

V-225

繰り返し冷却されたコンクリートの劣化に及ぼす外部要因の影響

東北大学 学生員 ○ 児玉 浩一

東北大学 正会員 三浦 尚

東北大学 学生員 李 道憲

1. まえがき

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一般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。コンクリートは内部および外部の様々な要因によって劣化する。本研究では、コンクリートが -196°C まで冷却された場合を対象とし、主としてコンクリートの劣化に重要であると思われる¹⁾ 常温から -70°C までの繰り返しを与え、コンクリートの劣化に及ぼす外部要因（繰り返し温度範囲、荷重、冷却速度、一定温度に保持）の影響について検討した。

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は、 $W/C=56\%$ 、 $W=194\text{kg}/\text{m}^3$ 、空気量 2% 、スランプ 11cm であり、セメントは市販の早強ポルトランドセメントを使用した。荷重の影響を調べるために $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を使用し、その他は $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ の角柱供試体を使用した。供試体は全て28日間水中養生を行った。また、全ての供試体の表面に含水量が変化しないようにコーティングを施した。本実験で用いた最大冷却速度は $0.35^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、最大加熱速度は $0.90^{\circ}\text{C}/\text{min}$ である。但し、冷却速度の影響を調べるのに用いた供試体においては最大冷却速度を $0.35, 0.18, 0.09^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、最大加熱速度を $0.90, 0.45, 0.22^{\circ}\text{C}/\text{min}$ とした。一方、コンクリート劣化の一指標である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

1) 繰り返し冷却温度範囲の影響

コンクリート構造物は様々な温度範囲の繰り返しを受けることがあり、特に、冷却時の -20°C から -50°C までで起こりうる体積膨張は劣化に大きく関係している²⁾。本研究において繰り返し温度範囲の最低温度と最高温度を変えてコンクリートの劣化を調べ、コンクリートの劣化に及ぼす繰り返し温度範囲の影響を模式化し、それを図-1に示した。この図より、ケース1の場合には最高温度に関係せず、またケース2の場合には最低温度に関係せず大きな劣化は起こらない。しかし、ケース3の場合には最低温度が低いほど、またケース4の場合には最高温度が高いほど劣化は激しくなり、ケース5の場合には最低温度及び最高温度によって劣化が異なってくる。また、ケース6の場合には最も劣化することになるがこれらの範囲での温度の違いによって劣化が激しくなることはない。

2) 荷重の影響

最近のLNGタンク構造物はPCで造られるようになっている。このような構造物は常に荷重を受けることになり、そのときの荷重の大きさによってコンクリートの劣化は異なってくると予想される。従って、図-2のような載荷装置を用いて、供試体にコンクリート圧縮強度の $10, 20, 30, 40\%$ の一軸圧縮荷重をかけ、繰り返し冷却に

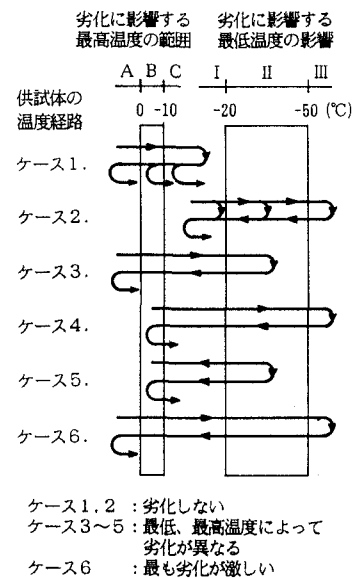


図-1 コンクリートの劣化に及ぼす繰り返し温度範囲の影響

よるコンクリートの劣化を調べた。この一軸圧縮荷重は荷重軸と垂直な方向のひび割れの発生を抑える働きがあるが、同時に荷重軸と平行なひび割れの進展を助長する。これら両方のひび割れの進展はコンクリートの劣化として現れるが、図-3より、ある程度の荷重はコンクリートの劣化を抑える働きをし、そのピークは載荷荷重の約20%であることがわかる。

3) 冷却速度の影響

一般の凍害試験において、冷却速度が速いほど氷の形成に伴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はあまりないという報告もしばしばみられる。図-4は上述した3種類に冷却速度を変えて、それぞれ常温から -70°C までの繰り返しを与えた時のコンクリートの劣化を調べ、冷却速度

と相対動弾性係数との関係を示す。この図-4より、極低温まで冷却される場合においても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。

4) 一定温度に保持したことの影響

コンクリートの温度を氷点下で一定に維持した場合、コンクリートは体積変化をすることがある。ここでは常温から -70°C まで冷却する際に -30°C で24時間維持した時のコンクリートの歪挙動を測定し（図-5）、一定温度が劣化に及ぼす影響を推定した。この図の実線は実際の測定値であり、点線は -30°C で一定にせず続けて冷却して測定した他の供試体からの予測値である。この図より、実線の場合には点線の場合と比べて -30°C ～ -35°C の間で冷却速度が遅くなった影響も含まれているが、 -30°C で一定にすることによってコンクリートの劣化に強い相関がある冷却時の膨張量がかなり小さくなっている。従って、この結果によると、氷点下で温度を一定にすることはコンクリートの劣化を幾分妨げるようであり、今後、動弾性係数測定試験を行うことによって確かめる必要があると思われる。

参考文献 1) 三浦 尚：極低温下のコンクリートの物性，コンクリート工学，Vol.22，No.3，pp.21-28，1984. 2) 三浦 尚・李 道憲： -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 42，pp.243-246，1988.

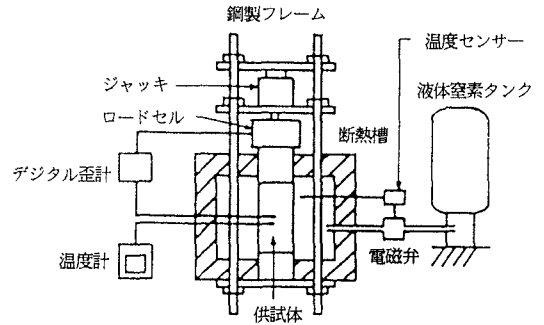


図-2 実験装置の概略図

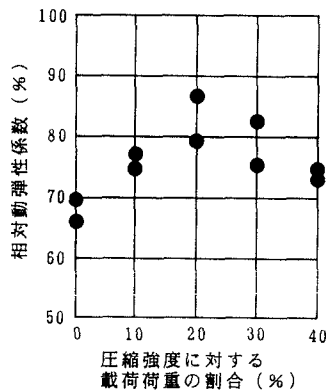


図-3 相対動弾性係数と載荷荷重との関係

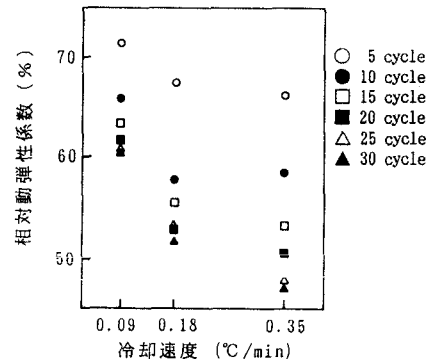


図-4 相対動弾性係数と冷却速度との関係

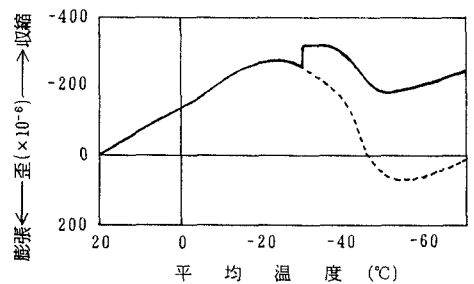


図-5 温度変化によるコンクリートの歪挙動