

V-37 繰り返し冷却されたコンクリートの歪と劣化に関する研究

東北大学 学生員 ○ 李 道憲
東北大学 正会員 三浦 尚
東北大学 学生員 児玉 浩一

1. まえがき

コンクリートが低温で使われる場合としては寒冷地での構造物や液化天然ガス（LNG）貯蔵タンクのコンクリート壁等が挙げられる。近年、公害や原子力発電の問題が深刻になり、それに伴ってLNGを利用した冷熱発電が増える等、極低温下でのコンクリートの使用はより多くなると考えられる。コンクリートが一般の耐凍害性試験の最低温度である -20°C よりもかなり低い温度まで繰り返し冷却されると大きく劣化する場合があるが、それについてはあまり研究されていない。このようなコンクリートの劣化は凍結時のコンクリート組織の膨張に起因するが、繰り返し温度範囲によってコンクリートの劣化は大きく違ってくる。本研究では常温から -70°C の間でコンクリートが受ける繰り返し温度範囲を変え、コンクリートの歪と動弾性係数を測定し、コンクリートの劣化を歪の挙動に関連づけて調べた。

2. 実験材料及び実験方法

本実験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。セメントは市販の早強ポルトランドセメントを使用し、細骨材は宮城県白石川産川砂、粗骨材は宮城県丸森産碎石を使用した。コンクリートの供試体としては $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱供試体を使用した。供試体は28日間水中養生を行い、その後動弾性係数測定用供試体はそのまま、また歪測定用供試体の表面には歪ゲージと熱電対を貼付けて、全ての供試体の表面に含水量の変化を防止するためにコーティングを施した。その後図-1のような所定温度範囲（即ち、最高温度から最低温度まで）の繰り返しを与え、連続的に歪を測定すると同時に動弾性係数測定を行った。動弾性係数の測定は30サイクルまで行うが、相対動弾性係数が60%を割る場合、そこで実験を終了した。

表-1 コンクリートの配合表

G _{max} (mm)	W/C (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
			W	C	S	G
25	56	46	194	346	725	1125

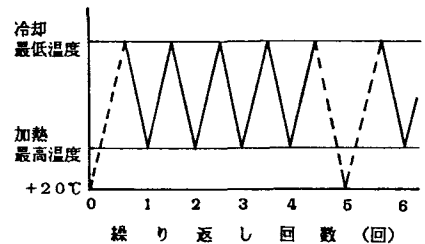


図-1 繰り返し温度サイクル

3. 実験結果及び考察

コンクリートを繰り返し冷却すると、コンクリートはサイクル数が増えるに従っていろいろな形で劣化していく。また、コンクリートの歪の挙動と劣化とは強い相関があり、コンクリートの劣化のメカニズムを把握するのに歪の挙動は重要なパラメーターになりうる。NON-AE 湿潤コンクリートは冷却すると収縮するが、 -20°C 付近から -60°C までは大きく膨張し、 -60°C 以降は再び収縮する。また、常温から -70°C の間で最低温度を変えて繰り返し冷却した時の歪の挙動は、繰り返し温度範囲が $+4^{\circ}\text{C}\sim -70^{\circ}\text{C}$ の物に比べて、 -50°C までの物は殆ど同じ挙動を示すが、 -30°C までの物では冷却時の膨張や残留歪はかなり小さく、 -20°C までの物では冷却時の膨張や残留歪は殆どない。それに伴ってコンクリートの劣化は繰り返し温度範囲の最低温度が低いほど大きく、 -60°C 以下の温度は劣化にあまり影響しない。¹⁾

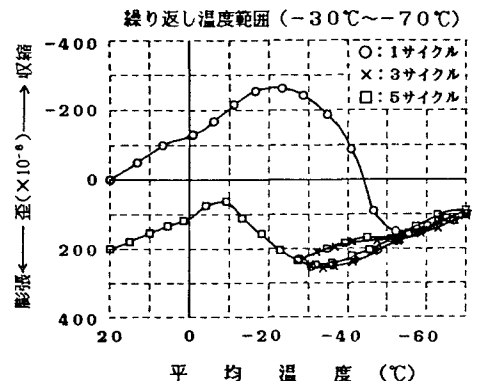


図-2 コンクリートの歪と温度との関係

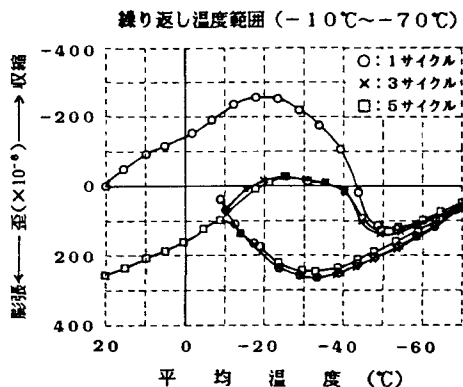


図-3 コンクリートの歪と温度との関係

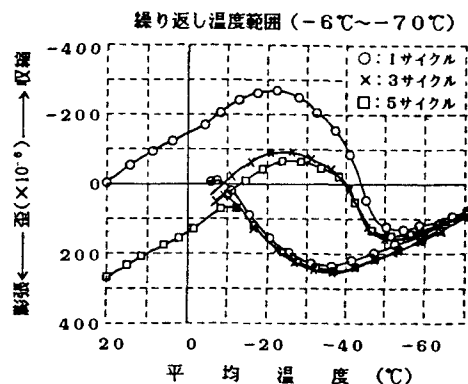


図-4 コンクリートの歪と温度との関係

3-1 歪測定試験

図-2から図-5までは、繰り返し温度範囲の最高温度を変えた時の、1サイクルから5サイクルまでの歪の挙動を示す。最高温度が -30°C と -10°C の物では繰り返し回数が増えても歪の変化はあまり認められなく、最高温度を -6°C までにした物でもあまり変化はなかったが、 -3°C までにすると繰り返し回数が増えるにつれて歪の挙動が変化し、残留歪も増えていく。この結果より、最高温度を -3°C から -6°C の間まで上げると歪の挙動は繰り返し回数が増えるに従って変化し、残留歪も増えて行く。また、このことは劣化に影響するものと考えられる。

3-2 動弾性係数測定試験

図-6は繰り返し温度範囲を $-30^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ 、 $-10^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ 、 $-6^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ 、 $-3^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ に変えてコンクリートの劣化を調べたものである。これらの値は図-1のようなサイクルをかけたため、氷点下だけでの影響を調べるためには、図-1の点線の部分の影響を除かなければならない。そのために $+20^{\circ}\text{C}$ から -70°C まで繰り返した時の値のサイクル数を5倍に引き延ばして点線で表し、基準線とした。つまり、基準線より下の方にあることは、氷点下のある温度範囲だけの繰り返しが劣化に影響していることである。この基準を用いると、繰り返し温度範囲が $-30^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ 、 $-10^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ 、 $-6^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ の物は基準線と比べてほぼ同じであるが、 $-3^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ の物は基準線よりかなり低く、著しく劣化していることがわかる。この結果より、最高温度が -6°C 以上に上らなければ最低温度が何度であってもコンクリートの劣化に大きい影響はないようである。

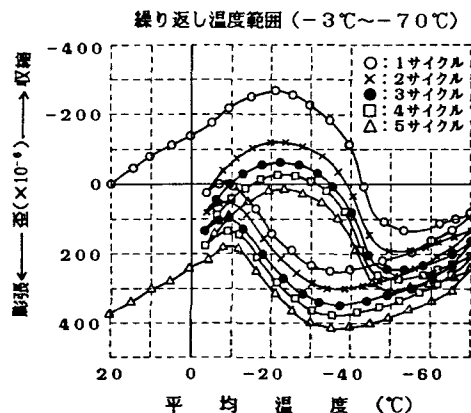


図-5 コンクリートの歪と温度との関係

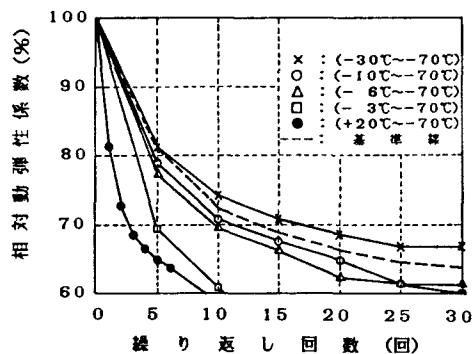


図-6 繰り返し冷却による劣化の状況

4. 結論

以上の結果、温度変化の下限値が劣化に影響する範囲は約 $-20^{\circ}\text{C} \sim -60^{\circ}\text{C}$ 、また温度変化の上限値が劣化に影響する範囲は約 $-3^{\circ}\text{C} \sim -6^{\circ}\text{C}$ のようである。

参考文献 1) 三浦, 李: -70°C まで繰り返し冷却されたコンクリートの劣化に関する研究, セメント技術年報, 昭和63年