

# 冷熱衝撃を受けたコンクリートの劣化について

東北大学 学生員 ○ 長谷川明巧  
東北大学 正員 三浦 尚  
東北大学 学生員 藤原 正雄

## 1. まえがき

LNガスは、硫黄を含まないクリーン・エネルギー源であり、1973年の石油危機によって石油代替エネルギーとしての価値を高め、その輸入量は年々増加している。これに伴い、LNガスタンクの一つとしてコンクリート製タンクが各地で建設あるいは計画されている。特に、タンクの壁体では、LNガスの約-162℃の極低温にさらされ、内外温度差による温度応力、LNガスの出入に伴う冷熱衝撃とその繰返しを受ける。本研究は、液体窒素(希薄-196℃)を用いて、コンクリートの配合、含水量、冷却速度及び一定温度範囲内の繰返し、冷熱衝撃を受けたコンクリートの劣化に与える影響を調べたものである。

## 2. 実験材料及びコンクリートの配合

実験に用いたセメントは、住友セメント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、宮城県丸森産砕石である。

コンクリートの配合を表-1に示す。

## 3. 実験方法

10×10×40cm角圧伏試体を用い、28日間養生後試験を開始した。伏試体は断熱材を巻いたもの(上からアルミ箔厚さ0.04mmで巻く)とそうでないものの二種とし、これを液体窒素中に浸漬冷却させて伏試体中心温度が-196℃一帯になった後、これを温床線にめぐらした箱に入れて温めた。前者を冷却過程、後者を温度回復過程とし、両過程で冷熱衝撃一回とする。また、温度回復過程の最終温度を回復温度とする。以上の方法で、次の三つの試験を行った。

(1) 歪測定試験 : 伏試体側面に低温用歪ゲージを貼付し、冷熱衝撃一回を与え、この過程に伴う歪変化を連続的に測定し、同時に伏試体表面と中心の温度も測定した。回復温度は20℃とした。

(2) 繰返し冷熱衝撃試験(その1) : 冷熱衝撃過程の回復温度を0℃以下にセット(-100℃、-50℃及び-30℃)し、-196℃との間で所定の回数繰返した後、常温にもどして動弾性係数を測定した。

(3) 繰返し冷熱衝撃試験(その2) : 20℃~-196℃間の繰返し冷熱衝撃試験を行い、一回毎に動弾性係数を測定するとともに、歪ゲージを用いて連続的に歪変化を測定した。

表-1 コンクリートの配合

| 配合<br>記号 | 粗骨材<br>最大粒径<br>mm | スラグ<br>の範囲<br>cm | 生灰量<br>の範囲<br>% | 水セメント比<br>%<br>w/c | 細骨材<br>率<br>% | 単位量 (kg/m³) | 水<br>w | セメント<br>c | スラグ<br>s | 粗骨材<br>g | 水和剤<br>AE剤 |
|----------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------|--------|-----------|----------|----------|------------|
| P56      | 25                | 11±1             | 21±5            | 56                 | 42            | 194         | 346    | 714       | 1125     | —        | —          |
| P56AE    | 25                | 11±1             | 61±5            | 56                 | 40            | 172         | 307    | 675       | 1155     | —        | 0.152      |
| P46      | 25                | 11±1             | 21±5            | 46                 | 39            | 165         | 359    | 688       | 1200     | 2.15     | —          |
| P36      | 25                | 11±1             | 21±5            | 36                 | 37            | 155         | 431    | 640       | 1237     | 3.45     | —          |

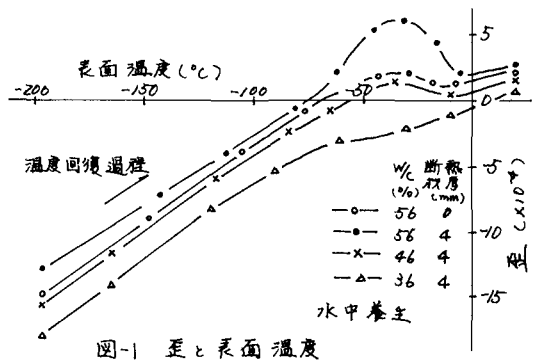


図-1 歪と表面温度

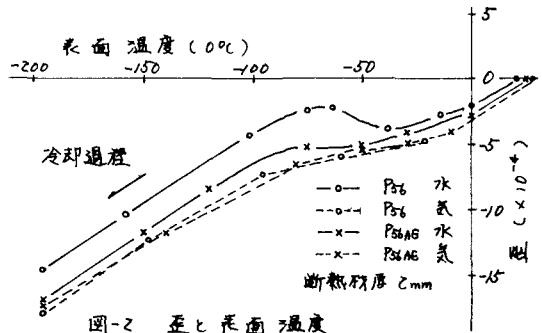


図-2 歪と表面温度

#### 4. 実験結果及び考察

(1) 歪測定試験：この結果を図1～3に示す。図-1は温度回復過程のもので膨張現象を示しているが、 $-30^{\circ}\text{C}$ 付近で収縮に転ずる傾向がある。断熱材を巻くことによって、転ずる温度はかわらないが収縮量は小さくなる。特に、 $\%36$ の場合には、他 $\%$ とみられるこの収縮現象がみられない。これは強度が増したことによると思われ、 $\%46\sim 36\%$ の間にこの現象のあらわれぬ $\%$ があると思われる。図-2は、エントレインド・エアの影響と養生条件毎に調べたもので、水中養生では $P_{56}$ と $P_{56AE}$ との差がみられるが、気乾養生では両者の差がみられない。これは、エントレインド・エアの効果があっても含水状態が劣化に大きな影響を与えている為と思われる。

(2) 繰返し冷熱衝撃試験(その1)：図-3に結果を示す。この試験では常に $0^{\circ}\text{C}$ 以下にあるコンクリートの劣化状態を調べたものである。気乾及びAE供試体では劣化進行はみとめられない。一方、水中養生供試体の場合、回復温度が $-100^{\circ}\text{C}$ のものはいくつかの劣化進行傾向があるようだが大きなものではない。また、回復温度を $-50^{\circ}\text{C}$ あるいは $-30^{\circ}\text{C}$ に設定したもののいずれの劣化進行傾向がみられるが、これも大きなものではない。これと歪測定試験により、温度回復過程の $30^{\circ}\text{C}$ 付近の収縮現象が劣化に大きく関係していると思われる。

(3) 繰返し冷熱衝撃試験(その2)：歪測定試験の $-196^{\circ}\text{C}$ と $20^{\circ}\text{C}$ の歪(基準状態)に注目して、これらの値と劣化状態の関係を調べたもので、この結果を図-4に示す。これにより、 $-196^{\circ}\text{C}$ 及び $20^{\circ}\text{C}$ の歪と相対動弾性係数の三者の間には大いに相関がみとめられる。特に、 $20^{\circ}\text{C}$ の歪は、劣化状態予測の一つの指標として、構造物の管理に適用できるものと思われる。

#### 5. あとがき

本研究では、もっぱら歪ゲージを用いて実験を進めてきたが、これを用いた他研究は少ない。今後、よりよい低温歪ゲージの開発と併せて、この方面での研究がなされる。

参考文献：三浦・後藤・小島「極低温の繰返しと受けたコンクリートの劣化に関する研究」コンクリート工学年次講演会 1979

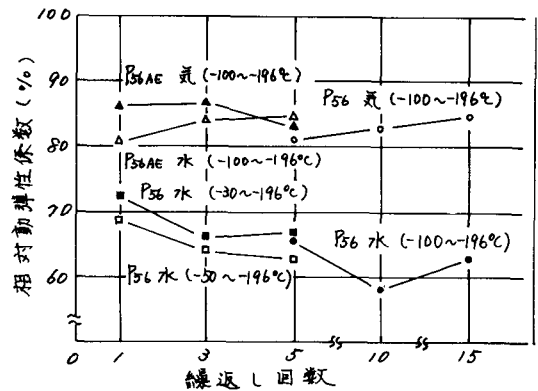


図-3 繰返し冷熱衝撃による劣化

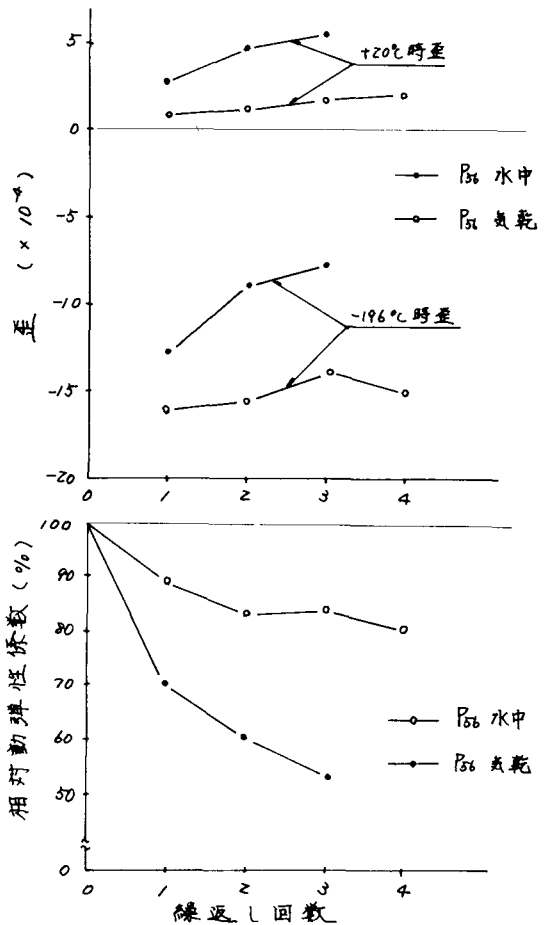


図-4 繰返し冷熱衝撃による劣化