

## ジオポリマーモルタルの硬化特性の基礎的研究

J F E スチール株式会社	正会員	○田 恵太
J F E スチール株式会社	正会員	松永 久宏
日本大学	正会員	吉澤 千秋
日本大学	正会員	小泉 公志郎

## 1. はじめに

セメントはその製造工程において、大量の二酸化炭素を発生させるため、地球温暖化対策として二酸化炭素の排出量削減が喫緊の課題となっている<sup>1)</sup>。

そこで、本研究では、セメントをまったく使用しない硬化体であるジオポリマー(GP)に着目した。GPは、フランスの Davidovits が提唱した、セメントクリンカーを使用せず、非晶質のケイ素化合物と水酸化ナトリウムなどのアルカリ溶液との反応により得られる非晶質の縮重合体(無理ポリマー)である<sup>2)</sup>。GPは、フライアッシュや高炉スラグ微粉末などの産業副産物を原料として大量に使用することができるため、一般的なコンクリートと比較して80%の二酸化炭素を削減することが可能だと言われている<sup>3)</sup>。GPに関して、さまざまな研究がなされてきたが、乾燥収縮が大きいこと<sup>4)</sup>や反応メカニズムに関する研究例が少ない<sup>5)</sup>。

本論文では、高炉スラグ細骨材、高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよび水酸化ナトリウムを主たる原料として、高炉スラグ微粉末とフライアッシュの配合比を変えて、蒸気養生を行って作製した GP モルタルのフレッシュ性状、凝結試験および強度試験をおこなった。

## 2. 実験方法

## 2.1 試料の作製

表1に使用した材料の概要を示す。高炉スラグ細骨材は、吸水率が0.73%であり、粒度分布の影響を除去するために、JIS A 5005: 2009 の砕砂の中央粒度に調整して用いた。表2に配合表を示す。配合①～⑤で、FAとGGBSの配合率を20:80、40:60、60:80と変えた。配合①と③はフローが低すぎたため、配合②、④、⑤で、凝結試験、材齢3、7日の圧縮強度および引張強度を測定した。

表1 使用材料

材料名	記号	密度 g/cm <sup>3</sup>	濃度
フライアッシュ	FA	2.36	-
高炉スラグ微粉末	GGBS	2.92	-
シリカヒューム	SF	2.10	-
水酸化ナトリウム水溶液	NaOH	1.50	48%
高炉スラグ細骨材	BFS	2.75	-
混和剤①	Ad1	1.80	50%

表2 配合表

種類	W/B %	FA:GGBS (質量比)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						Ad1 kg/m <sup>3</sup>
			FA	GGBS	W	SF	NaOH	BFS	
①	24.4	20:80	138	682	44	25	300	1530	25
②	29.9	20:80	138	682	99	25	300	1530	25
③	25.4	40:60	275	511	44	24	300	1532	24
④	31.2	40:60	275	511	99	24	300	1532	24
⑤	32.5	60:40	413	341	99	23	300	1533	23

キーワード ジオポリマー 高炉スラグ微粉末 フライアッシュ 高炉スラグ細骨材

連絡先 〒260-0835 千葉市中央区川崎町1 JFE スチール株式会社 スチール研究所 TEL043-262-2890

### 3. 実験結果

モルタルフロー試験結果を図1に示す。配合①, ③では流動性が低かった。配合②, ④, ⑤は単位水量を増やしたため、フロー値が200mm程度に改善された。また、フライアッシュの配合比率を上げると、フロー値が向上した。凝結試験結果を図2に示す。高炉スラグ微粉末4割の配合②の始発が140分、終結時間が約5時間と長かった。図3に材齢3, 7日の圧縮強度を示す。すべての90N/mm<sup>2</sup>を超えていた。図4に圧縮と引張の強度の関係を示す。過去の知見<sup>6)</sup>と異なり、引張と圧縮の比が17程度であった。

### 4. まとめ

高炉スラグ微粉末とフライアッシュの配合比を変え、細骨材に高炉スラグ細骨材のみを用いて、GPモルタルの配合試験をおこなった。その結果、凝結が著しく早くなると言われているが、混和剤を用いることで、始発が140分となる適正な単位水量や圧縮強度となるGPの配合条件が得られた。

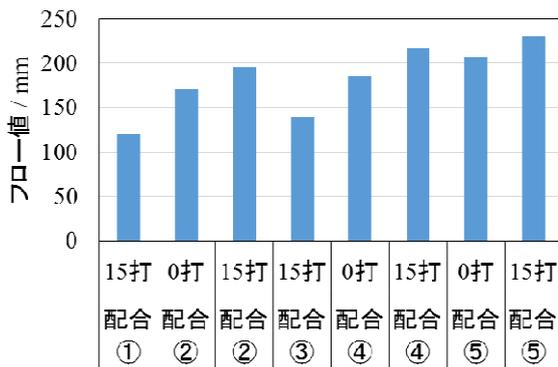


図1 モルタルフロー試験結果

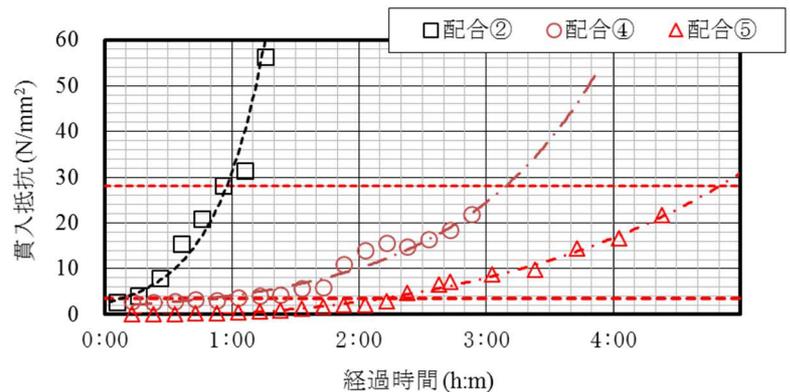


図2 凝結試験結果

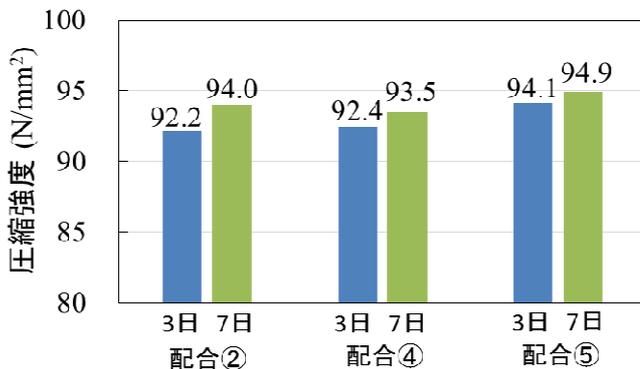


図3 圧縮強度結果

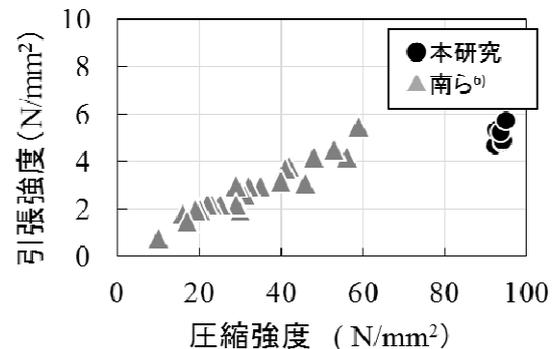


図4 圧縮強度と引張強度の関係<sup>6)</sup>

### 参考文献

- 1) 細谷俊夫：セメント産業におけるCO<sub>2</sub>排出削減の取り組み。コンクリート工学 Vol. 48, No. 9, 2010, p. 51-53.
- 2) Davidovits J. and Comrie D., (1988), Archaeological long-term durability of hazardous waste disposal: preliminary results with geopolymer technologies, Division of Environmental Chemistry, American Chemical Society, Toronto, 1988, Extended Abstracts, 237-240.
- 3) 相原直樹, 辻村太郎, 上原元樹, 土屋広志：鉄道用材料のLCAによる環境評価。鉄道総研報告。Vol. 23, No. 6, 2009. 6, p. 5-10.
- 4) 前川明弘, 三島直生, 畑中重光：ジオポリマーを結合材として使用したポーラスコンクリートの基礎物性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.2224-2229, 2014.7
- 5) 山本武志, 菊池道生, 大塚拓：NaOH刺激によるFA-GGBS-SF混合型ジオポリマーにおける反応相の物理化学特性。コンクリート工学年次論文集。Vol. 40, No. 1, 2018, p. 1869- 1874.
- 6) 南浩輔, 松林卓, 船橋政司：ジオポリマー硬化体の諸物性に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 35, No. 1, 2013, p. 1957-1962