

V-59

鉄筋コンクリートの凍害と塩害に対する電気防食の有効性に関する研究

東北工業大学大学院 学生会員 ○大谷 俊介
東北工業大学 正会員 外門 正直

1. はじめに

我が国では、積雪地域の道路における安全性の確保のため、塩化ナトリウム (NaCl) や塩化カルシウム (CaCl_2) などの塩化物イオン (Cl^-) を含む凍結防止剤を主に使用している。この塩化物イオンはコンクリート中に浸透し鉄筋の腐食や、コンクリート表面がフレーク状に剥げ落ちるスケーリングなどの劣化を生じさせる。一方、海水中のコンクリート構造物等の耐久性を電気化学的に向上させる電着工法が近年採用され始めている。電着工法はコンクリート中の鉄筋を陰極とし電解質溶液中に陽極を仮設して電気回路を形成し直流電流を流すことで、コンクリートのひび割れ部やコンクリート表面に無機系物質の電着物を析出させ劣化の改善をはかるものである。¹⁾ 本実験では、凍結防止剤散布後の融雪水は海水と同様に電解質溶液であることに着目し、2種類の凍結防止剤散布後の環境における電着効果を調べ、コンクリートの塩害と凍害を改善、抑制できるかを電着工法の人工水溶液として良好とされる塩化マグネシウム (MgCl_2) と比較し評価した。

2. 実験概要

各実験で使用した供試体の配合を表-1に示す。供試体の内部にはSD295A D16の鉄筋を入れて作製し、通電する供試体にはハンダにより鉄筋にリード線を取り付けた。通電は直流電源に供試体を直列に接続し一定量の電流密度を通電させた。脱塩に関する実験では供試体表面積に対して 1.0A/m^2 、他の実験では 0.5A/m^2 の電流密度とした。水溶液は CaCl_2 , NaCl , MgCl_2 の3種類をそれぞれ3%wt濃度にして使用した。以後、表-2の分類表により供試体を区分し示すこととする。

表-1 配合表

	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m^3)					
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE剤 $C \times 0.03\%$	NaCl
ひび割れ閉塞	20	8.0 ± 2.0	4.0 ± 1.0	50	40	165	330	713	1057	0.099	—
表面被覆	20	8.0 ± 2.0	4.0 ± 1.0	70	44	171	244	808	1017	0.073	—
脱塩	20	8.0 ± 2.0	4.0 ± 1.0	60	42	168	280	762	1040	0.084	16.6
凍害の改善	20	8.0 ± 2.0	2.0 ± 1.0	65	43	180	277	790	1035	—	—
スケーリングの抑制	20	8.0 ± 2.0	4.0 ± 1.0	50	40	165	330	713	1057	0.099	—

表-2 供試体分類表

実験による分類						水溶液による分類			通電、浸漬による分類	
ひび割れ閉塞		表面被覆	脱塩	凍害の改善	スケーリングの抑制	CaCl_2 3%wt水溶液	NaCl 3%wt水溶液	MgCl_2 3%wt水溶液	通電	浸漬
水中養生	気中養生									
水-	気-	被-	塩-	凍-	S-	C	N	M	電	浸

3. 実験結果および考察

(1) ひび割れ閉塞に関する実験

人工的にひび割れを導入した供試体のひび割れ閉塞率²⁾の経時変化を図-1に示す。水溶液の違いによる供試体のひび割れ閉塞率は、 MgCl_2 3%wt水溶液 > CaCl_2 3%wt水溶液 > NaCl 3%wt水溶液の順で閉塞が早かった。また、養生の違いによるひび割れ閉塞率は、水中養生のものに比べ気中養生のものの方が早く閉塞することが分かった。通電後の供試体をひび割れに沿って分割し内部の確認をした。気-M電は内部にまで白色

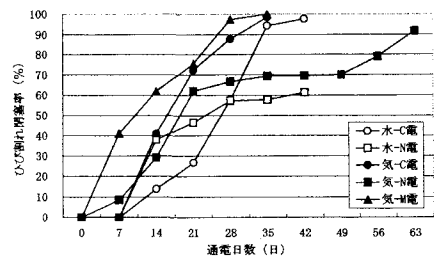


図-1 ひび割れ閉塞率の経時変化

の電着物が確認されたが、他の供試体では確認されなかった。また、気-C電と気-M電では内部のコンクリートが乾燥しており、気-N電と水-C電、水-N電は湿潤した状態であった。

(2) 表面被覆に関する実験

通電前の供試体表面と通電後の供試体表面、1cm、3cm 内部の透水率を図-2 に示す。水溶液の違いによらず、35 日間の通電で供試体表面の透水率は通電前の供試体表面の透水率に比べ約 40%まで低下した。しかし、透水率は内部になるほど大きくなった。

(3) 脱塩に関する実験

10kg/m³の塩化物イオンを混入した供試体を通電、浸漬した場合に残存する塩分量を図-3 に示す。通電、浸漬を 35 日間行ったところ、通電した供試体の塩分含有量は浸漬したものに比べ小さくなった。塩-C電と塩-M電は通電による脱塩効果が顕著であったが、塩-N電は塩-N浸と塩分含有量の違いがわずかであり脱塩効果は小さかった。

(4) 凍害の改善に関する実験

凍結融解試験から通電終了までの相対動弾性係数の経時変化を図-4 に示す。水溶液の違いによらず通電・浸漬 28 日目では、通電した供試体よりも浸漬した供試体の相対動弾性係数が大きくなった。これより、電着工法では動弾性係数を改善できないことが分かった。

(5) スケーリングの抑制に関する実験

凍結融解 4, 14, 28 サイクル後のスケーリングの累計を図-5 に示す。凍結融解は通電、浸漬を行いながら 28 サイクル(2 サイクル/日)行った。実験当初から通電した供試体は浸漬したものに比べスケーリングは小さく、28 サイクルの凍結融解後ではS-C電はS-C浸より約 60%、S-N電はS-N浸より約 50%のスケーリングを低減できた。

4. まとめ

2 種類の凍結防止剤のうち、CaCl₂3%wt 水溶液で通電した供試体は MgCl₂3%wt 水溶液で通電した供試体に比べ、ひび割れ閉塞や表面被覆、脱塩において同等の性能があり良好な電着、脱塩効果であった。一方、NaCl3%wt 水溶液で通電した供試体は表面被覆効果が同程度であったものの、ひび割れ閉塞と脱塩の効果は小さかった。また、水溶液の違いによらず凍害を受けたコンクリートの動弾性係数は通電により改善できなかったが、スケーリングを抑制することが明らかとなった。

参考文献

- 1) 土木学会コンクリート委員会 電気化学的補修工法研究小委員会：電気化学的防食工法設計施工指針(案)，2001
- 2) 大即信明，柳在碩，宮里心一，西田孝弘：鉄筋コンクリートに対する電着工法の有効性に関する実験的検討，コンクリート工学論文集，第 11 巻第 1 号，2000 年 1 月，pp. 85-92

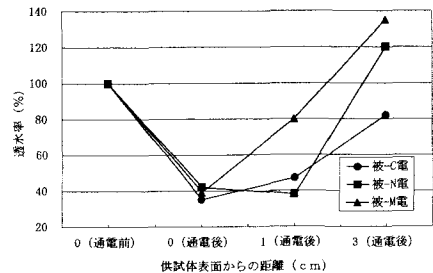


図-2 透水率の変化

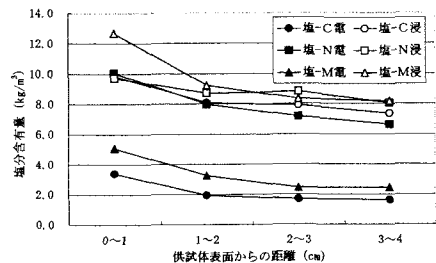


図-3 供試体の塩分含有量

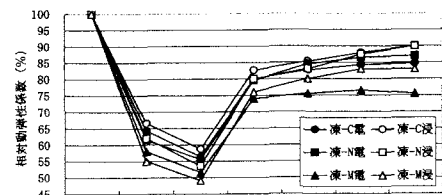


図-4 相対動弾性係数の経時変化

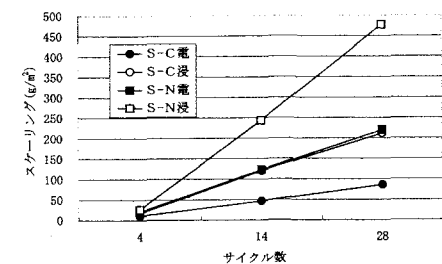


図-5 スケーリングの変化