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測定

THE 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建設環境工学科　○学生員　今淵敦史 (Atsushi Imabuchi)
八戸工業高等専門学校建設環境工学科　学生員　須藤大空 (Sora Suto)
八戸工業高等専門学校　正会員　庭瀬一仁 (Kazuhito Niwase)

1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故により、セシウムなどの放射性物質が周辺の地下水を汚染した。現在汚染水中のセシウムは、ゼオライトによって吸着、除去されている。このゼオライトは、これらの過程から、セシウムを吸着して二次廃棄物となる。今後の課題は、この廃ゼオライトについての処分方法を確立させることである。廃棄物の処分方法には、ガラス固化、ジオポリマーによる固化やセメント固化などの固化技術が候補とされている。

本研究では、その中の「セメント固化技術」について、実用可能性を検討することを目的とする。セメント固化体は、ゼオライトを混合することで物性が変化し [1]、物質透過性、自己充填性や強度特性などが変化するものと考えられる。

以上を踏まえ、本研究では、ゼオライト混合固化体の強度特性について、ゼオライトの混合率や養生方法の違いに着目して、ゼオライト混合固化体の圧縮強度を測定する。

2. 実験方法

2.1 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント (密度 3.15 g/cm^3)、フライアッシュは JIS Ⅱ種(密度 2.29 g/cm^3,常磐火力産)、ゼオライトはセシウム吸着ゼオライトを模した天然ゼオライト粉末(密度 0.727 g/cm^3,粒径 0.5 mm 以下,吸水率 53.9 wt%)を用いた。またゼオライトは、実際の状態では高温であるため、絶乾状態であると考えられるが、絶乾状態と気乾状態は近い状態であると考えて、ゼオライトを気乾状態で使用した。

2.2 配合

天然ゼオライト粉末を混合したセメント固化体の示方配合を **表-1** に示す。ゼオライト混合率とは、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。本研究では、混合率が 50 %,100 %,150 %の 3 ケースについて圧縮強度測定を行った。

これに加え固化体は、長期的な安定性を求められる。そのため混合率 100 %の配合に、フライアッシュを混合し、ポゾラン反応による強度発現にゼオライトが及ぼす影響についても調査した。

またゼオライトは、セメントペースト中の水分でさえも吸水することが確認されている [1]。そのため本研究の配合では、ゼオライトの量に応じた吸水量を加えた。

表-1 示方配合表

ゼオライト混合率 (%)	水結合材比 W/B (%)	単位体積重量(kg/m^3)			
		水 W	セメント C	フライアッシュ FA	ゼオライト ZP
50	50	538 (131)	816		242
100	50	502 (196)	612		364
100	50	489 (196)	410	176	364
150	50	480 (235)	489		436
		※括弧内はゼオライトの吸水量を想定した単位増量分			

2.3 供試体の作製方法

供試体は、寸法 40×40×160 mm の型枠で、テーブルバイブレーターを使用して角柱供試体を作製した。養生方法は、水中養生と封かん養生の二種類とし、材齢は 7, 28, 91 日の 3 条件とした。封かん養生については、ドラム缶の内部でゼオライトをセメント固化することを踏まえて採用した。作製した角柱供試体にエポキシ樹脂を塗布し、供試体と外気を遮断してドラム缶内を再現した。

2.4 圧縮強度測定

強度測定は、圧縮試験機を用いて行った。封かん養生した供試体については、エポキシ樹脂を除去してから測定を行った。1 条件で 3 本の圧縮強度の平均値を結果として記録した。

3. 実験結果および考察

3.1 混合率による強度変化

ゼオライト混合率と圧縮強度の関係を**図-1** と**図-2** に示す。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。この原因として、混合率を増加させたことで、セメントペーストの体積割合が小さくなったことが考えられる。これにより、セメントとゼオライトとの付着力が低下したことが、強度減少につながったと考えられる。また、フライアッシュを混合した配合については、91 日材齢でも、ポゾラン反応による強度発現が確認されなかった。

なお、本研究のいずれの配合でも、低レベル放射性廃棄物の廃棄体に要求される一軸圧縮強度 1470kPa を 7 日材齢の時点で十分に確保できることを確認した。

また、**図-1** と**図-2** より、封かん養生の 28 日から 91 日の傾きが、水中養生よりも緩やかであることが確認された。この原因は、封かん養生により、外部からの水分を遮断していることにより、固化体内の水分が時間経過とともに不足し始め、強度発現が小さくなったと考えられる。

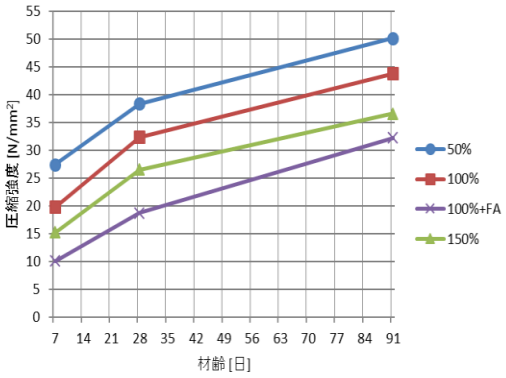

図-1 水中養生における圧縮強度

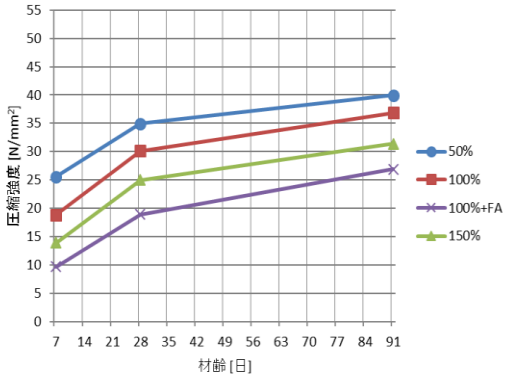

図-2 封かん養生における圧縮強度

3.2 養生方法による強度変化

養生方法と圧縮強度の関係を図-3、図-4、図-5 に示す。養生方法の違いでは、水中養生に比べて、封かん養生の方が若干強度が小さくなる傾向を示した。

実際のセシウム吸着ゼオライトは、水の放射線分解や発熱による水の逸散が考えられることから、水和に要する水の減少による強度への影響に留意する必要性を示唆するものと考えられる。

なお、全体としては、ゼオライトの混合率が 150%、封かん養生においても、十分な強度発現が確認された。

4. まとめ

本研究では、ゼオライトを混合することによるセメント固化体の強度変化について、混合率と養生方法の違いに着目して測定、検討を行い、以下の結果を得た。

1) 圧縮強度は、ゼオライト混合率の増加に伴い、減少する傾向を示した。
2) フライアッシュを混合した配合では、91 日材齢での測定でも、ポゾラン反応による強度発現が確認されなかった。そのためゼオライトは、ポゾラン反応に、何らかの影響を与えていると考えられる。
3) 本研究の配合では、いずれの条件でも 7 日材齢で、廃棄体が落下や積み上げ時に必要とされている強度 1.5 N/mm²を十分に確保することが確認された。
4) 養生方法の違いについては、封かん養生では、材齢が長期になるほど、水中養生との強度差が大きくなることが確認された。

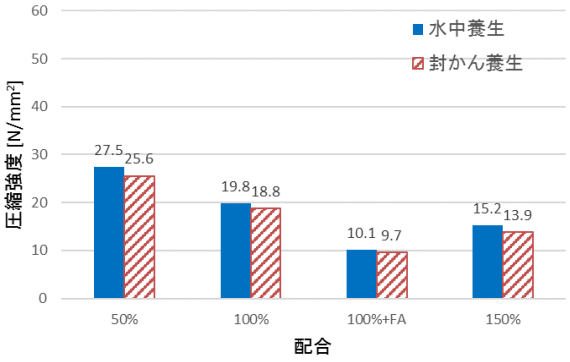

図-3 7 日材齢における圧縮強度の比較

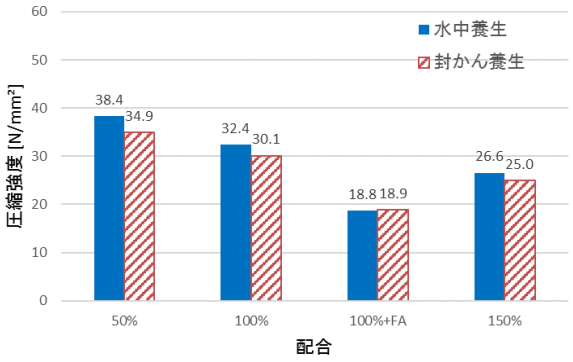

図-4 28 日材齢における圧縮強度の比較

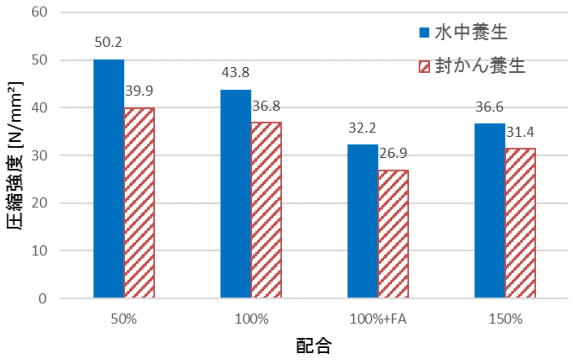

図-5 91 日材齢における圧縮強度の比較

5. 今後の課題

今後の課題としては、発熱を考慮して水和に必要な水の量の変化を予測し、強度の変化を確認するとともに、ゼオライトの混合率を増加することである。

放射性廃棄物の処理･処分は、安全性はもとより経済性も重要である。今後の研究では、そのような処理･処分システムの確立に資するため、ゼオライトの混合率やセメントの種類、W/C、混和材料などを変化させて検討を行う予定である。

6. 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 (投稿中)