

ゼオライトを混合した軽量コンクリートの開発に資する基礎研究

八戸工業高等専門学校 環境都市・建築デザインコース 学生会員 ○小田桐 友萌
八戸工業高等専門学校 環境都市・建築デザインコース 学生会員 磯島 亜花利
八戸工業高等専門学校 産業システム工学科 正会員 庭瀬 一仁

1. はじめに

ゼオライトは、放射性物質で汚染された環境から汚染物質を吸着させて、流出や飛散を防止する際に活用される。方法としては、直接ゼオライトを散布する方法が一般的であるが、ゼオライトを混合したセメント系材料とすることで汚染物質を封じ込める方法も考えられる。この時、汚染物質が固体廃棄物である場合は、ゼオライトを混合したセメント系材料の密度が汚染物質の密度より小さいほど、汚染物質の浮力による浮上、分離を抑制することができる。本研究は、ゼオライトを骨材として用いた軽量コンクリートを作製し、流動性や強度などについての試験を行い、汚染物質の閉じ込めを機能とした軽量コンクリートの適用性を検討した。

2. 試験概要

2.1 使用材料

本実験で使用した材料を表 1 に示す。既往の研究¹⁾より、高流動かつ高強度が確認されたコンクリートと同じ材料を用いた。

2.2 供試体作製

既往の研究¹⁾で検討された配合を基に密度 1 以下を目標として配合調整を行った。ゼオライト混合率は 45%，W/B は 50%，フライアッシュは、30%置換、化学混和剤の添加率は、ME は C×2.5%，MXS は C×3%である。この配合に加え、ゼオライトの吸水分を考慮し、ゼオライト質量の 50%の水を単位水量とは別で外割で添加した。細骨材分のゼオライトは粒径 0.5mm 以上のものを使用し、粗骨材分のゼオライトは粒径 1.2mm 以上のものを使用した。練り混ぜは二軸強制練りミキサーを使用した。供試体は強度試験用の φ100×200mm 円柱供試体と気泡測定用の 100×100×400mm 四角柱供試体を作製した。

3. 試験方法

3.1 スランプフロー試験

流動性の評価をスランプフロー試験（JIS A 1150）に準拠して行った。試験は練り混ぜ直後に実施した。本研究では、80×80cm のフローテーブルを使用した。

3.2 圧縮強度試験

力学的安定性の評価を行うため、圧縮試験機を用い、圧縮強さを測定した。圧縮強度試験は、コンクリートの圧縮強度試験方法(JIS A 1108)に準拠した。

3.3 気泡組織測定（マニュアルリニアトラバース法）

気泡組織測定は、ASTM（American Society for Testing and Materials）C 457 のマニュアルリニアトラバース法に準拠して行った。マニュアルリニアトラバース法は、主に、電気泳動試験による実効拡散係数の測定範囲でない、細孔径 10μm 以上の気泡の測定に用いられ、硬化後の空気量や気泡間隔係数などを測定する。

表 1 使用材料

名称	材料名	記号	密度 g/cm ³
結合材	普通ポルトランドセメント	OPC	3.22
	フライアッシュ	FA	2.19
	石灰石微粉末	LS	2.70
	高性能AE減水剤	ME	1.00
	硬化促進剤	MXS	1.00
細骨材	ゼオライト	S	0.65
粗骨材	ゼオライト	G	0.65
混練水	上水道水	W	1.00

表 2 試験配合

W/B	Air	W	OPC	FA	LS	S	G	ME	MXS	合計(g)
0.5	0.1	132.1	200.0	85.6	85.7	256.8	200.9	5.0	6.0	972.0

4 実験結果・考察

4.1 スランプフロー試験結果

スランプフロー試験の結果、鉄板に振動を与えることで直径 70cm まで流動した。スランプフロー試験の様子を写真 1 に示す。高流動であるが、自重が軽いため、この生コンクリートを打ち込んだだけでは充填されない可能性がある。使用する際は、バイブレーダーは使用せずとも多少の振動を加えることが必要になると考える。

4.2 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験の結果を図 1 に示す、7 日材齢の強度は 3.15N/mm^2 、28 日材齢では 5.77N/mm^2 、91 日材齢では 6.18N/mm^2 の強度が発現した。28 日材齢と 91 日材齢を比較すると強度増加が小さくなっていることがわかる。よって、28 日材齢時点で水和反応は終息したと考えられ、今後も強度の増加は期待できない。構造部材として使用する場合、建築基準法施行令第 74 条第 1 項第一号では、軽量コンクリートの 28 日強度の基準は 9N/mm^2 以上とすることと定めている。このことから、本配合を構造部材として使用するには一般の骨材を一部置換する手法などを検討する必要があると考える。また、原子力規制庁の廃棄物確認に関する運用要領ではセメントを用いて放射性廃棄物を固形化する場合の一軸圧縮強度は 1470kPa (1.47N/mm^2) 以上であることと定めている。ゼオライトは自らのイオン交換作用により、放射性物質であるセシウムの吸着に使用されていることから、本研究で作製したゼオライト混合率約 45% のコンクリートは放射性廃棄物を固形化する用途で使用できると考えられる。

4.3 気泡組織測定結果

気泡測定の結果を表 3 に示す、気泡間隔係数は 28 日材齢で $815\mu\text{m}$ 、91 日材齢で $725\mu\text{m}$ となった。28 日から 91 日にかけて、気泡間隔係数は減少傾向にある。平均気泡径は 28 日材齢で $941\mu\text{m}$ 、91 日材齢で $844\mu\text{m}$ となった。気泡間隔係数は一般に $200\sim 250\mu\text{m}$ 以下にすることで耐凍害性が著しく向上するといわれているが、径 0.15mm 未満の気泡量が多いコンクリートほど耐凍害性が高い傾向にあることが既往の研究²⁾より明らかになっている。よって、本研究で作製したコンクリートは、細孔径の観点からは耐凍害性が低い結果と考えられる。



写真 1 スランプフロー試験

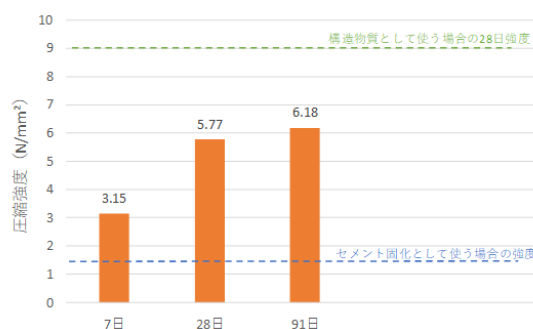


図 1 圧縮強度の比較

表 3 気泡組織測定結果

気泡測定（28日養生）	
気泡数(個)	134
平均気泡径(um)	941
空気量(%)	3.1
気泡間隔係数(um)	814
気泡測定（91日養生）	
気泡数(個)	152
平均気泡径(um)	843
空気量(%)	3.1
気泡間隔係数(um)	724

5. まとめ

- 1) 圧縮強度試験結果より、構造部材としての使用は難しいが、放射性廃棄物のセメント固形化への適用可能性があると考えられる。
- 2) 気泡組織測定結果より、養生によって耐凍害性は向上するが、現状のままでは寒冷地での使用は難しい可能性が高いと考えられ、さらに研究が必要である。

6. 参考文献

- 1) Sora SUTO, Kazuhito NIWASE, Study on Improvement of Early Strength of Highly Durable Concrete by Combined Use of Chemical Admixtures, The 3rd International Conference on Structural and Civil Engineering (ICSCE2019), September 25-27, 2019
- 2) 坂田昇, 菅俣匠, 林大介, 橋本学, コンクリートの気泡組織と耐凍害性の関係に関する考察, コンクリート工学論文集, 第 23 巻第 1 号(2012)