

各種ゼオライトの人工バリアへの適用性に関する
圧縮強度及び空隙評価

八戸工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○高野 伶
八戸工業高等専門学校専攻科 学生会員 赤坂 翼
八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬 一仁

1. 背景と目的

現在、原子力発電所にて発生した低レベル放射性廃物は、セメント固化した後、埋設処分されている。その際、放射性廃棄物が生活環境に影響を与えないよう安全性を確保することが重要である。人工バリアについてのこれまでの研究¹⁾では、ベントナイト系材料を用いた「低透水層」とセメント系材料を用いた「低拡散層」によって核種の移行を抑制する研究がなされてきた。しかし、セメント系材料に要求される吸着性能に関しては、積極的な高吸着性を検討した事例は皆無である。そこで本研究では、各種ゼオライトを用いたこれまでに無い新しい人工バリアとなる「高吸着層」の開発を目的とする。既往の研究²⁾では、宮城県産モルデナイト型ゼオライトを用いたセシウム吸着ゼオライトの固化技術に関する研究を行い、固化体体積の75%をゼオライトが占める供試体を作製し、力学的安定性、フレッシュ性状、及び閉じ込め性能の観点から検討を行い、一定の成果が得られた。本研究では、これらの成果をもとに、宮城県産モルデナイト型ゼオライトより、高い陽イオン交換量(高CEC)を有する福島県産モルデナイト型ゼオライトと、モルデナイト型ゼオライトより吸着性能に優れている山形県産クリノプチロライト型ゼオライトを用いた固化体の物性評価を行う。

2. 実験概要

2.1 配合条件

本実験の示方配合を表-1に示す。セメント種は、普通ポルトランドセメント(密度：3.16 g/cm³、比表面積：3,340cm²/g)(以下、OPC)を用いた。ゼオライトについては、粒径0.5mm以下の3種類のゼオライトを使用した。ゼオライトは多孔質で吸水性が高い材料であるため、セメントペーストからの吸水により施工性の低下が見

込まれる。そのため、ゼオライトの吸水率を予め測定し、単位水量とは別で加えた。(以下、WZ)併せて高性能AE減水剤を使用し、フレッシュ時の流動性を確保した。ゼオライトは、セメントミルクと接触した時、ほぼ飽和するまでセメントミルク中の水を吸水する。これは、既往の研究により確認している。したがって、添加水は、ゼオライトに吸水されるため、固化体のゼオライト体積は50%で変化がないものと仮定している。

2.2 供試体作製

供試体は、示方配合に示す材料を二軸強制練りミキサーによって練り混ぜ、供試体を作製した。各種供試体は20℃の恒温室に24時間静置した後、脱型した。養生方法は、水中養生とし、養生期間は圧縮強度試験を3、7、28、91及び365日に設定し、気泡組織測定は、7、28、91及び365日に設定した。

3. 試験概要

3.1 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、セメント強さ試験(JIS R 5201)に準拠した。

3.2 気泡組織測定（マニユ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のマニユアルリニアトラバース法に準拠して行った。マニユ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

表-1 示方配合

Name	ZV	W/C	Unit contents(kg/m ³)			WZ	SP C×3%
			W	OPC	Z		
CY	0.5	0.3	243	811	319	125	24.3
MF	0.5	0.3	243	811	339	136	24.3
MM	0.5	0.3	243	811	123	123	24.3

ない、細孔径 10 μ m 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。

4. 実験結果・考察

4.1 圧縮強度試験

圧縮強度試験の結果を図-1 に示す。図に示す CY は山形県産クリノプチロライト型ゼオライト、MF は福島県産モルデナイト型ゼオライト、MM は宮城県産モルデナイト型ゼオライトであり、それぞれのゼオライトの型と産地の頭文字から供試体名を決定している。

図-1 より、全てのゼオライト供試体は全て 3 日から 28 日にかけて強度が増加していることが分かる。

3 種類の供試体の中では、CY の強度が最も大きい値を示した。また、CY は、3 日材齢時点において MM の 7 日材齢を上回っており、初期強度の発現に非常に優れていることが分かる。しかし、3 日材齢から 7 日材齢にかけては、MF、MM の方が強度増加しており、28 日材齢においてはおおむね同等の強度が得られた。

今後は強度がさらに増加することが考えられる。CY は、3 種類のゼオライト供試体の中で最もフレッシュ性に優れており、使用した高性能 AE 減水剤とも非常に相性が良かったため、強度が大きくなったと考えられる。

4.2 気泡組織測定

図-2 に気泡組織測定による硬化後の空気量を示す。全ての供試体において、小さい値となっており、7 日材齢から 28 日材齢にかけて空気量が小さくなっている。これは、水和反応によるものと考えられる。また、CY が最も小さい値を示した。これは、圧縮強度試験結果と同様の傾向であった。なお、91 日材齢においては、ポズラン反応により、さらなる緻密化が期待できると考えられ、追跡調査を実施する予定である。

5. まとめ

- 1) CY, MF, MM の 3 種類のゼオライトを用いて、密度及び吸水率測定を行い、ゼオライトを体積の 50% 混合し、W/C を 30% とした配合条件において供試体を作製した。
- 2) 圧縮強度試験では、CY の強度が最も大きい値となった。これは、CY が使用した高性能 AE 減水剤との相性が良かったことや 3 種類のゼオライトの中で最もフレッシュ性に優れていたことなどが理由とし

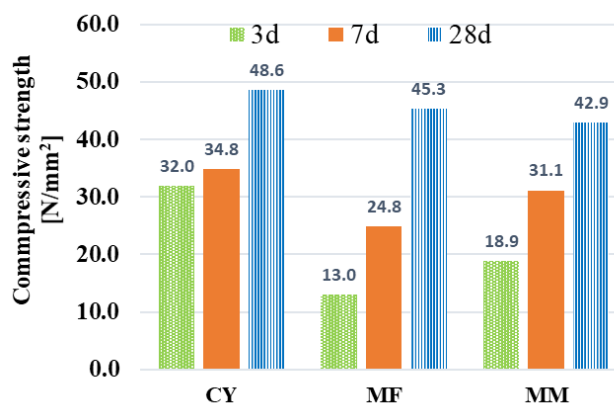


図-1 圧縮強度試験結果

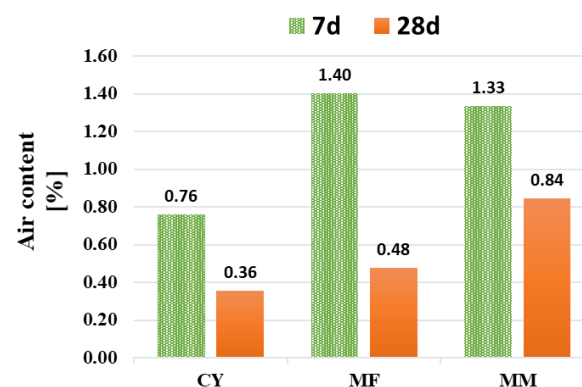


図-2 空気量

て考えられる。

- 3) 気泡組織測定では、すべての供試体において、7 日材齢から 28 日材齢にかけて空気量が小さくなった。これは、水和反応によるものと考えられる。また、CY が最も小さい値を示した。これは、圧縮強度試験及び電気泳動試験の結果と同様の傾向であり、相関性が確認できた。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費(基盤研究(C)(21K04324))を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 低レベル放射性廃棄物処分施設の低拡散層に用いる高流動モルタルの室内配合選定, 庭瀬一仁, 杉橋直行, 辻幸和, コンクリート工学論文集, 第 21 巻第 3 号, pp.43-51 (2010)
- 2) Taisei SAKAI and Kazuhito NIWASE : BASIC STUDY OF CEMENT SOLIDIFICATION TECHNOLOGY FOR SOLIDIFICATION OF CESIUM ADSORBED ZEOLITE EVALUATION OF MICROSCOPIC STRUCTURE OF CEMENT SOLIDIFICATION, PROCEEDINGS OF 8th Int.Conf. on Geotechnique, Construction Materials and Environment, pp.537-542, Kuala Lumpur, Malaysia, Nov.20-22, 2018, ISBN: 978-4-909106001 C3051