

V-284

凍結融解作用をうける硬化セメント
ペーストの微小硬度変化

函館工業高等専門学校 正員 藤 井 卓
北海道大学 正員 藤 田 嘉 夫

1. まえがき

コンクリートの凍結融解劣化のマイクロメカニズムを解明するうえで、硬化セメントペーストの組織を構成する各水和物粒子の工学的特性の解明は必須であるが、まだ未解明の問題として残されている。本研究においては、ミクロな部分の強さに対応する物性として硬度をとりあげ、CMA 溶液中で凍結融解作用をうけた硬化セメントペースト供試体の表層部から中心部までの微小硬度を測定し、凍結融解劣化の硬度による評価の可能性および硬度に及ぼすCA/MAモル比の影響を、微構造との関連において検討した。

2. 実験方法

セメントは普通ポルトランド、W/C=40、56、70%、すべてAEペーストとし、ヴィンソルをセメント質量の0.03%混入した。供試体寸法は40x40x160mmとし、材令7,14,28日において、カルシウム・マグネシウム・アセテート（CMA, $\text{CaAc}_2/\text{MgAc}_2$ モル比 10/0, 7/3, 5/5, 3/7, 0/10）の3%溶液および真水中で凍結融解試験を行った。所定の養生後および24サイクル凍結融解後、供試体から5x10x25mmの試料を切り出し、硬度測定面を最終的に3000番のエメリー紙で研磨仕上げた。微小硬度の測定は、ダイナミック超微小硬度計（DUH-50）により載荷荷重 $P=50\text{gf}$ として行った。また、各試料の破面について走査型電子顕微鏡（SEM）により微構造を観察し、X線マイクロアナライザ（EDXA）により元素分析を行った。

3. 実験結果および考察

3. 1 微小硬度の測定結果：試料面にセットした圧子に荷重 $P(\text{gf})$ を載荷し、圧子の押込み深さ $d(\mu\text{m})$ を検出し、微小硬度は、 $H_d=37.838 \cdot P/d^2$ （標準圧子）により求められる。本実験では $P=50\text{gf}$ を用いた。圧痕の一例を写真-1に示す。供試体の表面から中心付近までの硬度測定結果の一例を図-1に示す。組織を構成する水和物粒子および空隙の影響により測定値の変動が大きい。載荷荷重を大きくすることにより変動を小さくできるが、目的に応じて荷重を選択すべきである。また、測定値を順序統計量として扱うことにより、相互の比較が容易になり（図-2）、さらにワイブルプロットによる比較¹⁾も可能である。硬度は圧縮・引張強さ、弾性係数、破壊靱性などの物性と相関のあることが知られている。したがって、例えば硬度～圧縮強さ関係（図-3）²⁾を求めておけば、硬度から微小部分の圧縮強さの推定が可能である。

3. 2 材令および凍結融解作用による変化：図-4に断面内の硬度分布を示す。硬度が養生によって増大し、材令28日では表層部から中心部までほぼ一様に分布すること、凍結融解作用により低下すること、および表層部の硬度は内部より小さいことがわかる。水中で24サイクル凍結融解した場合の表層部において、材令7日では $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の破壊が著しい（写真-2）のに対して材令28日では $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とCSHが一体となって緻密な組織（写真-3）を保持しているのが観察される。

3. 3 CA/MAモル比による相違：CMA溶液中で凍結融解した場合、CA/MAモル比が小さい方が全般的に硬度の低下が小さい（図-4）。表層部において硬度は、真水、CMA 10/0、CMA 0/10の順に大きい。また、荷重～押込み深さ関係（図-5）から、深さ方向の微小部分の組織状態の推測が可能である。表面から約 $3\mu\text{m}$ 範囲の組織は、表面付近では真水が、また内部になるに従ってCMA 0/10が緻密化することを示している。この場合の微構造は、写真-4、5に示すようにCMA 0/10の方が組織が緻密化しており、さらに元素分析結果（図-6、7）によればCMA 0/10においてMgの多いことがわかる。

<参考文献>

- 1) 藤井、藤田：融氷剤と凍結融解作用をうける硬化セメントペーストの微小硬度、セメント技術年報、No.42、pp.251～254、1988
- 2) 藤井、石戸谷、今野：硬化セメントペーストの微小硬度に関する二、三の考察、土木学会北海道支部論文報告集、No.44、pp.629～634、1988

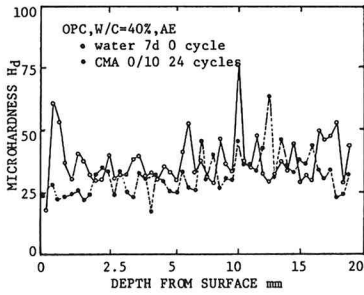


図-1 微小硬度測定結果の一例

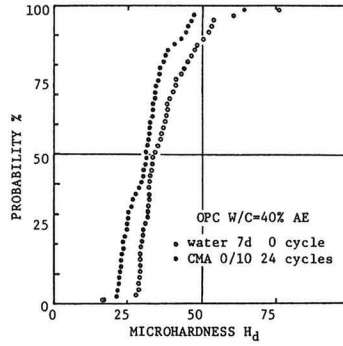


図-2 微小硬度～確率関係の一例

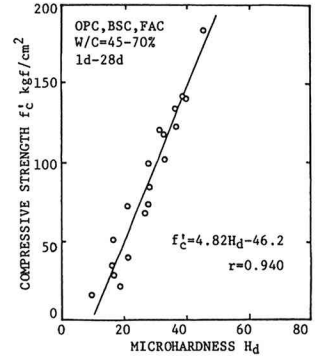


図-3 微小硬度～圧縮強さ関係

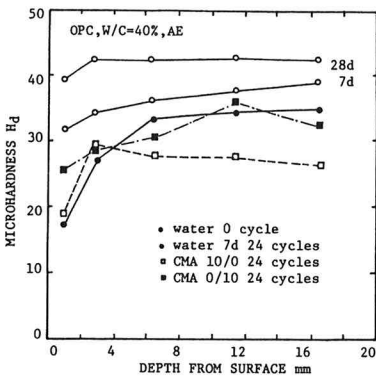


図-4 断面内の硬度分布比較

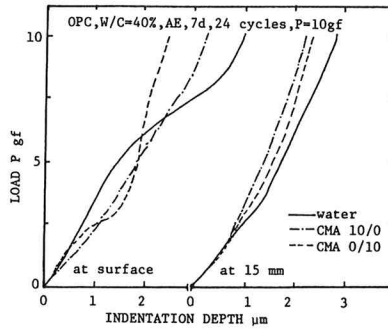


図-5 荷重～押し込み深さ関係

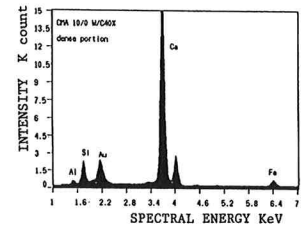


図-6 写真4の元素分布

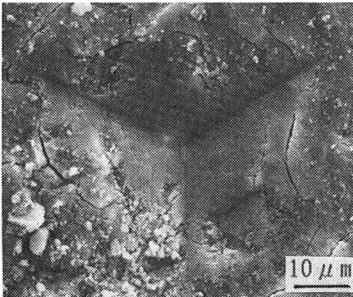


写真-1 圧痕の一例 (P=50gf)

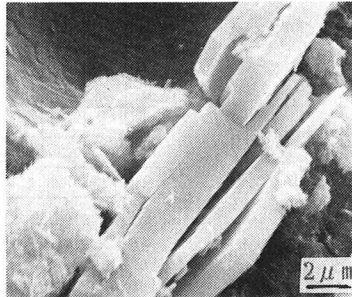


写真-2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の破壊（真水, 7d）

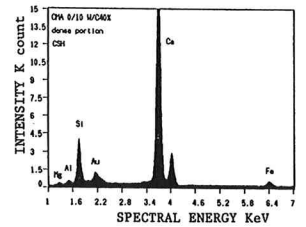


図-7 写真5の元素分布

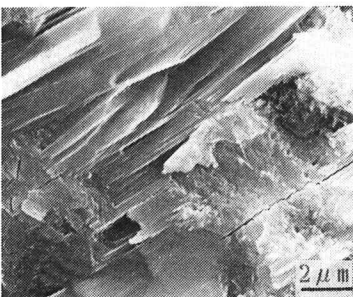


写真-3 表層緻密部（真水, 28d）

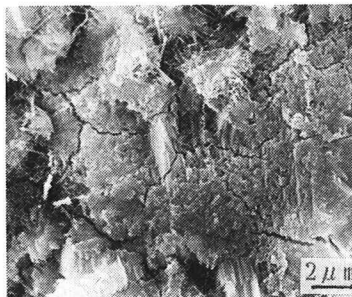


写真-4 CMA 10/0の緻密部

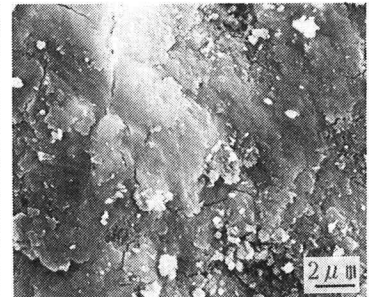


写真-5 CMA 0/10の緻密部