

ジオポリマーを用いた地盤改良特性に関する研究

福山大学 正会員 ○田辺 和康

日本大学 正会員 吉澤 千秋

JFE ミネラル(株) 須藤 達也

1. はじめに

近年、ジオポリマーはセメントコンクリートの代替材として注目されている。ジオポリマーとは、アルカリシリカ溶液（以下、水ガラスと称す）とアルミナとシリカを主成分とする粉体（フライアッシュ、高炉スラグ微粉末、メタカイリナイト等が使用されている）から溶出する金属イオンが水の蒸発を伴いながら非晶質アルミノシリケート状に固化するメカニズムである。ジオポリマーはセメントと同様な強度をもつ新材料として可能性を秘めているが、コスト面において水ガラスはセメントに比較して割高であることが普及への障害となっている。本報では、この問題の解決策として廃棄水ガラスを再利用することを目的に、ジオポリマーを用いた地盤改良特性について検討を行った。

2. 実験方法

実験に用いた試料は、水ガラスは1号ケイ酸ソーダ、廃棄水ガラスはA社でプリント基盤をエッチングする際に発生している廃液を利用した。アルミナ及びシリカ粉末は、倉敷産高炉スラグ微粉末と中電フライアッシュを使用した。地盤改良対象土は、碎石場から発生している碎石泥土と新燃岳の火山灰を使用した。

表-1 に配合条件を示す。容積換算で調整した試料を、湿潤密度が $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ となるように計量し、直径50mm、高さ100mmのモールドに充填した。供試体は、プレス機による静的締固めと流しこみによる方法で作製した。養生方法は気中養生として、28日養生後の強度を求めている。

表-1 配合設計条件

No	GS (%)	GW (%)	GS (%)	活性フィラー		GW (%) アルカリシリカ溶液	
			地盤改良対象土 ●碎石泥土 ●火山灰	アルミナシリカ粉末 高炉スラグ フライアッシュ		水ガラス ●1号ケイ酸ソーダ ●廃棄水ガラス	水
A1	70	30	60	5	5	10	20
A2	70	30	55	10	5	10	20
A3	60	40	50	5	5	10	30
A4	60	40	45	10	5	10	30
A5	50	50	40	5	5	10	40
A6	50	50	35	10	5	10	40
B1	60	40	50	5	5	20	20
B2	60	40	45	10	5	20	20
B3	50	50	40	5	5	20	30
B4	50	50	35	10	5	20	30
B5	40	60	30	5	5	20	40
B6	40	60	25	10	5	20	40

3. 結果と考察

表-2 に JIS K 1408 により分析した水ガラスの結果を示す。廃棄水ガラスは1号ケイ酸ソーダに比べて密度が小さく、酸化ナトリウムの高いことから、その影響が地盤改良効果に現れるものと考えられる。表-3 に用いた配合設計に必要な密度試験結果を示す。

表-2 水ガラスの化学組成

項目	1号ケイ酸ソーダC2	廃棄水ガラス
二酸化ケイ素 (%)	36.23	38.1
酸化ナトリウム (%)	17.53	44.9
三酸化鉄 (%)	—	0.1
フッ素 (%)	—	0.2
モル比 (M.R.)	2.134	0.69

表-3 用いた試料の物理特性

項目	材料
アルミノシリカ粉末	高炉スラグ微粉末 密度 $2.922\text{g}/\text{cm}^3$ 比表面積 $4000\text{cm}^2/\text{g}$
	中電フライアッシュ 密度 $2.238\text{g}/\text{cm}^3$ 比表面積 $5000\text{cm}^2/\text{g}$
水ガラス	・1号珪酸ソーダC2(水ガラス) 密度 $1.704\text{g}/\text{cm}^3$ ・廃棄水ガラス 密度 $1.479\text{g}/\text{cm}^3$
地盤改良対象土	・碎石泥土 密度 $2.658\text{g}/\text{cm}^3$ ・火山灰 密度 $2.733\text{g}/\text{cm}^3$

キーワード 地盤改良, ジオポリマー, 火山灰, フライアッシュ, 高炉スラグ

〒729-0292 広島県福山市東村町字三蔵 985 番地の1 福山大学 工学部 TEL 084-936-2111

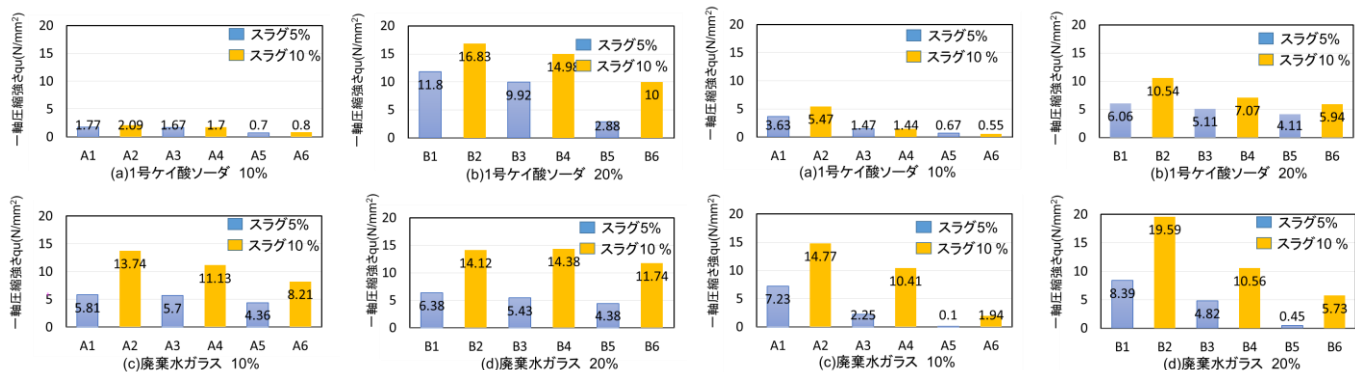


図-1 砕石泥土の強度特性

図-1と図-2に砕石泥土および火山灰を対象とした一軸圧縮特性の結果を示す。砕石泥土の(a)と(b)については、1号ケイ酸ソーダを20%配合した試料と、高炉スラグを10%配合した試料が高強度を示している。(c)

と(d)の廃棄水ガラスについては、高炉スラグを10%配合した試料のほうが高強度を示す。図-2の火山灰を対象とした試料については、砕石泥土試料と同様な傾向を示すが、火山灰試料のほうが全般的に低強度となることが認められた。したがって、1号ケイ酸ソーダは20%の配合量を必要とし、廃棄水ガラスは10%程度で十分な地盤改良効果を示すことが認められた。高炉スラグは、配合割合の高い試料ほど高強度を示し、フライアッシュの影響については今後の課題とする。また、火山灰より砕石泥土の方が反応性の高い試料と言える。

廃棄水ガラス処理試料は、写真-1に示すような針状の析出物がみられた。これをX線回折により同定した結果、図-3に示すように炭酸ナトリウムとNa-Si-Alの複合化合物からなることが判明した。図-4の走査型電子顕微鏡による組成分析より、NaとCが同位置に存在していることからX線回折で同定している炭酸ナトリウム水和物の存在と、AlとSiとOが同位置であることからSiとAlの複合酸化物であることが明らかになった。

5. おわりに

ジオポリマーを用いた地盤改良特性を、産業副産物（高炉水砕スラグとフライアッシュ）と廃棄物（砕石泥土と火山灰）をハイブリッドして検討した。その得られた成果を以下に示す。

- 1) 廃棄水ガラス処理量は10%程度で地盤改良効果が認められた。
- 2) 高炉スラグの配合割合が改良強度に影響するが、フライアッシュについては今後の検討課題とする。
- 3) 対象土から溶出する金属イオンの影響が強度特性に現れている。
- 3) 廃棄水ガラス処理による針状結晶は、炭酸ナトリウムとSiとAlの複合酸化物であることが認められた。
- 4) 3)の現象は、中和反応が促進されていることを示唆しており、メリットとデメリットがあると思われる。

図-2 火山灰の強度特性

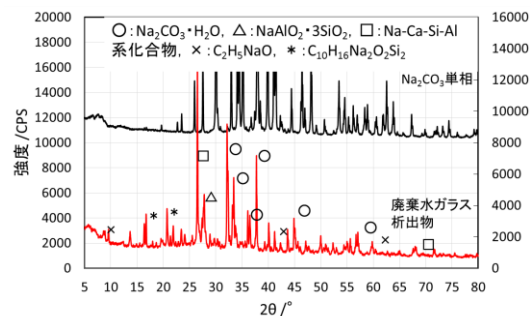


図-3 X線回折

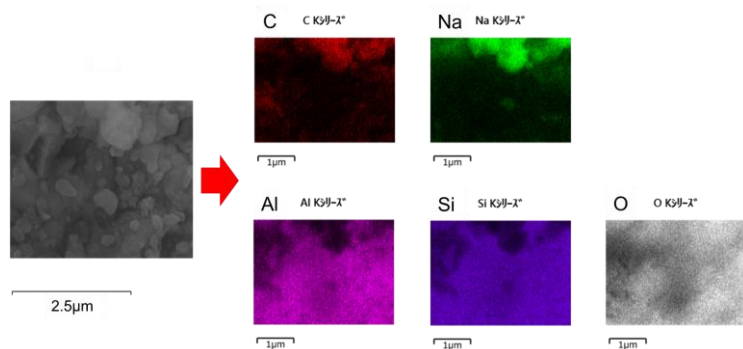


図-4 走査型電子顕微鏡