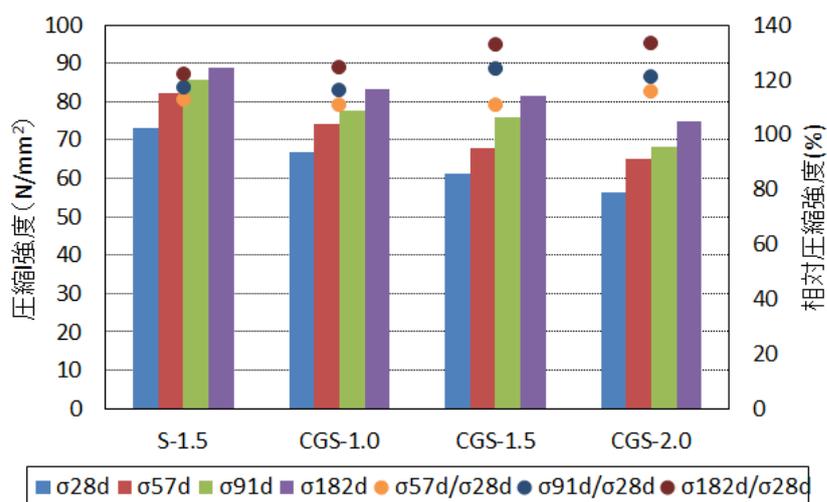


図1 圧縮強度試験結果

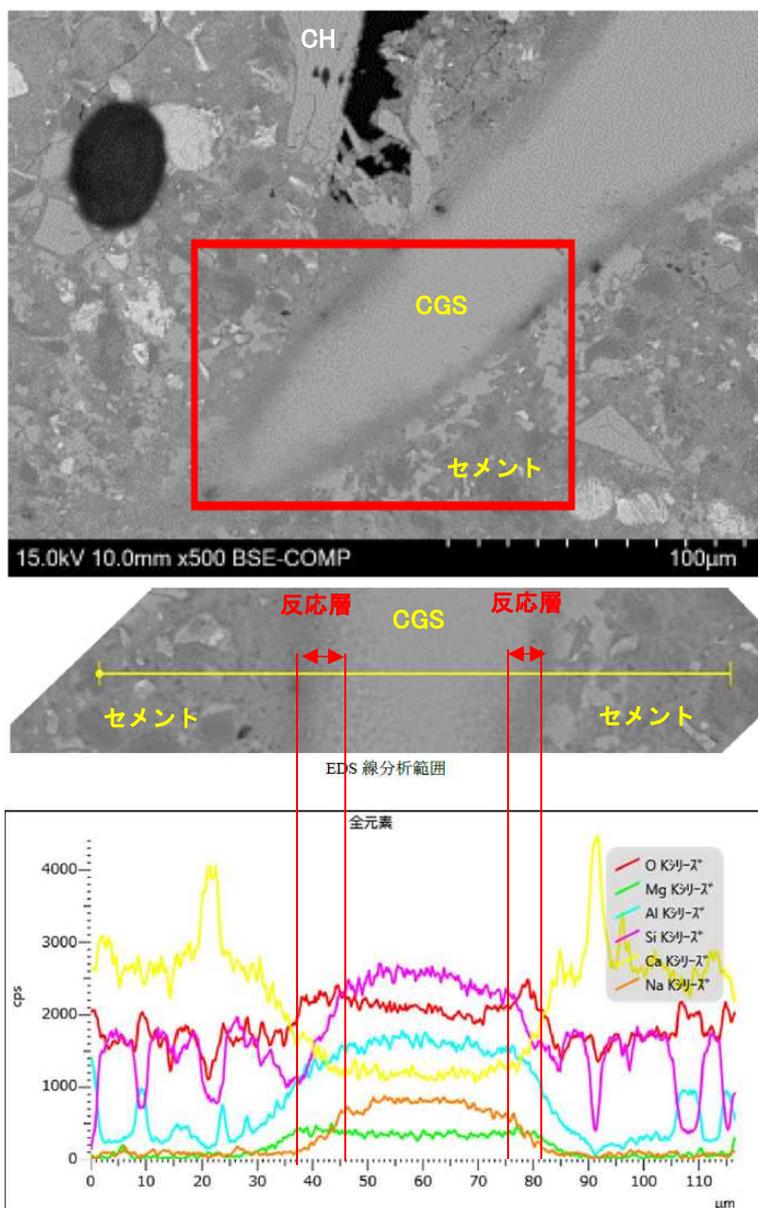


図2 BSE画像とEDS線分析結果