

V-77 各種セメントペーストにおける Cl^- の固定化現象に関する研究

東京工業大学 学生員 Tiong-Huan Wee

東京工業大学 正会員 長滝重義

東京工業大学 正会員 大賀宏行

1. はじめに

コンクリート中における Cl^- の浸透現象は Cl^- がセメント水和物に固定されながら Cl^- 濃度の高い部位から低い部位へ拡散していくと考えられている。したがって、コンクリート中における Cl^- の浸透深さを予測するには、 Cl^- のセメントペーストとの反応固定化現象、すなわち Cl^- の固定化量およびその固定化速度、を因子に導入した拡散現象を把握する必要がある。

本研究は上述の研究へのアプローチの第一歩として、各種混和材を混入したセメントペーストにあらかじめ所定の塩分を入れて、セメントペーストにおける Cl^- の固定化性状に及ぼす混和材および Cl^- 混入量の影響について検討を加えたものである。

2. 実験概要

2. 1 供試体作製と配合

練り混ぜの際に混入する塩分量は、土木学会のRC示方書によるコンクリート中の Cl^- 総量の規制値が、 0.6kg/m^3 以下であることから、表-1の配合のコンクリートをモデルにして、このコンクリート中に含まれる Cl^- 量が0.6, 1.2, 3.0, 6.0, 10.0 kg/m^3 とし、これらの Cl^- 量をペースト重量あたりの Cl^- に換算し、表-1に示す条件で作製した。塩化物は特級のNaClを使用し、練り混ぜ水に充分溶かしてからセメントに加えて、2分間モルタルミキサーで練り混ぜた後、偽凝結の影響を考慮して3分間放置し、更に2分間練り混ぜた。供試体作製後 20°C 恒温室内で所定の材令まで密封養生した。

表-1 配合条件

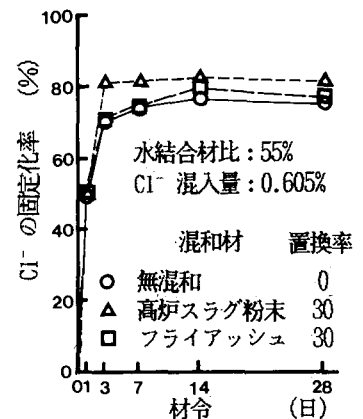
対象とする コンクリート の配合	骨材の最大寸法	Slump	Air	W/C	s/a	単位セメント量
	20 (mm)	80 (mm)	4%	55%	44%	320 kg/m ³
混和材の種類		高炉スラグ粉末 , フライアッシュ				
混和材の置換率 (wt%)		0 30				
C1 ⁻ 混入量 (wt%)	ペースト量 量あたり	0 , 0.121 , 0.242 , 0.605 , 1.210 , 2.016				
	(セメント量 量あたり)	(0) (0.188) (0.375) (0.938) (1.875) (3.125)				
養生材令 (日)		1 , 3 , 7 , 14 , 28 , 56 , 91				

2. 2 塩化物量測定方法

全塩化物と可溶性塩化物は、JCIの「コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに規準（案）」に基づいて抽出した。ただし、図-1に示す結果は高圧抽出法により抽出して求めた。抽出した溶液の Cl^- 濃度は塩素イオン選択性電極を用いて測定を行った。

3. 実験結果と考察

図-1は結合材ペースト重量あたり Cl^- を0.605%混入した場合の、セメント単味および高炉スラグ粉末、フライアッシュをそれぞれ30%置き換えたペースト中における Cl^- の固定化される率（%）の経時変化を示したものである。図に示されるように Cl^-


図-1 Cl^- の固定化率の経時変化

固定化率は用いる結合材によって相違し、高炉スラグ粉末を混和したペーストの場合が最も高く、長期的には80%以上が固定化され、次いでフライアッシュ混和の場合、セメント単味の場合となり、固定化率は各々

80%、75%に達している。特に高炉スラグ粉末混和の場合には、初期材令の固定率が最も高く、材令3日で他の2者の場合より10%も高い値を示している。一般に、セメントペーストにおける Cl^- の固定化機構は主に水和生成物によって Cl^- が固定されると考えられているが、その他結合材の粉末度やアルカリ量などにも関係があるとする研究者¹⁾もいる。そこで、前者の観点からそれらペーストの圧縮強度の経時変化とペースト重量あたりの固形分増加率の経時変化を検討した。図-2より、高炉スラグ粉末を混和したペーストの圧縮強度はセメント単味の場合や、フライアッシュを混和した場合よりも高くなっている。図-3から高炉スラグ粉末を混和したペーストの初期におけるペースト重量あたりの固形分増加率もセメントだけの場合よりも高いことがわかる。これらの結果は Cl^- が水和生成物によって固定化されることを明瞭に示唆している。図-3より初期材令7日以降、高炉スラグ粉末やフライアッシュを混和したペーストにおけるペースト重量あたりの固形分増加率は、セメント単味の場合よりも小さくなるにもかかわらず、 Cl^- の固定化率が高くなっていることは、水和生成物による Cl^- 固定化説の観点から見ると Cl^- の固定化は水和生成物の種類やそれら水和生成物のできるTimingなどにも依存することが考えられる。それについて、今後さらに検討する必要がある。一方、S.Diamond¹⁾らは、ペーストによる固定化現象は材令10日になってからほぼ平衡状態になると報告しているが、本研究においても固定化現象は7日~10日ではほぼ平衡状態になることが示される。なお、それらペーストにおける Cl^- の固定化現象は材令3日間の内にほとんど終了することが認められた。

図-4は平衡状態における Cl^- のペースト重量あたりの Cl^- 固定化量と Cl^- 混入量の関係を示しているが、この図からペースト重量あたりの Cl^- 混入量は0~1.21%の範囲においては、ペースト重量あたり Cl^- の固定化される量はほぼ Cl^- の混入量と直線的な関係があり、1.21%を超えるとほぼ一定になることがわかる。

以上の研究においては、 Cl^- をあらかじめペーストに練りまぜることによって内在 Cl^- の固定化性状について検討したが、セメントペースト硬化体における外来 Cl^- の浸透性状を予測するためには、今後外来 Cl^- の固定化性状についても検討する予定である。

なお、本研究の実施に際し、当時学部4年生であった市川雄一氏(現在NTT)の多大な協力を得た。また、本研究は講演者が日立国際奨学財団の奨学金を受け、博士課程で行った研究の一部である。ここに感謝の意を表します。

参考文献 (1) S.Diamond, "Chloride Concentrations in Concrete Pore Solutions Resulting from Calcium and Sodium Chloride Admixtures", Cement, Concrete and Aggregates, Vol.8, No.2, Winter, 1986, pp.97-102

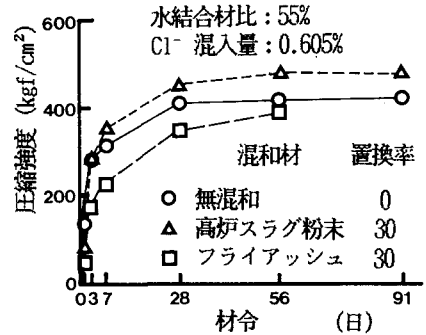


図-2 ペーストの圧縮強度の経時変化

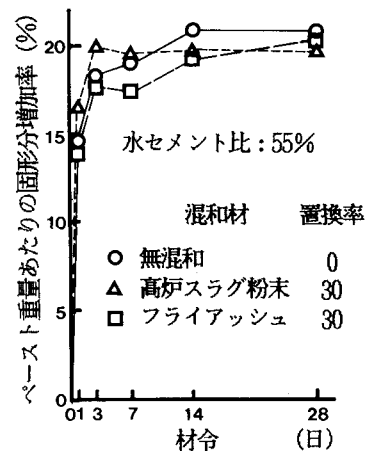


図-3 固形分増加率の経時変化

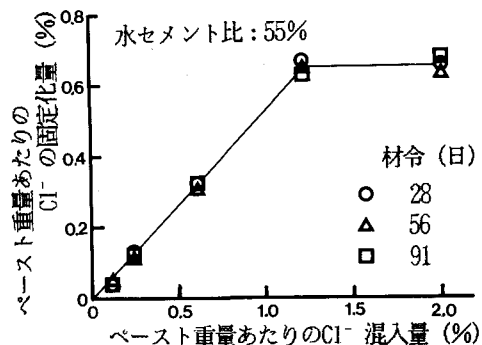


図-4 Cl^- 固定化量と Cl^- 混入量との関係