

鹿島建設技術研究所 正員 ○小谷一三
阿部保彦

I. まえがき

コンクリート構造物の設計は、主として単純な応力状態におけるコンクリートの性状を基準として行なわれているが、最近複雑な応力状態が生ずる構造物が造られるようになり、組合せ応力状態におけるコンクリートの性状が関心を持たれるようになってきた。本報文は、多軸圧縮応力状態にある代表的な構造物であるプレストレストコンクリート圧力容器を対象に、高温におけるコンクリートの3軸圧縮クリープ試験を行なった結果を述べるものである。

II. 実験概要

1. 試験に使用したコンクリート

試験に使用したコンクリートの配合は、目標強度450(N/cm²) (標準水中養生指令28日)、スランプ11±1 (cm)、空気量5±1 (%)としたもので、その配合表は表-1に示すとおりである。

2. 供試体およびその養生条件

クリープ試験用コンクリート供試体は、寸法φ15×40 (cm)の中心部に軸方向および横方向のひずみを測定するためのカーボン型ひずみゲージ (共和電業特製、CS-10FM11型 全長100 mm) を埋込んだものである。供試体の養生条件は、コンクリートの水分蒸発を抑制したもの (as-castと記す) 指令818日まで水分蒸発を許したもの (air-driedと記す) の2種類であり、供試体の履歴を表-2に示す。

3. 荷重および温度条件

荷重条件は、外国のクリープ試験およびこれまでのプレストレスト圧力容器の設計例における平均圧縮応力度などを参考にして、軸方向荷重 σ (N/cm²) : 側面方向荷重 σ_r (N/cm²) = 100 : 100、100 : 50、50 : 50、100 : 0 (1軸) の4種類とし、試験温度は65°Cおよび20°C (1軸のみ) とした。

III. 試験結果および検討

試験の結果得られたひずみと荷重後の経過日数との関係は、図-1～4に示すとおりである。供試体の数は各試験条件につき3個としたが、ゲージの損傷があったため図中にひずみの測定に有効であった供試体の数をも示した。試験結果の概要は次のようである。

a. 荷重が等しい場合 ($\sigma = \sigma_r$) 軸方向ひずみに比べて横方向ひずみは、大きい値を示した。これは、軸方向では載荷板を通して供試体に荷重が作用しているのに対して側面方向では変形可能なシール上に油圧が作用する載荷機構の相違、および横方向ゲージのかぶりが少ないことによるものと考えられる。

b. 荷重条件が等しい場合、クリープひずみ量の大きさは、供試体の養生条件により異なり、air-dried 供試

表-1 コンクリートの配合表

配合率	セメント	砂	粗骨材	水	セメント	砂	粗骨材	水	配合率
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
20	11.1	5.1	42.3	45	150	385	800	585	505

配合率 91 (目標強度)

セメント : 色澤中野セメント (ポルトランド)

標準水中養生 : 554 (g)

粗骨材 : 田中製川産砕石 (角径10mm)

as-cast : 486 (g)

粗骨材 : 埼玉砂入製砕石 (角径10mm)

air dried : 312 (g)

(CaO : 68.0%, MgO : 0.5%, SiO₂ : 0.14%, Al₂O₃ : 0.03%, Fe₂O₃ : 0.03%, Fe₂SiO₄ : 0.03%)

表-2 コンクリート供試体の履歴

指令	as-cast 供試体	air dried 供試体
811	チャージング	
2	・脱型 ・供試体の側面近くにある気孔、空隙を、先のとがった小ハンマーで叩き出す	・脱型 ・温度 20°C、湿度 RH45% の条件室で養生 (指令 2～816 II)
3	・供試体側面の気孔、空隙をセメントペーストで充てん ・温度 20°C RH80% の条件室に貯蔵 (指令 4～847 II)	
816		・供試体側面近くにある気孔、空隙を、先のとがった小ハンマーで叩き出す
817		・供試体側面の気孔、空隙をセメントペーストで充てん
818		・温度 20°C、RH45% の条件室に貯蔵 (818～847)
848	試験後に供試体の取付け開始	
859	加温開始	
923	クリープ試験開始	
1330	試験 (クリープ試験終了)	
1330	クリープ回復開始	
1380	クリープ回復試験終了	

体のクリープひずみは、AS-CAST供試体のそれに比べて大きい値を示し、そのクリープひずみ量比 (air-dried/as-cast) は経過日数の増加に伴って小さくなる傾向を示した。これは、供試体により荷重強度比が異なること、クリープの各要因のクリープひずみ中で占める割合が異なりクリープ曲線の形状が異なるためであると思われる。

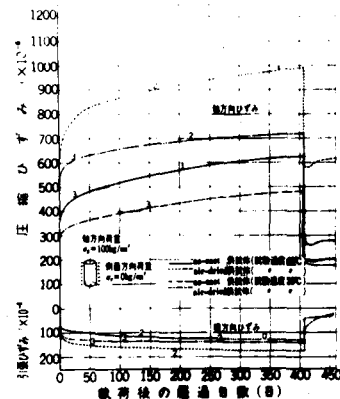


図1 ひずみと載荷後の経過日数との関係

c. 試験温度20℃および65℃における1軸クリープひずみ量を比較した場合、65℃におけるクリープひずみ量は、20℃における値のAS-CASTで約1.4倍、air-driedで約2.2倍を示した。試験温度上昇による増加比率が供試体の養生条件により差があるのは、温度および載荷開始までの加熱期間の影響は、供試体の含水量および荷重強度比により異なるためであると思われる。

d. 多軸応力状態におけるクリープひずみに重ね合せの法則が成立つとすると、 n 方向のクリープポアソン比は、

$$\nu_c = (E_{sp} \cdot \epsilon_c - E_i) / E_{sp} (\sigma_y + \sigma_z) \quad \cdots (1)$$

E_{sp} : 単位応力度当りの1軸クリープひずみ、 E_i : 多軸応力状態における n 方向のクリープひずみ量、 ϵ_c , σ_y , σ_z : それぞれ n 方向の荷重から求めることができる。

試験結果に(1)式を適用して求めたクリープポアソン比は、図5に示すように、荷重条件、養生条件、載荷後の経過日数などにより変化し、その状況は一定の傾向を示しているとは云えない。しかし、構造設計などの対象となる長期のクリープひずみに対し、本試験における経過日数407日のクリープポアソン比が、概ね1軸の値に等しい0.2に収束していると見做して(1)式より求めたクリープ曲線は、実測値との差で0~30%を示した(図6)。このように、1軸クリープ試験により、1軸クリープ試験と試験条件が等しい場合の3軸圧縮クリープひずみ量とある程度の精度で推定できるものと考えられる。

IV. あとがき

上述したように、1軸圧縮クリープ試験の結果から3軸圧縮クリープひずみ量の推定は、ある程度の精度で可能であるとの見通しを得たが、精度の向上をはかるためには、データの集積を行なう必要があろう。

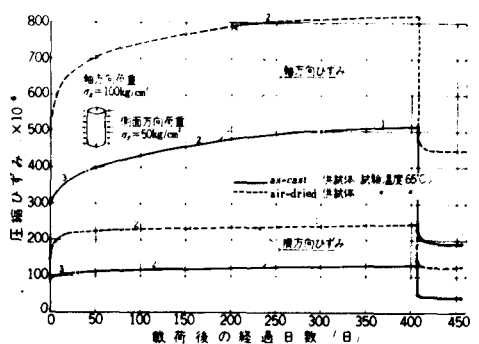


図2 ひずみと載荷後の経過日数との関係

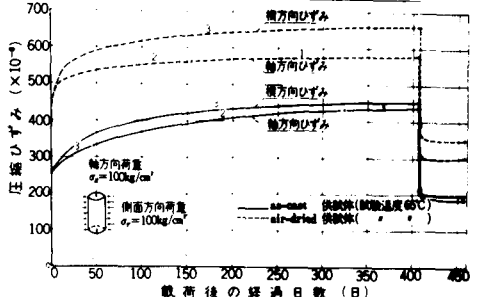


図3 ひずみと載荷後の経過日数との関係

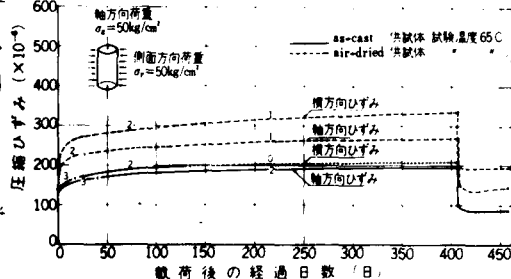


図4 ひずみと載荷後の経過日数との関係

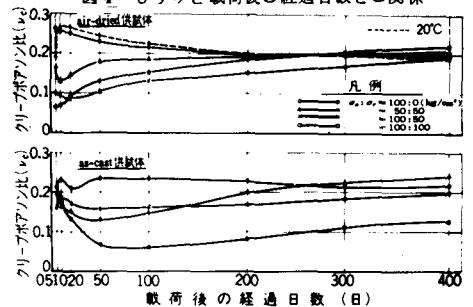


図5 クリープポアソン比と載荷後の経過日数との関係

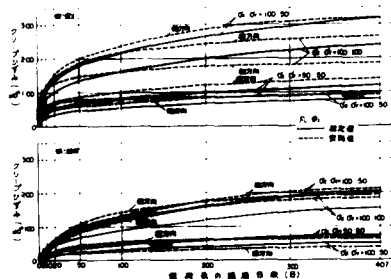


図6 クリープひずみの推定値と実測値との比較 (クリープポアソン比 $\nu_c = 0.2$)