

V-397 凍結融解作用を受けるコンクリートの劣化メカニズムに関する実験的研究

大成建設技術研究所 正会員 岡本 修一
東京大学生産技術研究所 フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

寒冷地のコンクリート構造物は、凍結融解の繰り返しを受ける。このため構造物の耐久性や強度の低下などの被害が生じる。コンクリートの凍結融解による劣化の原因は、コンクリート中に含まれている水が凍るときの膨張圧によってコンクリートの内部組織が壊れるためと言われているが、施工方法、養生方法、凍結融解を受ける条件などその劣化の形態は多様で、その劣化メカニズムは十分に明らかにされていない。本研究では、コンクリートの凍結融解機構のモデル化を目標に、コンクリートの試験体を用い空隙構造を基本とした凍結水量、凍結率から凍結圧の簡易計算手法の適用性について検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料及び配合

使用材料として、セメントには普通ポルトランドセメント、細骨材には富士川産の川砂（比重：2.63、吸水率：2.01）、粗骨材には両神産の碎石（比重：2.70、吸水率：0.51）を用いた。また、AE コンクリートではポリカルボン酸系の AE 減水剤を使用した。コンクリートの配合及び練り上がりの性状

表-1 配合及び練り上がりの性状

コンクリートの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G	AE減水剤		
nonAE	30	44.8	172	287	816	1020	—	8.5	3.0
AE	30	44.8	172	287	816	1020	0.574	10.5	7.5

を表-1に示す。試験条件としては、nonAE と AE コンクリート、水中凍結と封緘状態での凍結の比較検討を行った。

(2) 凍結融解試験方法

供試体は10×10×40cmの角柱とし、材齢14日まで水中養生を行い、封緘供試体はアルミテープで表面を封緘し、凍結融解を開始した。試験の方法はコンクリートの凍結融解試験方法 (JSCE-G 501) に準拠して行った。

(3) 測定項目

- ・温度-ひずみ変化の測定：熱伝対及び埋め込みゲージを供試体中心に設置し測定した。
- ・細孔径分布の測定：所定の凍結融解サイクル終了時に同一条件で試験を行った 10×10×10cm の供試体のモルタル部分を2.5～5.0mmに粗粉碎したものを均等に採取し水銀圧入法により測定した。
- ・劣化の程度の把握：超音波測定法による動弾性係数の測定を行った。

3. 実験結果及び考察

(1) ひずみの挙動

通常的水中凍結融解試験で測定した AE 及び nonAE コンクリートの供試体のひずみ変化を図-1.1に、封緘状態の水中凍結融解試験で測定したものを図-1.2に示す。

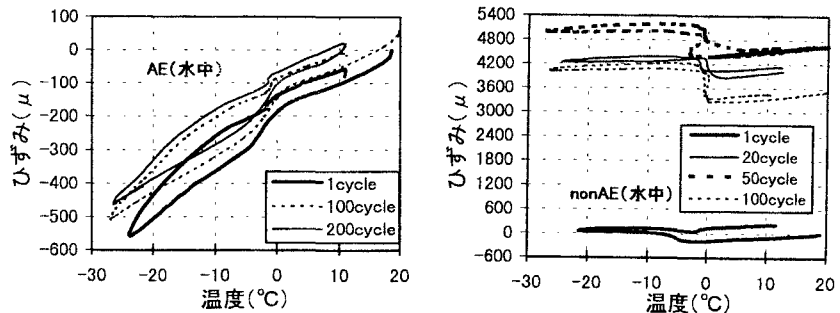


図-1.1 コンクリートのひずみ挙動（水中凍結融解）

キーワード：凍結融解、細孔径分布、凍結水量、凍結圧

〒245 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL.045-814-7228 FAX.045-814-7253

〒106 東京都港区六本木 7-22-1 TEL.03-3402-6231 FAX.03-3470-0759

に、封緘状態の水中凍結融解試験で測定したものを図-1.2に示す。（図中で-は収縮、+は膨張）通常の水中凍結融解を行った場合、nonAEコンクリートでは初期サイクルで急激に残留ひずみが増大し、50 サイクル終

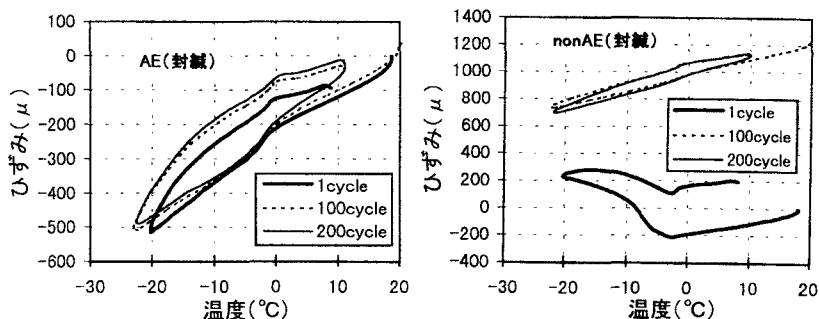


図-1.2 コンクリートのひずみ挙動(封緘凍結融解)

了時には動弾性係数の測定が不能となったが、AEコンクリートでは200 サイクル終了時まで殆ど残留ひずみは認められず、相対動弾性係数も99%と劣化傾向は認められなかった。一方、封緘状態で試験を行った場合は、AEコンクリートでは水中と同様な傾向を示すが、nonAEコンクリートでは50 サイクルまでで約800 μ の残留ひずみを生じるが、それ以降は残留ひずみは生じず、200 サイクル終了時の相対動弾性係数は74%であった。これらの結果は、一般に言われている外部からの水分供給による凍結融解による劣化の助長と連行空気の効果を良く再現している。

(2) 空隙構造からの簡易計算による検討

著者らは既報[1]において、約0.05 μ m以下の細孔中の水分は-20℃では凍結しないと仮定し、実測した細孔径分布より凍結水量及び凍結率を求め、それに基づき細孔を圧肉円筒管とし簡易的にモデル化し管の内圧や円周方向に発生する応力を算定した結果は、モルタル供試体で行った凍結融解実験結果を良く表現でることを示した。そこで、同様な方法で今回のコンクリートによる試験結果について検討を行う。

まず、コンクリートの凍結融解試験開始直前の細孔径分布の実測値に基づき凍結水量及び凍結率を算出した結果を図-2示す。このように、AEコンクリートは凍結水量、凍結率ともnonAEコンクリートに比べ低くなるが、これは、同程度の単位水量でも独立気泡の多いAEコンクリートの方が実質的な飽水度が小さくなる(飽水度の実測値;nonAE:約98%、AE:約83%)ことを反映している。次に、毛細管内に発生する内圧の算定結果を図-3に示す。このように、AEコンクリートの凍結圧はnonAEコンクリートに比べ著しく小さく、図には無いが、円周方向に発生する引張応力も0.17 MPaと割裂引張強度の約4.9 MPa以下となった。以上のように、AEコンクリートでは独立気泡が多いため、見かけの飽水度が低くなり、従って凍結水量、凍結率、凍結圧が小さくなり、結果として発生する残留ひずみ量も小さくなることが、簡易的なモデル計算でも表現できることが明らかとなった。

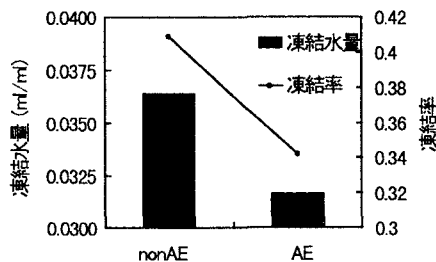


図-2 凍結水量及び凍結率

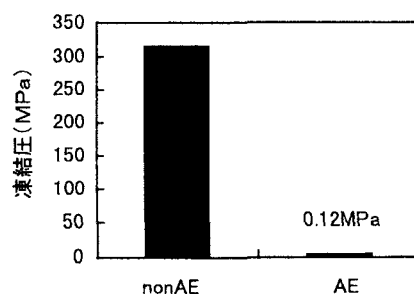


図-3 毛細管内の凍結圧

4. おわりに

細孔構造に基づいた簡易計算手法でも、コンクリートの挙動をある程度説明できることが明らかとなったが、今後は、AE剤により連行された独立気泡考慮した空隙のモデル化を進め、簡易計算手法の適用性を高めてゆきたい。

謝辞:本研究の遂行にあたり御協力頂きました、元芝浦大学卒論生大崎奈央子さんに対し深く感謝いたします。

《参考文献》

[1]岡本、魚本:細孔構造からみた凍結融解による劣化機構に関する基礎研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19、1997