

工学論文

[1124] ALCの空隙構造と凍結挙動

正会員 多田眞作 (テキスト)

1. 研究の目的及び手法

RILEMの定める”限界飽水度法”に基づき、ALCの限界飽水度と空隙構造の関係を明らかにすることを目的としてALCの凍結挙動に関する3つの実験を行った。

実験1では平衡含水率を変化させた試料について低温示差走査熱量計により相変化熱を求め、吸着水が固体表面からの拘束力によって未凍結状態になり、氷と固体との間に存在することを示すことを目的とした。

実験2では様々な飽水度の試料について凍結中の長さ変化を測定し S_{cr} を実際に求め、その飽水度に対応する水分が、空隙中のどの部分に存在するのかを示すことを目的とした。

実験3では実際に S_{cr} の水分量の状態で凍結させた試料を低温走査電顕で直接観察し、空隙構造中の水の配置についての具体的なイメージを得、実験1、2の結果との整合性を検証することを目的とした。

2. 実験結果と考察

(1)吸着水分子層を0~20に調整したALC試料につき、 -70°C までの示差走査熱量分析を行なったところ、2分子層までは実用上不凍結水であること、3分子層から6分子層までの吸着水は -37°C 付近で凍結すること観察した。従って限界飽水度法に規定される凍結温度領域では6分子層までの水分は未凍結水として存在する。また凝固点降下は固体表面からの拘束力によって生じており、未凍結水は固体と氷との間に存在するものと考えられる。

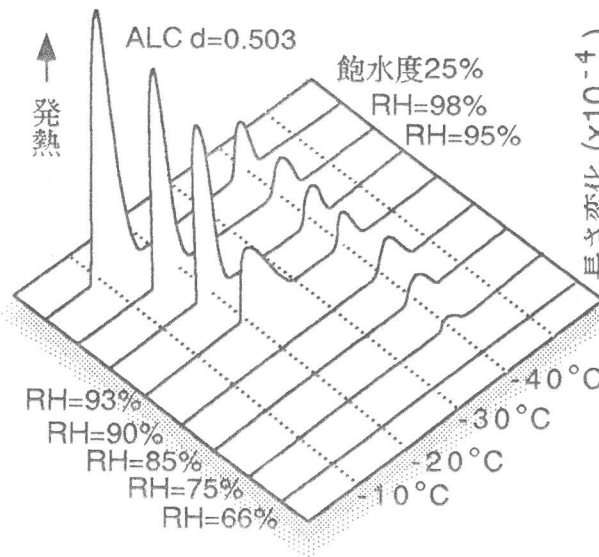


図-1 ALCの飽水度と水分の相変化温度

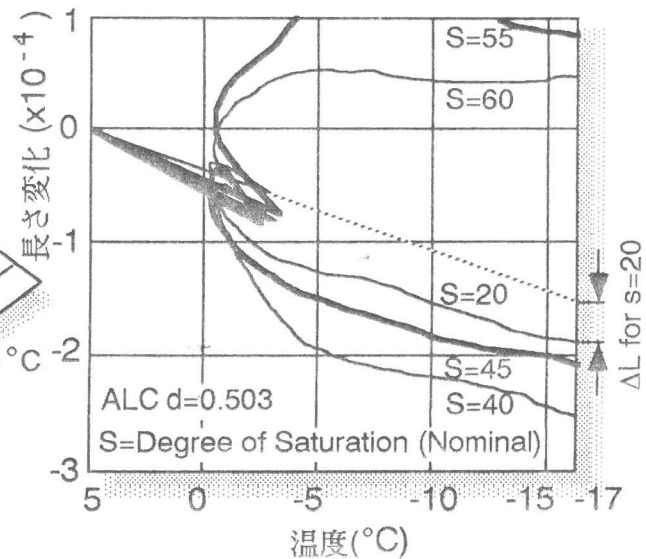


図-2 ALCの凍結中の長さ変化

(2) 飽水度 (空隙基準の含水率) を5~70%に調整したALC試料につき凍結中の長さ変化の測定を行ない、限界飽水度を求めたところ、かさ密度0.355、0.503、0.641についてそれぞれ約38、44、52%であった。この限界飽水度はALC空隙中の細孔 (マトリックス部分の空隙) がすべて水分で満たされ、さらに一部の小気泡にも吸水が進行している含水状態に対応している。

限界飽水度以下の含水状態の大部分の試料は凍結過程で熱収縮値よりもさらに収縮した。この含水状態では気泡内に氷が成長できる余地が十分あり、従って常圧を維持したまま未凍結水が氷に変化する事も理由のひとつと考えられる。

(3) 限界飽水度に調整されたALC試料を-15°Cで凍結させ、低温走査電顕で直接観察を行ない、気泡表面にランダムに析出した氷を確認した。未凍結水は吸着水膜として固体と氷との間に存在するので、氷晶析出が気泡表面に部分的に生ずる限り、吸着水は自由に移動でき圧力は上昇しない。しかし直径が100μm以下の比較的小さな気泡中では氷が圧倒的に多く、厚い氷の膜による中空球に近い形態をとることも観察された。このような状態は未凍結水が移動して自由に氷結する場を失い、膨張につながる要因となっているものと考えられる。

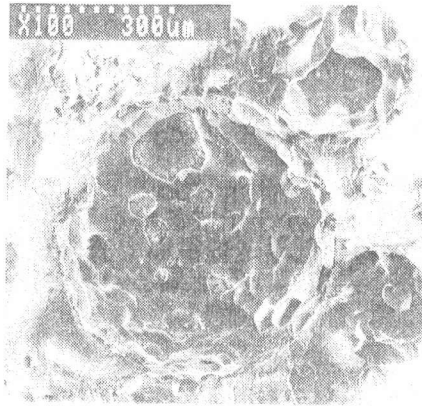


写真-1 飽水度47.5%で凍結したALCの気泡表面の氷

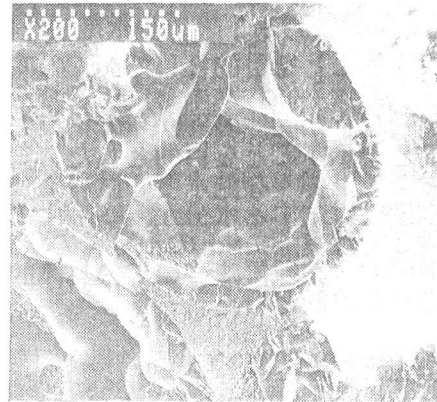


写真-2 写真1の右上の小気泡部拡大

3. 結論

以上の実験結果から、限界飽水度に於けるALC空隙中の水分の配置は図-3に示す様にすべての細孔と一部の小気泡が水分で満たされている状態であると考え、限界飽水度 S_{cr} をALCのかさ密度 d の関数として次式の様に表現できる。

$$S_{cr} = \frac{d(ds-dm)}{dm(ds-d)} + \frac{ds(dm-d)}{dm(ds-d)} a \quad (0 < a < 1) \quad [1]$$

ここで真密度 $ds(=2.62)$ 、マトリックス部分のかさ密度 $dm(=0.95)$ 、また今回の測定値として $d=0.503$ のときに $S_{cr}=0.44$ を用いると $a=0.06$ が得られる。この a の値を用いた理論式[1]は過去に測定されたかさ密度の異なるALCについての限界飽水度の値と良く一致した。また、耐凍結融解性の向上を意図した場合、細孔レベルの空隙と気泡レベルの空隙とが明確に分離し、この空隙を繋ぐ小気泡が存在しないような空隙構造が有効であろう。

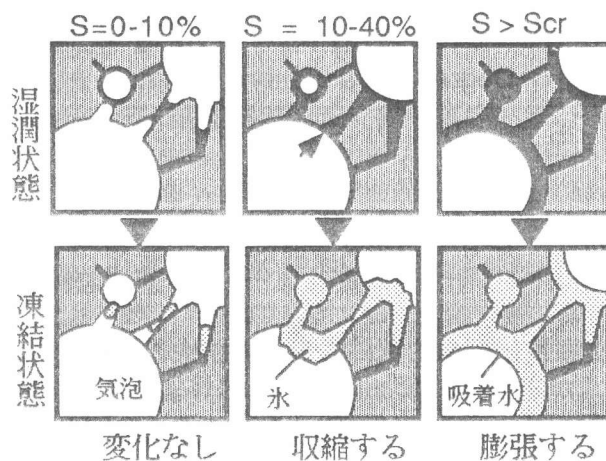


図-3 ALCの空隙構造と限界飽水度の関係

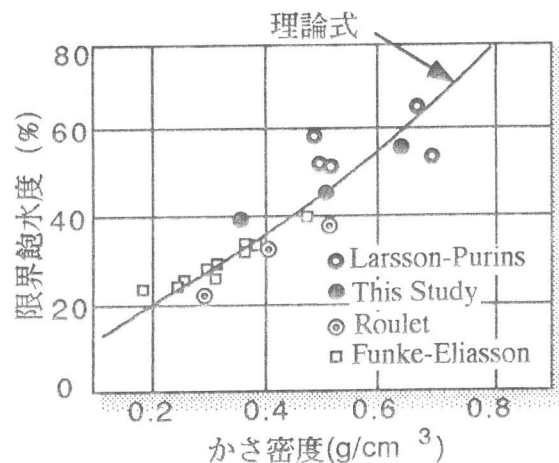


図-4 ALCのかさ密度と限界飽水度

本論文は「コンクリート工学論文集」Vol.2, No.1, pp95-103, 1991.1に掲載されたものである。