

V-18 繰り返し冷却されたコンクリートの劣化に及ぼす冷却速度の影響

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

コンクリート構造物が繰り返し冷却されることによって劣化することがある。この例として、寒冷地におけるコンクリート構造物は気象作用によって劣化することがあるが、それより低い温度にさらされる LNG タンクなどの低温構造物では通常の凍害とは異なる劣化が起こる。このような低温構造物は公害問題や超伝導に関する研究の進歩により、ますます増加する見込みである。コンクリートはいろいろな条件によって劣化することがあるが、その内、凍結速度はコンクリートの劣化に関して重要な因子であると考えられる。本研究では、外部から水分が供給されないコンクリートが -196°C まで冷却された場合を対象としており、その中でも、主としてコンクリートの劣化に重要であると思われる常温から -70°C の間でコンクリートの歪挙動や動弾性係数を測定し、冷却速度がコンクリートの劣化に及ぼす影響を調べた。

2. 実験材料および実験方法

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、細骨材は宮城県白石川産川砂、粗骨材は宮城県丸森産砕石を使用した。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日間水中養生を行った後、歪測定用供試体の表面には歪ゲージと熱電対を貼付け、全ての供試体の表面には含水量が変化しないようにコーティングを施した。図-1に示すように、本研究で用いた最大冷却速度は $0.35, 0.18, 0.09^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、

表-1 コンクリートの配合表

G _{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	Unit Content (kg/m ³)			
					W	C	S	G
25	11±1	2±0.5	56	42	194	346	725	1125

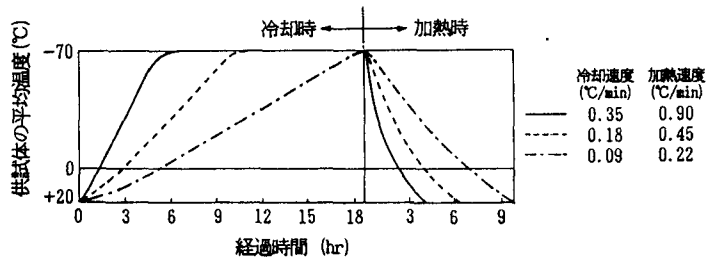


図-1 コンクリートの平均温度と経過時間との関係

最大加熱速度は $0.90, 0.45, 0.22^{\circ}\text{C}/\text{min}$ の3種類であった。また、コンクリートの劣化を調べるための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。

3. 実験結果及び考察

コンクリート中の細孔水は必ずしも 0°C で凍るのではなく、細孔径が小さいほど低い温度で凍る。したがって、通常の凍害の温度範囲では凍らない細孔水もそれより温度が低くなると凍ることになり、その場合のコンクリート劣化は大変大きくなるものと考えられる。冷却速度の影響については、冷却速度が速いほど氷の形成に伴う水分の流出速度が速くなり、それによって水圧が高くなるので、コンクリートは劣化しやすくなると言われているにもかかわらず、冷却速度の違いによるコンクリートの劣化の差があまりないという報告はしばしばみられる。コンクリートが劣化する場合、体積変化を伴うことがあるが、温度変化によるコンクリートの歪挙動はコンクリートの劣化を調べるのに大変重要である。

図-2は常温から -70°C まで繰り返し冷却されたときのコンクリートの歪挙動を示すが、この図より、コンクリートは -20°C まではほぼ線形的に収縮する。約 $-20^{\circ}\text{C} \sim -50^{\circ}\text{C}$ までは急激に膨張するが、コンクリートの劣化は主にこのときの膨張によると考えられている。したがって、この温度まで冷却されるとコンクリ

ート中のかなり小さい細孔水まで凍り、普通の凍害とは違う劣化が起こる。それ以下の温度範囲では再び収縮が起こり、コンクリートの劣化には事実上影響を及ぼさない範囲である。このように一度冷却した後、常温に戻ったときにはコンクリートの劣化とよい相関がある

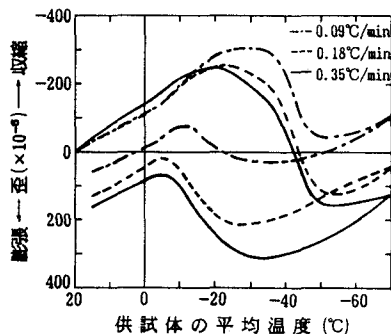


図-2 冷却速度の違いによるコンクリートの歪挙動

残留膨張歪が生じる。ここで、冷却速度が違ってもコンクリートの歪挙動の傾向は同様であるが、冷却時の膨張量や常温に戻ったときの残留歪は冷却速度が速いほど大きくなる傾向にある。

図-3は上述した3種類の冷却速度を変えて、それぞれ+4℃から-70℃までの繰り返しを与えたときのコンクリートの劣化を調べたものであり、相対動弾性係数とサイクル数との関係を示す。また、図-4は冷却速度と相対動弾性係数との関係を示す。これらの図-3、4より、冷却速度が速いほどコンクリートの劣化は激しくなり、その傾向はサイクル数が大きいほど明らかである。したがって、冷却速度はコンクリートの劣化に大きく影響していることがわかり、実際の構造物において、急激な凍結が起こらないように注意する必要があると考えられる。

図-5はコンクリートの残留膨張歪とサイクル数との関係を示し、サイクル数が増えるにつれて残留歪が大きくなり、その増分は小さくなる傾向にある。この傾向は他の実験結果¹⁾と同様であり、冷却速度の違いによっても同じ傾向であると思われる。しかし、冷却速度が0.35℃/minであるものにおいて、サイクル数の増加と共に残留歪が直線的に延びていくことは、本実験がかなり誤差の生じやすいものであるため、おそらく実験上のばらつきではないかと考えられる。

4. 結論

本研究では、繰り返し冷却されたコンクリートの劣化に及ぼす冷却速度の影響を相対動弾性係数と残留歪を用いて検討することができた。その結果、冷却速度はコンクリートの劣化に影響を及ぼす重要な因子であることがわかった。したがって、実際のコンクリート構造物において、冷却速度が速くならないように注意しなければならないことである。

尚、本研究に当たり終始協力して頂いた東北大学土木工学科4年伊藤寿章君に心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 李 道憲・三浦 尚・児玉浩一：繰り返し冷却されたコンクリートの劣化に及ぼす温度範囲の影響，土木学会第44回年次学術講演会講演概要集，第5部，pp.368-369，1989

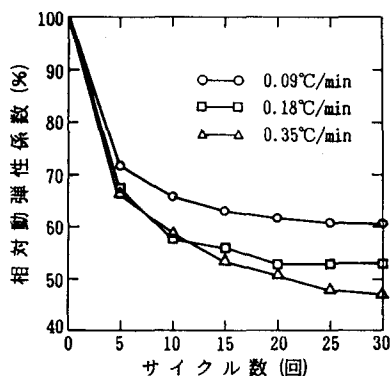


図-3 冷却速度の違いによる劣化の差

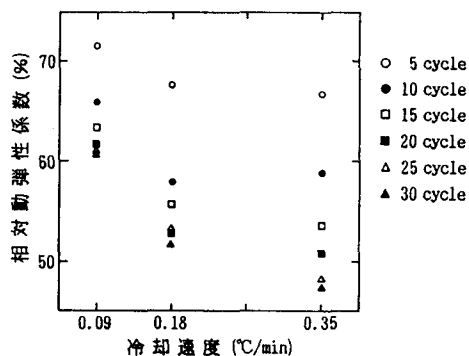


図-4 相対動弾性係数と冷却速度との関係

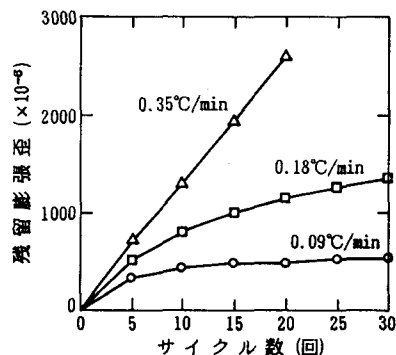


図-5 冷却速度の違いによる残留歪の差