

(株)熊谷組 正員 秦 昌樹
 “ “ ○ 橋本公作
 “ “ 渡部 聡

1. まえがき

低温下に於けるコンクリート材料の性質については近年多くの研究報告がなされているが熱応力についての研究は比較的少ない。本報告では鉄筋コンクリート、アレストレストコンクリート部材の低温領域に於ける熱応力実験の準備を目的とし、低温下に於けるコンクリートの圧縮強度、割裂引張強度、クリープ、線膨張係数、および鉄筋引張強度試験を行った結果について述べる。さらに、小型の円環体に熱応力を与える実験も行ったので合わせて報告する。

2. 実験材料、および方法

供試体コンクリートの配合を表-1に示す。コンクリート強度試験用の供試体は $\phi 100 \times 200$ の円柱供試体とし、水中養生後材令28日で試験を行った。供試体の温度管理は埋め込まれたCu-Co熱電対により行った。線膨張係数試験では $100 \times 100 \times 400$ の角柱供試体にコンタクトボールを 100mm の間隔で埋め込み、各温度に於ける長さの変化をコンタクトゲージにより測定した。クリープ試験用供試体は $\phi 100 \times 200$ を3段にエポキシ接着剤でつなぎ、乾燥収縮の影響を防ぐため表面をコーティングした。載荷装置は空気圧式で圧力コントローラを備えている。

鉄筋引張試験用供試体は試験機のチャック部分での切断を防ぐため試験片 $\phi 16$ (SD30)の両端に $\phi 19$ を鋼管とエポキシ接着剤にて継ぎ足した。これらの供試体を各試験機に組み込んだ冷却槽にセットし液体窒素を噴霧しファンにて攪拌しながら所定の温度まで徐冷し試験を行った。小型円環供試体は外径 400mm 、内径 260mm 、高さ 100mm で、コンクリートの配合は粗骨材最大寸法 10mm 、細骨材率55%、水セメント比55%、単位水量 180kg/m^3 とし、鉄筋 $\phi 6$ 、PC鋼より線 $\phi 9.3$ を表-2の組合わせて使用した。アレストレス力はコンクリート応力にして 30kg/cm^2 を与えた。温度荷重は内側を液体窒素で徐冷し、外側を水により一定温度に保つことにより与えた。また、この実験に使用した低温用歪ゲージはあらかじめ同一ロットの歪ゲージにより温度特性値を測定しておいた。

3. 実験結果

コンクリートの圧縮強度、割裂引張強度、弾性係数は低温になるにつれて増加し、それぞれ最大値が $\sigma_c = 130.4\text{kg/cm}^2$ (常温の約3.5倍)、 $\sigma_t = 98\text{kg/cm}^2$ (常温の約3倍)、 $E_c = 5.31 \times 10^5\text{kg/cm}^2$ (常温の約1.5倍)となった。

コンクリートの圧縮強

表-2 小型円環供試体種類

供試体NO.	鉄筋	PC鋼より線	アレストレス量
SR-1	ナシ	ナシ	0
2	2-D6	ナシ	0
3	4-D6	ナシ	0
SP-1	ナシ	1- $\phi 9.3$	30kg/cm^2
2	2-D6	1- $\phi 9.3$	30kg/cm^2
3	4-D6	1- $\phi 9.3$	30kg/cm^2

表-1 コンクリートの配合

粗骨材最大寸法(mm)	スランプ(cm)	空気量(%)	W/C(%)	S/A(%)	単位量(kg/m^3)			
					W	C	S	G
20	12 ± 2.5	4 ± 1	55	47.5	162	295	886	1126

セメント 住友普通ポルトランドセメント

粗骨材 砕石2005(豊橋) $G_s = 3.01$, $F_M = 6.70$ 細骨材 川砂(浜岡) $G_s = 2.62$, $F_M = 2.94$

混和剤 ポゾリスNO.5L, NO.202

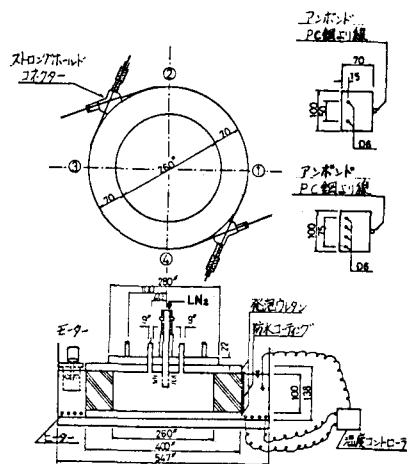


図-1 小型円環供試体冷却装置

度、弾性係数、割裂引張強度と温度との関係を図-2、3に示す。また、コンクリートの圧縮強度はコンクリート中の含水量が多いほど強度増加が大きい。図-4に圧縮強度比と含水量との関係を示す。(含水率 w の算定式は、 $w = (W - \bar{W}) / \bar{W} \times 100$ 、 W :乾燥前重量、 $\bar{W}$:120℃、7日による乾燥後の重量)、鉄筋の引張強度、降伏点、弾性係数と温度との関係を図-5に示す。図-6に常温、および-20℃に於いて載荷重100kg/cm²を継続的に与えたときのコンクリートの歪値を示す。28日後のクリープ歪は常温で約150×10⁻⁶であったが-20℃ではほとんど見られなかった。図-7に常温~-120℃の温度範囲に於けるコンクリートの長さ変化量の測定結果を示す。この温度範囲での平均線膨張係数は7.6×10⁻⁶/℃であった。(図の直線) 小型円環体に内外温度差 ΔT を与えた時の歪の測定結果の一例を図-8に、また、冷却直後のひび割れの状況を図-9に示す。SRの場合では鉄筋量による差があまり明確ではないが、SPの場合では鉄筋量によりひび割れ幅、間隔に差が見られた。なお、このときのコンクリート圧縮強度は345~405 kg/cm²であった。

4. まとめ

以上の実験により低温下に於ける鉄筋コンクリート材料の性質を概括的に把握できた。また、小型円環体による熱応力実験によりひび割れの概略的傾向がわかった。今後これらのデータを低温下に於けるRC、PC部材の熱応力挙動研究の足がかりとしたい。

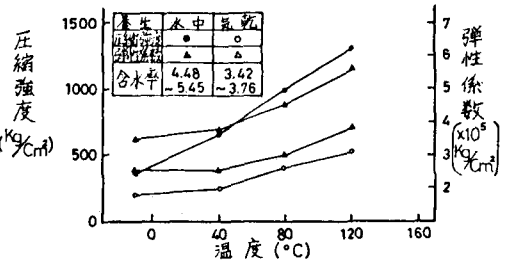


図-2 コンクリート圧縮強度・弾性係数-温度

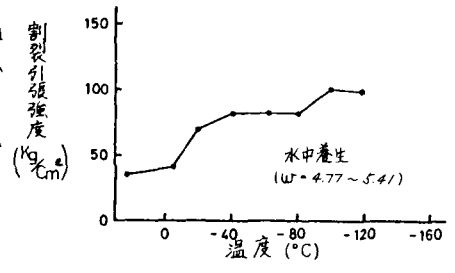


図-3 コンクリート割裂引張強度-温度

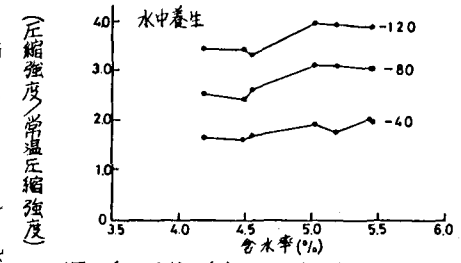


図-4 圧縮強度比-含水率

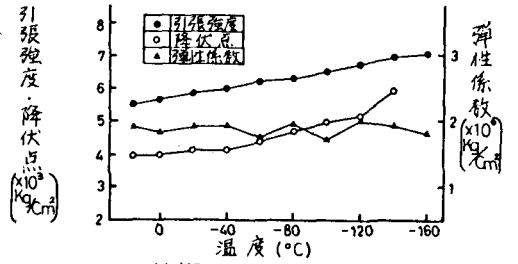


図-5 鉄筋の材料特性

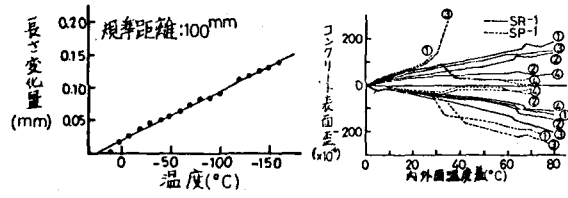


図-7 コンクリートの長さ変化量

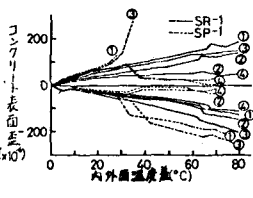


図-8 小型円環体の歪と温度

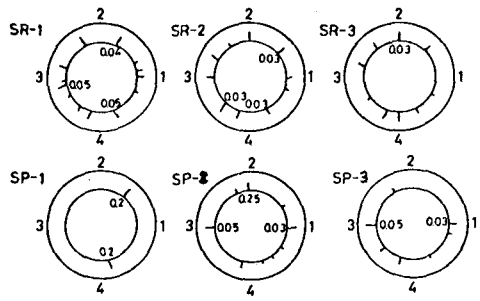


図-9 小型円環体のひびわれ発生状況図

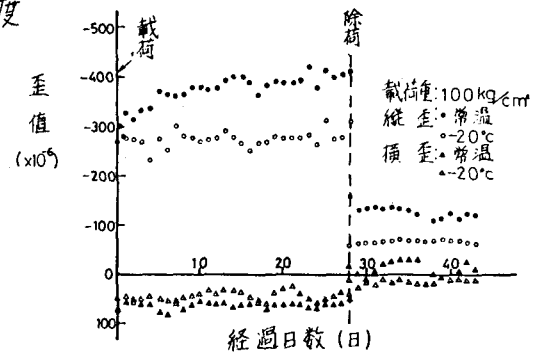


図-6 クリープ歪