

福岡大学工学部 正員 大和竹史
" 山下一支
" 学生員。下田 努

1. まえがき. コンクリートの凍害機構理論はいまだに, 完成されていない。凍害機構理論の基礎はT.C.Powersの論文にあるが, Warrisが空気泡の部分的飽水の影響を, Helmuthが膨張挙動の測定と不安定冷却を, 更にDolchが連続的なポアサイズ分布の存在について指摘し, Powersモデルの修正の必要性を述べている。コンクリート中の凍結可能水量の測定に, Vuorinenは熱量計を用い, Gadyは示差熱分析を行っており, 凍害機構を解明するにはコンクリート組織の微細構造や凍結可能水量を測定し, 凍結融解時の膨張量を正確に測定する事が必要である。微細構造の測定には水銀圧入法, BET吸着法, 及び電子顕微鏡観察等があり, 凍結可能水量の測定は熱量計や示差熱分析が考えられる。本報告は試作の凍結膨張量測定装置, 示差熱測定装置を用い, 普通, 及び軽量コンクリートの凍結融解時の長さ変化と示差熱を同時測定し, 凍害機構解明の基礎資料とするものである。

2. 試験方法. 使用したセメントは普通ポルトランドセメント(三菱製, 比重3.17)で, 細骨材として川砂(比重2.53, F.M.2.72), 粗骨材として角閃石(比重2.97, 吸水率0.67%), 人工軽量骨材(比重1.52, 1日吸水率20.79%)を使用した。コンクリートの配合は表-1に示す。練りまぜは機械練りとし, コンクリート供試体は $\phi 7.5\text{cm} \times 15\text{cm}$ の円柱で, 水中養生(温度 20°C)とし, 試験材令は1日, 3日, 7日と28日の4通りとした。所定材令の供試体(2個)の表面水をふきとり, 図-1の枠にセットし図-2に示したように測定装置を接続し, 供試体中心温度を 19°C から -19°C まで一定の冷却速度 5% で下げ, -19°C に1時間保った後, 加熱速度 5% で 19°C まで融解した。この1サイクルにおいて, 供試体の長さ変化と示差熱を測定した。供試体の長さ変化は差動変圧器が線膨張係数の特に小さいインバールによって支持されているため, XYレコーダー(2ペン)に出た値を現段階では直接使用した。ひずみ-温度曲線ではコンクリートの線膨張係数は 19°C から 0°C までの冷却過程のデータより計算し, 凍結融解作用における変化として図-3に示す凍結膨張量すなわち最終デレーション(D_f)と残留ひずみ(ΔV)の二者を定義した。この二者には正負の符号を与え, 膨張方向を正とする。角閃石を用いて練りまぜた表-1に示すコンクリートを 5mm ふるいでウェットスクリーニングして, 通過したモルタルにより示差熱分析におけるダミー供試体($\phi 7.5\text{cm} \times 15\text{cm}$)を作製した。使用時の材令は28日以上経過したものである。コンクリート供試体及びダミー供試体の中心部には温度と示差熱測定用の熱電対(CAあるいはCC)を埋設した。示差熱分析では予備実験にて低水セメント比のAEモルタルであれ

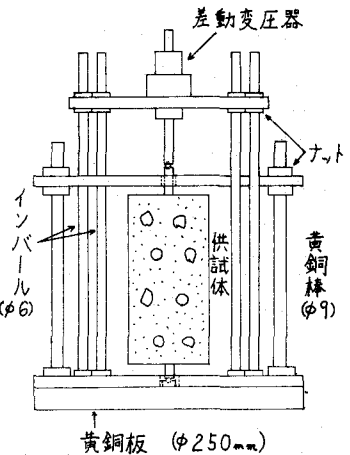


図-1 凍結膨張測定用枠

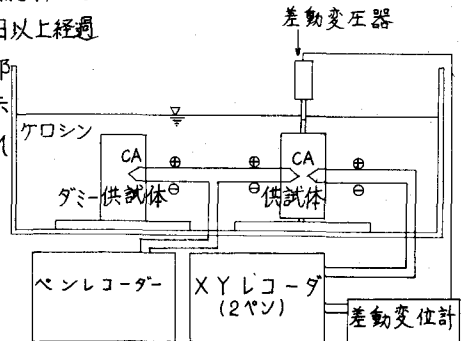


図-2 測定装置接続図

表-1 コンクリート配合表

粗骨材の種類	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランアの範囲 (mm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材の含水率 (%)	単位量						
						水	セメント	粗骨材	粗骨材	混和剤	ホウ素	重曹
						W (kg)	C (kg)	S (kg)	15mm (kg)	10mm (kg)	5mm (kg)	No.5 (kg)
角閃	15	8	6	55	38	180	327.3	631.1	602.3	602.3	3.273	1.307
人工軽量	15	—	—	55	38	180	327.3	631.1	1086.6	3.273	1.039	—

ば材令が28日以上経過すると、凍結可能水量が非常に少量となり、ダミー供試体として適することを確認した。ペンレコーダーに記録した示差熱曲線を硫酸紙にトレースして、示差熱部分を0.05mgまで計量し、これを凍結可能水量($\mu\text{T} \cdot \text{min}$)に換算した。

3. 実験結果及び考察。凍結融解に伴うコンクリート供試体のひずみ-温度関係図を図-4に示す。材令7日の冷却過程における線膨張係数は、角閃石コンクリート(Kと称す)で $9.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、人工軽骨コンクリート(Nと称す)で $9.4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり妥当な値と考えられる。凍結膨張が生じたのはKの材令1日、Nの材令1,3及び7日で、全体的傾向として若材令では凍結膨張量及び残留ひずみが大きく、材令28日ではこれらの量が小さいか負となっている。この傾向は図-5.6に示す。材令7日では凸部が生じているが、両端にインバール棒を埋設する器具を付属した型枠を使用したため、その数に制限があり、試験材令別にバッチが異なるのでこの凸部はバッチ間の変動のためとみられる。材令を考慮に入れずに、最終デレションと残留ひずみの関係(図-7)を示すとほぼ直線関係にあり、融解過程の供試体の長さ変化も正確に測定しているものと考えられる。初期材令では、配合水のうち水相に使用される水量がまだ少量で凍結可能水が

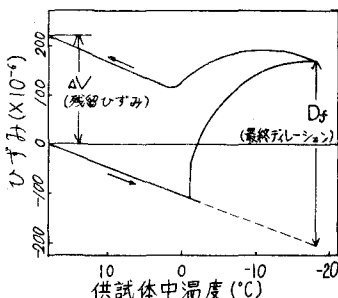


図-3 ひずみ温度関係図

多いために、凍結膨張が生じる傾向を有するものと考えられる。次に、KとNの相違について考察すると、KとNの粗骨材容積は同じであり、モルタル部分はAEモルタルであるので、測定した凍結融解に伴う挙動の差は粗骨材の差による影響が大きいと考えられる。KとNの大きな差はその細部構造で、Kは緻密な組織であるがNは多孔性である。従って、1日吸水率がKでは0.67%と少なくNでは20.79%と多い。図-8に示した凍結可能水量は、凍結過程と融解過程ではばらつきはあるが、Nの方がKよりかなり多い。これより、前記の人工軽骨の吸収した水分がかなり凍結していると考えられる。測定装置の作製に当り、本学コンクリート実験室、井上憲弘氏、実験遂行に当り、本学学生、今井一郎、牛崎孝、大嶋新吉の三君に多大の労をおかけした。ここに謝意を表します。

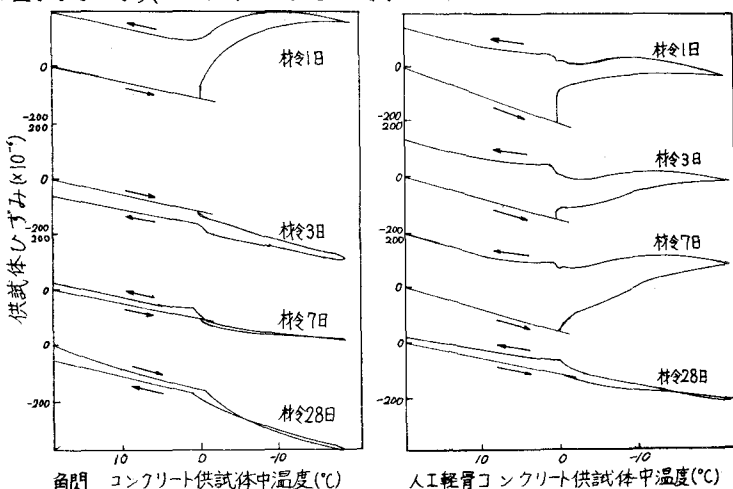


図-4 各材令におけるひずみ-温度関係図

多いために、凍結膨張が生じる傾向を有するものと考えられる。次に、KとNの相違について考察すると、KとNの粗骨材容積は同じであり、モルタル部分はAEモルタルであるので、測定した凍結融解に伴う挙動の差は粗骨材の差による影響が大きいと考えられる。KとNの大きな差はその細部構造で、Kは緻密な組織であるがNは多孔性である。従って、1日吸水率がKでは0.67%と少なくNでは20.79%と多い。図-8に示した凍結可能水量は、凍結過程と融解過程ではばらつきはあるが、Nの方がKよりかなり多い。これより、前記の人工軽骨の吸収した水分がかなり凍結していると考えられる。測定装置の作製に当り、本学コンクリート実験室、井上憲弘氏、実験遂行に当り、本学学生、今井一郎、牛崎孝、大嶋新吉の三君に多大の労をおかけした。ここに謝意を表します。

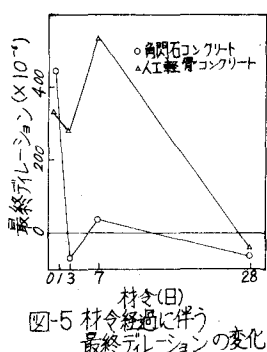


図-5 材令経過に伴う最終デレションの変化

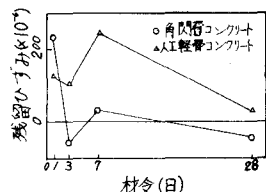


図-6 材令経過に伴う残留ひずみの変化

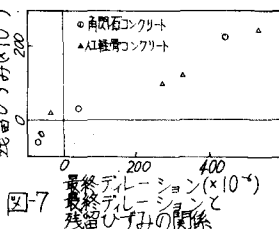


図-7 最終デレションと残留ひずみの関係

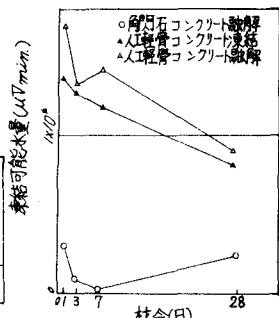


図-8 材令経過に伴う凍結可能水量の変化