

## アルミナセメント系モルタルの遮塩性に関する一考察

|             |     |        |       |
|-------------|-----|--------|-------|
| 北海道大学       | 正会員 | ○エラクネス | ヨガラジャ |
| 北海道大学       | 非会員 |        | 森永 祐加 |
| 宇部興産株建材株式会社 | 非会員 |        | 宮本 一輝 |
| 宇部興産株建材株式会社 | 非会員 |        | 安藤 雅将 |
| 宇部興産建材株式会社  | 非会員 |        | 貫田 誠  |
| 宇部興産建材株式会社  | 非会員 |        | 戸田 靖彦 |

### 1. はじめに

塩害は、外部からコンクリート内部へ侵入または内在する塩化物イオンが鉄筋表面に到達すること起因して生じる劣化であり、一般的に断面修復工法による補修が適用される。そのため、塩分浸透抑制効果の高い断面修復材が求められている。

塩化物イオンの浸透は、拡散現象として捉えられ、1) 塩化物イオンの吸着性能及び 2) 細孔構造の緻密化あるいは屈曲度が主に関係すると報告されているが<sup>1)</sup>、アルミナセメント(以下 AC)を含むモルタルを対象とした先行研究は少ない。そこで本研究では、アルミナセメントを含むモルタルを用いて塩化物イオンの浸透抑制効果のメカニズムを解明することを目的とし、はじめに電気泳動法による塩化物イオンの実効拡散係数とモルタルの細孔径分布の観点から検討を行った。

### 2. 実験概要

本研究では、使用材料としてポルトランドセメント系モルタル(以下 PC 系モルタル)、凝結促進剤を添加した AC 系モルタル(以下 AC 系モルタル①)、AC 系モルタル(以下 AC 系モルタル②)、AC と PC を併用したモルタル(以下 AC-PC 系モルタル)の計 4 種類を用いた。また、これらのモルタルは水比及び骨材の含有率がそれぞれ異なるため、水セメント比を一定にした、AC 系ペースト①、AC 系ペースト②、AC-PC 系ペーストを用意した。試料はミキサーで練り混ぜをした後、ブリーディング水がなくなるまで練り返しを行った。実効拡散係数の測定に用いる供試体は  $\phi 100 \times 200 \text{mm}$  の型枠に、水銀圧入法による細孔径分布の測定及び XRD の測定に用いる試料は  $\phi 50 \times 100 \text{mm}$  のモールド缶に打ち込み、打

設翌日に脱型し 28 日間水中養生を行った。電気泳動法による塩化物イオンの実効拡散係数試験は JSCE-G571-2013 に従い測定した。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3. 1 塩化物イオンの実効拡散係数

電気泳動法による塩化物イオンの実効拡散係数の測定結果を図 1 に示す。PC 系モルタルの実効拡散係数  $0.38 \text{cm}^2/\text{年}$  に比べ、AC 系モルタル①の実効拡散係数は  $1.38 \text{cm}^2/\text{年}$  と大きく、AC 系モルタル②と AC-PC 系モルタルの実効拡散係数はそれぞれ  $0.05 \text{cm}^2/\text{年}$ 、 $0.08 \text{cm}^2/\text{年}$  と小さく、遮塩性に優れていた。また、AC 系モルタルについては、硬化スピードの違いが実効拡散係数に影響を与えることが示唆された。

#### 3. 2 細孔径分布

水銀圧入法による細孔径分布を図 2 に示す。細孔径  $10\text{-}100 \text{nm}$  の範囲における細孔容積は、PC 系モルタルに比べて AC 系モルタル①は大きく、AC-PC 系モルタルは小さい傾向であった。

電気泳動法による実効拡散係数は、定常状態における塩化物イオンの移動流束から算出しており、ペーストへの塩化物イオンの吸着は無視できる。また、Elakneswaran ら<sup>2)</sup>は細孔径が  $10 \text{nm}$  以上の孔においては表面の電気的性状により塩化物イオンの拡散はバルク中よりも遅くなるあるいは細孔内を塩化物イオンが移動しないことを報告している。したがって、電気泳動法による実効拡散係数は、細孔構造と密接な関係があり、細孔容積の大きい AC 系モルタル①は塩化物イオンの実効拡散係数が大きい(遮塩性が低い)。一方、細孔

キーワード 塩害、断面修復材、電気泳動法、アルミナセメント、細孔構造

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学工学部 資源化学研究室 TEL 011-706-7275

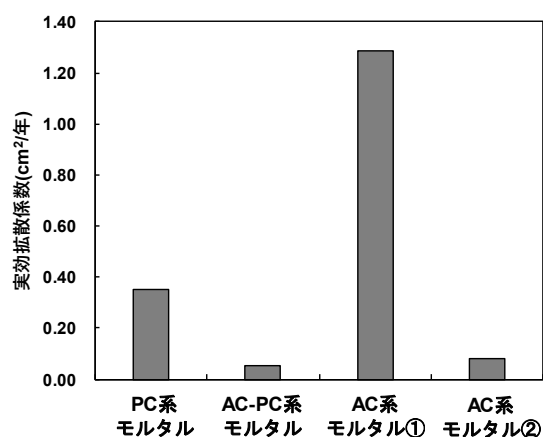


図1:実効拡散係数の比較

容積の小さいAC-PC系モルタルは細孔内の緻密化によって塩化物イオンの実効拡散係数が小さい(遮塩性が高い)結果になったと考えられる。

### 3. 3 XRD パターン

材齢 28 日時点での AC 系ペースト①, AC 系ペースト②, AC-PC 系ペーストの XRD パターンを図 3 に示す。AC-PC 系ペースト, AC 系ペースト②では Ettringite の生成がみられ, 特に AC-PC 系ペーストでは顕著であった。一方, AC 系ペースト①では, Stratlingite, Hemicarbonat が確認されたが, Ettringite の生成は殆どみられなかった。このことから, Ettringite はモルタルあるいはペーストの細孔構造を緻密にし, 遮塩性を高める可能性がある。但し, AC-PC 系ペーストの XRD/rietveld 解析の結果では約 60%が非晶質であり, 細孔構造の変化に関しては, 非晶質も考慮に入れて検討する必要がある。

さらに, 今後は, NaCl 溶液に浸漬させた試料を用いて塩化物イオンの吸着性能についても検討する予定である。

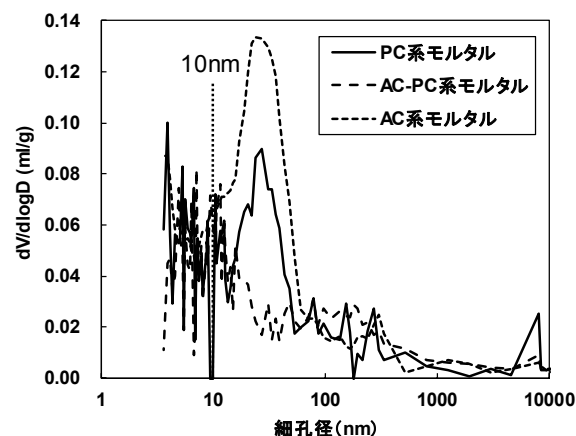


図2:水銀圧入法による細孔径分布の比較

### 4. 結論

- 1) 電気泳動法による塩化物イオンの実効拡散係数は, PC 系モルタルに比べ, AC 系モルタル①は大きく, AC 系モルタル②と AC-PC 系モルタルは小さいことを確認した。
- 2) 細孔径 10-100nm の範囲における細孔容積は, PC 系モルタルに比べて AC 系モルタル①は大きく, AC-PC 系モルタルは小さいことを確認した。
- 3) AC 系モルタル①および AC-PC 系モルタルは, Ettringite の生成によって細孔構造が緻密となり, 遮塩性に優れていると考えられる。

### 参考文献

- 1)Yogarajah Elakneswaran et al. :Ion-cement hydrate interactions govern multi-ionic transport model for cementitious materials, Cement and Concrete Research, Vol. 40, Issue 12, December 2010, Pages 1756-1765.

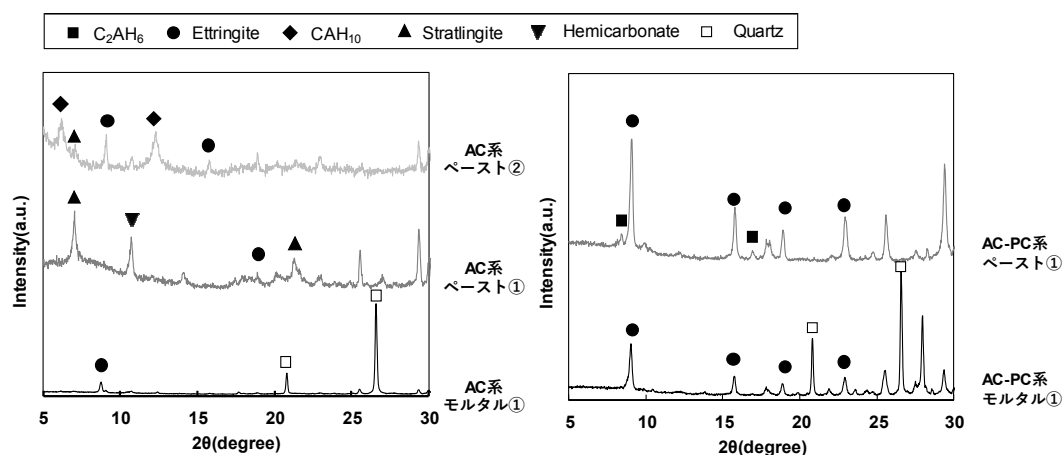


図3: 材齢 28 日試料の XRD パターン