

V-487

高温・低湿度下でのコンクリートのクリープ・乾燥収縮特性

(財)電力中央研究所 正会員 石田博彰
 (財)電力中央研究所 正会員 遠藤達巳
 (財)電力中央研究所 正会員 金津 努
 電源開発株式会社 武井邦生

1. はじめに

現在設計が進められている新型転換炉(ATR)実証炉では、原子炉本体が中央に円形開口を有する鉄筋コンクリート製厚肉床版(支持床)により支持される構造となっている。支持床は定常的に高温・低湿状態(60℃、5~10%RH)にあり、長期間にわたり原子炉本体の自重を受ける。このため、支持床の設計に際しては、支持床のクリープおよび乾燥収縮による変形を評価することが必要である。本研究は、ATR実証炉の原子炉本体支持床の長期変形を評価するために必要な諸物性値を実験的に求め、それらを用いてクリープ実験の2次元FEM解析を実施した結果をとりまとめたものである。

2. 実験概要

実験は、クリープ実験および乾燥収縮実験を実施した。クリープ試験体は $\phi 15 \times 60$ cmの円柱、乾燥収縮試験体は $15 \times 15 \times 90$ cmの角柱とし、試験要因は表-1に示すように温度条件、水分逸散条件、導入圧縮応力度(クリープのみ)とした。各々の試験条件についてクリープ実験は3体ずつ、乾燥収縮実験は2体ずつ実験を実施した。試験体は材令77日まで標準養生し、77~91日にかけてシール(樹脂塗装)条件の試験体の密封作業を行った。高温条件の試験体は丸1日高温室に放置し、所定の温度に達した後、材令91日で軸圧縮力を導入した。コンクリートの圧縮強度(材令91日)は約530kgf/cm²で、中庸熱セメントおよび最大寸法25mmの骨材を使用した。埋込式のひずみ計によりコンクリートのひずみおよび温度を測定し、乾燥収縮試験体はさらに重量変化を測定した。

表-1 試験要因

温度	20℃、60℃
水分逸散条件	アソシール、シール(銅板)、シール(樹脂塗装)*
導入応力	0、50、100kgf/cm ²

* 乾燥収縮試験のみ

3. 実験結果

3.1 クリープ特性

クリープひずみは導入した圧縮応力度にほぼ比例したので、圧縮応力度で除して単位クリープひずみとして整理したもの(60℃)を図-1に示す。この図からクリープひずみの経時変化は、載荷後の時間軸を片対数表示するとほぼ直線的に変化していることが判る。従って、アメリカ開拓局の式($\epsilon_c = a + b \ln(t+1)$)により回帰し、その回帰式をクリープ解析の物性値として用いることとした(20℃についても同様の手法を用いた)。

3.2 乾燥収縮特性

試験体の乾燥収縮ひずみと水分逸散量との関係を図-2に示す。この図から両者はほぼ比例関係にあることが判る。この勾配はセメントの種類や水分逸散条件にはほとんど影響を受けず、温度条件のみで定まるよ

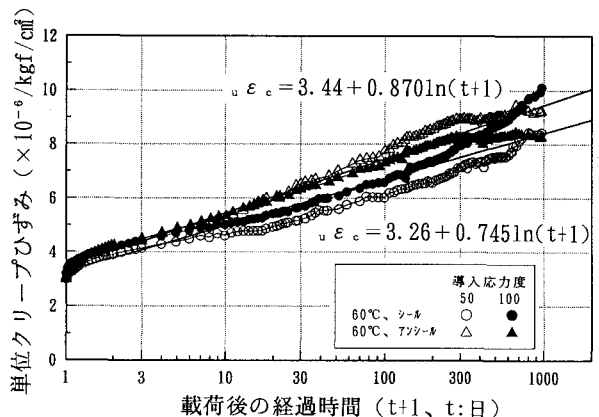


図-1 単位クリープひずみの経時変化(60℃)

うである。従って、この勾配を常温および高温でそれぞれ求め、水分拡散解析の物性値として用いることとした。但し、高温下の試験体は試験開始までの昇温過程（約1日）で水分が若干逸散している。この逸散量はアンシール条件で約0.01g/cm²であった。一方、シール条件の試験体では昇温過程での水分逸散はほとんどなかった。

4. 解析方法

クリープ実験の解析は、2次元の軸対称FEM解析プログラム（4節点アイソパラメトリック要素）を用いて実施した。温度条件と水分逸散条件をパラメータとして、クリープ解析と水分拡散解析を平行して行い、その結果を単純に重ね合わせた。これは、クリープ解析と水分拡散解析を連成させて行っても重ね合わせた結果と全く同様の結果を得たことによる。解析に使用した物性値を表-2に示す。表中の収縮係数は乾燥収縮実験より定めたものであり、水分拡散係数・水分伝達係数および初期水分量は、別途実施した乾燥収縮実験のパラメータ解析により定めたものである。

5. 解析結果

図-3に全ひずみ、クリープひずみおよび乾燥収縮ひずみの実験値と解析値の比較（60℃）を示す。クリープひずみはアメリカ開拓局式により回帰した物性値を用いているため載荷後経過時間の対数に比例して増加している。これに対して、乾燥収縮ひずみは載荷後約200日でほぼ一定の値に達しており、これはこの時点で水分の移動がほぼ平衡状態に達したためである。従って、解析による全ひずみ（クリープ+乾燥収縮）は、載荷後時間が経過すると増加の割合が減少する傾向を示しており、実験結果を良く模擬している。また、実験値と解析値の差はクリープひずみを解析では過小に評価しているためであり、これは図-1に示したように回帰式が実験値を下回るものであったことによる。また、20℃の試験体についても解析は実験結果を良く模擬できている。

6. まとめ

以上より、ATR原子炉実証炉支持床の長期変形を評価するために必要な諸物性値が得られ、2次元FEM解析によりクリープ実験の結果を精度良く模擬できたと考えられる。今後さらに長期にわたり実験を継続していく予定である。

【参考文献】1) 遠藤達巳他：高温・低湿度下での長期変形性状の数値シミュレーション、土木学会第48回年次学術講演概要集 第V部（1993）

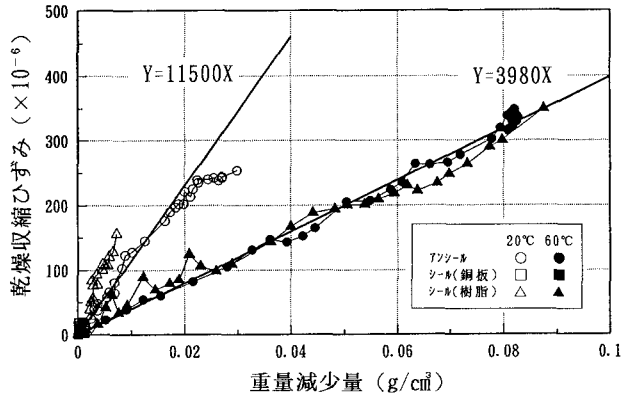


図-2 乾燥収縮ひずみと重量減少量の関係

表-2 解析に使用した諸物性値

物理特性	20℃	60℃
水分拡散係数 (cm ² /日)	0.025	0.23
水分伝達係数 (cm ² /日)		
アンシール	0.0025	0.8
樹脂塗装	0.001	0.03
収縮係数 (×10 ⁻⁶ /g/cm ²)	11500	3980
初期水分量 (g/cm ²)	0.095	

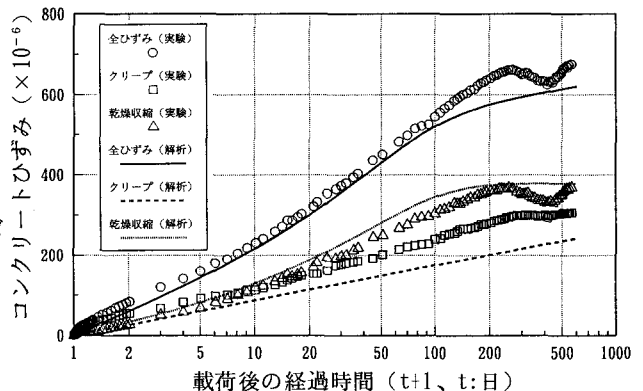


図-3 クリープ実験と解析の比較
（60℃、アンシール、50kgf/cm²）