

電気促進養生を用いて強制的にカルシウムを溶出させたモルタルの諸性質

(社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 正会員 ○渡邊 晋也

(有)テクノミネッツ フェロー会員 峰松 敏和

東海大学 海洋学部 海洋建設工学科 正会員 迫田 恵三

東海大学 海洋学部 海洋科学科 佐藤 義夫

1. はじめに

水中にあるセメント固化体は、水と接している表面からカルシウムが溶出し、表面から劣化が生じると考えられている。本研究では、セメント固化体であるモルタルからカルシウムが溶出し、表面劣化が生じた時、モルタルの力学的・化学的性質がどのように変化するのかについて検討を行った。モルタルからカルシウムを溶出させるには、自然の状態では長時間の暴露が必要である。そこで本研究では、カルシウムの溶出を電気化学的手法による促進試験方法を用いて検討を行った。本報告では、電気促進養生を行ったモルタルの促進養生期間の経過における圧縮強度および中性化深さ、また、モルタルの細孔構造の変化を調べるため、促進養生期間 44 週目におけるモルタルの劣化部と健全部の細孔径分布および全空隙率について検討を行った。

2. 電気促進養生の概要

セメント固化体の劣化メカニズムは、水和組織が変質することにより生じる。水和組織の変質は各イオンの移動によって生じることが考えられる。イオンの移動現象として考えられるのは、濃度勾配による拡散である。しかしながら、イオンのように電荷をもつ粒子の移動現象においては、電気化学的ポテンシャルの勾配が影響を与える。したがって、イオンの場合、濃度勾配による拡散の他に、電位勾配による移動が考えられる。この原理を用いて、セメント固化体中の水和組織からイオンの移動によって変質を促す方法が、電気化学的手法による劣化メカニズムである。本研究では通常の圧縮試験ができる大きさの供試体を用いることができるように新たな電気促進養生装置を作製した。電気促進養生装置は、供試体を設置し、カルシウムを溶出させる溶液を入れる水槽と、直流電源を安定して供給する直流安定化装置および電極であるチタンメッシュ電極の 3 つから構成されている。電気促進養生装

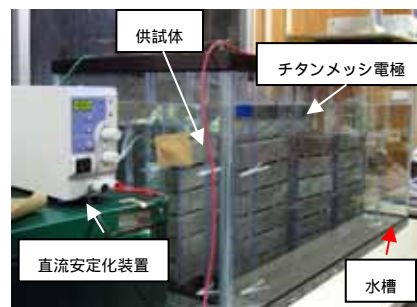


写真 1 電気促進養生装置

置を写真 1 に示す。本研究で用いた電気促進養生の電位勾配の管理は、電流を大きくすることで電位勾配を大きくすることが出来ることから、メッシュ電極空 1m^2 当りの電流量とした (A/m^2)。

3. 試験概要

(1) 供試体概要

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は標準砂を用いた。モルタルの配合は、重量比でセメント 1、標準砂 3、水セメント比 50%とした。供試体寸法は、縦 40mm × 横 40mm × 長さ 160mm の角柱供試体を用いた。前養生として、脱型後 28 日間標準養生を行い。その後、電気促進養生を行った。また、比較のため同一配合のモルタルを標準養生した。

(2) 促進条件

カルシウム溶出用の溶液は水道水とし、電流量 $0.5\text{A}/\text{m}^2$ 、電極間距離 20cm 、水温は 20°C で養生を行った。電気促進養生の溶液は、毎月 1 回入れ替えを行い。また、促進期間中の溶液は常時攪拌を行わないこととした。

(3) 試験概要

圧縮強度および中性化深さについては、促進養生前、促進養生後 4 週、8 週、12 週、16 週、20 週、24 週および 44 週とした。また、水銀圧入法による細孔径分布は、促進養生 44 週目の供試体を用いて測定を行った。圧縮強度は JIS R 5201 に準拠して測定した。中性化深

キーワード：電気促進養生、カルシウム溶出、力学的性質、化学的性質、多孔質化

連絡先：〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 (社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第二部

さは、フェノールフタレイン 1%溶液を用いて着色しなかった領域を中性化と定義し、表面からの深さをノギスにより測定した。

4. 実験結果および考察

(1) 圧縮強度

電気促進養生におけるモルタルの圧縮強度の測定結果を図 1 に示す。図中には比較のため、標準養生の結果を付記している。電気促進養生の圧縮強度よりも標準養生の圧縮強度の方が大きい結果が得られた。促進養生期間 44 週目では、促進養生前のモルタル圧縮強度より約 12MPa 低下した。電気促進養生を行ったモルタルは、内部から徐々にカルシウムが溶出し、多孔質化したことにより圧縮強度が低下したと推測される。

(2) 中性化深さ

フェノールフタレイン溶液を噴霧したモルタルを写真 2 に示す。電気促進養生によるモルタルの中性化深さの経過を図 2 に示す。促進養生期間と中性化深さは促進養生期間初期では比例関係にあることがわかった。電気促進養生の中性化は、陸上コンクリートの炭酸化とは異なり、 OH^- が陽極側に引張られたことが原因で生じると考えられる。したがって、陰極側には Ca^{2+} が引張られていると考えられる。本報告では記載していないが、E P M Aを用いた調査結果から、中性化を起こしている場所はカルシウムが減少していたことが観察されている。

(3) 細孔径分布

本報告では、中性化が生じている場所を溶出部、中性化していない場所を健全部と定義している。促進期間 44 週目におけるモルタルの細孔径分布の測定結果を図 3 示す。この結果から、電気促進養生を行うことで、モルタルは多孔質化することが判明した。また、図 4 に示す様にモルタルの全空隙率からもわかるように、溶出部は健全部に比べ 2 倍の空隙率になり、カルシウムが溶出することでモルタルが多孔質化することがわかった。すなわち、モルタルは多孔質化により力学的性質が低下したことが推定される。

5. まとめ

電気促進養生を行うことで、モルタルからカルシウムを早期に溶出させることが可能であった。カルシウムが溶出することにより、多孔質化が進みモルタルの力学的性質は低下することがわかった。今後の課題と

して、電気促進養生と実環境は異なることから、電気促進養生期間と実環境時間との関係を検討しなくてはならないと考える。

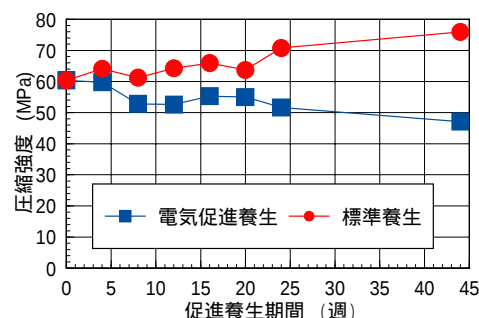


図 1 電気促進養生期間における圧縮強度の変化

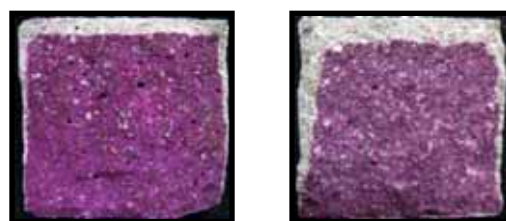


写真 2 各電気促進養生期間における中性化状況

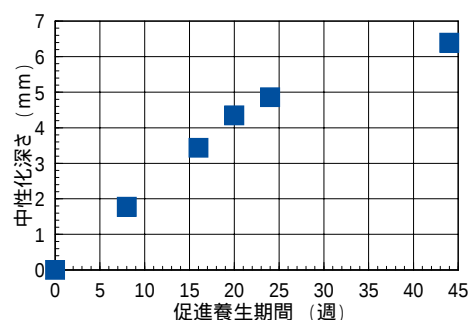


図 2 電気促進養生期間における中性化深さ

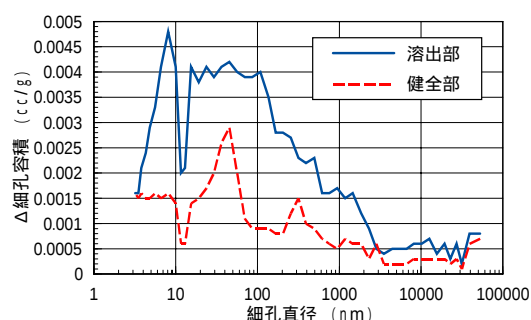


図 3 溶出部および健全部の細孔径分布

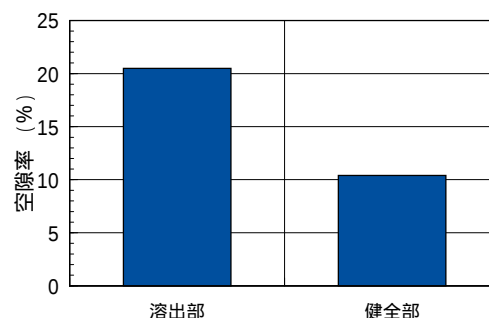


図 4 溶出部および健全部の全空隙率