ひび割れを有するモルタルの移流条件下における溶脱機構に関する実験的研究

群馬大学大学院	学生会員	○齋藤	裕樹
群馬大学大学院	正会員	半井	健一郎
群馬大学大学院	正会員	李春	೯鶴

1. はじめに

セメント系材料が外部に存在する水と長期間接触す ることで、Ca等のイオンがセメント硬化体から溶脱す る劣化現象は、近年、放射性廃棄物の処分における、 固化やバリア材としてのセメント系材料の安定性評価 において重要な課題である¹⁾.特にひび割れが生じた 場合は、溶脱挙動に影響を及ぼすことが予測される. そこで、本研究ではひび割れを有するモルタルの溶脱 劣化挙動の分析を目的とした実験を行うこととした. 結合材をセメントのみ、あるいは一部を高炉スラグ微 粉末に置換したモルタル供試体の透水試験によって溶 脱の促進を行い、各モルタル供試体における透水量や 溶脱する Ca 濃度の時間的変化を検討する.

2. 実験概要

供試体は水結合材比 50%とし、結合材に普通ポルト ランドセメントのみを用いたNシリーズと高炉スラグ 微粉末を50%置換したSシリーズを作製した(表-1). 骨材はカルシウム溶脱を防ぐため硅砂を用いた.

♦10×20cmの供試体を脱型後水中養生し,透水試験用の供試体として上下面を除く部位から♦10×4cmの円柱供試体を切り出して作製した.透水試験時に供試体の上下面からの溶脱を防ぐため、上下面にメタクリル樹脂で遮水加工を施した後に、割裂試験によりひび割れを生じさせた.その際、供試体の割裂の防止とひび割れ幅を制御するためにシャコ万力で供試体を拘束した.割裂試験終了後、供試体側面のひび割れ部をエポキシ樹脂系接着剤でシールした.ひび割れ幅は上下面各10点ずつ計20点測定し、その平均値を供試体のひび割れ幅とした.

セメント上澄み液を用いて供試体を飽和処理した後, 作用水をイオン交換水とし透水透気試験装置を用いて 透水試験を行った.各供試体の作用圧力及び平均ひび 割れ幅を表-2に示す.透水した水を採取し,透水量 を測定した後,原子吸光分光光度計を用いて Ca 濃度 を測定した.透水試験後の供試体は EPMA 分析を行い, Ca 濃度分布を調べた.

3. 実験結果

3.1 透水量

図-1に透水量の時間的変化を示す. 下図は上図の

表-1 モルタルの配合

	フ ロ 佐	単位量(kg/m ³)				
シリーズ	ノロー1但 (mm)	7	結合材		细母母	
		小	セメント	高炉スラグ	小山月17	
N1	235	306	612	0	1332	
N2	236	306	612	0	1332	
S	238	301	301	301	1332	

透水量 0~0.05g/s の範 囲の拡大図である. 全 ての供試体において透 水量は時間の経過とと もに低下した. 透水量 が 100 時間付近で安定 し始めてから, S1-1 と N2-1 は他の供試体より 大きい値を示した.

表-2 各供試体条件				
供試体	平均ひび割れ幅 (mm)	作用圧力 (MPa)		
N1-1	0.092	0.06		
N1-2	0.063	0.06		
N1-3	0.093	0.06		
N1-4	0.076	0.10		
S1-1	0.092	0.10		
S1-2	0.072	0.10		
N2-1	0.104	0.02		
N2-2	0.181	0.02		

透水量が低下する原因として,ひび割れ間に存在す る粒子等が詰まることと,作用水中に溶解した Ca イ オンが炭酸カルシウムを生成することによりひび割れ を塞ぐ自己治癒²⁾が影響していると考えられる.S1-1 が他の供試体よりも大きい値で安定した原因としては, 高炉スラグ微粉末が水酸化カルシウムを消費したため に,自己治癒に必要となるひび割れ間への Ca 供給量 が減少したためであると考えられる.各供試体は試験 装置に設置する際に側面からゴムカップリングで締め 付けられるため各供試体のひび割れ幅は**表-2**で示さ れる平均ひび割れ幅より小さい値となる.N2-1の透水



キーワード ひび割れ 溶脱 透水 耐久性 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 量が大きい値であった原因はその締め付けが緩かった ため,他の供試体と比べひび割れ幅が大きい値となり 粒子等が詰まらなかったためであると推測される.

3.2 Ca濃度

図-2a)に Ca 濃度の時間的変化を, 図-2b)に透水量 とひび割れの面積と供試体高さから算出した通過時間 変化を示す. 図-2a)において全ての供試体の初期 Ca 濃度が高くなっているのは前処理に用いたセメント上 澄み液による影響であると考えられる. 図-2を比較 すると供試体通過時間が増すとともに Ca 濃度が上昇 したことが確認できた. その後,高濃度である N1-2,3 と S シリーズでは Ca 濃度は低下したが,原因として ひび割れ部分の Ca 量が少なくなったことが考えられ る. N1-1,4 と N2 シリーズは濃度が上がり続けた.

図-3a)に、ごく初期のセメント上澄み液の影響によって高濃度となった範囲を除いた約170時間の試験期間における、作用水中に溶け出た平均 Ca濃度と作用水の平均供試体通過時間の関係を示す.両シリーズとも平均通過時間が長い供試体 ほど作用水中のCa濃度が高いことが確認できた. 通過時間が長くなることで供試体間に滞留する 時間が増し、Ca濃度が高くなったと考えられる. Sシリーズでは、溶解度の高い水酸化カルシウム が高炉スラグ微粉末によって消費されているた め、Caが溶け出しにくく濃度が上昇せず、Nシリ ーズに比べ低濃度となったと考えられる.

図-3b)に継続時間約 170 時間までの積算透水量 と積算 Ca 溶脱量の関係を示す.約170 時間までの 結果では積算透水量が大きいほど,積算 Ca 溶脱量 は大きいが極端に積算透水量が大きいと積算 Ca 溶脱量は小さくなることが確認できた.積算透水 量が小さい場合は作用水中に溶け出た Ca 濃度は 高いが透水量が少ないため,積算透水量が大きい 場合は透水量が大きいが作用水中に溶け出た Ca 濃度が低いため,積算した際に結果として積算 Ca 溶脱量が小さくなったと考えられる.一方,同程 度の積算透水量である N1-2 と S1-2 を比べると S1-2 は N1-2 の半分程度の積算 Ca 溶脱量で溶脱の進行が大幅 に抑制された.溶脱を抑制するには透水量を減らすこ と,高炉スラグ微粉末を用いることが有効であると考 えられる.

3.3 EPMA 分析

図-4に N1-1 の Ca の EPMA 分析結果を示す.供試体中央上半分の結果である.黒線で示したひび割れ部はほぼ一様に溶脱が進行したことが確認できた.

4. まとめ

本研究の範囲では次のことが示された.1)透水



量は時間の経過とと もに低下する.2)作用 水のCa濃度変化は供 試体通過時間と相関 がある.3)本研究の範 囲では,積算透水量 が大きい供試体ほど 積算Ca溶脱量は高い 値となったが,極端



Max.:532. Min.:0. Ave.:155 図-4 EPMA 分析結果(Ca)

に大きい場合は低下する傾向を示した.4)高炉ス ラグ微粉末を置換することによって透水量低下 の進行が遅くなる可能性があるが,溶脱を抑制で きる.5)ひび割れ部からほぼ一様に溶脱が進行し た.

謝辞:本研究は科学研究費補助金 若手研究(A) 18686037により実施されたものである.

参考文献:

1)広永道彦:放射性廃棄物処分の将来展望とコン クリート技術, コンクリート工学, Vol.37, No.3, pp3-10, 1999.3

2)Carola Edvardsen : Water Permeability and Autogenous Healing of Cracks in Concrete, ACI Material Journal, Vol.96, No.4, pp448-454, July-August, 1999.