

CA₂と膨張材を併用したコンクリートの遮塩性能の検討

芝浦工業大学 浴 陸真
芝浦工業大学 伊代田 岳史

1. 背景および目的

コンクリート構造物は潮風や凍結防止剤などによって外来塩分を受ける。これにより構造物に塩害が引き起こされ鉄筋が腐食し、かぶりコンクリートの剥離・剥落につながる。

このため、高炉セメントを用いることで塩害抵抗性を向上させるなどの対策が行われているが、新たにカルシウムアルミネート系材料 CaO・2Al₂O₃ (以下 CA₂) を用いることで塩害抵抗性が向上することが既往の研究で確認されている。CA₂は少量添加でも塩分を固定することができ高炉セメントのような多量置換の必要がないことがメリットとしてあげられる。また、膨張材 (以下 Ex) を混和することによりひび割れの低減を期待することができる。併用が可能となれば、Exにより外来塩分の最大経路であるひび割れを抑制し、外来塩分を CA₂が固定できる。しかし CA₂および Ex を単独で混和させた際の性能評価は多く報告されているが、併用型の検討データはまだ少ない。また、コンクリートは養生を施すことによって強度や耐久性が向上するとされているが併用型の養生による影響を把握する必要がある。

そこで、本研究では CA₂と Ex を併用させたコンクリートの遮塩性能の検討を目的とした。また、養生条件が塩分浸透抵抗性に与える影響を確認するためにコンクリートの養生条件の違いによる評価を行った。

2. 実験概要

2.1 計画配合

本研究におけるコンクリートの計画配合を表-1に示す。結合材として、普通ポルトランドセメント(N), Nに CA₂を混和(N+CA₂), Nに CA₂と Exを混和(N+CA₂+Ex), 比較対象として塩害抵抗性をもつ高炉セメント B種(B50)の4種を用いて実験を行った。単位水量、水セメント比は一定とした。なお、CA₂の添加量は20kg/m³, Exの添加量は22kg/m³でセメントと置換した。なお、コンクリートの養生条件は養生なし、水中養生7日の2種類とした。

表-1 コンクリートの計画配合

凡例	W/B(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)						
			W	B				S	G
				OPC	BFS	CA ₂	Ex		
N	55	48	170	309	-	-	-	864	965
N+CA ₂				289	-	20	-	864	964
N+CA ₂ +Ex				267	-	20	22	863	964
B50				155	155	-	-	859	959

2.2 塩水乾湿繰り返し試験

凍結防止剤が散布される道路構造物を想定し塩水乾湿繰り返し試験を実施した。100×100×400mmの角柱供試体を作製し、養生終了後、打設面でない側面にアルミテープにて高さ2cm程度の土手を設けた。3%濃度のNaCl溶液を2日間湛水させた後、溶液を捨て5日間乾燥を1サイクルとした。2,4,8,13サイクルで割裂し硝酸銀溶液(0.1N)を噴霧した後白色に呈色した部分の両端10mmを除いた7点を計測しその平均を浸透深さとした。

2.3 非定常状態電気泳動試験

塩化ビニルパイプを使用しφ100×50mmの円柱供試体を作製し、養生終了後、真空飽水処理を行った。その後、試験装置の陰極側にNaCl溶液(0.5mol/L)、陽極側にNaOH溶液(0.3mol/L)を注入し、直流電圧(30V)で通電した。この時、打設面を塩化物イオンの浸透面とした。所定の時間において通電を止め試験体を割裂し、硝酸銀溶液(0.1N)を噴霧した後白色に呈色した部分の両端10mmを除いた7点を測定しその7点の平均を浸透深さとした。なお、通電時間は供試体によって異なる。また、非定常状態電気泳動試験で得られたデータからNTBUILD492²⁾に準拠し拡散係数を算出した。

3. 実験結果および考察

3.1 塩水乾湿繰り返し試験

図-1,2にサイクル毎の塩化物イオン浸透深さを示す。養生を施すことによって、塩分浸透抵抗性が増加することが確認できた。さらに、水中7日養生の結果に注目するとNに対

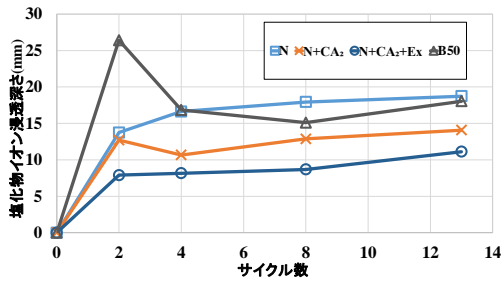


図-1 塩水乾湿繰り返し試験(養生なし)

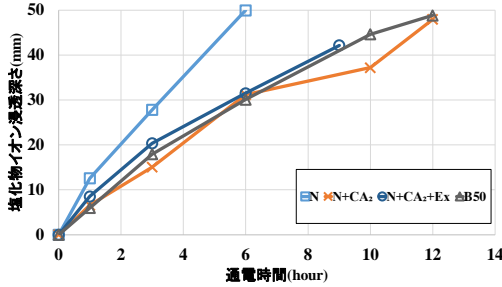


図-3 非常電気泳動(養生なし)

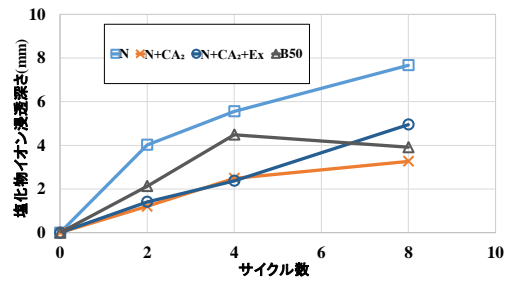


図-2 塩水乾湿繰り返し試験(水中7日)

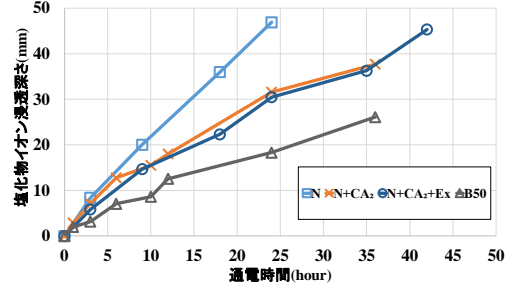


図-4 非常電気泳動(水中7日)

して N+CA₂+Ex と B50 は塩分浸透抵抗性が高い結果となりどちらも同程度の塩分浸透抵抗性であった。

3. 2非常電気泳動試験

図-3,4に通電時間ごとの塩化物イオン浸透深さを示す。また図-5にNTBUILD492で算出した養生毎の同一時間における拡散係数を示す。養生を施すことで、塩分浸透抵抗性が増加すること、および拡散係数が小さくなることが確認できた。また N+CA₂,N+CA₂+Ex は塩分浸透抵抗性に差がなく N と比べ塩分浸透抵抗性が増加すること、および拡散係数が小さい値になることが確認できた。このことから Ex を添加しても遮塩性能に悪影響を及ぼさないと考えられる。一方で、養生なしの場合 N+CA₂および N+CA₂+Ex は B50 とほぼ同程度の浸透挙動を示し、通電 6 時間時点における拡散係数もほぼ同程度であった。それに対し、水中 7 日養生を施すことで B50 は N+CA₂および N+CA₂+Ex よりも塩分浸透抵抗性が高くなる結果となり、通電時間 24 時間時点における拡散係数も B50 の値が小さくなった。また、3. 1で述べたように塩水乾湿繰り返し試験において水中 7 日養生の結果に注目すると N+CA₂+Ex と B50 は同程度の塩分浸透抵抗性であるのに対し、非常電気泳動試験では水中 7 日養生での傾向が異なった。この要因は B50 のもつ空隙構造に違いがあると考え、今後空隙径の計測などが必要である。

4. まとめ

(1)N+CA₂,N+CA₂+Ex においては同程度の遮塩性能が確認でき、N と比べ塩害抵抗性が増していることが確認できた。このことから、N+CA₂+Ex では Ex により外来塩分の

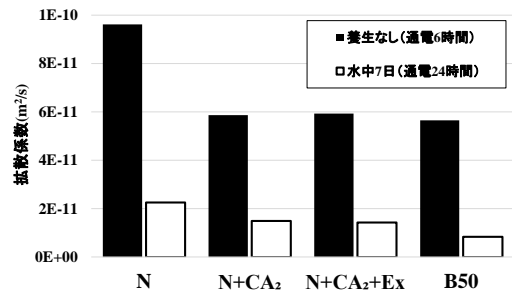


図-5 NTBUILD492 により算出した拡散係数

最大経路であるひび割れを抑制し、外来塩分を CA₂ が固定化することが期待できる。

- (2) 塩水乾湿繰り返し試験と非常電気泳動試験において養生の影響による N+CA₂+Ex と B50 の傾向が異なった。この要因は B50 のもつ空隙構造に違いがあると考え、今後空隙径の計測などが必要である。
- (3) NTBUILD492 に準拠して得られた拡散係数から、同一通電時間において養生によって拡散係数が小さくなることを確認できた。また、N+CA₂+Ex の値が養生条件によらず N よりも小さい値を示すことを確認できた。

[参考文献]

- 1)伊藤孝文:2014 年度芝浦工業大学工学部土木工学科卒業論文「低熱ポルトランドセメントの塩分浸透性能改善策の提案」
- 2)NT BUILD 492, "Chloride Migration Coefficient from Non-steady State Migration Experiment", NORDTEST (1999)
- 3)黒田伸吾:2013 年度芝浦工業大学工学部土木工学科卒業論文「非常電気泳動試験を用いた養生の相違による塩分浸透の評価」