

V-287

凍結融解作用を受けるコンクリートの膨張収縮挙動

北海道開発局 開発土木研究所 正会員 ○渡辺 宏
北海道開発局 開発土木研究所 正会員 堺 孝司

1. まえがき

コンクリートは凍結融解作用を受けると膨張収縮挙動を示し、その繰り返しによって内部組織の劣化が進行していく。このような挙動に関する研究はベーストによる気中凍結融解試験のものが多く、コンクリートによるものはあまり行われていない。また、測定も変位計などを用い試験体の全長から変化量を求める方法のことが多い。本報告は、急速凍結融解試験におけるコンクリートの膨張収縮挙動を供試体に埋め込んだひずみゲージを用いて調べ、コンクリートの劣化過程について解明を試みようとしたものである。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材として静内川産の川砂（比重2.73、吸水量1.73%粗粒率2.90）、粗骨材として静内川産の川砂利（比重2.76、吸水量0.95%）を使用した。また、混和剤として耐寒剤（NF）と空気量調製剤を使用した。コンクリートの配合はスランプ $8 \pm 2.5 \text{ cm}$ 、空気量 $6 \pm 1 \%$ を目標とした、表-1 に示すものとした。実験に用いた供試体は $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の角柱体であり、凍結融解時のコンクリートの長さ変化を測定するため埋め込み型ひずみゲージ（以下、ひずみゲージと略称）と一部のものについてひずみ計を埋設した。あわせて、供試体の残留ひずみをダイヤルゲージで測定するため供試体の両端にプラグを埋め込んだ。供試体の養生は $+5^\circ\text{C}$ の恒温室に 6 時間前養生し、その後、 -5°C の低温室に材料 14 日まで保存した。凍結融解試験は土木学会基準に準じて行い、凍結融解時のコンクリートの長さ変化と温度は、埋設したひずみゲージ、ひずみ計、及び熱電対からデジタル測定器を介してパソコンによりデータを収録し、合わせて処理をした。また、所定のサイクルでダイヤルゲージによる残留ひずみを測定した。

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 w/c (%)	NF使用量 g/c $\times 100$ (%)	細骨材 率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					混和剤量 (g)	AE-775
			水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G			
45	3	41	145	322	775	1,128	9.66		0.483

3. 実験結果と考察

凍結融解試験における膨張収縮挙動をひずみゲージを用いて調べることができるかどうかを検討するため、供試体中心部にひずみゲージとひずみ計を埋設して試験を行った。その膨張収縮挙動を図-1 に示す。膨張収縮ひずみは測定したひずみよりコンクリートの温度によるひずみを補正したものとした。この温度によるひずみは、表面と中心の温度差による内部拘束温度ひずみが起らないように温度を $+5^\circ\text{C} \sim -18^\circ\text{C} \sim +5^\circ\text{C}$ 、1 工程を 24 時間として、 $+5^\circ\text{C}$ を基準にひずみと温度の関係より求めた。ひずみゲージとひずみ計はほぼ同じ値を示したが、ひずみ計の方が変化量は若干小さかった。これは、ひずみ計の構造上と供試体断面に占めるひずみ計の断面が大きいことにより急激な変化に追従しにくくなったためであると思われる。図-2 は凍結融解のサイクル数と残留ひずみの関係を示す。この図が示すように、ひずみゲージ、ひずみ計とも同様に増加したが、ダイヤルゲージで測定したものよりも若干小さかった。これらのことから、ひずみゲージを用いて凍結融解試験時の膨張収縮挙動を測定することは問題がないと考えられる。

図-3 に中心と側面から 15mm のところにひずみゲージを埋設したコンクリートの膨張収縮挙動を示す。初期サイクルでは凍結融解試

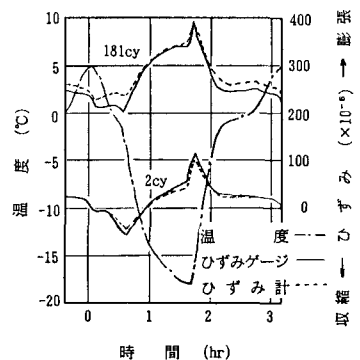


図-1 膨張収縮挙動

験の工程が融解から凍結になると中心が収縮し側面から15mmの所（以下、側面15mmと略称）のひずみより小さくなったが、これは、凍結用冷媒により供試体表面の温度が低下したが、中心の温度がもとのままなので両者間の温度差が大きくなり、この温度差による内部拘束温度ひずみが収縮ひずみとして生じたためである。その後、中心、側面15mmのひずみ供増加しその差が小さくなったが、ひずみが増加したのは凍結水による膨張であり、両者のひずみが小さくなったのは中心と表面の温度差が小さくなり内部拘束温度ひずみが減少したためであると考えられる。凍結融解試験の工程が凍結から融解になると中心のひずみが側面15mmのひずみより急激に増加したが、これは、前に述べた融解から凍結になった時の現象と逆のことが生じ、中心では温度差による内部拘束温度ひずみが膨張ひずみとして現われ、さらに、凍結水による膨張が加わり大きな膨張になったものと考えられる。融解が進むと中心と側面15mmのひずみは小さくなり、両者の差も小さくなった。このように、水の凍結融解と内部拘束によって膨張収縮挙動が生じる。さらに、凍結融解のサイクルが進行するとコンクリートの劣化が進みこれによるひずみが増加し、残留ひずみが増大した。また、凍結時の膨張ひずみも大きくなった。図-4 は、凍結融解のサイクル数と残留ひずみの関係を示す。101cyにおいて側面15mmの方が中心より残留ひずみが大きいのは、表面から劣化しているためであると考えられる。しかし、200cy で中心より側面15mmの方が小さくなっているが、この時点でコンクリート表面にひびわれが発生しゆるみを生じており、このため、ひずみゲージとコンクリートの付着が十分でなくなったことによるものであると考えられる。

図-5 は、棒型振動機と突き棒で締め固めた供試体における凍結融解のサイクル数と残留ひずみの関係を示す。棒型振動機で締め固めた供試体では、下側から15mmの所の残留ひずみが凍結融解のサイクル数の進行とともに増大した。突き棒で締め固めた供試体の残留ひずみ量と比較すると、134cy で 9.6倍であった。これは、棒型振動機による空気量の減少により凍結融解に対する抵抗性が低下し、残留ひずみが大きくなったものと考えられる。これに対し、上側から15mmの所の残留ひずみは小さかった。

4. あとがき

急速凍結融解試験における膨張収縮挙動をひずみゲージを用いて求めたが、凍結水による膨張と内部拘束による温度ひずみからなる複雑な挙動であることが分かった。また、凍結工程から融解工程に変わった後、中心で凍結水による膨張と内部拘束による温度ひずみが加わった大きなひずみが生じ、このことが、劣化を進行させるものであると考えられる。今後、自然環境下で凍結融解作用を受けているコンクリートの膨張収縮挙動について解明していく考えである。

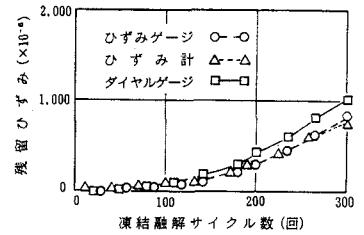


図-2 凍結融解サイクル数と残留ひずみの関係

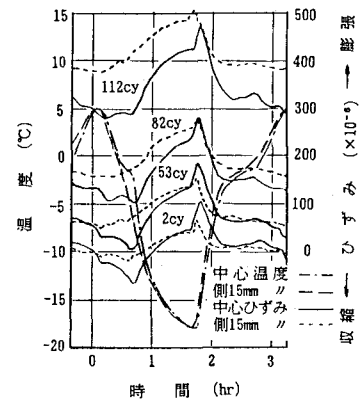


図-3 膨張収縮挙動

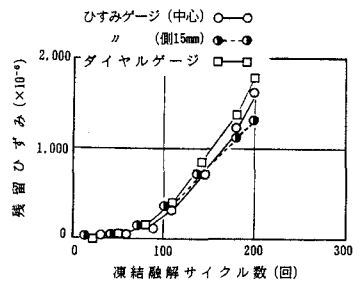


図-4 凍結融解サイクル数と残留ひずみの関係

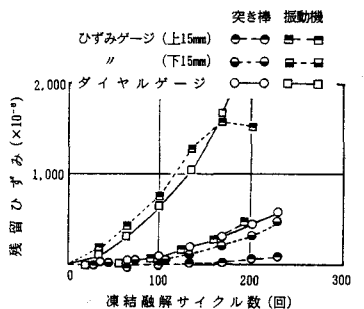


図-5 凍結融解サイクル数と残留ひずみの関係