

塩素固定化能力を持つ骨材および混和材を用いたコンクリート性能の把握

芝浦工業大学 学生会員 ○増田 卓司

芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. 研究背景および目的

鉄筋コンクリート構造物の劣化の一つである塩害は、進行すると構造物の耐久性を著しく損なうことで知られている。この塩害の原因である塩化物イオンの浸透を抑制するものとして近年、カルシウムアルミネートを原料とした混和材「 $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ (以下 CA_2)」と「 $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 骨材(以下 CA 骨材)」と呼ばれる人工骨材の開発がなされている。これらはセメント中の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応し、塩化物イオンをフリーデル氏塩として化学的に固定化することで、耐塩害性の向上を図った塩素固定化材料である。また、実構造物において温度及び収縮ひび割れ対策を目的として用いられる膨張材は、塩化物イオンの固定化に必要な $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を含んでおり、塩化物イオンの固定化を助長すると考えた。

そこで本研究では、これらの材料を組み合わせることがマスコンクリートのひび割れ対策と、耐塩害性の向上に大きく寄与できると考え、塩素固定化材料を用いたコンクリートの圧縮強度と塩化物イオン浸透性、中性化抵抗性について確認した。

2. 実験概要

2.1 供試体諸元・使用材料

表-1 に本研究で使用したコンクリートの配合を示す。水結合比、粗骨材かさ容積、単位水量を一定にし、普通ポルトランドセメント(以下 N)と耐塩害性の低いと言われている低熱ポルトランドセメント(以下 L)において CA_2 と CA 骨材、膨張材をそれぞれ組み合わせて供試体を作製した。養生方法は塩化物イオンの供給に伴う物理的性状の変化を確認する目的で、水中養生と 3%濃度の NaCl 水溶液による養生(以下塩水養生)の 2 種類とした。配合種類の表記の「A」は混和材の添加の有無を示しており、混和材とは CA_2 と膨張材を指す。CA 骨材の特徴としては、多孔的であることが挙げられる。また CA 骨材を利用することで大幅にスランプが減少した。

キーワード 塩害, CA 骨材, CA_2 , 固定化塩

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学

表-1 コンクリートの計画配合

	セメント種	W/C (%)	機能性骨材 混入率 (%)	単位量 (kg/m ³)							フレッシュ性状	
				W	C	S	G	CA骨材	CA2	膨張材	Slump (cm)	air (%)
N0	N	50	0	170	340	835	955	-	-	-	15.0	3.5
N100			100			924	-	917	-	-	3.0	4.5
N0-A			0		300	833	955	-	20	20	18.0	5.0
N100-A			100			922	-	917	20	20	4.0	6.0
L0	L	50	0	170	340	833	955	-	-	-	20.0	3.2
L100			100			922	-	917	-	-	10.0	5.2
L0-A			0		300	832	955	-	20	20	18.0	4.5
L100-A			100			920	-	917	20	20	4.5	5.4

これはセメントペーストが孔に入り込んだためだと考えられる。

2.2 塩水浸漬試験

供試体は 100×100×400mm とし、5 面にエポキシ樹脂を塗布して側面 1 面開放とし、塩分濃度 10%の塩水に浸漬した。材齢 1, 2, 4, 8 週で供試体を割裂し、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 促進中性化試験

φ100×200mm のコンクリートを φ100×100mm に二分割にしたものを使用した。養生終了後、全面開放で促進中性化試験装置(温度 20℃, 湿度 60%, CO₂ 濃度 5%)に静置し、材齢 4, 8 週でそれぞれの供試体を割裂した。中性化深さは 1%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。

3. 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度試験

図-1 に圧縮強度試験の結果を示す。混和材を用いない配合において N は粗骨材を CA 骨材にすることで強度が増加するが、L は強度が低下した。混和材を用い配合においては N, L 共に強度が低下した。塩水養生した供試体は塩素固定化材料を用いた配合において強度が増加したことが確認された。これは塩化物イオンの供給によってフリーデル氏塩が CA 骨材中の空隙及び骨

TEL:03-5859-8356 E-mail:ah12087@shibaura-it.ac.jp

材界面を緻密化したと考えられる

3. 2 塩水浸漬試験

図-2 に塩水浸漬 8 週目までの結果を示す。N は CA 骨材を利用することで塩化物イオン浸透深さが小さくなることが確認された。また、混和材の利用による塩化物イオン浸透深さに大きな変化は見られなかった。

一方で、L は塩化物イオン浸透深さに大きな変化が見られなかった。これは、L の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量が少ないため、塩化物イオンを十分に固定化できず、多孔質である CA 骨材を経由して塩化物イオンが浸透しているためと考えられる。また、混和材の利用により L の塩化物イオン浸透深さが小さくなっているが、CA 骨材との併用により塩化物イオン浸透深さは大きくなった。

3. 3 促進中性化試験

図-3 に材齢 4 週目の結果を示す。N, L 共に CA 骨材と混和材を用いることで中性化深さが大きくなることが確認された。一方で、CA 骨材を利用した配合については塩水養生することによって中性化深さが小さくなった。これは養生時に塩化物イオンと接触することでフリーデル氏塩を生成し、CA 骨材中の空隙及び骨材界面を緻密化したためと考えられる。

そこで、図-4 に 4 週目の圧縮強度と中性化深さの関係を示す。強度の増加に伴い中性化深さが小さくなっている。これは空隙の緻密化により物質透過性が小さくなっているためと考えられる。

4. まとめ

- 1) 圧縮強度は塩素固定化材料を用いた場合、塩化物イオンの供給によって強度が増加する。
- 2) N は塩素固定化材料の利用によって塩化物イオン浸透深さが小さくなる傾向にある。L は CA 骨材による遮蔽効果が小さいことが確認された。
- 3) N, L 共に塩素固定化材料を用いることで中性化深さが大きくなるが、塩化物イオンの供給により中性化深さが小さくなる。また、圧縮強度との相関性が見られた。

本研究はデンカ株式会社との共同研究である。

参考文献

伊藤孝文, 伊藤慎也, 盛岡実, 伊代田岳史: $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ 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; セメント技術大会講演要旨, pp.236-237, 2015

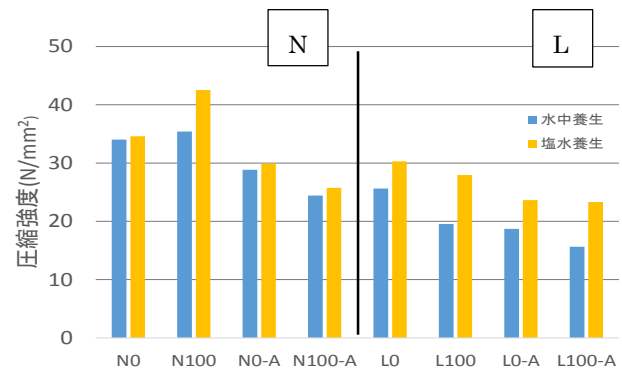


図-1 圧縮強度試験

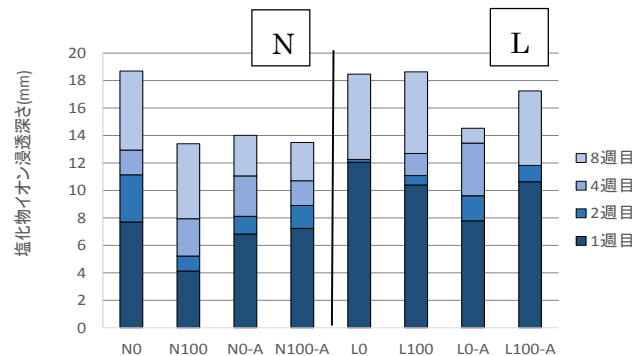


図-2 塩水浸漬試験

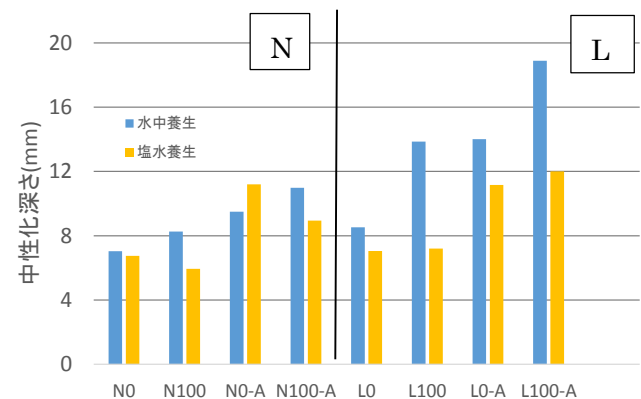


図-3 促進中性化試験

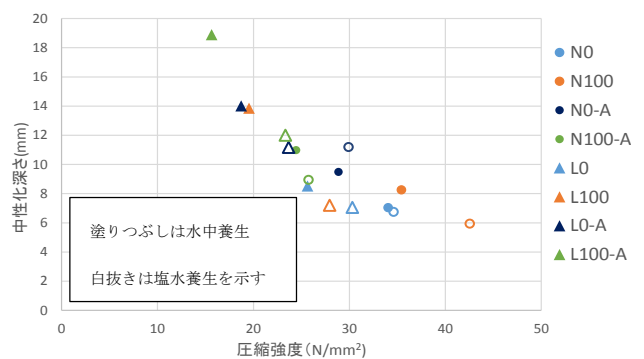


図-4 圧縮強度と中性化深さの関係