

V-19

極低温におけるコンクリートの基礎的性質

東北大学 学生員 瀨本浩史

東北大学 正会員 三浦 尚

東北大学 学生員 早川博之

1. まえがき

極低温において、コンクリートが構造物として優れた性質を持つことがよく知られている。すでに、液化天然ガス（沸点 -162°C ）等の極低温液体物質の貯蔵用設備にコンクリートは数多く使われている。また、近年、超伝導に関する研究が進み、液体窒素温度（沸点 -196°C ）程度において、安定した超伝導物質が得られる見通しがつきつつあり、超伝導を利用するための容器をコンクリートで作ることも考えられる。しかし、コンクリートは、使用される温度によって異なる性質を示し、特に 0°C 以下においてはコンクリートの細孔中の水が凍り、かなりの変化があると思われる。したがって、液体窒素温度程度において使用される場合、前もってその温度でのコンクリートの性質を詳しく調べる必要がある。しかし、 -160°C 程度までの研究はおこなわれているが、液体窒素温度での研究はあまりおこなわれていない。

そこで、本研究では、極低温におけるコンクリートの基礎的な研究として液体窒素温度での圧縮及び引張強度を測定し、その強度と含水量との関係を考察した。

2. 実験材料

セメントは、市販の早強ポルトランドセメント（比重3.13）、細骨材は、宮城県白石川産川砂（比重2.56）粗骨材は宮城県丸森産砕石（比重2.87）を使用した。また、粗骨材の最大寸法は15mmである。 $W/C=50\%$ 、 $s/a=38\%$ 、 $W=194\text{ kg}$ とし、混和剤としてAE減水剤を使用した。

3. 供試体

実験には低温用供試体として圧縮強度試験には $\phi 5 \times 10\text{ cm}$ 、引張強度試験には $\phi 10 \times 10\text{ cm}$ の供試体を使用した。供試体は $+20^{\circ}\text{C}$ の恒温室内で作成され、圧縮用供試体については水中及び気中養生、引張用供試体については水中養生をおこない、水中養生をおこなう供試体については、材令6日で養生槽から取り出し、水分の蒸発を防ぐため膜養生剤を塗布し、材令7日で試験をおこなった。また、試験後、供試体の含水量を測定するため、供試体を乾燥炉で乾燥させ重量変化を測定した。

4. 実験方法

供試体の冷却及び供試体への载荷を図-1に示す装置でおこなった。供試体を極低温用断熱槽の中に入れ、その中に液体窒素を噴霧した。CC熱電対を供試体の中心と側面に設置した温度用供試体を用い、電磁弁で液体窒素を制御しながら供試体を所定の温度まで毎時 20°C 程度で徐々に冷却した。供試体が所定の温度で安定したのち载荷をおこなった。载荷には、30トンジャッキを使用した。また、荷重の検出にはロードセルを用い、その値をデジタル歪計を用いて読み取った。また、実験後供試体を含水量を測定するために乾燥炉に入れ、重量変化を測定した。

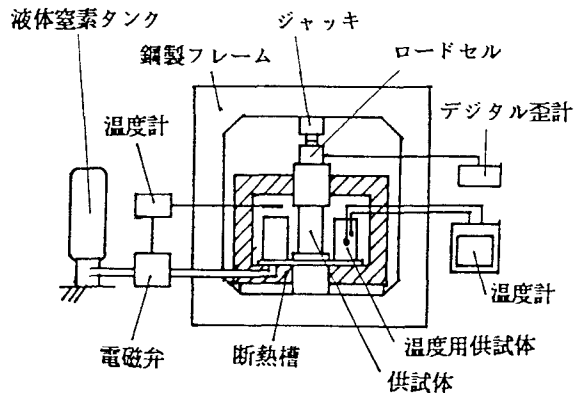


図-1 冷却及び载荷装置

5. 結果

試験温度とコンクリートの圧縮強度及び引張強度の常温強度からの増加量との関係を図-2・図-3にそれぞれ示す。実験結果にかなりのばらつきがあるが、圧縮強度・引張強度とも温度の低下に従って増加し、-120℃付近から一定になる傾向を示している事がわかる。また、含水量が増加すると極低温下での圧縮強度が増加することがわかる。ここに、コンクリートの含水量と圧縮強度の増加量の関係を図-4に示す。この図から、低温でのコンクリート強度は含水量、即ち、コンクリート中の水分と大きな関係があり、コンクリートの含水量が増加すると極低温下でのコンクリート強度が増加することがわかる。つまり、低温下でコンクリート中の水分が凍結し、荷重を受け持つことが可能になったためと思われる。そして、その凍結も-120℃付近でほとんど終了するため、それ以下の温度での強度の増加量はほとんど変わらないと思われる。また、図-5に各温度での圧縮強度と引張強度の関係を示す。この図からも明らかに、圧縮強度がわかれば、引張強度を予想することが可能であると思われる。

以上の結果から、コンクリートの強度は温度の低下に伴ってかなり増加するが、その傾向も-120℃付近で頭打ちとなり、-196℃までは一定となる。この挙動は、コンクリート中の水分の凍結と深く関わっていると思われる。

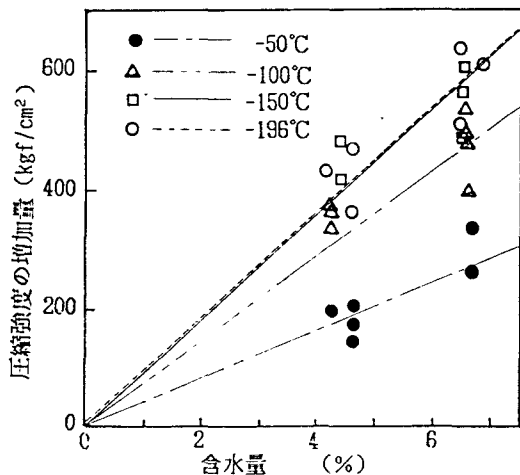


図-4 圧縮強度の増加量と含水量の関係

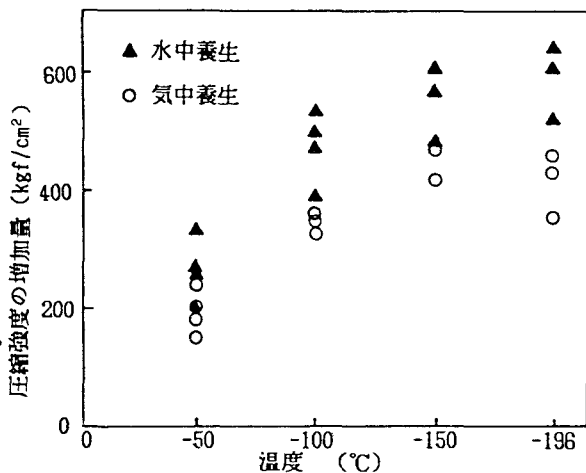


図-2 圧縮強度の増加量と温度の関係

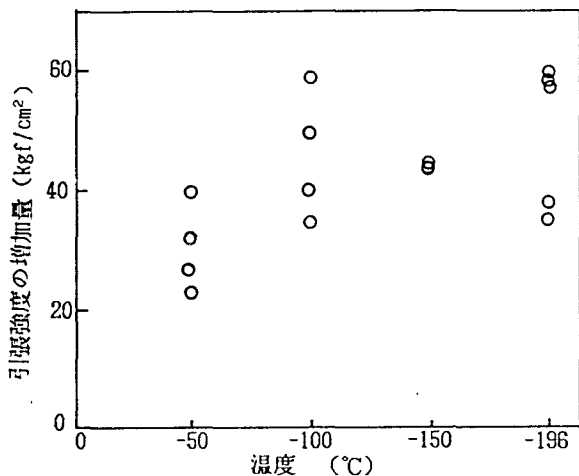


図-3 引張強度の増加量と温度の関係

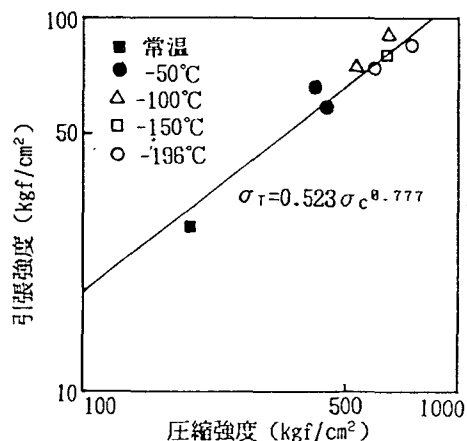


図-5 圧縮強度と引張強度の関係