

(株熊谷組 正員 清水昭男
 “ “ 加藤武彦
 “ “ ○林 憲正

1. まえがき

低温下に於けるコンクリート部材の熱応力評価についての研究は近年多くなされているもののその定量的な把握、および検証に関しては決して充分とはいえない。一方、温度荷重が支配的な構造物では剛性変化を考慮して熱応力を算定するよう定めた設計指針も見受けられるが、その具体的方法、数値は一般的となっていない。ここでは、RC、およびPC円環体の内側を冷却して熱応力を発生させる実験を行い、温度荷重下の円環体の挙動について検討した結果について報告し、構造物設計の際の一資料としたい。

2. 実験方法

RC、およびPC円環体供試体のコンクリートの配合を表-1に、形状、寸法、種類を図-1、および表-2に示す。供試体はRCでは水中養生を行い、PCではプレストレス導入、および減退量測定のため屋内にて気乾養生を行った。試験時の材令はそれぞれ28~35日、25~48日であった。供試体には温度、コンクリート歪、鉄筋歪、外径変位を測定するためCu-Co熱電対、低温用歪歪ゲージ、変位計を円環体の8等分断面にセットした。また、PCではプレストレス導入量、プレストレス減退量を測定するため断面中央位置に埋込み型歪計をセットした。温度荷重は内外表面温度差として与える。すなわち、RC、およびPC円環体を図-1に示す冷却装置にセットし、温度コントローラにより内側に液体窒素を噴霧攪拌して冷却し、さらに外側にはヒーター線(4KW)を巻き付け温度低下を防ぐことにより温度勾配を与えた。冷却実験に要した時間は約30時間で、冷却槽内の温度を常温から約-150℃まで降下させた。計測は20分間隔とした。

なお、この実験に先立ち、鉄筋コンクリート材料の低温下に於ける材料特性についての試験も行った。また、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常温から-160℃までの温度特性値(見かけ歪値)を測定しておいた。

表-2 RC, PC 円環体供試体

種別	記号	鉄筋	鉄筋比	プレストレストPC鉄筋比	有効プレストレス
RC 円環体	RC0-1	ナシ	0%	ナシ	0%
	RC1-2	8-D10	0.475	ナシ	0
	RC3-2	8-D16	1.24	ナシ	0
PC 円環体	PC1-1	8-D10	0.432	ナシ	0
	PC1-2	8-D10	0.432	2-φ127	2.0
	PC3-1	8-D16	1.13	2-φ127	2.0
	PC1-1	8-D10	0.432	4-φ127	5.0

表-1 コンクリートの配合

粗骨材最大寸法(mm)	スラブ厚(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) $q_s = 3.01$, $FM = 6.70$
 細骨材：川砂 (茨城) $q_s = 2.62$, $FM = 2.94$
 混和剤：ボツリス No. 5L, No. 20Z

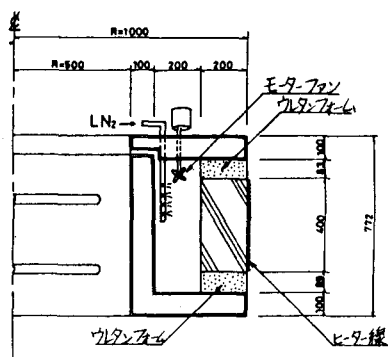


図-1 冷却実験装置

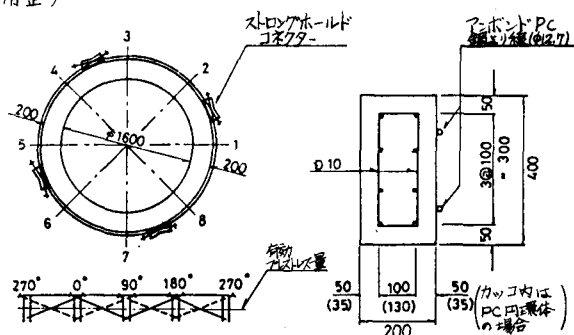


図-2 RC, PC 円環体供試体

3. 実験結果

円環体の冷却実験に先立ち行った使用材料の特性実験結果の一部を表-3に、円環体を冷却したときの温度分布の一例を図-3に、円環体の直径変化と円環体平均温度変化との関係を図-4に示す。図中の解析値とは、一様軸対称回転体モデルに測定温度分布を与

表-3 材料特性 ※以外は実測値

	圧縮強度 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)	線膨張 係数($1/^\circ\text{C}$)
RC用 コン クリート	358	35	3.48	7.6×10^{-5}
SD30 鉄筋	1303	98	5.58	
PC用 コン クリート	248	22	2.54	
SD30 鉄筋	696	62*	3.79	
鉄筋 引張強 度	3877	5468	1.91	1.1×10^{-5}
コン クリート 引張強 度	5196	6757	2.01	1.1×10^{-5}

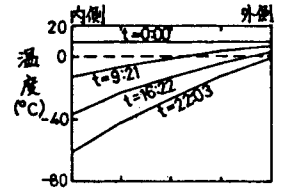


図-3 断面温度分布-経過時間

えた場合の線型弾性計算値である。円環体の熱応力によるコンクリート圧縮歪、鉄筋引張歪と内外面温度差との関係を図-5に示す。コンクリート歪は各円環体で大きな差は見られないが、鉄筋歪は明らかな差が認められる。傾向は、RC円環体では鉄筋量の多い方が歪値は小さく、PC円環体ではアレストレス量が多く、鉄筋量が多い方が歪値は大きくなっている。次に、実測歪と弾性係数より求めた σ_c, σ_s および、解析結果の断面力 M, N から通常のRC梁の応力計算法で算定した σ_c, σ_s と温度差との関係を図-6, 7に示す。ここで、RC部材では鉄筋とコンクリートの線膨張係数に差があるため外荷重を与えることなく部材を一樣に冷却する場合でも鉄筋、コンクリートに応力が発生する(アレストレス効果)ため、この歪の差分を別途測定し応力の補正をした。この実験値と解析値との応力比を温度差との関係で示すと図-8のようになる。また、歪分布、温度分布、 $\sigma-\epsilon$ 曲線、 σ_{ca} を実測値より想定して曲げ剛性 EI を計算し、その常温無荷重状態に於ける曲げ剛性 E_0I_0 との比をとって温度差との関係を示すと図-9のようになる。

4. まとめ

以上の実験によりRCおよび、PC円環体に熱応力と作用させた場合の挙動がある程度把握できた。

今後は温度荷重がさらに大きな場合、曲げ荷重が作用する場合等について検討する必要があるものと思われる。

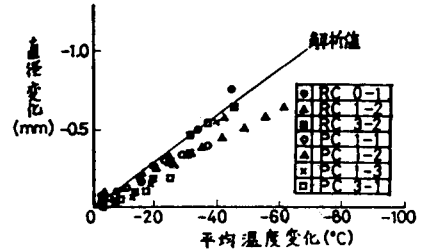


図-4 直径変化-平均温度変化

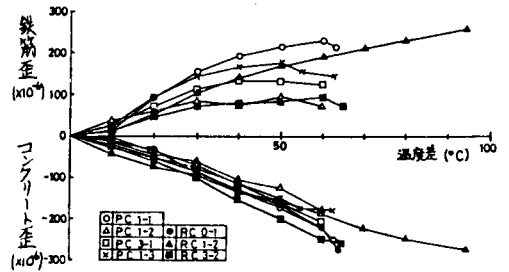


図-5 熱応力歪-内外面温度差

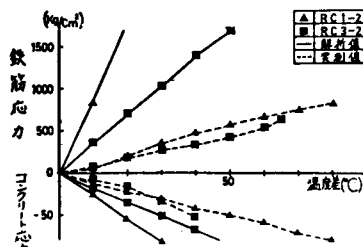


図-6 RC円環体熱応力-温度差

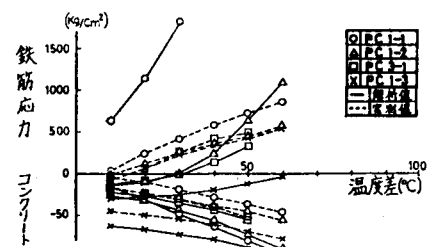


図-7 PC円環体熱応力-温度差

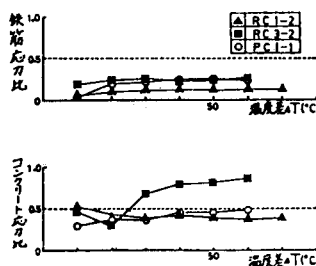


図-8 熱応力比-温度差

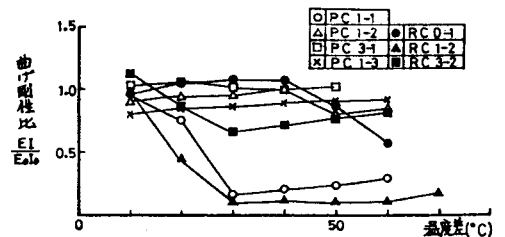


図-9 曲げ剛性比-温度差