

粒径の異なる無水セッコウを用いたセメント系固化材の一軸圧縮強さ

(株)デイ・シイ 正会員 ○帖佐 智行
同上 正会員 藤原 了
同上 富山 悟
同上 小宮 岳枝

1. はじめに

火山灰質粘性土および高有機質土のような土質は固化が困難なため、セメント系固化材の添加量が多量に必要となる。したがって、固化が困難である土質を低添加量となるセメント系固化材が要求されている。セメント系固化材の強度発現において主要な役割を果たす反応は、エーライトの水和によるカルシウムシリケート水和物とエトリンガイト（以下、AFt）の生成である。とくに、AFt は材齢初期から生成されるため、セメント系固化材の強度発現に AFt の生成が重要である。また、AFt の生成には、無水セッコウのような硫酸塩が重要となる¹⁾。そこで、無水セッコウの粒径に着目し、粒径の異なる無水セッコウを用いたセメント系固化材の強度発現性（一軸圧縮強さ）の確認を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料

本実験で使用した無水セッコウの粒径を表 1 に、普通ポルトランドセメントを母体とした結合材の主要な化学成分を表 2 に示す。無水セッコウはそれぞれ粒径の異なる 5 種類を使用し、それらの粒径は、レーザー回折式粒度分布測定器（Microtrac MT3300EX II）を用いて測定した。表 1 の D₅₀ は、50%累積体積通過径である。ここで、CS11、CS7、および CS3 は、CS18 を分級により試製した。CS3 と同一粒径である CS3G は、CS18 を粉碎により試製した。本実験に用いた試料土は、湿潤密度 1,344kg/m³、含水比 134.0%の火山灰質粘性土を使用した。

表1 使用材料

材料名	記号	D ₅₀ (μm)	ブレーン比表面積 (cm ² /g)
無水セッコウ	CS18	17.7	3,800
	CS11	10.7	4,920
	CS7	7.2	6,020
	CS3	3.1	12,980
	CS3G	3.2	10,660

表2 結合材の化学成分

化学成分(%)						
ig-loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
1.33	24.36	8.09	2.12	57.46	3.51	1.51

(2) 実験水準および練混ぜ

本実験で使用したセメント系固化材は、表 1 に示す粒径の異なる 5 種類の無水セッコウ 15%と表 2 に示す結合材 85%とを質量比でそれぞれ混合した。セメント系固化材の添加量は 150kg/m³とした。練混ぜは 1.5L 練りとし、1 分 30 秒練混ぜ→掻き落とし→1 分 30 秒練混ぜとし、回転数 160rpm のソイルミキサにて行った。

(3) 実験項目および測定方法

一軸圧縮強さは、JCAS L-01:2006 に準じ、試料土にセメント系固化材を 150kg/m³ 添加し、φ50×100mm の円柱供試体を作成し、材齢は 7、28 日で行った。水和熱測定は、W/B=50%のセメント系固化材のペーストを作成し、双子型伝導熱量計を用い、材齢 3 日までの積算発熱量を測定した。

粒径の異なる無水セッコウ単体の結晶子サイズの測定を回折 X 線分析リートベルト解析で求めた。また、W/B=50%のセメント系固化材のセメントペーストを作成し、材齢 3 日まで封緘養生後、回折 X 線分析で測定を行った。AFt 量の測定は、水和を停止した所定の材齢のセメントペーストに α-Al₂O₃（コランダム）を 10mass%混合した内部標準法を用いた。AFt 量の評価は、AFt の 2θ=9.09°（100）面のピーク面積 I_{AFt} と内部標準に用いた α-Al₂O₃ の 2θ=57.4°（101）面のピーク面積 I_{Al2O3} の比である I_{AFt}/I_{Al2O3} で行った。

キーワード 無水セッコウ、粒径、セメント系固化材、エトリンガイト、一軸圧縮強さ

連絡先 神奈川県川崎市川崎区浅野町 1-17 (株) デイ・シイ 技術センター TEL044-333-0618 FAX 044-355-4010

3. 実験結果および考察

実験結果を表 3 に、一軸圧縮強さと D_{50} との関係を図 1 に、一軸圧縮強さと積算発熱量との関係を図 2 に、一軸圧縮強さとピーク面積比 $I_{AFt} / I_{Al_2O_3}$ との関係を図 3 に示す。ここで、表 3 の強度比は、各材齢の CS18 を基準とした強度比である。

図 1 より、一軸圧縮強さは、無水セッコウの粒径が小さくなるほど、材齢 7 日、28 日ともに大きくなることが確認された。図 2 および図 3 の結果から、積算発熱量および AFt のピーク面積比が大きいほど、一軸圧縮強さは大きくなっていることが分かる。無水セッコウの粒径が小さくなるほど、無水セッコウの溶解速度が早くなるため、セメントの水和発熱による積算発熱量が大きくなり AFt 相の生成量が多くなった。したがって、無水セッコウの粒径が小さくなるほど、一軸圧縮強さが大きくなったと考えられる。同一粒径の分級品の CS3 と粉砕品 CS3G の比較では、粉砕品である CS3G の方が一軸圧縮強さは大きくなった。無水セッコウの粉砕により結晶子サイズが小さいことにより無水セッコウの水和が活性となったためと考えられる。

材齢別の一軸圧縮強さの改善効果は、CS18 から CS11 と、 D_{50} が $18\mu\text{m}$ から $11\mu\text{m}$ まで分級することで、材齢 7 日の強度比で約 2.3 倍、28 日で約 1.7 倍と一軸圧縮強さが向上し、CS18 から CS3G と、 D_{50} が $18\mu\text{m}$ から $3\mu\text{m}$ まで粉砕することで、材齢 7 日の強度比で約 3.1 倍、28 日で約 2.2 倍と一軸圧縮強さが向上した。とくに、粒径を小さくすることで、初期材齢である 7 日の一軸圧縮強さの改善効果が大きいことが分かった。

表 3 実験結果

無水セッコウ 種類	一軸圧縮強さ (kN/m ²)		強度比 (%)		結晶子サイズ (nm)	材齢 3 日までの 積算発熱量 (J/g)	ピーク面積比 $I_{AFt} / I_{Al_2O_3}$
	7 日	28 日	7 日	28 日			
CS18	59	138	100	100	134.6	200	0.95
CS11	137	232	233	169	132.4	202	1.08
CS7	146	239	248	174	106.0	203	1.10
CS3	150	265	255	192	88.7	215	1.22
CS3G	183	300	312	218	41.8	216	1.42

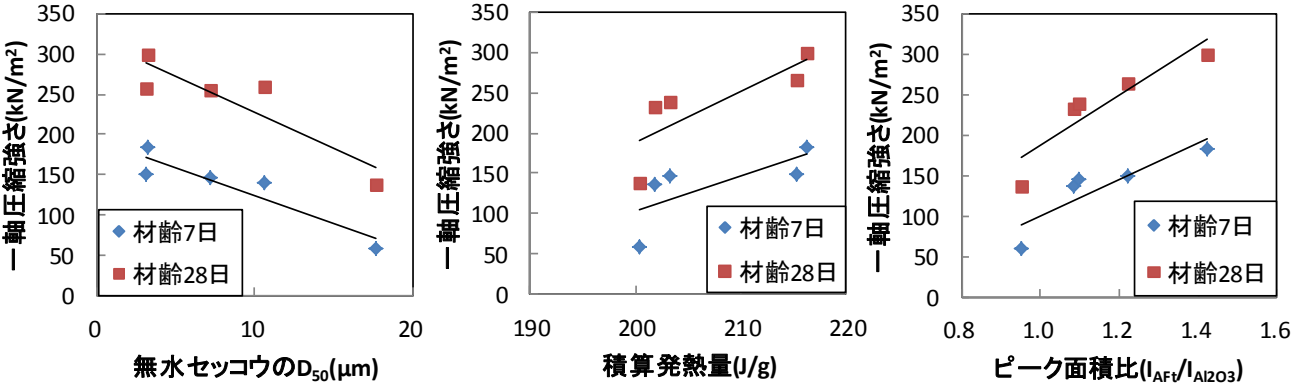


図 1 無水セッコウの D_{50} と一軸圧縮強さ 図 2 積算発熱量と一軸圧縮強さ 図 3 ピーク面積比と一軸圧縮強さ

4. まとめ

粒径の異なる 5 種類の無水セッコウを用いてセメント系固化材を試製し、一軸圧縮強さの確認を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 無水セッコウの粒径が小さくなるほど、セメント系固化材自体の水和反応による積算発熱量および AFt 相の生成量が増加するため、一軸圧縮強さが大きくなることが分かった。
- (2) 初期材齢である材齢 7 日の一軸圧縮強さの改善効果は、無水セッコウの粒径が小さくなるほど大きいことが分かった。

【参考文献】

1) 野崎隆人：セメント系固化材の水和，無機マテリアル学会，Vol.27，No.405，pp.57-62，2020