

発熱性セメント固化廃棄体の模擬供試体による 高温履歴と圧縮強度及び物質移動抵抗性の関係性評価

八戸工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○酒井 大誠
八戸工業高等専門学校 正会員 庭瀬 一仁

1. はじめに

福島第一原子力発電所では、放射性汚染水に含まれるセシウムを、ゼオライトに吸着させることで除去している。現状では、このセシウムを吸着したゼオライトは一時的に仮保管されており、最終処分に向けた技術開発が急務となっている。処分方法としては、製작성や経済性の観点から優れているセメント固化技術が選択肢の一つとなっている。

セメント固化技術を検討するにあたり、核種閉じ込め性と力学的安定性はもとより、セシウムの崩壊に伴う発熱性を考慮する必要がある。そこで本研究では、高温履歴を付与した模擬廃棄体を作製し、圧縮強度試験と電気泳動による塩化物イオンの実効拡散係数測定を行い、力学的安定性と物質移動抵抗性の評価をした。

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（以下、OPC）と低熱ポルトランドセメント（以下、LPC）の2種類を用いた。LPCは初期養生での圧縮強度を比較するため使用した。結合材としては、長期の緻密性を向上させるためフライアッシュ（以下、FA）を併用した。混合率はセメント重量の30%置換とした。ゼオライト（Z）については、粒径0.5mm以下の天然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、ゼオライトの吸水量を予め加え、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^[1]。したがって、添加水は、ゼオライトに吸水されるため、固化体内のW/Bは50%で変化がないものと仮定している。

表1 示方配合

	W/(C+FA) (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	C	FA	Z	SP	W'
OPC	50	281	411	176	364	12.3	196
LPC	50	282	413	177	364	12.4	196

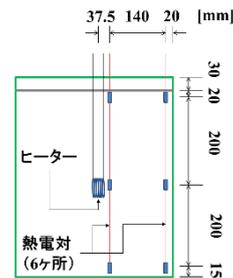


図1 加熱供試体の概略図

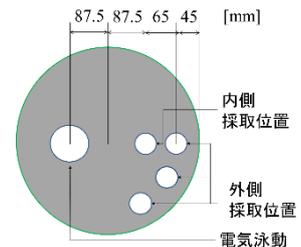


図2 サンプルの採取位置

2.2 供試体作製・養生条件

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、廃棄体を模擬した55Lドラム缶に充填することで作製した。充填後は20°C恒温室に静置した。OPCについては、発熱性を模擬するため、中心部をヒーターで加熱した供試体も併せて作製した。図1に加熱供試体の概略図を示す。ドラム缶供試体は、7日、28日及び91日材齢において、コアリングによりφ45mmの円柱型サンプルを採取し、高さ90mmにカットして圧縮強度試験を行った。また、91日材齢では、φ95mm×200mm程度でサンプルを採取し、上部・中部・下部の3つにカッティング後、電気泳動試験を行った。図2にドラム缶供試体のサンプリング位置を示す。

2.3 実験項目

実験は、圧縮強度試験と電気泳動試験を実施した。電気泳動試験は、土木学会基準「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法（案）（JSCE-G 571-2003）」に準拠した。

3. 実験結果・考察

3.1 圧縮強度

図3に圧縮強度試験の結果を示す。7日と28日強度

キーワード セメント固化技術、核種閉じ込め性、力学的安定性、圧縮強度、物質移動抵抗性

連絡先 〒039-1192 青森県八戸市大字田面木字上野平 16-1 八戸工業高等専門学校 TEL 0178-27-7307

では、LPC が一番低く、OPC 熱有（内側）が一番高い値を示した。水分の供給がない条件では、LPC の水和反応速度は特に低下し、強度発現に長期を要すると考えられる。一方で、加熱した供試体では、加熱していない供試体より圧縮強度が高くなる傾向が確認された。ここで、図 4 に養生期間中の平均内部温度を示す。平均内部温度は内側で約 68°C、外側で約 40°C であった。内側から採取した供試体の圧縮強度が高いことから、養生温度が高くなるほど、圧縮強度が大きくなることが確認された。これは、温度が高くなることで、水和反応と FA によるポゾラン反応が促進されたためと考える。

91 日強度になると傾向は一変し、LPC の強度が大幅に増加した。対して、加熱した供試体では、外側のサンプルは、強度が増加せず、内側のサンプルに関しては、内部にひび割れがあり、コアリングできなかつたため、データが得られなかった。この供試体は、部分的に 100°C 近くの熱を受け、収縮ひび割れがしたものと考えられる。

3.2 塩化物イオンの実効拡散係数

図 5 に実効拡散係数の結果を示す。OPC と LPC の実効拡散係数は同程度を示した。一方で、加熱した供試体の実効拡散係数は低い値を示した。また、図 6 に加熱供試体のサンプル位置別の結果を示す。上部の実効拡散係数が高い傾向にある。中部と下部の方が高い温度履歴を受けているため、ポゾラン反応が促進し緻密性が向上したことで、値が低くなったと考える。さらに上部は、表面付近であるため、乾燥収縮の影響も重畳し、微細なひび割れが発生したと考える。

4. まとめ

- 1) LPC の圧縮強度は、91 日材齢で大きく向上した。長期的な力学的安定性を見据えた場合、LPC の採用は、閉じ込め性能に有効であると考えられる。
- 2) 高温履歴を受けた供試体は、初期材齢の圧縮強度が増加した。しかし、高温履歴を長期にわたって受けた場合、供試体は脆弱化することが確認された。
- 3) 実効拡散係数の結果より、熱を付加することでポゾラン反応が促進し、物質移動抵抗性が向上した。

謝辞：本研究の一部は、科学研究費（基盤研究（C）(17K07015)）を受けて行ったものである。

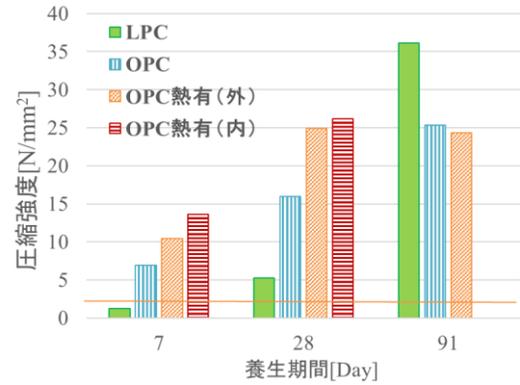


図 3 圧縮強度

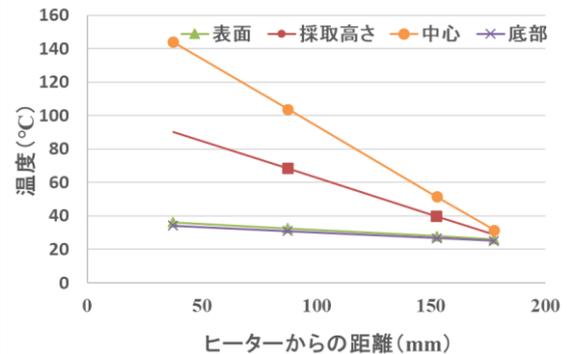


図 4 各点の平均測定温度

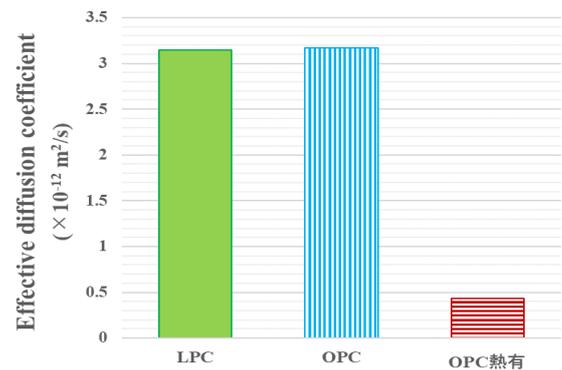


図 5 各条件の実効拡散係数

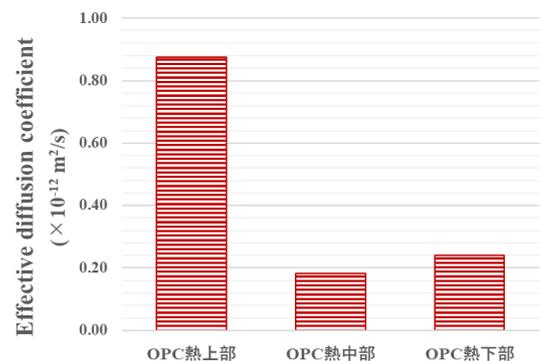


図 6 位置別の実効拡散係数

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, No.1, pp.653-660, 2017