

高炉スラグ微粉末がジオポリマーの性状に与える影響について

西松建設(株) 正会員 ○原田 耕司
九州工業大学大学院 正会員 合田 寛基
九州工業大学大学院 正会員 日比野 誠

1. はじめに

ジオポリマー（以下、GP と呼ぶ）は、セメントに代わる次世代の低炭素系の建設材料として期待されている。建設材料としての GP は、コストあるいは産業副産物の有効利用の観点から、その材料としてフライアッシュや高炉スラグ微粉末を使用するケースが想定される。これまでに、フライアッシュの品質が GP の性質に与える影響については報告がみられるが、高炉スラグ微粉末の品質が GP の性質に与える影響に関しては報告がないのが現状である。

そこで本研究では、高炉スラグ微粉末に注目して、その品質および置換率が GP の性質に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料および配合

GP 溶液（以下、GPW と呼ぶ）は、表-1 に示すように密度を約 1.27g/cm^3 に調整した珪酸ソーダを用いた。フライアッシュ（以下、FA と呼ぶ）は、国内で入手が容易な II 種品を採用した。高炉スラグ微粉末（以下、BS と呼ぶ）は、そのブレン値の違いが GP に与える影響を検討するために、3 種類のブレン値のものを採用した。また、BS の置換率が、GP の性質に与える影響を検討するために、表-2 に示すように、全粉体容積に対して 0、10、20、30 および 50% BS を置換した配合を採用した。

表-1 使用材料

| 記号 | 材料 | 密度 (g/cm^3) | ブレン値 (cm^2/g) |
|-----|---------------|---------------------------|------------------------------------|
| GPW | GP 溶液 | 1.27 | — |
| FA | フライアッシュ II 種品 | 2.32 | 3,580 |
| BS | 高炉スラグ微粉末 | 2.91 | 2,010 |
| | | | 4,230 |
| | | | 6,210 |
| STS | 標準砂 | 2.64 | — |

表-2 GP モルタルの配合

| BS/P (%) | 単位量 (kg/m^3) | | | |
|-------------|-------------------------|-------|-------|--------|
| | GPW | FA | BS | STS |
| 0 | 318.8 | 598.6 | 0 | 1296.2 |
| 10 | 318.8 | 538.7 | 75.3 | 1296.2 |
| 20 | 318.8 | 478.8 | 150.7 | 1296.2 |
| 30 | 318.8 | 419.0 | 226.0 | 1296.2 |
| 50 | 318.8 | 299.3 | 376.7 | 1296.2 |

(2) 練混ぜ

ホバート型ミキサ（容量 20 リットル、自転速度 154rpm、公転速度 35.75rpm）を用い、標準砂と FA と BS を入れて空練り 30 秒間、GPW を入れて一次練混ぜ 1 分間、掻き落とし 15 秒間、二次練混ぜ 2 分間の順で練り混ぜた。

(3) 養生および試験項目

GP の強度発現を促進させるためには加熱が必要であり、一般に加熱養生が施される。今回の試験では、図-1 に示す温度履歴で養生を行った。

具体的には、練混ぜ後、3 時間かけて温度を 60°C まで上昇させ、その状態を 6 時間保持し、再び 3 時間かけて 20°C まで温度を下げ、脱型後、試験材齢まで $20^\circ\text{CRH}60\%$ で気中養生を行った。

試験項目はフロー試験と圧縮強度試験とした。

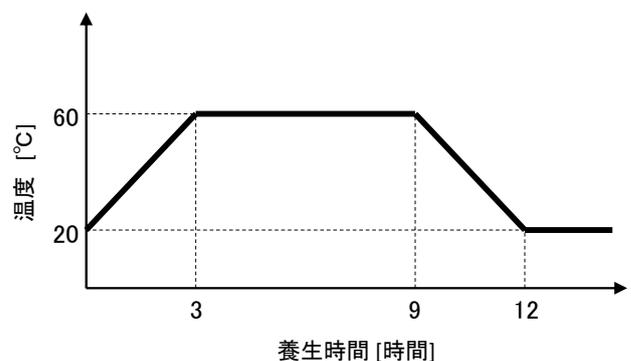


図-1 養生条件

3. 実験結果

(1) フロー試験

図-2 には置換率 20%における, BS のブレン値毎のフロー値の経時変化を示す. ブレン値 $2,010\text{cm}^2/\text{g}$ の BS は, 練混ぜ約 30 分後に 10%程度フロー値が小さくなっているが, その後 80 分までそのフロー値を保持し, 80 分以降再び徐々にフロー値が小さくなる傾向がみられる. これに対して, ブレン値 $4,230\text{cm}^2/\text{g}$ および $6,210\text{cm}^2/\text{g}$ のフロー値は, 20~30 分まで急激な低下は見られないが, 約 30 分を経過したあたりから, いずれも急激にフロー値が低下していることが分かる. 以上より, BS のブレン値は GP のフロー値の経時変化に影響を与えることが明らかになった.

図-3 には, BS 置換率毎のフロー値の経時変化を示す. なお, 同図は, ブレン値 $4,230\text{cm}^2/\text{g}$ の BS を用いた試験結果である. 練上り直後では, 置換率が大きくなるにしたがい, フロー値は小さくなっている. 特に, 置換率 50%では, 置換率 0%に比べ 20%程度フロー値が低下しており, BS の混和は, 練上り直後のフロー値に大きく影響を与えることが分かる.

(2) 圧縮強度試験

図-4 には, 圧縮強度と BS のブレン値の関係を示している. いずれのブレン値においても, BS の置換率が大きくなると圧縮強度が大きくなることが分かる. さらに, 今回の試験の結果, BS の置換率と同様に, そのブレン値も圧縮強度に影響を与え, BS のブレン値が大きくなると, 圧縮強度が増加する傾向にあることが明らかになった. BS の置換率により若干異なるが, ブレン値 $2,010\text{cm}^2/\text{g}$ の圧縮強度に比べブレン値 $6,210\text{cm}^2/\text{g}$ では, 2 倍程度圧縮強度が増加している. これは, BS のブレン値が大きくなると, GP 溶液中に縮重合反応に必要な成分の溶出が大きくなったためと考えられる.

4. まとめ

本研究により, BS のブレン値および置換率は, GP の性質に大きく影響を与えることが分かった.

今後は, その原因を究明するとともに, GP の普及のための実用的な研究開発も進める予定である.

参考文献 1) 一宮一夫, 原田耕司, 津郷俊二, 池田 攻: フライアッシュ 4 種を用いたジオポリマーモルタルの基礎物性, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1900-1905, 2012

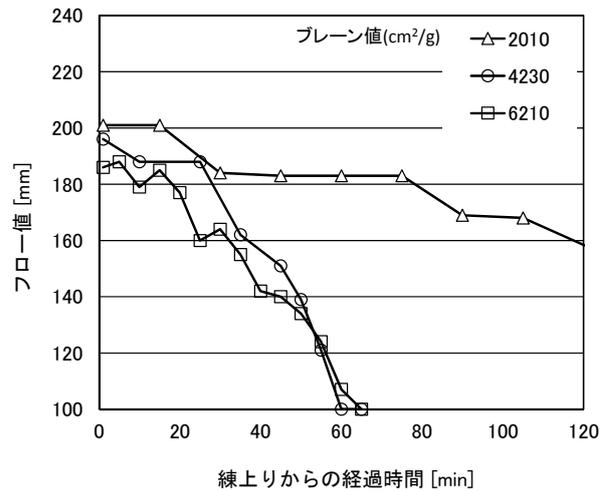


図-2 ブレン値毎のフロー値の経時変化

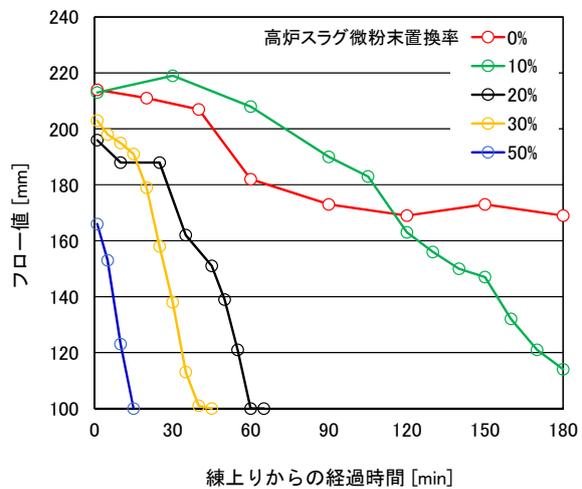


図-3 置換率毎のフロー値の経時変化

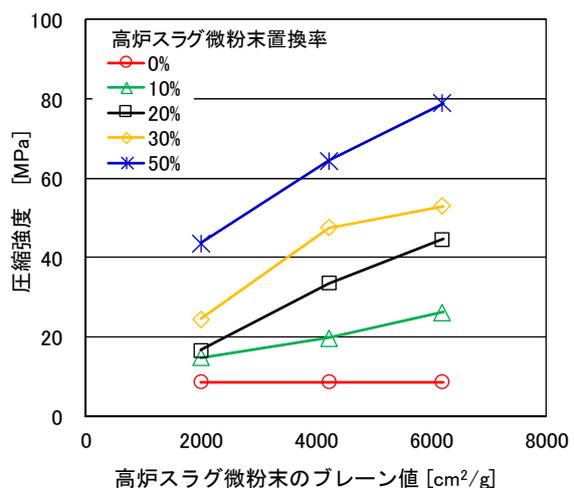


図-4 ブレン値と圧縮強度の関係