

ジオポリマーコンクリートの配合と圧縮強度に関する検討

福島工業高等専門学校 正会員 緑川 猛彦
 大分工業高等専門学校 正会員 一宮 一夫
 岐阜工業高等専門学校 正会員 犬飼 利嗣
 松江工業高等専門学校 正会員 周藤 将司

1. はじめに

ジオポリマーは、水ガラス等のアルカリシリカ溶液とフライアッシュ等のアルミナシリカ粉末の縮重合反応により生成される固化体であり、従来のセメントよりCO₂排出量が少なく、かつフライアッシュ等の産業副産物を利用できることから、近年注目されている材料である。一方、ジオポリマーコンクリートをセメントコンクリートの代替として使用する際には、ジオポリマーコンクリートの配合や配合の変化に伴う圧縮強度等のデータが乏しく、現在各方面で様々なデータの蓄積がなされている所である。

本研究は、ジオポリマーコンクリートの骨材容積と細骨材率を様々に変化させ、フレッシュ性状と圧縮強度および弾性係数について実験的に検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

ジオポリマーの作製には、フライアッシュ (II種, 密度 2.13g/cm³), 高炉スラグ微粉末 (粉末度 4000cm²/g, 密度 2.93g/cm³), 1.5 倍希釈 1 号水ガラス, 48%水酸化ナトリウム溶液, 細骨材 (山砂, 密度 2.56g/cm³, 粗粒率 2.88), 粗骨材 (陸砂利, 密度 2.68g/cm³, Gmax=20mm) を使用した。アルカリシリカ溶液は、水+水ガラス+NaOH を混合した状態の密度が 1.36g/cm³ として配合計算を行なった。また、全粉体に対する高炉スラグ微粉末の混入率は容積比で 30%, A/W=0.101, Si/A=0.720 とした。コンクリートの配合を表-1 に示す。コンクリート中に占める骨材容積を 55%~70%まで 4 ケース, 細骨材率を 35%~50%の 4 ケースとし、全 13 ケースについて検討した。

2.2 測定項目

ジオポリマーコンクリートを作製後、スランプ値, スランプフロー値, 空気量を測定した。また、φ100×200 の円柱供試体作製後、室温 20°C の条件で気中養生および封かん養生を約 2 ヶ月間実施し、その後動弾性係数 (JIS A 1127), 圧縮強度 (JIS A 1108), 静弾性係数 (JIS A 1149) を求めた。

3. 結果および考察

作製したジオポリマーコンクリートは、水ガラスや NaOH 等の比較的粘性の高い液体を使用するために、高流動コンクリートのようなフレッシュ性状を示した。すなわち骨材容積や細骨材率を変化させてもスランプ値の変化は少なく、

表-1 ジオポリマーコンクリートの配合

記号	骨材容積 (Vol.%)	s/a (vol.%)	単位量(kg/m ³)							スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)
			W	1.5 WG	48% NaOH	FA	BS	S	G			
55-50	55	50	67.1	205.0	31.6	248.8	146.7	703.4	736.4	27.0	80.0	1.8
60-35	60	35	58.6	179.1	27.6	217.4	128.2	537.6	1045.2	26.0	69.8	2.0
60-40		40						614.4	964.8	24.0	71.0	0.9
60-45		45						691.2	884.4	22.0	70.5	0.8
60-50		50						768.0	804.0	25.0	71.0	1.4
65-35		35						582.4	1132.3	23.5	61.5	1.3
65-40	65	40	50.2	153.6	23.7	186.4	109.9	665.6	1045.2	22.5	58.0	0.4
65-45		45						748.8	958.1	24.0	63.0	1.0
65-50		50						832.0	871.0	-	62.5	2.3
70-35		35						627.2	1219.4	23.4	38.8	0.8
70-40	70	40	41.9	128.0	19.8	155.3	91.6	716.8	1125.6	21.0	41.5	1.4
70-45		45						806.4	1031.8	23.5	35.8	0.8
70-50		50						896.0	938.0	15.0	57.0	1.7

キーワード ジオポリマー, 配合設計, フレッシュ性状, 圧縮強度 弾性係数

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 TEL 0246-46-0835

むしろフロー値で大きな差を生じることとなった。また、ジオポリマーコンクリートのハンドリングが比較的軽く、スランプ値から受ける印象と大きく異なった。スランプ値の目標がある時は別であるが、コンシステンシーの評価はフロー値が適切であると考えられた。

図-1にs/aとスランプフロー値との関係を示す。骨材容積でフロー値は変化し、骨材容積が多くなるとフロー値は小さくなる傾向を示した。また、細骨材率はフロー値にはほとんど影響しなかった。骨材容積を減ざるとコンシステンシーは良くなるが、若干材料分離気味のものもあった。さらに、骨材容積の減少は圧縮強度の低下をもたらすケースもあった。一方、骨材容積の増加はフロー値を低下させ、さらにジオポリマー特有の凝結が早い事により、骨材容積が70%以上では十分な締固めを行うことは困難であった。

図-2に細骨材率と圧縮強度との関係を示す。いずれの骨材容積のケースにおいても、圧縮強度はs/aにより変化し、40%の時に最も大きくなった。これは、細骨材と粗骨材のバランスによる充填率が関係すると推察され、s/a=40%の時に最も充填率が高くなるためと考えられる。以上のことから、ジオポリマーコンクリートの配合では、骨材容積は60%~65%、s/a=40%程度が適切であると考えられた。

図-3に圧縮強度とヤング係数との関係を示す。ヤング係数は、従来のコンクリートと同様に圧縮強度に比例することが確かめられた。図-3には、従来のコンクリートにおける圧縮強度とヤング係数との関係も図示しているが、ジオポリマーコンクリートのそれは従来のコンクリートの約50%程度であった。しかしながら、ジオポリマーコンクリートの強度は養生方法に左右されることから、ヤング係数に関しては養生の影響を加味したより詳細な検討が必要である。

図-4はヤング係数と動弾性係数との関係を示したものである。従来のコンクリートでは、動弾性係数はヤング係数より大きく示されることが明らかになっているが、ジオポリマーコンクリートにおいても同様の傾向であった。

3. おわりに

ジオポリマーコンクリートの実用化に資するために、配合とフレッシュ性状、圧縮強度、ヤング計数および動弾性係数に関してデータの蓄積を行った。本研究範囲内で得られた知見を以下に記す。

- 1) ジオポリマーコンクリートのコンシステンシーの評価はスランプ値よりもスランプフロー値の方が良い。
- 2) ジオポリマーコンクリートの骨材容積は60%から65%、細骨材率は40%程度が望ましい。
- 3) ジオポリマーコンクリートのヤング係数は圧縮強度と比例するが、従来のコンクリートの約50%程度と低い傾向にある。また、ヤング係数と動弾性係数は比例する。

【謝辞】本研究は一般社団法人東北地域づくり協会の技術開発支援を受けて実施したものです。ここに感謝の意を評します。

【参考文献】

- 1) 公益社団法人日本コンクリート工学会: 建設分野へのジオポリマー技術の適用に関する研究委員会報告書, 2017

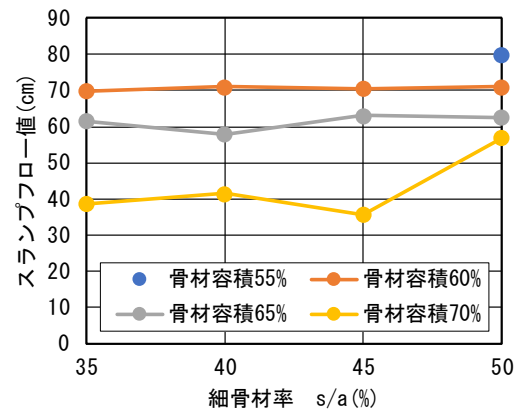


図-1 s/aとフロー値との関係

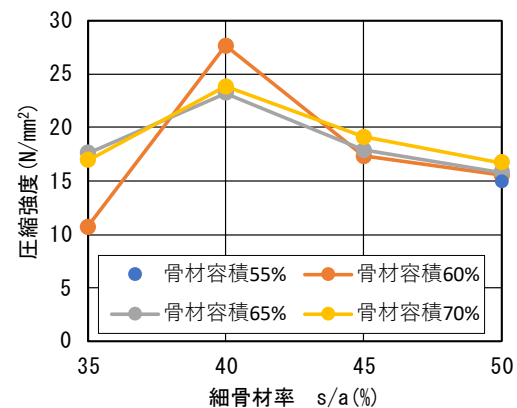


図-2 s/aと圧縮強度との関係

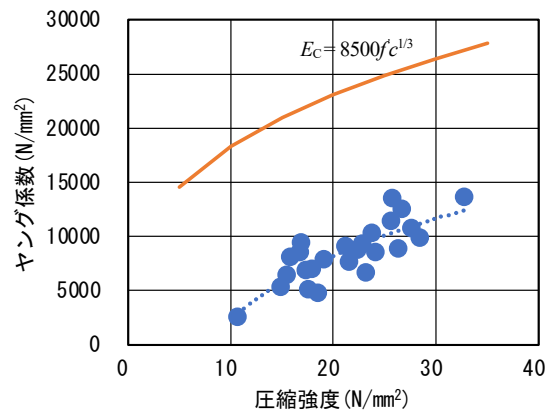


図-3 圧縮強度とヤング係数との関係

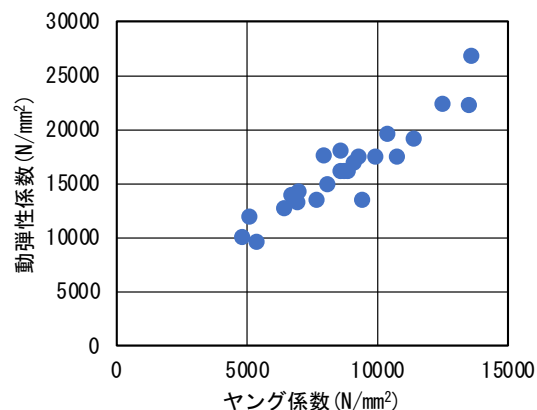


図-4 ヤング係数と動弾性係数との関係