

V-212

凍結融解作用をうける硬化セメント
ペーストの強さ劣化に及ぼすCMAの影響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

近年、積雪寒冷地においては、粉塵対策の面から脱スバイクタイヤが強く要請され、このため安全確保を目的にNaCl, CaCl₂, MgCl₂などの融氷塩の使用が増大する趨勢にある。塩分環境において凍結融解作用をうけるコンクリートの早期劣化は極めて著しく、また下水処理、植生への影響など二次公害の可能性も指摘されている。したがって無害融氷剤の開発がさし迫った重要課題として提起されており、最近、米国においてカルシウム・マグネシウム・アセテート(CMA)の無塩害融氷剤としての可能性が検討されている。本文は凍結融解作用をうけるコンクリートの劣化に及ぼすCMAの影響を明かにすることを目的に行った一連の研究のうち、強さ劣化に関して述べたものである。スケーリング劣化および熱的挙動については既に報告している^{1,2,3)}。

2. 実験方法

セメントは普通ポルトランド、高炉B種、フライアッシュB種を用いた。ペーストの配合はW/C=56%とし、AEペーストではヴィンソルをセメント重量の0.03%混入した。供試体寸法は40x40x160mmとし、積算温度210°DDを得た供試体を、カルシウム・マグネシウム・アセテート(CMA、CaAc₂/MgAc₂モル比=1.0)、KCl系融氷剤(SWN)およびNaClの3、6、10、20%溶液(non AE供試体では各3%溶液のみ) および真水中で凍結融解試験を行った。所定のサイクルごとに曲げ、圧縮強さを測定し、微構造を走査型電子顕微鏡(SEM)により観察し、エネルギー分散型X線マイクロアナライザ(EDXA)により元素の同定を行った。また一部の試料については微小硬度計により、上表面から中心までのビッカース硬さ分布を測定した。

3. 実験結果および考察

3. 1 溶液の種類による相違：曲げ、圧縮強さの相違を図-1、2に示す。CMAの場合の強さ低下が、NaCl, SWNよりやや大きい傾向を示す。一方、non AEの場合のCMA, SWNでは、AEの場合に比較して劣化が著しく12サイクルで崩壊した。表層部付近の微構造は、CMA(写真-1)ではCSHが崩壊し、全体に組織が多孔化した。これに対してNaClの場合は、CSHが全体に崩壊しているが一部に緻密組織も認められ、SWNでは他に比べて表層部の緻密化が進行しているのが観察された。CMAの場合の劣化が大きいのは、表層部の緻密化がNaCl, SWNの場合に比べて進行しないためと考えられる。

3. 2 溶液濃度による影響：曲げ強さ(図-3)では3%の低濃度において、圧縮強さ(図-4)では20%の高濃度の場合が最も強さ低下が小さい。CMA 3%の場合の表層付近の微構造(写真-1)は組織の崩壊が著しいが、20%の場合は表層部が極めて緻密化(写真-2)し、さらに表層部の空隙は新たな繊維状生成物(図-5)によって充填された。濃度20%の場合に劣化が著しく低下するのは、このような表層部の緻密化と空隙の充填によって飽水度の上昇率が低下すること、および凍結温度が降下することなどのためと考えられる。²⁾

3. 3 セメントの種類による相違：曲げ強さ、圧縮強さ(図-6、7)とともにAEの場合でも混合セメントの劣化が著しい。これは混合セメントでは同一W/Cで養生程度が同じであっても、普通セメントに比較して飽水度も大きく凍結水量が多い²⁾ためと考えられる。フライアッシュB種では破面に多数のフライアッシュ粒子(写真-3)が観察され、いわゆる“pull out”による粒界破壊が劣化要因の一つであることを示唆する。高炉セメントの場合は、スケーリング破面が著しく崩壊(写真-4)しており、供試体表層部の多孔化を示している。

3. 4 微小硬度の変化：一般に凍結融解サイクルの増加に伴って硬度は低下するが、一時的部分的に増大することがある。硬度の低下は表層部よりも中心部において大きい。CMA 3%溶液中での6サイクル後の硬度

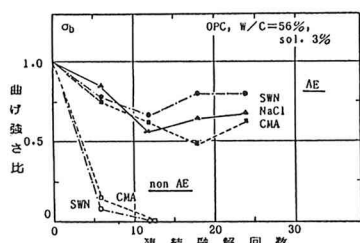


図-1 溶液の種類による曲げ強さの相違

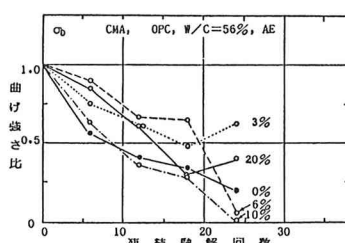


図-3 曲げ強さに及ぼすCMA濃度の影響

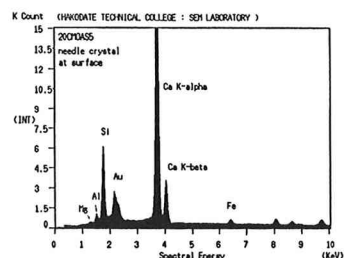


図-5 繊維状生成物(CMA20%)の元素分布

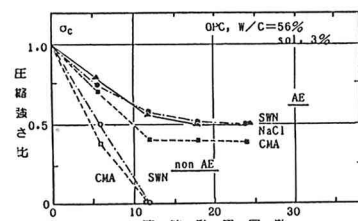


図-2 溶液の種類による圧縮強さの相違

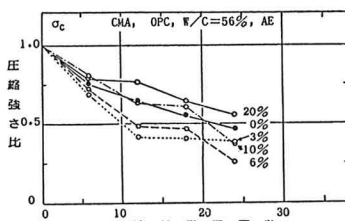


図-4 圧縮強さに及ぼすCMA濃度の影響

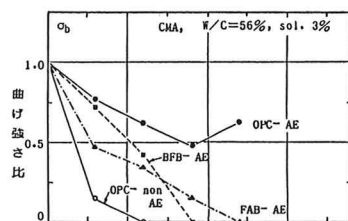


図-6 セメントの種類による曲げ強さの相違

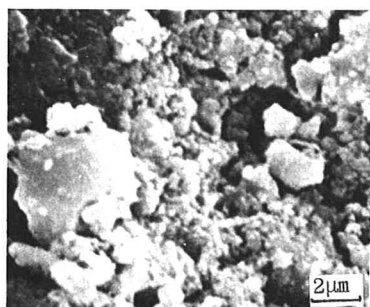


写真-1 表層部の崩壊(CMA 3%, OPC)

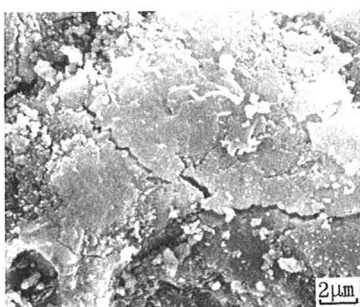


写真-2 表層部の緻密化(CMA 20%, OPC)

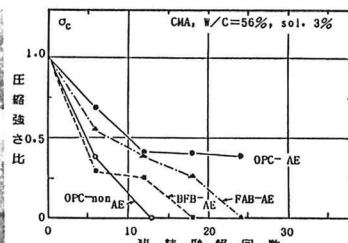


図-7 セメントの種類による圧縮強さの相違

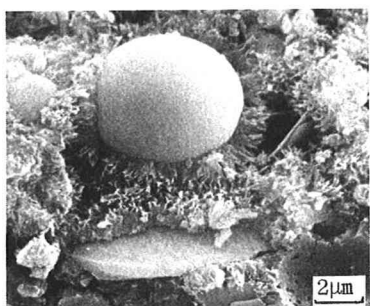


写真-3 スケール破面のFA粒子(CMA 3%, FAC)

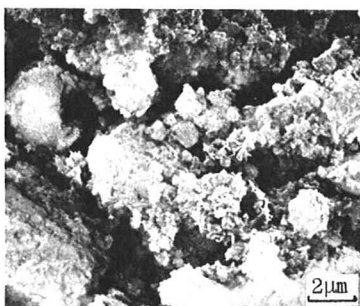


写真-4 スケール破面の多孔化(CMA 3%, BFC)

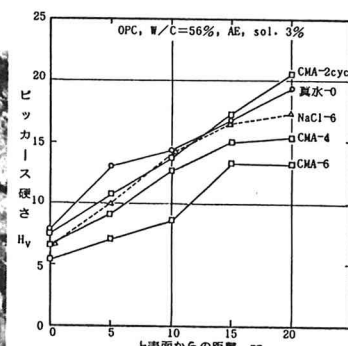


図-8 凍結融解による硬さ変化

は、図-8に示すように表層部、中心部ともにCMAが NaClより小さい。硬度変化に関する以上の結果は、スケール劣化、強さ劣化との関連を示唆する。

<参考文献>1)藤井、藤田：硬化セメントペーストのスケール劣化に及ぼすCMAの影響、第9回コンクリート工学年次講演会講演論文集、1987(投稿中)、2)藤井、藤田：硬化セメントペーストの凍結融解挙動に及ぼすCMAの影響、セメント技術年報、No.41、1987(投稿中)

なお本研究は昭和61年度文部省科学研究費補助金(一般研究C)の交付を受けて行ったものである。