

## V-237 高温下におけるコンクリートのクリープ特性

(財)電力中央研究所 正会員 金津 努  
(財)電力中央研究所 正会員 石田博彰

### 1. はじめに

原子力発電所の格納容器、原子炉支持構造等は、事故時に高温に曝されることを想定して設計が行われている。この場合、温度荷重が重要な設計荷重となり、その評価では、コンクリートのクリープや部材に発生するひびわれによる温度荷重の緩和を考慮してよいことになっている。<sup>1)</sup>しかし、事故時に想定される温度条件(一般部175℃、局部的に350℃)<sup>1)</sup>におけるコンクリートのクリープデータが十分には得られていないため、現状では、クリープによる緩和効果が温度荷重の評価に十分に反映されたものとはなっていない。このため本研究は、設計において想定される温度条件を考慮し、温度条件 200℃、昇温から降温まで約1週間、200℃ 保持時間2日程度の条件下のコンクリートのクリープ特性について、実験的に検討したものである。

### 2. 実験概要

実験に用いた試験体は、15cmx15cmx200cm のコンクリート棒状部材である。試験体の諸元およびコンクリートの物性を表-1に示す。試験体断面の中央にφ22mmの穴をあけ、ここにP C鋼棒を通して軸圧縮力を与えた。試験体の膨張・収縮により 導入軸力量が変化しないように、P C鋼棒の定着部にはクリープ試験用の載荷バネを配置した。試験要因は軸力レベル5種類、曝露条件としてシール条件、アンシール条件の2種類を選定した。ここでシール条件とは、厚さ0.2mm の銅板で所定寸法の箱を作製し、これにコンクリートを打込み、打込み面を同じ銅板の蓋で覆ったものである。熱電対の取り出し、変位計の標点の設置により銅板に穴をあけているので、完全な密封条件とはなっていない。100℃ を越えると、コンクリートの水分状態はアンシール条件とあまり変わらないことが推定された。

高温槽に試験体を設置し、昇温・高温保持・降温のサイクルを約1週間で終えるような手順で実験した。試験体の変形量は、高温槽の外部から特別に作製した変位計により測定した。<sup>2)</sup>また、試験体の温度は熱電対により測定し、軸力は定着部に取り付けたロードセルにより測定した。

### 3. 昇温・降温時の試験体の変形性状

図-1には、試験体の昇温・200℃保持・降温時の膨張・収縮変形を示した。この図から判ることは、

- ① 軸力の有無に拘らず100℃ 程度までは、温度上昇に対してコンクリートはほぼ直線的に膨張する。この時の熱膨張係数は、アンシール条件で平均 $10.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、シール条件で平均 $8.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  で、アンシール条件の方が大きい。
- ② 100℃ を越えると、水分の蒸発とともに軸力の大きさおよび試験体の温度条件に応じてクリープ変形が進行する。このため、この温度領域では不規則な膨張性状を示し、定量的に評価することは困難である。
- ③ 降温時には軸力の有無に拘らず、試験体は温度低下に対してほぼ直線的に収縮する。この時の熱膨張係数はアンシール条件で平均 $8.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、シール条件で平均 $9.4 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ で、曝露条件の相違による差はほとんどない。
- ④ 常温に戻った時には、軸力の大きさに応じてクリープ変形が生じているので、軸力の大きい試験体の縮み量が大きい。

表-1 試験体の物性と導入軸力

試験体	導入軸力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		弾性係数 ( $\times 10^6$ kgf/cm <sup>2</sup> )	
		常温	200℃	常温	200℃
CR-US1	0	488	418	3.30	1.81
CR-S1	0	500	413*	3.50	1.74*
CR-US2	19.2	512	439	3.31	1.81
CR-S2	19.4				
CR-US3	39.3	500	429	3.27	1.79
CR-S3	39.5				
CR-US4	59.7	532	456	3.30	1.81
CR-S4	60.4				
CR-US5	78.6	535	459	3.58	1.98
CR-S5	80.4				

注1) \*: CR-S1のみ250℃まで昇温した。

注2) 高温下の値は計算値<sup>3)</sup>

⑤ ①③から、昇温、降温時には、クリープひずみはほとんど(×10<sup>-6</sup>)  
ど生じないことが推測できる。

等である。以上のことから、100℃を越える温度領域のコンクリートのクリープに関して、温度経路、時間、導入軸力量すべてを考慮して詳細に評価することは不可能である。そこで、以下に記述するように、本実験のような昇温・高温保持・降温の一連の温度賦与パターンで生じるクリープ量として把握することを検討した。

4.100℃を越える温度領域のクリープ特性

各試験体が常温に戻った時に生じている縮み量は、乾燥収縮ひずみとクリープひずみが複合した量である。軸力0kgf/cm<sup>2</sup>の試験体に生じる縮み量は、乾燥収縮ひずみによるもののみであるので、この値を軸力を導入した試験体の縮み量から差し引いてクリープひずみを求めた。この際、これまでの著者らの研究の結果明らかにした以下の事項を考慮した。<sup>3)</sup>

- ① 骨材とセメントペースト間の微細ひびわれによるゆるみひずみ
- ② コンクリートの弾性係数に与える温度と軸力の影響(ゆるみひずみを求めるために必要)

図-2には、クリープひずみと応力強度比の関係を示した。先に示したように、シール条件も100℃以上では密封機能なくなるので、アンシール条件と同じとして示した。ややばらつきがあるものの、クリープひずみは、応力強度比とほぼ直線関係にあることが判る。このときの乾燥収縮ひずみは、アンシール条件で563×10<sup>-6</sup>、シール条件で834×10<sup>-6</sup>であった。打設時から試験時までの期間放置したことによるシール条件とアンシール条件の差がでたものと考えられる。また、図に示した勾配から単位クリープひずみを換算すると約8.8×10<sup>-6</sup>/kgf/cm<sup>2</sup>で、クリープ係数は約1.6となった。

5. まとめ

200℃までの昇温・高温保持・降温の温度履歴を約1週間で試験体に与えた場合に生じるクリープひずみについて実験的に検討を行い、クリープは昇温(100℃まで)中・降温中にはほとんど生じず100℃を越えて急速に生じること、このときのクリープひずみが応力強度比に比例すること等を明らかにした。

【参考文献】

- 1)日本建築学会；原子力用コンクリート格納容器設計指針案・同解説、1978.8
- 2)金津他；高温下における鉄筋コンクリート部材の力学的性状、第7回コンクリート工学年次講演会論文集、1985
- 3)金津他；軸圧縮力の影響を考慮した高温下のRCはり部材の変形評価、コンクリート工学年次論文報告集9-2、1987

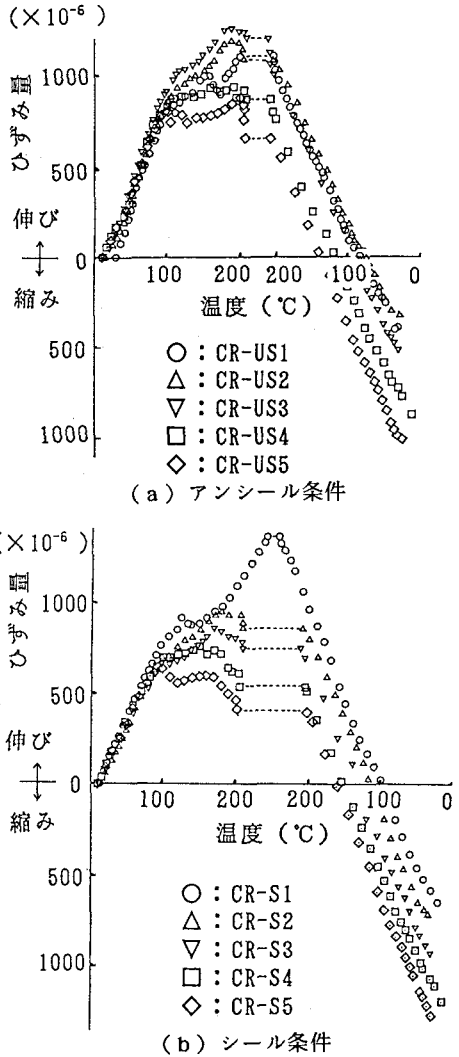


図-1 昇温・降温に伴う変形

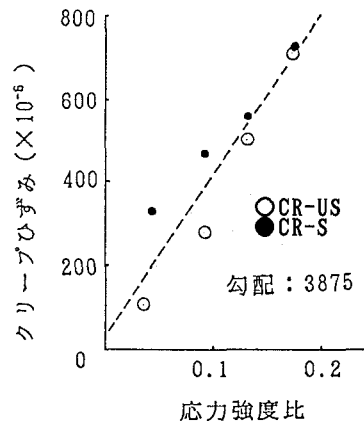


図-2 クリープひずみと応力強度比の関係