

## CaO・2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と膨張材を併用した 低熱ポルトランドセメントの塩分浸透抑制評価

芝浦工業大学 学生会員 ○伊藤 孝文  
電気化学工業(株) 伊藤 慎也  
電気化学工業(株) 正会員 盛岡 実  
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

### 1. 研究背景および目的

マスコンクリートは温度ひび割れが生じやすいため、低熱ポルトランドセメント（以下 L と称す）などの温度ひび割れ抑制効果のあるセメントが使用されることが多い。Lの発熱抑制効果はC<sub>3</sub>S及びC<sub>3</sub>Aを減少させているため発揮される。しかし、固定塩化物として知られるフリーデル氏塩を生成するエトリンナイトやモノサルフェートはC<sub>3</sub>Aより生成される。したがって、Lは他のセメントに比べ塩化物イオンに対する抵抗性が低いことが知られており、港湾などの塩害環境下での使用の実績は少ない。

近年、塩害対策用の混和材であるカルシウムアルミネートの一種 CaO・2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（以下 CA<sub>2</sub> と称す）が着目されている<sup>1)</sup>。この物質は、セメント水和物であるCa(OH)<sub>2</sub>（以下 CH と称す）と反応して、ヒドロカルマイトを生成する。このヒドロカルマイトが塩化物イオンをフリーデル氏塩として化学的に固定化し、可溶性塩化物イオンを減少させるのが塩分遮蔽効果のメカニズムである。

本研究では塩害環境下での L の適用性を確認することを目的として、LにCA<sub>2</sub>を混和することを考えた。しかし、Lでは生成するCHが少ないと考え、CHを生成する物質として膨張材を併用したコンクリートの塩害抵抗性を非定常電気泳動試験と塩水浸せき試験で検証した。また、中性化に対する抵抗性についても確認した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 試験体諸元

表-1に本研究で使用したコンクリートの配合を示す。水結合材比、細骨材比、単位水量を一定とし、セメント種はNとLを使用し、CA<sub>2</sub>及び膨張材は添加量を変動させた。打込みしたコンクリートは翌日脱型をし、材齢28日まで水中養生を行った。供試体は非定常電気泳動

表—1 コンクリートの計画配合

	セメント種	W/B	s/a	W	C	CA <sub>2</sub>	膨張材	S	G
L	L	50	48	163	326	—	—	876	974
L(0-20)					306	—	20		
L(10-10)					306	10	10		
L(15-15)					296	15	15		
L(30-0)					296	30	—		
L(30-20)					276	30	20		
N					N	50	48		
N(10-10)	306	10	10						
N(15-15)	296	15	15						
N(10-0)	316	10	—						

試験は、φ100mm×200mmのコンクリートから中央の高さ50mmの供試体を2体切り出した。また、塩水浸せき試験及び促進中性化試験には100mm×100mm×400mmを使用した。

#### 2.2 非定常状態電気泳動試験

前処理として、各供試体に飽和水酸化カルシウム溶液を用いて真空飽水処理を行った。非定常電気泳動試験装置の陽極側に水酸化ナトリウム水溶液(0.3N)、陰極側に塩化ナトリウム水溶液(3%)をそれぞれ注入し、30Vの直流定電圧を通電した。Lは6, 9, 12時間、Nは6, 12, 24時間通電後に供試体を割裂し、割裂面に硝酸銀溶液(0.1N)を噴霧した。白色に呈色した部分を7点測定し、その平均値を塩化物イオン浸透深さとした。

#### 2.3 塩水浸せき試験

養生終了後、側面の1面を除き、エポキシ樹脂でコーティングした供試体を塩化物イオン濃度10%の塩水に浸せきさせ、材齢1, 2, 4, 8, 13週で割裂した。塩化物イオン浸透深さは2.2と同様に測定した。

#### 2.4 促進中性化試験

養生終了後、側面の1面を除きアルミテープでシールした供試体を促進中性化試験装置(20℃, RH60%, CO<sub>2</sub>濃度5%)に静置し、材齢1, 2, 4, 8, 13週で供試体を割裂した。中性化深さはJIS規格に準拠して、フェノールフタレイン溶液を噴霧し、表面から赤紫色に呈色した部分までを測定した。

キーワード 低熱ポルトランドセメント, CA<sub>2</sub>, ヒドロカルマイト, 非定常電気泳動試験

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL:03-5859-8356 E-mail:ah11206@shibaura-it.ac.jp

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 非定常状態電気泳動試験

図-1に一例として通電12時間後の塩化物イオン浸透深さを示す。ここでは、N及びLに $CA_2$ と膨張材をそれぞれ10, 15[kg/m<sup>3</sup>]添加した配合の結果を示す。Nに $CA_2$ と膨張材を添加した配合では、 $CA_2$ 及び膨張材を添加することで塩化物イオンの浸透深さが減少し、15[kg/m<sup>3</sup>]の添加で8mm程度減少した。一方で、Lに $CA_2$ と膨張材を添加した場合、塩化物イオン浸透深さに差は生じず、これは、塩水浸せき試験でも類似した結果となった。

#### 3.2 塩水浸せき試験

図-2に一例として材齢4週目の塩水浸せき試験の結果を示す。ここでは、Lに $CA_2$ を30[kg/m<sup>3</sup>]、Nに $CA_2$ を10[kg/m<sup>3</sup>]添加した配合の結果を示す。 $CA_2$ の添加量が少ないNの方がLに比べ塩分浸透抑制効果が確認できる。これは、LよりもNの方がCHの生成量が多いため、ハイドロカルマイトが多く生成されたためであると考えられる。次に、図-3は膨張材の添加量を0または20[kg/m<sup>3</sup>]でそれぞれ一定とし、 $CA_2$ を30[kg/m<sup>3</sup>]添加した配合の材齢4週目の塩化物イオン浸透深さで比較した。膨張材の添加量が0[kg/m<sup>3</sup>]に比べ、膨張材の添加量を増やすことで、塩化物イオンの浸透が抑制されているのが確認できる。これより、Lに $CA_2$ 及び膨張材を添加することで一定の塩分浸透抑制効果が認められたが、Nと比較すると効果が小さい。また、 $CA_2$ の量が多量に必要となる。この原因については、各材料の反応速度や生成物などの調査が必要となる。

#### 3.3 促進中性化試験

図-4に材齢8週目の中性化深さを示す。ここでは、3.1と同じ配合を示す。L、Nのいずれの配合も中性化深さは $CA_2$ と膨張材を添加した場合でもほぼ同程度となった。

### 4. まとめ

- 1) Lに $CA_2$ と膨張材を添加した場合、Nと比較して塩分浸透抑制の効果が小さい。また、添加する膨張材を増やすことで、 $CA_2$ の塩分浸透抑制効果が高まった。
- 2) L、Nの両方とも、 $CA_2$ と膨張材を添加しても中性化深さは差が見られなかった。

### 参考文献

- 1) 田原和人, 山本賢司, 芦田公伸, 盛岡実:  $CaO \cdot 2Al_2O_3$ を混和したセメント硬化体の塩化物イオン固定化能力; Cement Science and Concrete Technology, No. 64, 2010

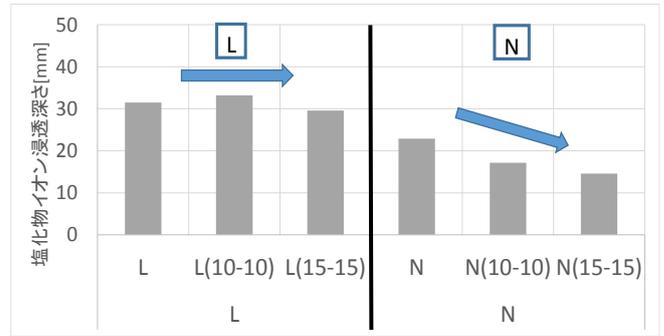


図-1 塩化物イオン浸透深さ  
(非定常電気泳動試験)

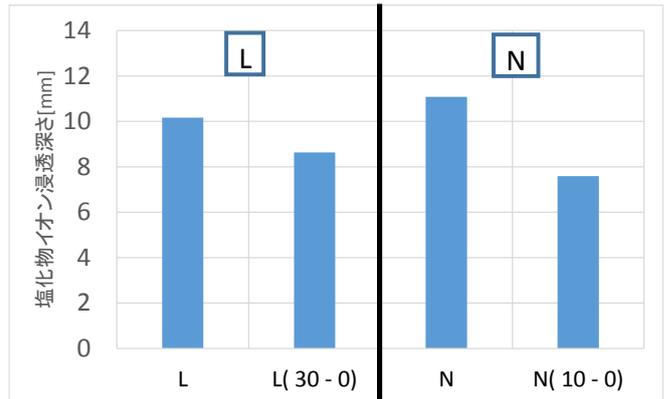


図-2 塩化物イオン浸透深さ (セメント種比較)  
(塩水浸せき試験)

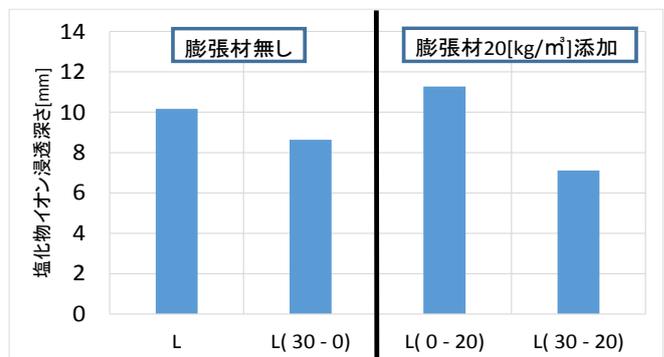


図-3 塩化物イオン浸透深さ (膨張材比較)  
(塩水浸せき試験)

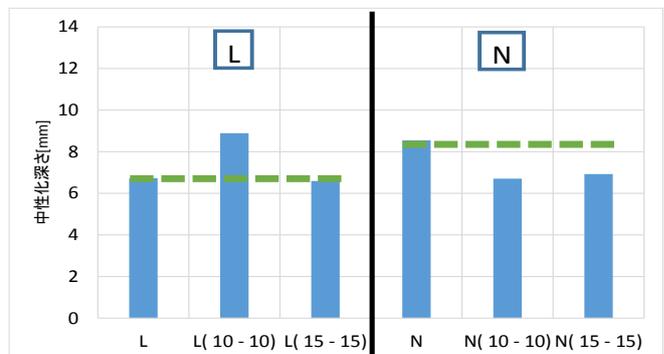


図-4 中性化深さ  
(促進中性化試験)