

セシウム吸着ゼオライトのセメント固化技術に向けた ゼオライト混合固化体の圧縮強度

COMPRESSIVE STRENGTH OF CEMENT SOLID FORM MIXED WITH ZEOLITE
FOR SOLIDIFICATION OF CESIUM ADSORBED ZEOLITE

八戸工業高等専門学校専攻科 ○学生員 今淵敦史 (Atsushi Imabuchi)
八戸工業高等専門学校 正員 庭瀬一仁 (Kazuhito Niwase)

1. はじめに

福島第一原子力発電所の廃炉に向けて、放射性廃棄物の処分が課題となっている。放射性汚染水の処理の過程において発生する二次廃棄物である、セシウム吸着ゼオライトの処分方法の確立が急務となっている。本研究では、セメント固化技術の実現性の検討に向けて、ゼオライトを混合したセメント固化体の強度特性及びフレッシュ特性の検討を行った。

2. 検討内容と配合

2.1 セメント固化の可能性検討

本研究は、セシウム吸着ゼオライトのセメント固化が、強度特性の観点において実用性を有しているか検討を行うため、圧縮強度試験を実施した。

配合を表1に示す。ゼオライト混合率は、セメントペーストの体積に対するゼオライトの体積と定義した。ゼオライトは、モルデナイト型天然ゼオライトを用いた。加えて、ポゾラン反応によるセメント固化体の緻密化により、閉じ込め性能の向上が期待されることから、フライアッシュも使用した。ゼオライトは多孔質で吸水性の高い材料であるため、セメントペーストから吸水し、フレッシュ性状を著しく損ねる¹⁾。そこで単位水量は、フレッシュ性状を確保するため、ゼオライトの吸水分の水量(表1括弧内数字)を外割で加えた。材齢は、7、28、91、365日とした。供試体の養生条件は、水中養生と封緘養生の2種類とした。封緘養生は、実際のセメント固化体の内部では水分が欠乏することを模擬したものである。

2.2 ゼオライト混合率の最大化検討

廃棄物の埋設には用地問題が伴うため、セメント固化

体の体積は、極力小さくなることが望ましい。そこで、高性能 AE 減水剤(以下、SP と表記)を使用してゼオライト混合率を高めた配合で、フロー試験と圧縮強度試験を行った。

配合を表2に示す。SP は、マスターグレニウム SP8SV(以下、MG と表記)をセメント質量の 3.0% 添加した。供試体は、ある程度の初期強度を有することが望まれるため、3日材齢とし、水中養生した。

2.3 化学混和剤の種類及び組合せの検討

化学混和剤は、セメント固化体のフレッシュ特性や強度特性を向上することが期待できる。化学混和剤がセメント固化体へ与える影響を検討するために、硬化促進剤

表1 配合表

名称	ゼオライト混合率 (%)	W/B (%)	単位重量 (kg/m ³)			
			W	B		Z
				OPC	FA	
Z-50	50	50	538 (131)	816	-	242
Z-100	100		502 (196)	612	-	364
Z-FA-100	100		487 (196)	407	175	364
Z-150	150		480 (235)	489	-	436

W:水, B:結合材, OPC:普通ポルトランドセメント,
FA:フライアッシュ, Z:ゼオライト

表2 混合率の最大化検討に向けた配合

名称	ゼオライト混合率 (%)	W/C (%)	単位重量 (kg/m ³)			
			W	OPC	Z	SP (C×%)
MG-150	150	50	465 (235)	489	436	3.0
MG-200	200		453 (261)	408	485	
MG-250	250		444 (280)	350	519	
MG-300	300		438 (294)	306	545	

表3 化学混和剤の検討に向けた配合

名称	ゼオライト混合率 (%)	W/B (%)	単位重量 (kg/m ³)					
			W	B		Z	SP (B×%)	MXS (C×%)
				OPC	FA			
MG-200	200	50	453 (261)	408	-	485	3.0	-
ME-200								6.0
MG-MXS-200			429 (261)	272	116	-		
ME-MXS-200						6.0		
MG-FA-200			444 (261)	272	116	-		
ME-FA-200						-		
MG-MXS-FA-200						6.0		
ME-MXS-FA-200	427 (261)							

と2種類のSPを使用した配合で、フロー試験と圧縮強度試験を行った。

化学混和剤の検討に向けた配合を表3に示す。SPは、MGとマスターイス3030（以下、MEと表記）の2種類を使用した。初期強度の向上のために、硬化促進剤としてマスターエックスシード120JP（以下、MXSと表記）をセメント質量の6.0%添加した。配合は、上記の化学混和剤とフライアッシュの組合せにより、合計8ケースとした。供試体の養生方法は、水中養生と封緘養生を採用し、3日材齢とした。

3. 結果と考察

3.1 セメント固化の可能性検討

図1、図2に圧縮強度試験の結果を示す。圧縮強度は、ゼオライト混合率の増加に伴って減少する傾向を示した。また、1年材齢の圧縮強度は、封緘養生で低下することが確認された。この原因については、自己収縮の影響が

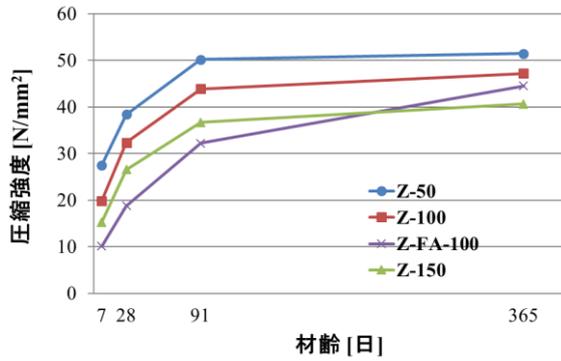


図1 圧縮強度（水中養生）

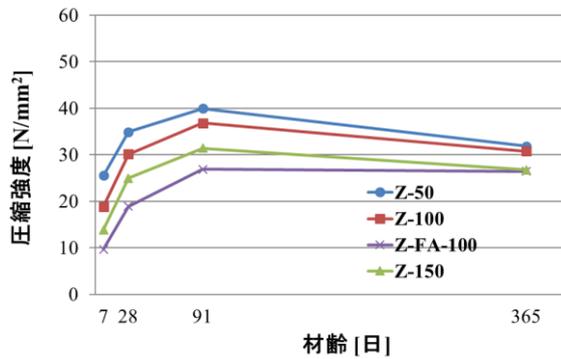


図2 圧縮強度（封緘養生）

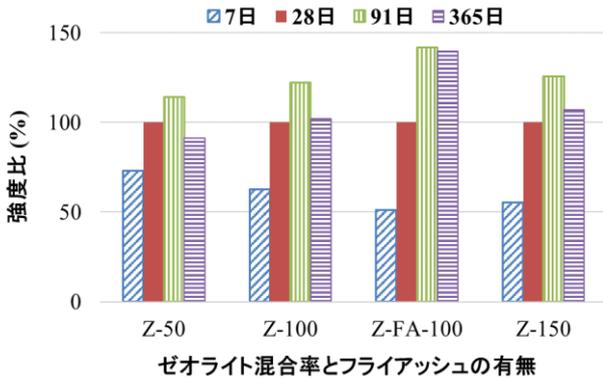


図3 強度比（封緘養生）

考えられるが、今後検討が必要である。ただし、低レベル放射性廃棄物の廃棄体に要求される技術基準を参照すれば、セメント固化体に要求される圧縮強度は、1.5N/mm²程度であり、養生条件によらず7日材齢時点で十分に確保されることが全ての配合において確認された。

図3に材齢28日の圧縮強度を基準として、各材齢での強度比を比較した結果を示す。フライアッシュの混合により、1年材齢の封緘養生での強度低下の抑制効果が確認された。

3.2 ゼオライト混合率の最大化検討

フロー試験の結果を図4、試験状況を写真1に示す。材料分離は、ゼオライト混合率150%から300%までの全ての配合において確認されなかった。フロー値は、混合率150%で212mm、200%で163mmとなり、十分な流動性が確認された。しかし、混合率が250%以上の配合では、流動性が不十分だったことにより、圧縮試験後の供試体の破壊面に、大きな気泡が複数確認された(写真2)。これらの配合では、他の配合と同じ手順で供試体を作製したにも関わらず、充填性の低下が確認された。以上の結果から、実用性を有するフレッシュ特性の指標としてフロー値150mmを定めた。ゼオライト混合率は、

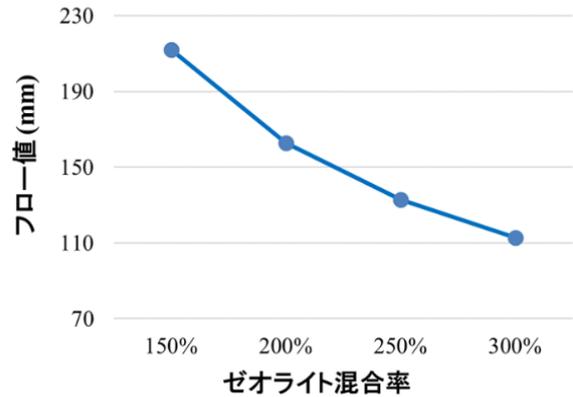


図4 フロー試験結果

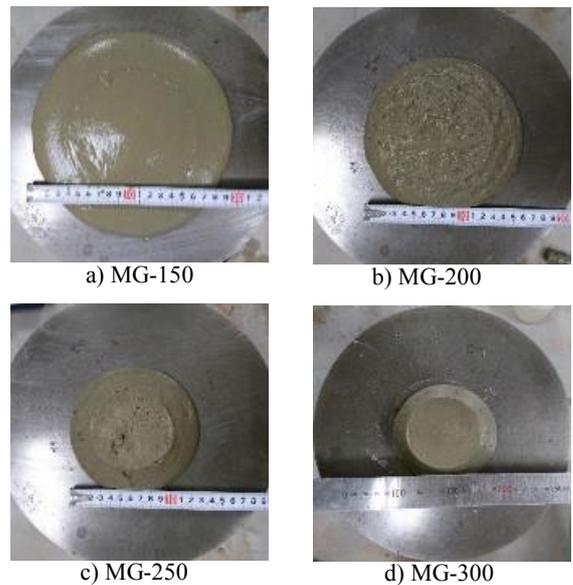


写真1 フロー試験状況

確実な充填性を得るため、フロー値 150mm を満足した 200%に決定した。

圧縮強度試験の結果を図5に示す。圧縮強度は、全ての配合において 1.5N/mm²以上を確保した。

3.3 化学混和剤の種類及び組合せの検討

フロー試験の結果を図6に示す。フロー値は、MG よりも ME を使用した配合で大きくなり、フライアッシュ及び MXS の添加によって低下した。MXS を添加した全ての配合で、指標としたフロー値 150mm を下回ることが確認された。この原因は、MXS の凝結促進効果によるものと考えられる。

圧縮強度試験の結果を図7、図8に示す。圧縮強度は、全ての配合において、1.5N/mm²以上を確保することが確認された。MXS を添加した配合では、封かん養生の圧縮強度が、水中養生に比べて大きく減少する傾向を示した。この結果から、MXS の効果により強度発現を促進させるためには、十分な水分が必要であると推測される。

4. まとめ

本研究では、セメント固化体の圧縮特性および化学混和剤がセメント固化体に及ぼす影響について検討を行い、以下の結果が得られた。

- 1) セメント固化体は、廃棄体積み上げ時の荷重や落下時の飛散に対して、十分な強度が期待できる。
- 2) フライアッシュの混合により、封かん養生の1年材齢における強度低下が抑制される。

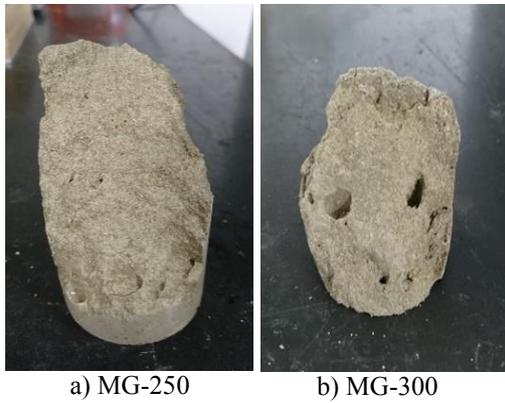


写真2 圧縮破壊断面 (充填性が不十分)

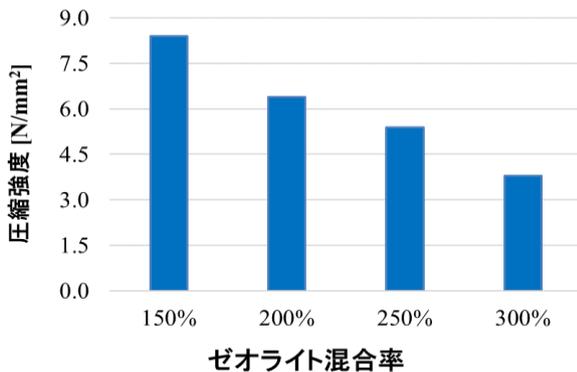


図5 圧縮強度 (3日材齢)

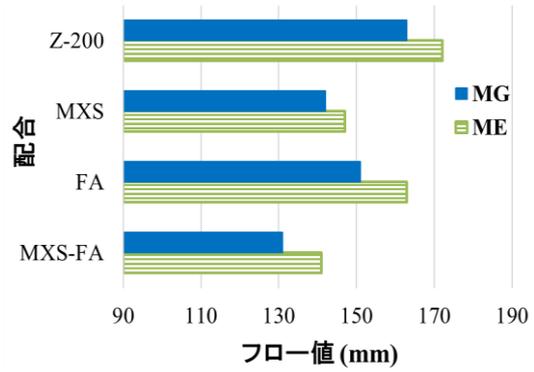


図6 フロー試験結果

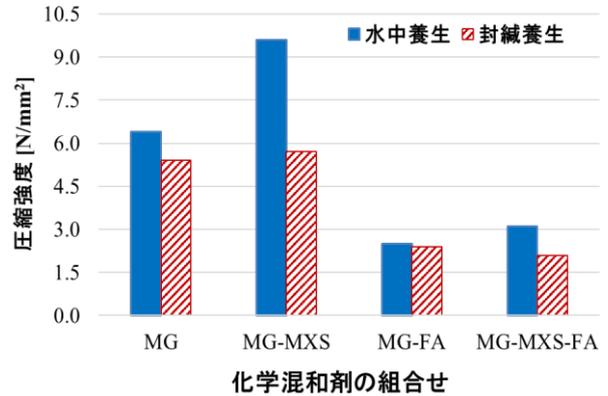


図7 圧縮強度 (MG, 3日材齢)

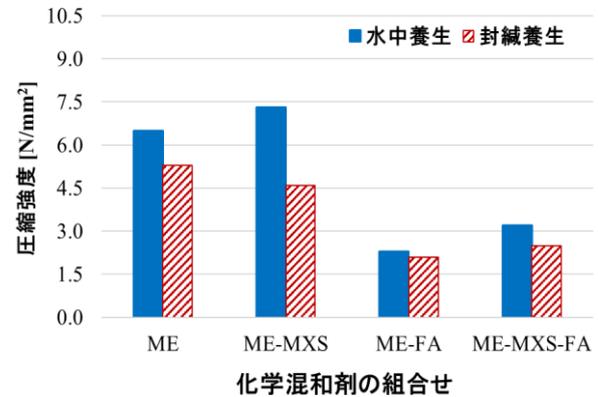


図8 圧縮強度 (ME, 3日材齢)

- 3) フロー値は、MG よりも ME を使用した方が大きくなることを確認された。
- 4) MXS の効果により強度発現を促進させるためには、十分な水分が必要であると推測される。

謝辞: 本研究の一部は、科学研究費(基盤研究(C) (15K06174))を受けて行ったものである。

5. 参考文献

- 1) 馬渡大壮, 庭瀬一仁, 佐藤正知: セシウム吸着ゼオライトのセメント固化技術における早強セメントとフライアッシュ併用系充填材の物性評価, セメント・コンクリート論文集, Vol.71 (Mar. 2018)