

ステンレス製鋼スラグを混和材料として利用したジオポリマーの圧縮強度について

Compression strength of geopolymers using stainless steel slag as the admixture material

○近藤文義*

○KONDO Fumiyoshi*

I. はじめに 近年、セメント系材料の代替となり得る新しいリサイクル材料として盛んに研究が行われ、実用化が期待されているジオポリマーのベースとなるフィラー材料は主として石炭火力発電所から排出されるフライアッシュ（微細石灰）である。これまで、フライアッシュをジオポリマーのフィラー材料とした研究は多数行われている（例えば引用文献参照）。しかし、一般的なJISフライアッシュはCaOの含有量が少ないため自硬性に乏しく、初期強度の発現も遅いという問題がある。また、フライアッシュ以外のフィラー材料を使用したジオポリマーに関する研究例は少ない。本報は、通常のJISフライアッシュとは異なり、CaOに富み自硬性を有するフィラー材料であるステンレス製鋼スラグをフライアッシュへの混和材料として使用したジオポリマーの圧縮強度の変化について実験的に検討したものである。

II. 試料土の性質と実験方法 実験には、中国電力三隅発電所産のJIS II 種フライアッシュ、およびステンレス製鋼の際に排出されるスラグを使用した。ジオポリマーのアクティベーター（活性材）として、珪酸ソーダ3号溶液と48%苛性ソーダ溶液を質量比2:1で混合したものを使用した。モルタル用のフロー試験器で測定したフロー値が約200mmであれば供試体作製に良好なワーカビリティが得られるため、水粉体比については、フライアッシュ・ジオポリマーでは47.5%、スラグ・ジオポリマーでは31.7%、両者混合のジオポリマーではこれらの平均値とした。練混ぜは手練りまたはミキサー練りで約5分行い、練混ぜたペースト状のジオポリマーを内径50mm、高さ100mmのプラスチック型枠に充填した。供試体の養生は、著者ら（八谷・近藤，2019）の既往の養生方法に準拠し、初期加熱（60℃）と恒温養生（約25℃）にて行った。一軸圧縮試験は土質試験の方法をベースにし、ひずみ速度1mm/minによって行った。

III. 実験結果および考察 Fig. 1が、実験結果（応力-ひずみ曲線）の一例を示したものである。フィラー材料としてスラグのみを使用したスラグ・ジオポリマーの場合、材齢（d）28日で圧縮強度は最大値を示し、それ以降は低下した。また、圧縮強度自体も低く、材齢28日での平均値は約5,000kN/m²であり、同一条件下でのフライアッシュ・ジオポリマーの圧縮強度（約15,000kN/m²）の約1/3にも及ばなかった。また、この場合の破壊状況は脆性破壊ではなく延性破壊であった。スラグ・ジオポリマーを含め、フィラー材料中にCa分が多く含まれる場合、硬化後の供試体表面に白華（エフロレッセンス）が発生する傾向があることを著者らは既に確認している。しかし、ジオポリマーの強度低下と白華との関わりについては未解明の問題であるため、別途検討する必要がある。一方、スラグの半量をフライアッシュ置換した混合ジオポリマーの場合、材齢経過と共に圧縮強度は増加し、材齢28日で平均約35,000kN/m²を示し、高圧縮強度コンクリートと同等の水準に達した。なお、この値は同一条件下でのフライアッシュ・ジオポリマーの圧縮強度の約2倍以上であった。混合ジオポリマーの場合、フィラー材料としてスラグとフライアッシュをそれぞれ単独で使

*佐賀大学農学部 (Faculty of Agriculture, Saga University)

キーワード：フライアッシュ、ステンレス製鋼スラグ、ジオポリマー

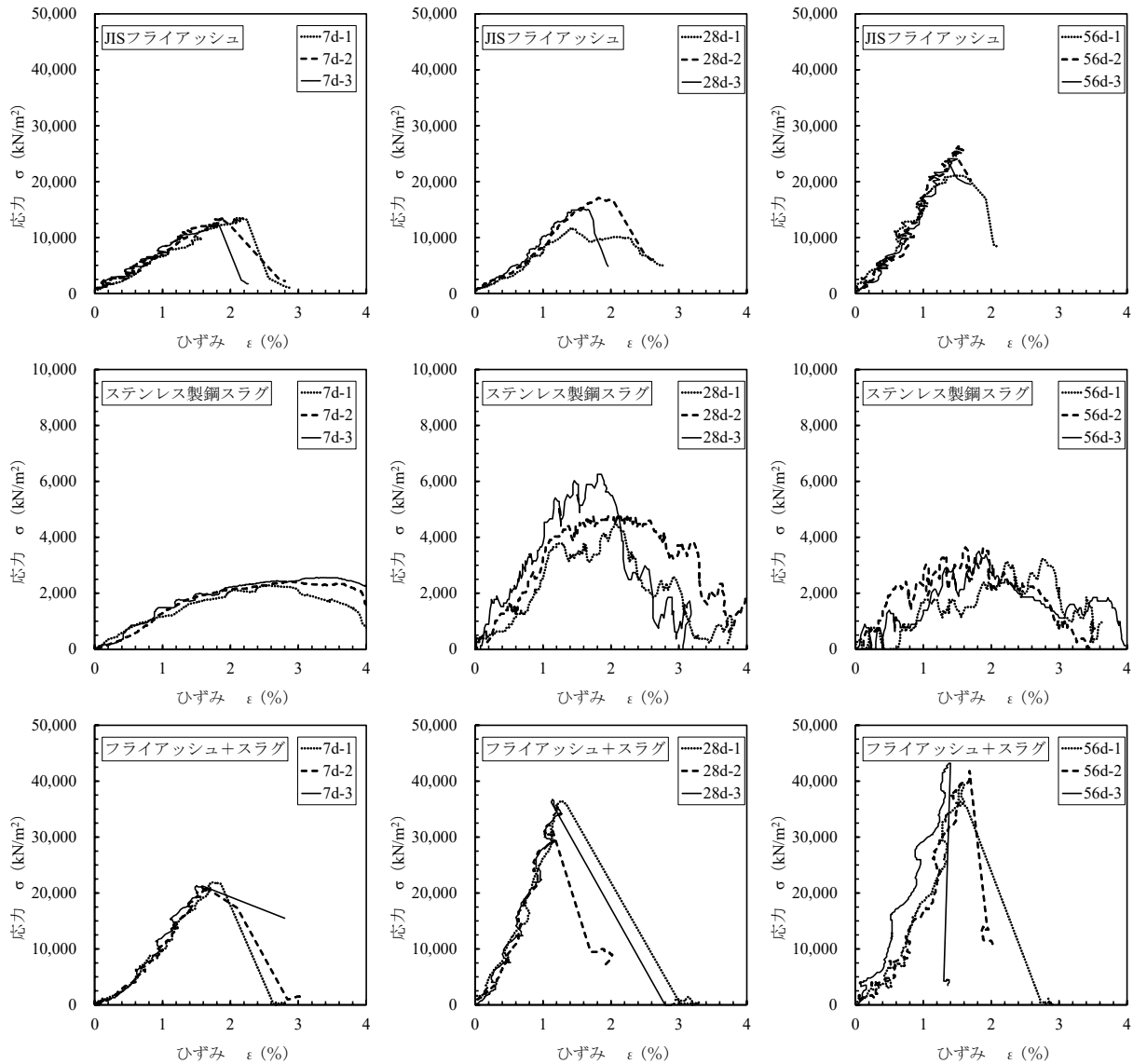


Fig. 1 Relationships between unconfined compression strength and material age
(Upper: Fly ash geopolymer, Middle: Slag geopolymer, Lower: Fly ash and slag mixed geopolymer)

顕著な強度発現が明らかとなった。既往の研究（例えば，原田ら，2014；趙ら，2010）においては，フライアッシュ・ジオポリマーに高炉スラグ微粉末や生石灰（CaO）の添加が圧縮強度の向上に有効であることが知られており，これに加えてKoumoto (2019)は，ステンレス製鋼スラグと同様にCa成分に富むごみ熔融スラグの利用も有効であることを明らかにしている。これらに共通する理由は，Ca成分によるセメントと同様の水和反応およびNa成分によるジオポリマー反応（脱水縮重合反応）の相乗効果による強度発現であると推定されるが，そのメカニズムが不明であるため引き続き検討していきたい。

引用文献 1)八谷英佑，近藤文義（2019）：農業農村工学会論文集，308，II_39-II_45.
2)原田耕司ほか（2014）：コンクリート工学年次論文集，36(1)，2236-2241. 3)一宮一夫ほか（2011）：コンクリート工学年次論文集，33(1)，575-580. 4)池田 攻（1998）：資源と素材，114(7)，497-500. 5)Koumoto, T. (2019): Journal of Materials in Civil Engineering, 31(8), 06019006.
6)趙 宇清ほか（2010）：農業農村工学会論文集，270，1-7.