

アルカリ溶液の調製方法がフライアッシュベースジオポリマーの品質安定性に及ぼす影響

熊本大学大学院 学生会員 ○下條 啓人 正会員 尾上 幸造 学生会員 高山 優司

1. 目的

ジオポリマー (GP) とは、活性フィラーとアルカリ溶液を用いて硬化させた材料のことであり、セメントを使用しないことや短時間での強度発現, 耐酸性, 耐熱性などの優れた特性を有し, 次世代の建設材料として期待されている。既往の研究により, フライアッシュ (FA) を使用した GP モルタルの配合および製造条件の最適化について検討された。その中で, GP モルタルの再現性にはアルカリ溶液に関する設計パラメータが大きく影響することが判明した。そこで本研究では, 水ガラス (SS) と水酸化ナトリウム水溶液 (SH) の質量比である SS/SH の大きさが FAGP の品質安定性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

(1) 使用材料

活性フィラーとして, FA (異なる発電所で生産された 4 種類。いずれも JIS A 6201 におけるII種のもの) と高炉スラグ微粉末 4000 (GGBS, 密度: 2.91 g/cm^3 , 比表面積: $4160 \text{ cm}^2/\text{g}$), アルカリ溶液として水ガラス (旧 JIS K 1408 に規定されていた 3 号品, 密度: 1.41 g/cm^3) と水酸化ナトリウム水溶液 (濃度: 6 M 密度: 1.21 g/cm^3), 細骨材として JIS R 5201 に規定される標準砂 (密度: 2.64 g/cm^3) を用いた。

(2) 入力, 出力, 設計パラメータおよびノイズ条件の設定

本研究は図-1 のようなシステムチャートを想定して行った。入力を活性フィラーとアルカリ溶液の容積比 (P/L) とし, 出力を 15 打フロー値, 曲げ強度, および圧縮強度とした。入力値と設計パラメータ及びノイズ条件を表-1, 2 に示す。

(3) SS/SH の最適化

タグチメソッドとはデータのばらつきやシステムの劣化による問題を事前に排除するための予防保全技術である。各入力値と出力値の間の理想関係を基準点比例式として SN 比と感度を求めた。2つの指標において要因効果図を作成し, その結果を用いて, SS/SH の最適化を行った。

表-1 入力値と設計パラメータの水準

入力値 (P/L)	0.6, 0.75, 0.9
設計パラメータ	
A: 練混ぜタイプ	後入れ
B: SS/SH	2, 2.5, 3, 3.5, 4
C: NaOHaq 濃度 (M)	6
D: 練混ぜ時間 (分)	4
E: 養生保持温度 ($^{\circ}\text{C}$)	60
F: 養生積算温度 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$)	1000

表-2 ノイズ条件と各 FA の密度

ノイズ	産地	密度 (g/cm^3)
N_1	FA1	2.26
N_2	FA2	2.26
N_3	FA3	2.33
N_4	FA4	2.27

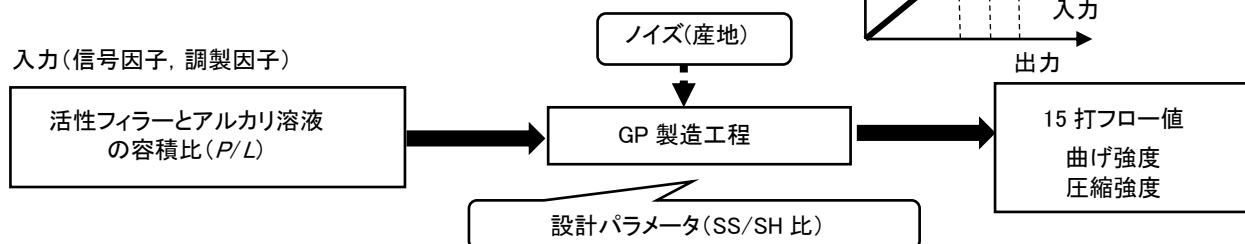


図-1 本研究で想定したシステムチャート

キーワード ジオポリマー, フライアッシュ, アルカリ溶液, SS/SH , SN 比,

連絡先 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1 TEL 096-342-3542

3. 実験結果および考察

図-2~4に $P/L=0.75$ の時の SS/SH と 15 打フロー値, 曲げ強度, および圧縮強度の関係を示す. SS/SH を増大させることにより, 15 打フロー値, 曲げ強度, および圧縮強度は減少することがわかった. 15 打フロー値に関しては SS/SH が高くなることで粘性が低下したこと, 曲げおよび圧縮強度に関しては SS/SH が高くなることで C-A-S-H 生成量が減少したことが原因と考えられる.

タグチメソッドにおいて, SN 比とはシステムの再現性の高さを表す指標である. 一方, 感度とは入出力の傾きを表す. 15 打フロー値, 曲げ強度, および圧縮強度の SN 比と感度に及ぼす SS/SH の効果を図-5, 6 に示す. 図-5 から, 曲げと圧縮強度に関して, SS/SH が増大するほど SN 比は高くなり, 15 打フロー値に関してはその逆の傾向が得られた. 既往の研究¹⁾においても SS/SH が 2 から 3 にかけて 15 打フロー値の SN 比は低下しており, 傾向としては一致しているがその原因については今後の究明が必要である. 図-6 より, 感度に関してはいずれの出力値についてもやや減少傾向にあるが SN 比の場合と比べるとその影響は小さいと考えられる. 以上のことから, SS/SH が GP モルタルに及ぼす影響として, 感度より SN 比に影響する, つまり, SS/SH は GP モルタルの品質安定性に影響を及ぼすと考えられる.

4. まとめ

$SS/SH=2\sim4$ の範囲において, SS/SH が増大するほど 15 打フロー値, 曲げ強度, および圧縮強度は減少するが, 15 打フロー値を除き品質安定性は向上するという結果が得られた. 一方, 感度に関しては, SS/SH の増加に対しやや減少するものの SN 比に比べると影響は小さいことがわかった. 本研究および既往の研究¹⁾を踏まえると, 旧 JIS K 1408 に規定されていた 3 号に相当する水ガラスを用いる場合には SS/SH を 3~3.5 に設定するのがよいと考えられる.

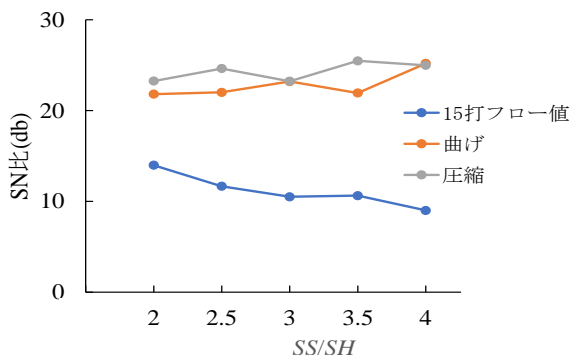


図-5 SN 比に及ぼす SS/SH の効果

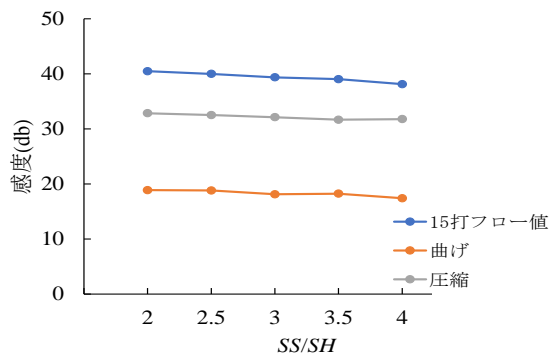


図-6 感度に及ぼす SS/SH の効果

謝辞：本研究は JSPS 科研費 (JP19K04558) の助成を受け実施した
参考文献

- 1) 高山優司, 尾上幸造, 佐川康貴, 新大軌, 香島和輝: 動特性のパラメータ設計によるフライアッシュベースジオポリマーの配合・製造方法の最適化に関する検討, 第9回九州橋梁・構造工学研究会シンポジウム論文集, pp. 51-56, 2021. 12
- 2) 立林和夫: 入門タグチメソッド, 日科技連, 2004

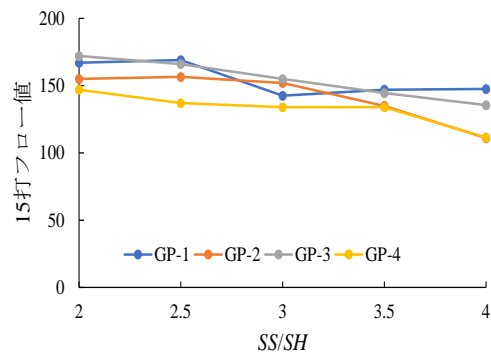


図-2 SS/SH と 15 打フロー値の関係($P/L=0.75$)

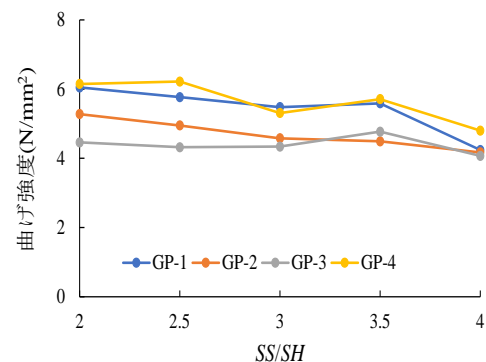


図-3 SS/SH と 曲げ強度の関係($P/L=0.75$)

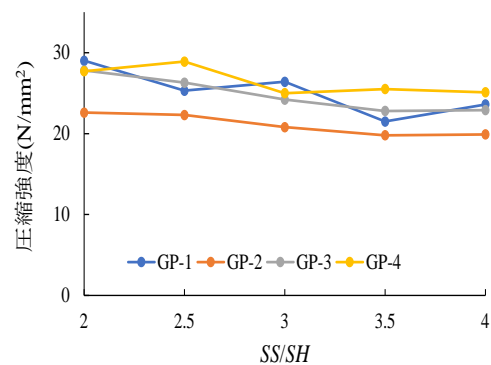


図-4 SS/SH と 圧縮強度の関係($P/L=0.75$)