

アルカリシリカ溶液の違いによる低強度ジオポリマーの強度特性の変化について
Variation of the strength characteristics of low-strength geopolymer due to the difference of
alkali-silica solution

○近藤文義* 山下駿作* 北山貴彬* 甲本達也**

○KONDO Fumiyoshi*, YAMASHITA Shunsaku*, KITAYAMA Takaaki* and KOUMOTO Tatsuya**

I. はじめに ジオポリマーは、アルカリシリカ溶液とアルミノシリカ粉末（フィラー）との反応によって形成された非晶質の縮重合体（ポリマー）の総称である（池田，1998）。特に、ジオポリマーは産業副産物であるフライアッシュの有効利用という点において期待されている材料でもある。一方、ジオポリマーの硬化過程において活性材としての役割を担うのがアルカリシリカ溶液であり、通常は珪酸ナトリウム溶液が使用されている。近年、ジオポリマーに関する研究成果が多数報告されるようにはなっている（上原，2008；原田ら，2011；一宮ら，2011）が、このアルカリシリカ溶液の種類や濃度に関する詳細な比較検討結果は十分には報告されていないのが現状である。本報は、アルカリシリカ溶液の違いによる低強度ジオポリマーの強度特性の変化について比較検討したものである。

II. フライアッシュの性質と実験方法 使用したフライアッシュは、中国電力三隅火力発電所（島根県）産のJIS灰である。物性値として強熱減量2.4%、密度2.23g/cm³、ブレン値3,490cm²/gであり、化学組成としてSiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃およびCaOで約90%を占めている。このフライアッシュは著者ら（米倉ら，2010）が従来使用してきた九州電力松浦火力発電所（長崎県）産のものとはほぼ同一の球状粒子構造をなしている。また、アルカリシリカ溶液として、灰質量1/15のメタ珪酸ソーダ粉末および珪酸ソーダ1号粉末、水あめ状珪酸ソーダ1号の2倍希釈溶液およびそのNaOH添加溶液を使用した。練り混ぜ後に型枠に容易に充填できるよう、含水比は32～44%の範囲内で適宜加減調整した。この含水比は、15回落下回数のモルタルフロー値に換算すると約200mmとなる。材齢7，14，28および56日の供試体について圧縮試験を行い、加えて材齢14および28日の供試体については引張試験と曲げ試験も行った。

III. 実験結果および考察 Fig.1は圧縮強度と材齢の関係を示したものであり、Fig.2は変形係数と材齢の関係を示したものである。ここでは、水あめ状珪酸ソーダ1号の2倍希釈溶液を活性材と称している。セメントコンクリートとは異なり、ジオポリマーの材齢に伴う圧縮強度の増加は比較的緩やかである状況が伺える。メタ珪酸ソーダおよび珪酸ソーダ1号の粉末を使用した場合、材齢にかかわらず圧縮強度は約300～500kN/m²程度しか得られなかった。一方、活性材を使用した場合にのみ圧縮強度と変形係数の増加が認められ、さらにその活性材に5Mまたは10MのNaOHを添加（半量置換）してアルカリ度を高めた場合に圧縮強度と変形係数の顕著な増加が認められた。この理由は、高濃度のNaOHの存在がジオポリマーの固化メカニズムにおけるフィラーからの金属イオン溶出反応を促進させるためであると推定される。また、メタ珪酸ソーダや珪酸ソーダ1号の粉末材料は何れも吸湿性があり長期保存には難があるため、強度および品質管理の両面から判断して水あめ状の珪酸ソーダ溶液をベースとしたアルカリシリカ溶液が推奨されることが明らかとなった。

*佐賀大学農学部 (Faculty of Agriculture, Saga Univ.) **ジオポリマー研究所 (Geopolymer Research Laboratory)
キーワード：ジオポリマー，アルカリシリカ溶液，強度特性

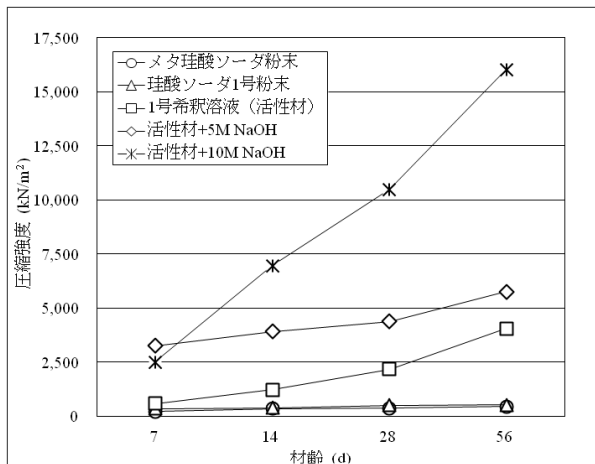


Fig.1 Relationships between compressive strength and material age

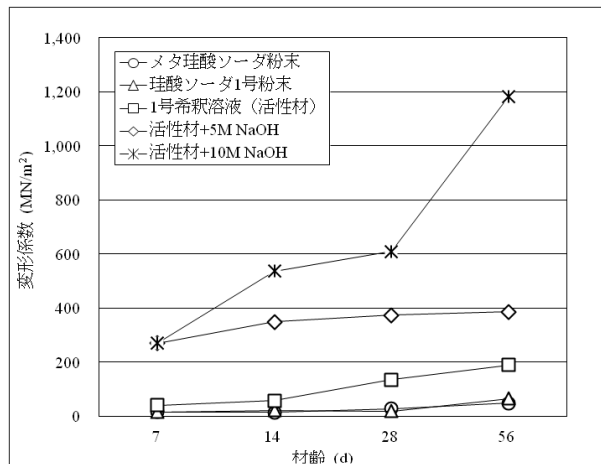


Fig.2 Relationships between modulus of deformation and material age

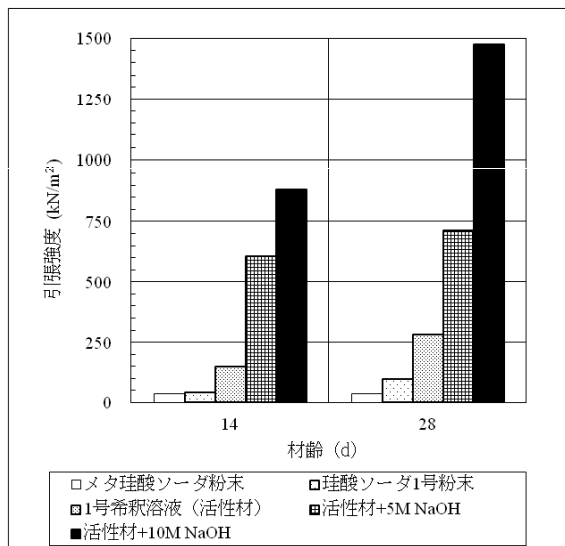


Fig.3 Relationships between tensile strength and material age

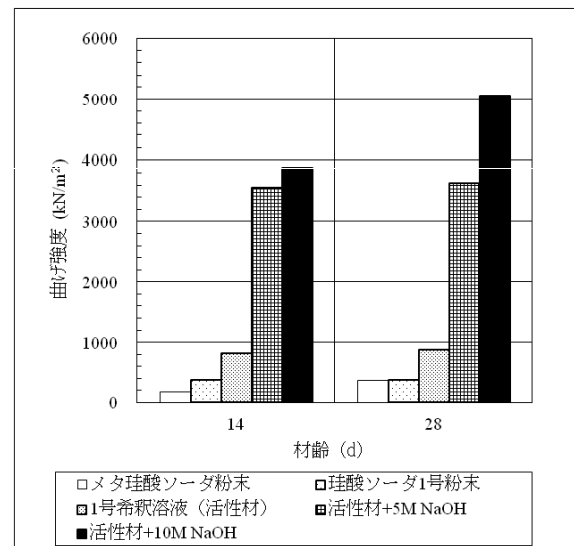


Fig.4 Relationships between bending strength and material age

次に、**Fig.3**は引張強度と材齢の関係を示したものであり、**Fig.4**は曲げ強度と材齢の関係を示したものである。圧縮強度の場合と同様に、メタ珪酸ソーダおよび珪酸ソーダ1号の粉末を使用した場合は引張強度と曲げ強度はともに低かった。一方、5Mまたは10MのNaOHを添加した活性材を使用した場合に引張強度と曲げ強度はともに著しい増加が認められた。特に、この場合の圧縮強度と曲げ強度の比を計算すると約2前後となり、著者ら（近藤ら、2011）が加圧流動床石炭灰（PFBC灰）を使用して得た結果とほぼ同等の値を示した。この理由は、ジオポリマーの固化メカニズムがセメントの水和反応のような粒子間の凝集結合ではなく、珪酸錯体の脱水を伴う縮重合結合に起因するためであると推定される。

引用文献 1) 原田耕司ら (2011)：コンクリート工学年次論文集, **33**, 1937-1942. 2) 一宮一夫ら (2011)：コンクリート工学年次論文集, **33**, 575-580. 3) 池田 功 (1998)：資源と素材, **114**(7), 497-500. 4) 近藤文義ら (2011)：平成23年度農業農村工学会大会講演要旨集, 588-589. 5) 上原元樹 (2008)：鉄道総研報告, **22**(4), 41-46. 6) 米倉英史, 近藤文義 (2011)：水土の知, **79**(6), 429-432.