

## 下水汚泥焼却灰を活用したジオポリマーモルタルの 基礎的性状に関する研究

日本大学 学生会員 ○望月 勇樹  
日本大学 正会員 山口 晋

日本大学 正会員 伊藤 義也  
日本大学 正会員 前田 正博

### 1. はじめに

コンクリートに使用されているセメントは、製造時に日本の温室効果ガス全排出量の約4%に相当するCO<sub>2</sub>を排出するとされており<sup>1)</sup>、その排出削減対策は以前から課題とされてきた。このような中、近年ジオポリマーと呼ばれる技術が脚光を浴びており、一般のセメントを用いたコンクリートに比べ、CO<sub>2</sub>排出量が約80%削減可能であると言われている。<sup>2)</sup>この技術は、アルミノシリカ粉末(以下、活性フィラー)とアルカリシリカ溶液(以下、GP溶液)との反応により形成された非結晶の縮重合体であり、セメントを使用しないコンクリート技術(固化技術)として注目されている。

ジオポリマー技術は、上記で述べた活性フィラーが必要となるが、主に高炉スラグ微粉末とフライアッシュや都市ごみ焼却灰溶融スラグなどが使用できるため、産業副産物有効利用の観点からも期待される技術である。そこで我々は、前述した資源の有効利用促進の観点から、2012年度調べで年間224万トン発生<sup>3)</sup>している下水汚泥焼却灰に着目し、これを活性フィラーとして活用できないかと考えた。

以上のことから本研究は、セメントを使用しないジオポリマー技術において、活性フィラーとして下水汚泥焼却灰の適用を目的とした基礎的な実験を行ったものである。

### 2. 実験手順

#### 2.1 使用材料

本実験で使用した材料をTable.1に示す。GP溶液は、水ガラスと苛性ソーダで構成されるアルカリシリカ溶液であるが、今回は濃度40%の苛性ソーダを用いた。活性フィラーはBS+FAおよびBS+SAの2水準とした。

#### 2.2 配合

実験の水準ならびに用いた配合はTable.2の通りである。本実験では、水ガラスと苛性ソーダの割合、つまりGP溶液比の影響に関する検討として溶液比を2.0, 3.0,

Table.1 使用材料

分類	材料
活性フィラー	フライアッシュ II 種 (FA:密度2.2g/cm <sup>3</sup> )
	下水汚泥焼却灰(SA:密度:2.6g/cm <sup>3</sup> )
	高炉スラグ微粉末(BS:密度:2.9g/cm <sup>3</sup> )
GP溶液	水ガラス+苛性ソーダ(密度:1.27cm <sup>3</sup> )
細骨材	標準砂(密度:2.64g/cm <sup>3</sup> )

Table.2 GP 溶液比とジオポリマー配合

No.	GP溶液比 [水ガラス/苛性ソーダ]	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
		GP溶液	FA	SA	BS	S
FA1	2.0	370.8	105.6	0	556.8	1235.5
FA2	3.0					
FA3	4.0					
FA4	2.0		158.4			
FA5	3.0					
FA6	4.0					
SA1	2.0	370.8	0	124.8	556.8	1235.5
SA2	3.0					
SA3	4.0					
SA4	2.0			187.2		
SA5	3.0					
SA6	4.0					

4.0の3水準とし、GP溶液の濃度変化による検討およびフライアッシュ、下水汚泥焼却灰の活性フィラーの違いによる検討を行った。

#### 2.3 供試体作製

練混ぜは、5ℓのモルタルミキサを用いて、標準砂と活性フィラーを計量し、予め作製し20°C環境下で定常状態としたGP溶液を注水して、低速90秒間練混ぜを行った。次に、一度休止して約10秒間でかき落としを行った後、再度低速で始動させ2分間練混ぜを行った。

養生方法は、20°C-RH60%の封かん状態で7日間養生したものと、その後、70°C-9時間の高温常圧養生ならびに180°C-3時間の高温高圧蒸気養生の3水準で検討した。

### 3. 実験方法

#### 3.1 硫酸浸漬試験

硫酸浸漬試験は、材齢7日後の供試体を濃度5%の硫酸水溶液中に浸漬させた。28日後に硫酸水溶液から供試体を取り出し、蒸留水で全面を均等に洗浄した。その

キーワード ジオポリマー, 下水汚泥焼却灰, フライアッシュ, 高炉スラグ, 硫酸浸漬試験, 圧力強度試験

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL.047-474-2470

後、表面の水分を拭き取り、質量が定常状態になるまで乾燥させ、質量変化率を算出した。なお、比較対象としてW/C50%のJISモルタルを作製し、比較検討を行った。

### 3.2 圧力強度試験

圧縮強度試験は、「JIS A 1108 コンクリートの圧縮試験方法」に準拠し、各養生後に試験を行った。

## 4. 試験結果および考察

### 4.1 硫酸浸漬試験

硫酸浸漬試験によって算出した質量変化率を Table.3 に示す。この結果によれば、JISモルタルは浸漬期間28日で約29%減少しているのに対し、ジオポリマーモルタルにおけるSA、FAのどちらの場合においても約8%の減少だった。つまり、JISモルタルに対しジオポリマーモルタルは、ほぼ元の健全な形状であった。

Table.3 耐硫酸浸漬試験結果

No.	質量変化率(%)	No.	質量変化率(%)
FA1	-7.69	SA1	-7.45
FA2	-7.43	SA2	-7.00
FA3	-7.53	SA3	-7.60
FA4	-7.38	SA4	-7.11
FA5	-7.78	SA5	-8.12
FA6	-7.42	SA6	-7.57
JISモルタル		-28.67	

### 4.2 圧力強度試験

Fig.2, Fig.3 に圧縮強度試験結果を示す。まず、GP溶液比の違いによる影響は、2.0, 3.0, 4.0の順でわずかな圧縮強度の増加が認められた。次に、養生温度の違いの影響については、養生温度が高いほど強度は高くなることがわかったが、一般的なセメントを用いた硬化体の場合とは異なり、養生温度の増加に伴う圧縮強度増加の割合は小さいことがわかった。また、活性フィラーによる影響としては、フライアッシュおよび下水汚泥焼却灰の割合が増えると圧縮強度は低下することから、高炉スラグ微粉末の量が多い方が圧縮強度は高くなることがわかった。そして、フライアッシュおよび下水汚泥焼却灰の影響については、若干フライアッシュを添加した場合の方が、圧縮強度は高くなったものの、ほぼ同等の強度発現性が得られることがわかった。

## 5. まとめ

本研究より得られた知見を以下に示す。

- (1)硫酸浸漬試験の結果、FA、SAのどちらの場合においても、ジオポリマーモルタルの非常に優れた耐硫酸性が認められた。
- (2)本研究の範囲では、GP溶液比の変化による圧縮強度の変化は小さかった。

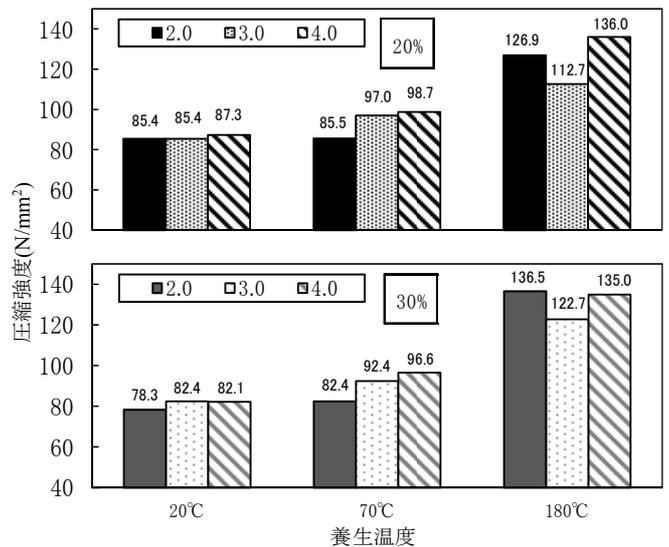


Fig.2 圧縮強度試験結果(FA)

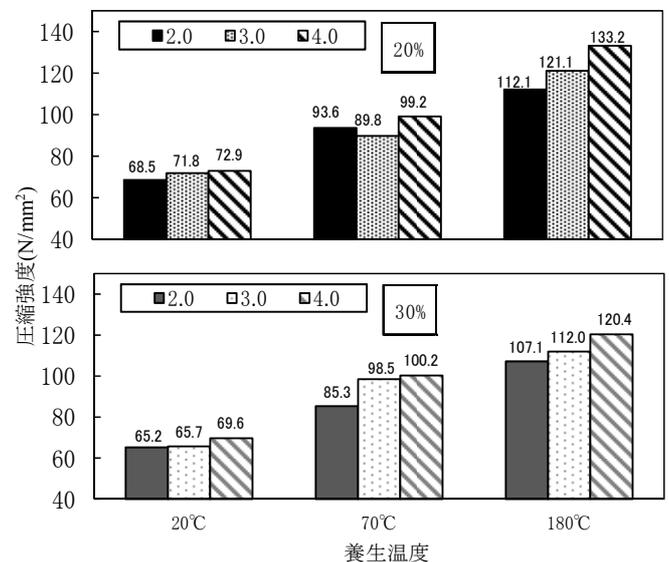


Fig.3 圧縮強度試験結果(SA)

(3)養生温度を上げることにより圧縮強度は増進するが、セメント硬化体の挙動とは異なり、養生温度上昇に伴う強度増加の割合は小さい。

(4)高炉スラグ微粉末が強度に及ぼす影響が最も大きい結果は明らかであるが、産業副産物の有効利用の観点においては、下水汚泥焼却灰も活性フィラー材として十分活用でき、高い強度発現性が得られることを示した。

### 参考文献

- 1)経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課:セメント産業における非エネルギー起源二酸化炭素対策に関する調査報告書,平成20年度経済産業省委託事業,pp.1,2008.
- 2)相原直樹ほか:鉄道用材料のLCAによる環境評価,鉄道総研報告,Vol.23, No.6, pp.5-10, 2009.
- 3)国土交通省,水管理・国土保全局,下水道部:下水道エネルギー化技術ガイドライン, pp.2, 2015.