

ジオポリマー合成の水配合率が沖縄由来赤土の固化に与える影響

早稲田大学 正会員 ○山田味佳, 非会員 Iysatta Manneh,
早稲田大学 正会員 石田優子, 正会員 王海龍, 正会員 小峯秀雄

1. はじめに

近年、ジオポリマーが普通ポルトランドセメントに比べて製造時の二酸化炭素排出量が少ないことから、ジオポリマーを普通ポルトランドセメントの代替として使用する検討が高まってきている。著者らは、二酸化炭素排出低減を目的とした建設残土等の改良方法を検討するため、ジオポリマー合成を応用した沖縄由来赤土の固化の基礎的研究を行っている。本研究では、ジオポリマー合成に添加する水の量が固化に与える影響を評価した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

ジオポリマーの合成にはメタカオリン (SOBUECLAY-MK-13-SF-7), ケイ酸カリウム水溶液 (約50%), および調整した水酸化カリウム水溶液を用いた。沖縄由来赤土は市販されているもので団粒化した状態であった。その土粒子の密度, 粗粒分および細粒分, 含水比を表-1に示す。また, 赤土の化学組成を表-2に示す。

表-1 赤土試料の物性

土粒子の密度 (g/cm ³)	2.51
粗粒分および細粒分 (%)	粗砂分 (32.36), 中砂分 (43.87), 細砂分 (21.98), 細粒分 (1.08)
含水比 (%)	16.8 (購入時)

表-2 赤土試料の化学組成 (%)

酸化物名	含有量 (%)
SiO ₂	51.51
Al ₂ O ₃	26.85
Fe ₂ O ₃	12.39
K ₂ O	5.43
TiO ₂	1.16
CaO	0.68
MgO	0.65
SO ₃	0.18
強熱減量	0.88

2. 2 供試体の作製

各供試体の配合条件を表-3に示す。メタカオリン, ケイ酸カリウム水溶液, 水酸化カリウム水溶液, および蒸留水のみを用いた配合 (GP-S) を基準とし, その配合モル比を, SiO₂/Al₂O₃ : K₂O/Al₂O₃ : H₂O/Al₂O₃ = 3.5 : 1 : 12 とした。赤土との混合供試体は, 乾燥赤土を 150g, メタカオリンを 100g とし, 上記配合モル比の H₂O/Al₂O₃ を 12 (GP-L12), 14 (GP-L14), 16 (GP-L16), 18 (GP-L18) に変更して作製した。配合を決定するため, メタカオリン, 赤土試料, ケイ酸カリウム水溶液, および水酸化カリウム水溶液の SiO₂, Al₂O₃, および K₂O の重量モル濃度を計算した。乾燥赤土とメタカオリンを均一に混合するため, 乾燥赤土をあらかじめ乳鉢で粉碎した。ケイ酸カリウム水溶液に必要な蒸留水を添加した後, 混合した乾燥赤土とメタカオリンを加え, プラスチック製のコンクリート供試体成形型枠 φ50×100mm に充填し, 30°Cの恒温器内で5日, その後40°C下で4日養生した。

表-3 各供試体の配合条件

試番	配合条件 (モル比)		
	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	K ₂ O/Al ₂ O ₃	H ₂ O/Al ₂ O ₃
GP-S	3.5	1	12
GP-L12	3.5	1	12
GP-L14	3.5	1	14
GP-L16	3.5	1	16
GP-L18	3.5	1	18

2. 3 試験項目および試験方法

(1) 赤土試料の土粒子の密度, 粒径, 含水比

赤土試料の土粒子の密度, 粒径, 含水比をそれぞれJIS A 1202, JIS A 1204, JIS A 1203に従って試験した。

キーワード ジオポリマー, 沖縄由来赤土, 建設残土等の改良, 圧縮強度, XRD パターン

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学西早稲田キャンパス Tel : 03-5286-2946 (内) 3079

(2) 赤土試料の化学組成

蛍光X線分析により含有元素を測定し、酸化物組成の評価を行った。試料を、110°Cで乾燥させ、微粉碎して試験に供した。蛍光X線分析には半定量分析を用いた。また、強熱減量は、JIS A 1226に従って試験した。

(3) 供試体の圧縮強度

硬化した供試体 (GP-S, GP-L12, GP-L14) について、一軸圧縮強度試験を実施した。試験は、供試体を恒温器から取り出し、脱型、上下表面処理を施し、5日目に実施した。また、硬化しなかった供試体 (GP-L16およびGP-L18) については、供試体を恒温器から取り出した後、脱型せずに針貫入試験を実施した。

(4) 粉末X線回折測定

赤土試料, GP-L12, GP-L14の粉末X線回折測定を行い、XRDパターンの比較を行った。GP-L12およびGP-L14については、圧縮強度試験に使用した供試体を粉末にした。

3. 結果および考察

3.1 供試体の外観

図-1にGP-L14およびGP-L18の供試体写真を示す。H₂O/Al₂O₃ (モル比) が16以上になると、赤土試料は硬化しづらくなる。乾燥後に脱型したGP-L18は図-1bのとおり、一部が硬化した状態である。GP-L14 (図-1a) は、モールドから取り出し後数時間で上面40mmの層に亀裂が入り、ブリーディング様の現象が認められる。GP-L12においても上面20mmの層に同様の現象が認められる。

3.2 圧縮強度

図-2に各供試体のジオポリマー合成の水配合モル比と圧縮強度の関係を示す。GP-L12およびGP-L14については、亀裂した上部層を除き処理した供試体を試験に適用している。GP-L14の圧縮強度はGP-L12と比較して高い値を示し、水の配合量が多くなると、強度が低下する結果となっている。

3.3 赤土の固化に関わるXRDパターン変化

図-3に示すとおり、GP-L12, GP-L14のXRDパターンには、2θの20~40°に広範なハンプがあり、非晶質アルミノケイ酸塩の構造形成が認められる。その他のピークは強度が低いものの、赤土試料のピークの一部と位置が類似している。これら強度の低さは石英等の鉱物が使用したケイ酸カリウム水溶液の高アルカリ条件下で溶解したものかもしれないが、今後、定量分析により明らかにしていく必要がある。

4. まとめ

- (1) ジオポリマー合成の水配合率を高めると、ブリーディング様の現象が顕著に現れる。
- (2) 水配合量が多いと強度は低下する傾向にある。
- (3) ジオポリマー合成にて赤土を固化しても非晶質アルミノケイ酸塩の構造形成が認められる。

謝辞：本研究は文部科学省先端研究基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム）

JPMXS0440500021で共用された機器（RINT-UltimaIII：早稲田大学物性計測センターラボ）を利用した。

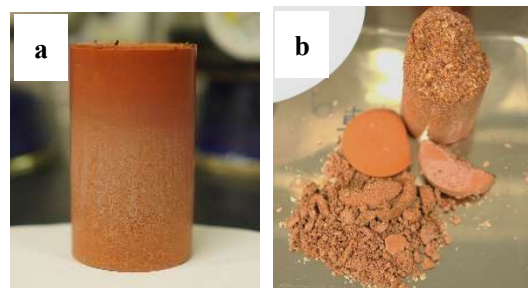


図-1 GP-L14 (a)およびGP-L18 (b)の供試体写真

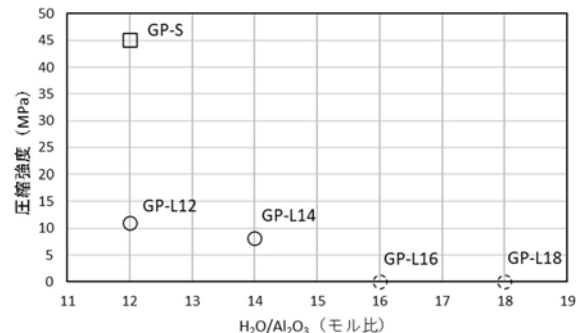


図-2 ジオポリマー合成の水配合モル比と圧縮強度

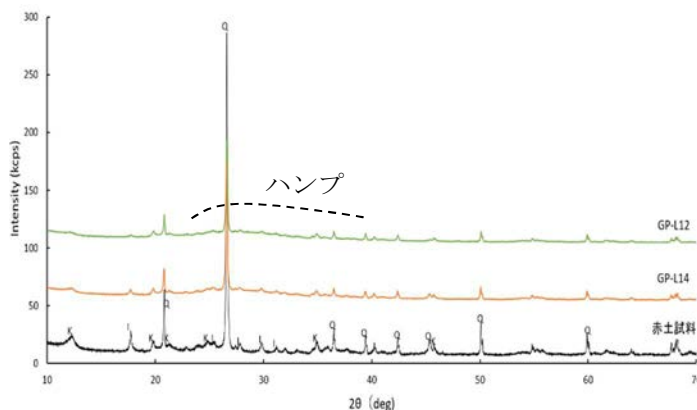


図-3 赤土試料, GP-L12, GP-L14 の XRD パターン (K : Kaolinite, I : Illite, Q : Quartz)