

水セメント比の異なるポーラスなセメント系材料の移流条件下におけるカルシウム溶脱

群馬大学 学生会員 ○仲地 本貴
群馬大学大学院 正会員 半井 健一郎

1. はじめに

近年、セメント系材料の水和物の溶解により組織が脆弱化するカルシウム溶脱劣化が、放射性廃棄物地層処分における人工バリア材としてのコンクリートに加え、セメント改良土でも議論されている。セメント改良砂のように、単位セメント量が少なく、粗大な連結空隙を内包するポーラスなセメント系材料では、溶脱劣化速度が速くなることや移流の影響を大きく受けることなどが指摘されている¹⁾。改良砂と同様に粗大な空隙構造を有するポーラスコンクリートでは、溶脱の影響は少ないとされているものの、十分な検討がされているとは言えない²⁾。一般には、セメント改良土、普通コンクリート、ポーラスコンクリートでは、セメント硬化体の性質を決定する水セメント比が大きく異なるため、その影響を評価することが重要であると考えられる。

そこで本研究では、水セメント比の異なる粗大な連結空隙を内包するポーラスなセメント系材料における移流実験およびカルシウム溶脱劣化評価を行った。

2. 実験概要

2. 1 供試体の配合

本研究では、水セメント比が 25、50、100% の 3 種類の供試体を作製した。配合時の空隙率（空気量）が 20% の一定値となるように設計した。表-1 に供試体の配合を示す。セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は最大粒径 5mm のコンクリート用細骨材を使用した。供試体は直径 100mm、高さ 200mm の円柱で、打設後 28 日間、温度 20℃ 条件下で封緘養生を行った。

2. 2 移流溶脱実験

図-1 に移流溶脱実験の概要を示す。動水勾配を 0.15 とし、透水円筒カラーに水位が一定になる様にイオン交換水を注入し続け、1~8 時間間隔で流出溶液をサンプリングケースに採取した。サンプリング水中のカルシウムイオン濃度は、原子吸光分光光度計により測定した。なお、移流実験の開始前は、供試体内を飽和状態にするために透水円筒カラー内にイオン交換水を満たし、真空ポンプを使用し 24 時間真空化させることにより飽和处理を行った。

3. 実験結果

3. 1 流量と透水係数

図-2 に流量の時間的変化を示す。N50 の流量は、試験開始から 15 時間までは減少し、その後ほぼ一定となった。この流量低下は、目詰まり等の影響が考えられる。一方 N100 および N25 は、実験開始直後の流量低下は認められなかった。その原因は、作業の問題から実験準備に時間を要したことが影響している可能性もあるが、現在検討中である。

表-1 供試体の配合

供試体名	W/C (%)	空隙率 (%)	単位量 (kg/m ³)			
			W	C	S	SP
N100	100	20.9	77.9	77.9	1809.2	
N50	50	19.6	75.9	151.9	1789.9	
N25	25	20.0	64.9	264.7	1709.7	1.28

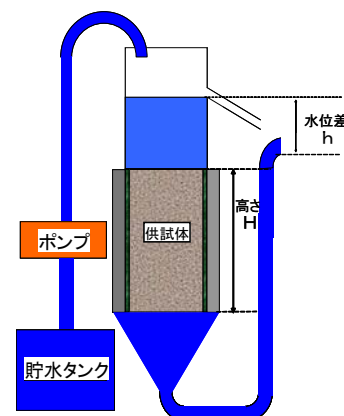


図-1 移流実験の概要

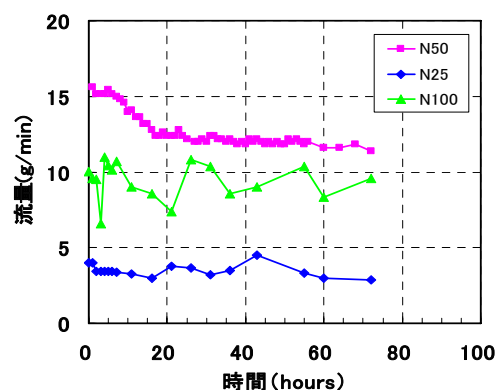


図-2 流量の時間変化

キーワード ポーラスセメント系材料 コンクリート 移流実験 溶脱劣化

連絡先: 〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

図-3に安定時の流量から得られた透水係数を示す。N25は透水係数が大きく低下した。これは、水セメント比が小さくなったためと考えられる。その一方で、N100はN50よりも若干小さな値となっており、水セメント比以外の要因も影響しているものと考えられる。

3. 2 溶液中のカルシウムイオン濃度

図-4に溶液中のカルシウム濃度の時間的变化を示す。通水直後はいずれの試験体も水酸化カルシウムの飽和濃度とほぼ等しい値を示した。その後、N100,N50の供試体では、既往の研究と同様に、溶液中のカルシウム濃度は時間とともに減少傾向がみられた。一方のN25の供試体では、本実験の計測範囲内では飽和濃度のまま一定を保った。

ここでは、N100,N50の供試体からの流出溶液中のカルシウム濃度が低下し始めたときの積算カルシウム溶脱量と各供試体の単位セメント量に着目した整理を行う。図-4の濃度低下時に対応する積算溶脱量は、N100では20mmol、N50では120mmolであった。図-5には供試体中の全カルシウム量と濃度低下時の積算溶脱量の関係について示す。単位セメント量に対する濃度低下時の積算溶脱量は水セメント比の低下とともに増加しており、その関係は非線形に増加しているようである。今回の実験ではN25の積算溶脱量が約340mmolで終了したため、低水セメント比配合における濃度低下については今後検討を行う。

3. 3 カルシウム溶脱劣化評価

ここでは、水セメント比の違いによる溶脱劣化の程度を比較検討する。単位セメント量が大きく異なるため、積算カルシウム溶脱量を供試体内の全カルシウム量で除した、積算カルシウム溶脱割合により議論する。全カルシウム量はセメントの鉱物組成と単位セメント量から計算される。図-5に積算カルシウム溶脱割合の時間変化を示す。積算カルシウム溶脱割合は、N50,N100,N25の順となり、水セメント比による傾向が確認できない。しかしながら、図-3に示したように、試験体ごとの透水係数が大きく異なるため、通水量を補正する必要がある。そこで、積算カルシウム溶脱割合と積算流量の関係を図-7に示した。積算流量に対する積算溶脱割合はN100,N50,N25の順になり、水セメント比に依存していることが明らかになった。

4. まとめ

水セメント比の異なるセメント系材料の移流溶脱実験を行った。その結果、移流環境下でのカルシウム溶脱劣化の進行は水セメント比と流量に依存し、水セメント比および積算流量が大きくなるほど、溶脱劣化が進行することが分かった。

【参考文献】

1) 咲村隆人、石田哲也、半井健一郎、臼井達哉；マルチスケール空隙モデルに基づくカルシウムイオン溶脱解析、第59回セメント技術大会講演要旨, pp146-147, (2005) 2) ポーラスコンクリートの設計・施工の確立に関する研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会, pp. 182-184, (2003.5)

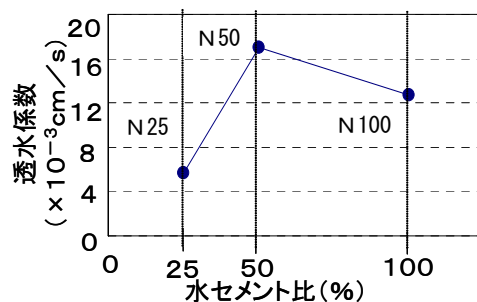


図-3 透水係数と水セメント比

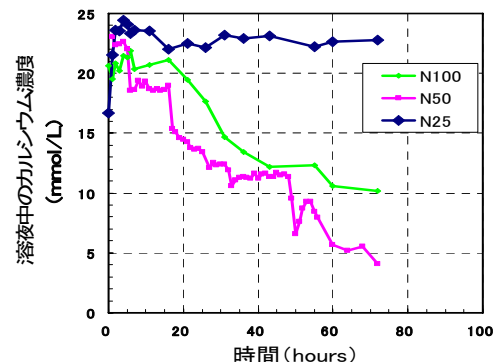


図-4 溶液中のカルシウム濃度

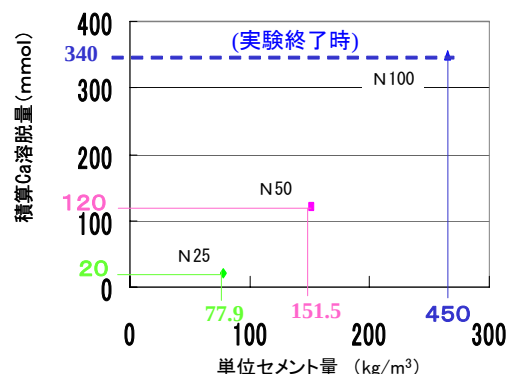


図-5 積算カルシウム量と単位セメント量

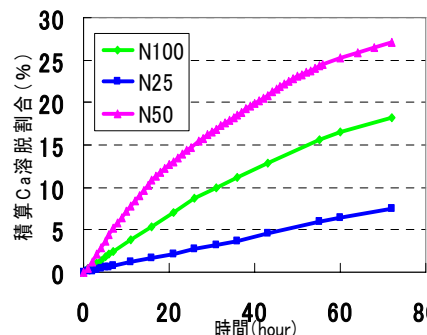


図-6 積算カルシウム溶脱割合の時間変化

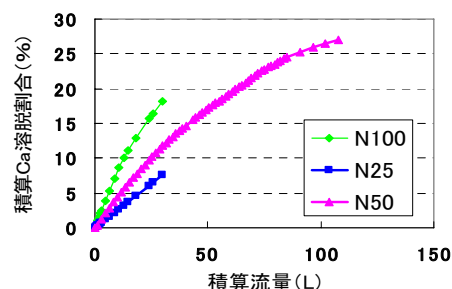


図-7 積算カルシウム溶脱割合と積算流量