

超高強度ジオポリマーの開発に関する基礎的研究

防衛大学校 学生会員	○谷田 美月	防衛大学校 学生会員	佐伯 祐真
防衛大学校	幸 敬二	防衛大学校 正会員	藤掛 一典
日鉄高炉セメント(株)	桑原 直也	日鉄高炉セメント(株)	笹谷 達也
		富士化学(株)	黒岩 大地

1. はじめに

ジオポリマーは、火力発電所や製鉄所から排出される副産物であるフライアッシュや高炉スラグ微粉末(GGBFS)にアルカリ溶液(NaOH, KOH, Na_2SiO_3 , K_2SiO_3 等)を混入することにより生産されるものである。近年、ジオポリマーは、温室効果ガスの排出量が著しいセメントコンクリートの代替品として世界的に注目を浴びている。本研究では、高炉スラグ微粉末をベースとした圧縮強度が100MPaを超えるような超高強度ジオポリマーを開発するための基礎的な研究を行うものである。

2. 使用材料

(1) アルカリ溶液

アルカリ溶液として、12モル濃度の水酸化カリウム(KOH)とモル比($\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$)=2.02を有する珪酸カリウム(K_2SiO_3)を使用する。

(2) アルミナシリカ粉体

アルミナシリカ粉体として、高炉スラグ微粉末(GGBFS)とシリカフューム(SF)を使用する。GGBFSの密度および比表面積は、それぞれ $2.91\text{g}/\text{cm}^3$ および $4,070\text{cm}^2/\text{g}$ である。SFは、平均粒径 $0.1\mu\text{m}$ で化学成分として SiO_2 を96%含んだ超微粒子である。

(3) 珪砂

本研究では、細骨材として5号珪砂を使用する。5号珪砂の表乾密度および絶乾密度は、それぞれ2.61および $2.60\text{g}/\text{cm}^3$ である。

3. 各ジオポリマーの配合

表-1にジオポリマーの配合を示す。養生方法における気中は実験室内における養生を意味し、高温は、材齢1日後に 80°C の温度で24時間養生を行った後実験室で養生したものである。No.1~5の配合は、アルカリ溶液の混入率($\text{K}_2\text{SiO}_3/\text{KOH}$)が及ぼす影響を調べている。No.3と6は養生方法の影響、No.3, 7, 8はGGBFSの混入量の影響、No.9, 10, 11はSFの混入量の影響を調べるためのものである。

4. 各ジオポリマーの圧縮強度と密度

本研究では材齢7, 14および28日における各ジオポリマーの圧縮強度と密度を調べた。図-1にアルカリ溶液の混合率($\text{K}_2\text{SiO}_3/\text{KOH}$)と圧縮強度の関係を示す。各材齢において $\text{K}_2\text{SiO}_3/\text{KOH}=1.5$ 程度で圧縮強度が最大になることが分かる。また、図-2~図-4に代表的な配合の各材齢における圧縮強度を示す。これらの図から養生条件が各材齢における圧縮強度に及ぼす影響をみると、気中養生を行ったNo.3の圧縮強度が高温養生を行ったNo.6の圧縮強度より大きくなっているのが分かる。さらに今回の実験では、多量にシリカフュームを混入したNo.11の配合において圧縮強度が約140MPaに達することも分かった。

キーワード ジオポリマー, 超高強度, 高炉スラグ微粉末, シリカフューム

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校 TEL: 046-841-3810 E-mail: s67428@ed.nda.ac.jp

5. 結論

- (1) アルカリ溶液として KOH と K_2SiO_3 を用いる場合には、混合率(K_2SiO_3/KOH)=1.5 程度で圧縮強度が最大になる。
- (2) GGBFS ベースのジオポリマーでは、高温養生すると圧縮強度が低下する。
- (3) 本研究では、圧縮強度約 140MPa に達する超高強度ジオポリマーの製造が可能であることが分かった。

表-1 ジオポリマーの配合

No.	AL/PW	粉体 (PW)		アルカリ溶液 (AL)			珪砂 (g)	養生法
		GGBFS(g)	SF(g)	KOH (g)	K_2SiO_3 (g)	K_2SiO_3/KOH		
1	0.50	2,500	0	357.1	892.9	2.5	3,000	気中
2	0.50	2,500	0	416.7	833.3	2.0	3,000	気中
3	0.50	2,500	0	500.0	750.0	1.5	3,000	気中
4	0.50	2,500	0	625.0	625.0	1.0	3,000	気中
5	0.50	2,500	0	833.3	416.7	0.5	3,000	気中
6	0.50	2,500	0	500.0	750.0	1.5	3,000	高温
7	0.476	2,625	0	500.0	750.0	1.5	3,000	気中
8	0.455	2,750	0	500.0	750.0	1.5	3,000	気中
9	0.490	2,500	50	500.0	750.0	1.5	3,000	気中
10	0.476	2,500	125	500.0	750.0	1.5	3,000	気中
11	0.333	2,500	500	400.0	600.0	1.5	4,300	気中

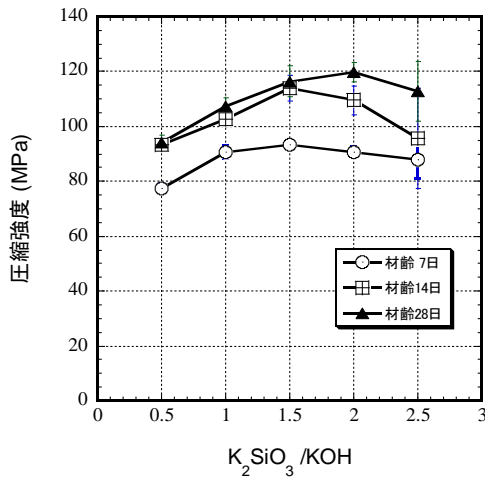


図-1 K_2SiO_3/KOH と圧縮強度の関係

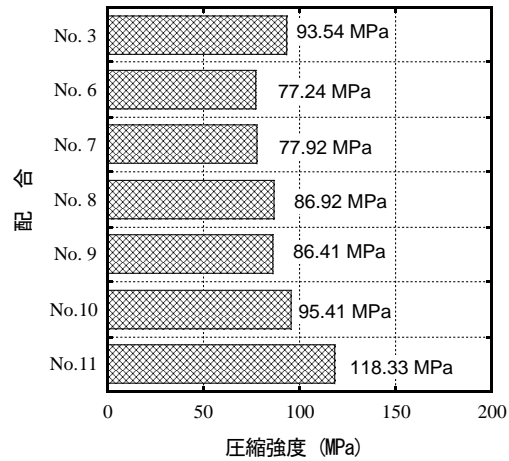


図-2 材齢 7 日における圧縮強度

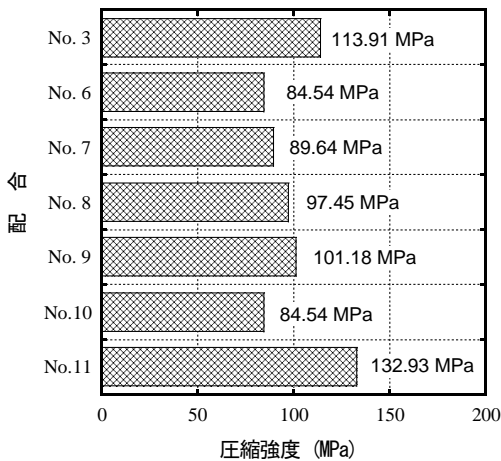


図-3 材齢 14 日における圧縮強度

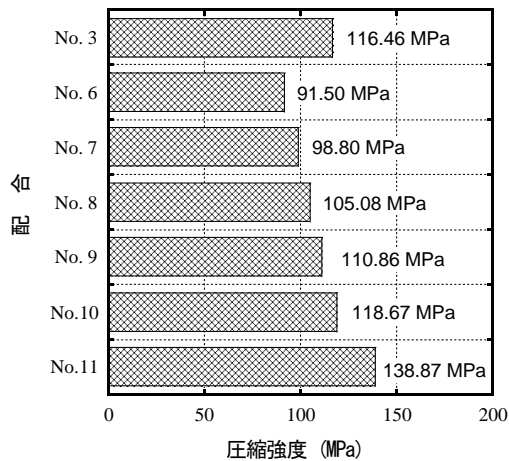


図-4 材齢 28 日における圧縮強度