

明礬と珪酸カルシウムによるコンクリートの塩化物イオンの浸透抵抗性向上

高知工科大学工学部社会システム工学科

学籍番号 1090457 氏名 高橋一仁

要旨： 普通モルタル、普通モルタルに明礬を混入したもの、普通モルタルに明礬と珪酸カルシウムを混入したものの塩化物イオン浸透抵抗性を比較して、明礬や珪酸カルシウムの効果を明らかにした。電気泳動試験から求めた実効拡散係数により、明礬単体でも塩化物イオンの浸透抵抗性向上の効果が確認できたが、明礬と珪酸カルシウムを併用したものではさらに効果があった。

Key Words : 塩化物イオン、浸透抵抗性、実効拡散係数、明礬、珪酸カルシウム

1. はじめに

通常、普通コンクリートにて高耐久性を求める場合、水セメント比を低く設計し緻密なコンクリートを造る事が定石であるが、それでは多くのセメントを使い高コストになるだけでなく、多大な水和熱を発生させてしまいコンクリート構造物の耐久性に悪影響を与える恐れがある。

三好の研究結果から、明礬、珪酸カルシウム、炭酸水などを組み合わせてコンクリートで試験をした所、明礬と珪酸カルシウムを混入した炭酸水コンクリートでの実効拡散係数が小さくなる結果が出た(表-1)。しかし明礬、珪酸カルシウム、炭酸水のうち、どの組み合わせがコンクリートの塩化物イオンの浸透抵抗性向上に効果があるのかは不明である為、本研究において明らかにする事とした。

表-1 三好による実効拡散係数試験結果

	平均実効拡散係数
普通コンクリート	3.23
炭酸水コンクリート	2.60
珪酸カルシウム混入炭酸水コンクリート	3.12
明礬と珪酸カルシウム混入炭酸水コンクリート	1.65

(単位: $\text{cm}^2/\text{年}$)

【三好健一:コンクリートの炭酸化の実用技術の開発, 高知工科大学修士論文, 2008】

2. 試験方法

2.1 供試体作成

表-2 示方配合

W/C	s/a	W	C	S	AE減水剤
50%	44%	161	273	848	2.73

(単位: kg/m^3)

表-3 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント ($3.15\text{g}/\text{cm}^3$)
細骨材	石灰石細砂 ($2.68\text{g}/\text{cm}^3$)
明礬	カリウム明礬 (セメント量の0.05%)
珪酸カルシウム	珪酸カルシウム (セメント量の0.05%)

表-4 実験で使用する三種類のモルタル

普通モルタル	セメント+ 細骨材+水		
明礬混入モルタル	セメント+ 細骨材+水	明礬	
明礬と珪酸カルシウム混入モルタル	セメント+ 細骨材+水	明礬	珪酸カルシウム

練り混ぜ手順

- ① セメントと細骨材を加える [30秒空練り]
- ② 水とAE減水剤を加える [1分練混ぜ]
(明礬と珪酸カルシウムを加える場合は水に溶かしてから加えた)
- ③ 練りムラの確認 [2分練混ぜ]
- ④ 完成

2.2 電気泳動ユニットを用いた実効拡散係数

短期間に塩化物イオンの浸透抵抗性を調べる為にJSCE-G571-2003を用いて電気泳動ユニット(図-1)による塩化物イオンの流速を求めた。 $\phi 100 \times 200(\text{mm})$ の普通モルタル、明礬混入モルタル、明礬と珪酸カルシウム混入モルタルを各種3本用意し、各供試体を $\phi 100 \times 50(\text{mm})$ の幅に成形する。その後電気泳動試験機にセットし一日一回陽極側と陰極側から溶液サンプルをとり、滴定試験機により塩化物イオンの

濃度を調べ、濃度勾配により塩化物イオンの流速を求めた。

そこから電気泳動ユニットから採取した陽極側と陰極側の溶液の塩化物イオン濃度変化を自動滴定装置を用いて測定した。

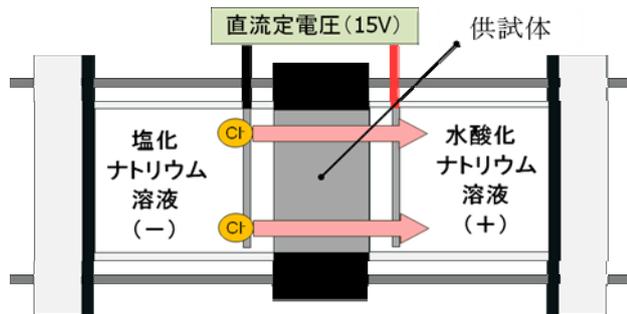


図-1 電気泳動ユニット

3. 電気泳動試験結果

3.1.1 実効拡散係数

表-5 実効拡散係数と標準偏差

	平均実効拡散係数	標準偏差
普通モルタル	2.95	0.77
明礬混入モルタル	2.12	0.15
明礬と珪酸カルシウム混入モルタル	1.65	0.09

(実効拡散係数単位: $\text{cm}^2/\text{年}$)

3.1.2 実効拡散係数の考察

明礬は急結剤としての効果があり、それ自体にセメントの水和反応を促進する作用がある為、短期の内に細孔組織が緻密になり実効拡散係数が小さくなったと考えられる。また明礬と珪酸カルシウムを混ぜたものでは、約4割程低い値がでたが、これは水和反応に必要なカルシウムが明礬と合わさる事で何らかの効果と及ぼしたと考えられる。

表-6 設定条件

海岸からの距離(m)	250
かぶり厚さ(mm)	50
腐食開始塩分濃度(kg/m^3)	1.8

表-7 実効拡散係数から求める各種類の供用限界

	鉄筋腐食開始	供用限界期間
普通モルタル	13年	130年
明礬混入モルタル	19年	190年
明礬と珪酸カルシウム混入モルタル	24年	240年

【供用限界期間は鉄筋腐食開始年数の10倍とする。

3)】

3.2.2 鉄筋腐食開始時期の比較

水セメント比50%のモルタルでは普通モルタルでもかなりの間腐食しない期間があるが、明礬を混入したものは約1.4倍、明礬と珪酸カルシウムを混

入したものでは約1.8倍もの年数遅らせる事ができる。ただし、これは数値的にみた場合であり、「明礬を使用すると初期の凝結と早期の強度発現を得るが、長期強度では普通コンクリートに比べて2~3割程度強度が低くなる。」4)とある。塩化物イオン浸透抵抗性と強度の関係性は見出せてないのははっきりとは分からないが、養生期間が28日以上の場合、明礬混入モルタル・明礬と珪酸カルシウム混入モルタルの鉄筋腐食開始時期が早くなる可能性がある。

5. まとめ

養生期間28日以下の場合で普通モルタルを基準に平均実効拡散係数を比べると、明礬混入モルタルでは0.83、明礬と珪酸カルシウム混入モルタルでは1.30の差が見られた。実効拡散係数が0.1違うと鉄筋腐食開始年数で約8カ月の差が見られる。しかし、今回は長期間養生したものでの実効拡散係数のデータが無い為、明礬及び珪酸カルシウムを混入したモルタルが鉄筋腐食開始年数まで実際に腐食が発生しないか分からず、途中で急速に劣化してしまい腐食開始年数が大幅に早まる可能性がある。この事から以下の事が言える。

- 1) 塩化物イオンの浸透抵抗性を向上させるには明礬は有効である
- 2) 明礬と珪酸カルシウムを併用したものは明礬単体のものよりも更に抵抗性を向上させる事ができる
- 3) 短期間の場合における塩化物イオン浸透抵抗性の向上は実証できたが、長期間の場合は確認できなかった

参考文献

- 1) 電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実行拡散係数試験法(案)(JSCE-G571-2003)
- 2) コンクリート標準示方書【設計編】2007年制定
- 3) Maintenance and management of concrete bridges, S. Nasu, H. Okamura & S. Kokubo, Bridge, maintenance, Safety, Management and Cost, 2004
- 4) 新セメント・コンクリート用混和材料