

V-273

 CaCl_2 を含有するモルタルにおけるアルカリ・シリカ反応と鉄筋の腐食

金沢大学 正会員 川村満紀
北陸電力 正会員 〇市瀬 誠
金沢大学 学生員 寺野宜成

1. まえがき

反応性骨材を含有するコンクリートにおいて CaCl_2 が存在すると、 CaCl_2 によってアルカリ骨材反応が促進される可能性が高く、そのために反応性骨材を含有しないコンクリート中よりも鉄筋が腐食する危険性が大きくなる。即ち、 CaCl_2 の存在下において発生するアルカリ・シリカ反応によるコンクリート中の細孔溶液の組成の変化が鋼棒のより腐食しやすい環境を作り出す可能性が考えられる。本研究は、反応性骨材及び CaCl_2 を添加したモルタル中の細孔溶液の組成及び鋼棒の腐食状況の変化を実験的に把握することによって CaCl_2 を添加したコンクリートにおけるアルカリ・シリカ反応の鉄筋の腐食に及ぼす影響を明らかにしようとするものである。

2. 実験概要

2-1. 使用材料. 使用したセメントは等価 Na_2O 量 0.93% の普通ポルトランドセメントである。反応性骨材としてBel taneオパール（粒径1.2~0.6mm）を用いた。使用した CaCl_2 は特級試薬である。

2-2. 実験方法. (a) 膨張試験及び細孔溶液の抽出：モルタルの配合は、セメント：水：骨材＝1：0.55：2、オパール／全骨材＝0.03、 Cl^- イオン量／セメント＝0、0.25、0.5、1.0、2.0%（重量比）である。膨張試験はASTM C-227に準じて行った。ポリエチレン袋中に密封した状態で湿気槽中（38℃、R.H.100%）にて所定材令に達するまで貯蔵したモルタル供試体（ $\phi 5.6 \times 10 \text{ cm}$ ）より高圧装置によって採取された細孔溶液は、直ちに溶液中の OH^- 及び Cl^- イオン濃度の測定に供した。 OH^- 及び Cl^- イオン濃度はそれぞれ直接滴定法（指示薬：フェノールフタレイン）及び電量滴定法（終点は電位差検出）により求めた。細孔溶液中の各イオン濃度の計算においては、セメントの水和により除去された水の量に対する補正を行なった。

(b) 電気化学的腐食測定：(a)と同じ配合のモルタル中に直径10 mmの軟鋼及びステンレス棒を埋め込んだ供試体を湿気槽中に貯蔵しながら自然電位及び分極抵抗を測定した。(c) 腐食度の評価：腐食面積率は材令6カ月に達した供試体を破壊した後、鋼棒の腐食状況をトレーシングペーパーに写しとり腐食部分の面積をプランメーターで計測し、表面積に対する百分率で表し、相対腐食量は Cl^- 添加量0%の標準砂モルタルにおける鋼棒の1/分極抵抗の時間積分値を1とした比で表したものである。

3. 実験結果および考察

図-1は CaCl_2 添加モルタルの膨張量の経時変化を示す。この図より CaCl_2 を添加することによってアルカリ・シリカ膨張が促進されていることが分る。

図-2及び3は各モルタル中の鋼棒の自然電位の経時変化を示す。反応性骨材混入モルタル中の鋼棒の自然電位は Cl^- 添加量の増加とともに低下している。一方、標準砂モルタル中の鋼棒の自然電位は材令1カ月まで急激に低下した後、上昇及び下降を繰り返しながらそれぞれある値において安定するようであり、その平衡状態における自然電位は Cl^- 添加量の増加とともに低下している。標準砂モルタル中の鋼棒の自然電位の著しい変動は Cl^- イオンによる孔食と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の存在による再不動態化を示すものと考えられるが、反応性骨材混入モルタルの場合においてそのような大きな変動が見られなかったのは OH^-

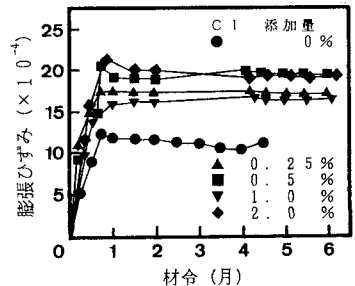


図-1 膨張量の経時変化

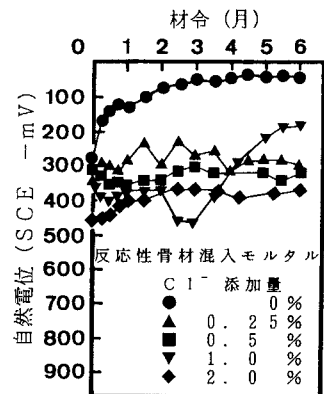


図-2 自然電位の経時変化

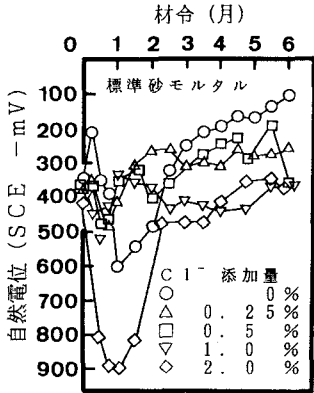


図-3 自然電位の経時変化

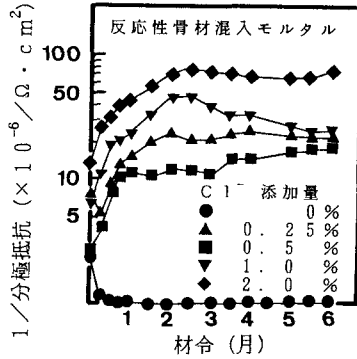


図-4 腐食速度の経時変化

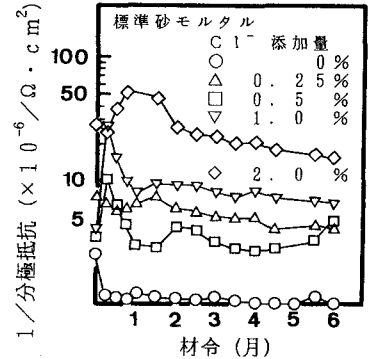


図-5 腐食速度の経時変化

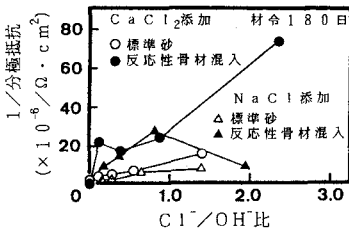


図-6 Cl^-/OH^- 比と腐食速度の関係

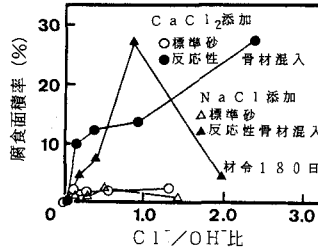


図-7 Cl^-/OH^- 比と腐食面積率の関係

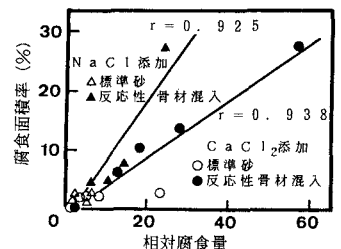


図-8 相対腐食量と腐食面積率の関係

イオンがアルカリ・シリカ反応によって消費されたために再不動態化を促進する細孔溶液中の OH^- イオンの量が減少したためと考えられる。

図-4及び5は各モルタル中の鋼棒の腐食速度（1/分極抵抗）の経時変化を示す。反応性骨材混入モルタル中の腐食速度は Cl^- 添加量0%を除き、材令2カ月まで急激に増加した後一定となる。標準砂モルタル中の鋼棒の腐食速度は Cl^- 添加量0%を除き、材令1カ月まで急激に増加するがその後ゆるやかに減少している。また、反応性骨材の有無にかかわらず腐食速度は Cl^- 添加量の増加とともに増大している。

図-6は材令6カ月におけるモルタル中の細孔溶液の Cl^-/OH^- 比と腐食速度の関係を示す。この図よりある Cl^-/OH^- 比に対する腐食速度は反応性骨材の有無によって異なり、反応性骨材混入モルタル中の鋼棒の腐食速度が標準砂モルタルのそれより大きいことが分る。更に、NaCl添加モルタルの場合、腐食速度が最大となる Cl^-/OH^- 比が存在するのにに対し、 CaCl_2 添加モルタル中では、 Cl^-/OH^- 比の増加とともに腐食速度も大きくなっている。

図-7は材令6カ月におけるモルタル中の細孔溶液の Cl^-/OH^- 比と腐食面積率の関係を示す。この図より反応性骨材混入モルタル中の鋼棒の腐食面積率は標準砂モルタルのそれよりかなり大きいことが分る。また、NaCl添加モルタルの場合、腐食面積率が最大となる Cl^-/OH^- 比が存在するが、 CaCl_2 添加モルタルでは、 Cl^-/OH^- 比の増加とともに腐食面積率も増大している。

図-8は相対腐食量と腐食面積率の関係を示す。この図より CaCl_2 及びNaCl添加モルタル中の鋼棒の相対腐食量と腐食面積率の間に極めて良好な相関性が存在することが分る。

4. まとめ

塩化物を含有するモルタルにおける細孔溶液中のある Cl^-/OH^- 比に対する反応性骨材混入モルタル中の鋼棒の腐食速度及び相対腐食量（または腐食面積率）はアルカリ・シリカ反応の発生していないモルタル中よりはるかに大きいことが確認された。これは、アルカリ・シリカ反応の発生に伴う Cl^- イオンの移動度の変化及び鋼棒表面に形成される一部の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の消失によるものと考えられる。また、本実験で得られた1/分極抵抗の時間積分値と腐食面積率の間に良好な相関性が存在することが分った。