

放射環状形格子モデルによるコンクリート非線形構成則のクリープ特性

(株) フクダ
 松江高専 環境・建設工学科
 豊橋技術科学大学
 島根大学

正会員 ○門脇 徹
 正会員 大屋 誠
 正会員 加藤史郎
 正会員 野中資博, 佐藤周之

1. はじめに

RC 構造物や PC 構造物の設計および維持管理・補修において、時間経過によるコンクリートの状態を把握することは重要な課題の一つである。本研究の目的は、(1) コンクリートのクリープ実験手法の習得と、さまざまな条件下のコンクリートのクリープ実験データを得ること、また、(2) 得られた実験結果と著者らが開発しているコンクリート構成則^[1,2,3]による解析結果を比較することにより、その構成則の妥当性を検討することである。

2. 実験概要

2.1 実験装置

図1に圧縮クリープ試験機、図2に引張クリープ試験機を示す。圧縮試験機は上面を固定し、下から油圧ジャッキにより圧縮力を載荷し、ばねを固定してクリープ試験を実施する装置である。引張試験機は下面を固定して上面を引っ掛けてハンドルを回すことにより試験体に引張力を載荷する試験装置である。

2.2 実験方法

図1と図2のクリープ試験機を用いて、約3ヶ月間コンクリートのクリープ試験を行い、載荷持続時間に伴う軸方向ひずみをひずみゲージにより測定した。今回の実験は、実験手法の習得や開発している構成則の精度を検討するため、載荷荷重など条件の異なった実験を2度行なった。載荷圧縮荷重はコンクリート最大強度の40%とし、載荷引張荷重は圧縮強度の1/10の強度の40%とした。載荷応力を表1に示す。また、表2にひずみゲージの数と養生期間について示す。

圧縮供試体は、 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の寸法で、引張供試体は試験機が供試体の上下を固定し引張力を伝達する構造のため、専用の杵型型枠を用いた。使用材料は、普通ポルトランドセメント、細骨材 (FM2.96)、最大寸法 20mm の粗骨材 (FM6.76) を用いた。コンクリートの配合及びスランプ試験結果を表3と表4に示す。

供試体の脱型時における自重、温度変化によるひずみは、クリープ試験において除去することができないので、別に供試体自重、温度変化によるひずみを測定し、そのひずみをクリープ試験で求めたひずみに考慮することとした。試験方法は、クリープ試験と同じようにひずみゲージを貼り、荷重をかけず設置した。相対湿度を一定にするため載荷実験中は恒温恒湿の実験室内で行った。

3. 解析手法

解析には著者らが開発している放射環状形格子モデルによる構成則^[1,2,3]を用いた。粘性モデルとして図3に示す3要素 Kelvin モデルを採用した。ここで、 C_g 、 C_i は弾塑性ばねのコンプライアンス ($1/E$)、 ξ_i は粘性係数、 T_i は遅延時間である。本格子モデルは、有限要素法の構成則として開発を進めているものであるが、ここでは構成則単体として解析を行った。

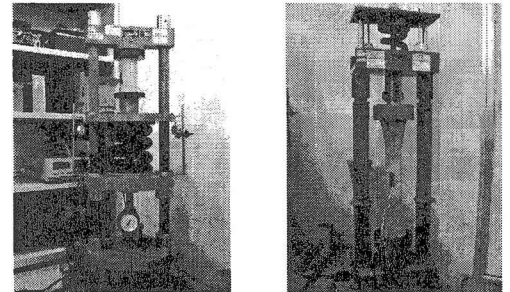


図1 圧縮クリープ試験機 図2 引張クリープ試験機

表1 載荷応力

	最大強度 (N/mm ²)		載荷応力 (N/mm ²)	
	圧縮	引張	圧縮	引張
実験1	22.9	2.29	9.16	0.92
実験2	34.2	3.42	12.3	1.09
	載荷荷重 (kgf)		* 圧縮強度の 40% ではないが試験機が 10ton までしか載荷できないため	
実験1	7000	400		
実験2	* 9600	566		

表2 ひずみゲージ数、養生期間

	ひずみゲージの数 (供試体1本当たり)	養生期間 (日)
実験1	2	40
実験2	4	101

表3 配合設計 (実験1)

W / C (%)	s / a (%)	(kg / m ³)			
		W	C	S	G
55.6	41	200	360	693	1096
スランプ 11cm					

表4 配合設計 (実験2)

W / C (%)	s / a (%)	(kg / m ³)			
		W	C	S	G
50	41	180	360	713	1129
スランプ 5cm					

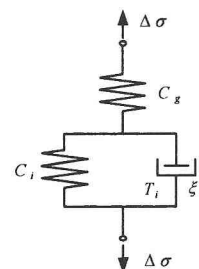


図3 3要素 Kelvin モデル

4. 実験結果と解析結果

4. 1 実験結果

実験1のひずみ-時間曲線を図4に、実験2のひずみ-時間曲線を図5に示す。クリープは持続荷重のもとにおけるひずみの増加分であると定義することができるので、実験結果だけで見ると、圧縮クリープ試験は良いデータが得られたものと思われる。実験1のクリープひずみは、実験2と比較して約2倍とかなり大きなひずみ量となった。これは実験1が実験2に比べコンクリートの養生期間が短く、水セメント比が大きいためである。実験1の引張クリープ曲線は、引張応力をかけていたのに、圧縮応力をかけたようなクリープ曲線となった。そのため、いったん荷重を除荷して同じ引張応力で再び載荷した。再載荷した引張クリープ曲線は終始大きな変動がなく一定な値を示した。実験2の引張クリープ曲線は、時間が経過してもひずみが安定しない結果となった。引張クリープ試験に関しては今後更に検討する必要がある。

4. 2 解析結果との比較

実験2の結果と解析結果の圧縮クリープ曲線を図6に示す。図6の実験結果と解析結果を比較すると、若干差は見られるが、かなり良く一致している。図7に実験結果と解析結果の応力-ひずみ曲線を示す。解析は、実験における 12.3N/mm^2 の時のひずみとなるようにまず増分ひずみ解析を行い、その後クリープ解析を実施した。内部応力に関し、実験と解析では大きな違いがあった。実験1の結果については、解析結果と実験結果には大きく差異が見られた。その原因として、上にも述べたクリープ試験実施までの養生期間が考えられる。養生期間は実験2に比べ短く、乾燥収縮が発生しているため、本解析において採用している3要素Kelvinモデルではその挙動を十分追跡することができないことが確認された。クリープモデルについては、今後更に検討して行きたい。

5. まとめ

実験の手法、条件は、ひずみデータに大きく関係していることがわかった。特に本実験では、コンクリートの養生期間により結果が大きく変わってくることが確認できた。解析ソフトは実験2との結果の比較を見ればかなり良い結果を示しており、放射環状形格子モデルによる構成則は、コンクリートのクリープ挙動をある程度表現可能であることがわかった。しかしながら、課題も多く残った。本実験では、2体の試験体のクリープ実験しか行なっていない。解析ソフトの妥当性を検討するためには更に多くの実験データが必要であり、また、クリープ実験の実験結果の信頼性を向上させるためにも養生期間、長期計測におけるひずみゲージの貼り方等に関し、更に検討を行う必要がある。

謝辞

本実験は島根大学のクリープ試験装置および恒温恒湿室を利用させていただきました。ここに記して深謝いたします。

参考文献

- [1] S. Kato, M. Ohya, T. Hara : Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Shells under Cyclic Loading (Constitutive Equations Based on Ring Typed-Lattice Model), Journal of the IASS, Vol.43, n.1, April n.138, pp.23-40, 2002
- [2] 早志忠晃, 大屋誠, 加藤史郎 : 粘弾塑性を考慮した鉄筋コンクリート非線形構成則の提案 (その2), 第51回土木学会中国支部研究発表会概要集, pp.593-594, 1999
- [3] S. Kato, M. Ohya : Constitutive equations for Visco-Elasto-Plastic Analysis of Concrete Element Based on Lattice Model, Proceedings of the IASS-MSU International Symposium, pp.365-372, 2000

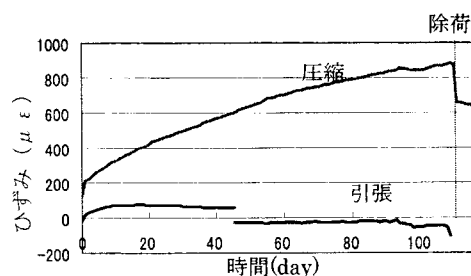


図4 実験1 ひずみ-時間曲線

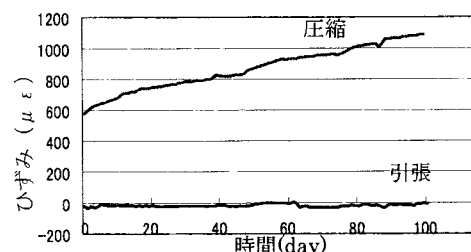


図5 実験2 ひずみ-時間曲線

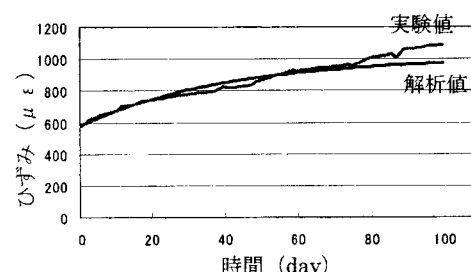


図6 実験2の時間-ひずみ関係

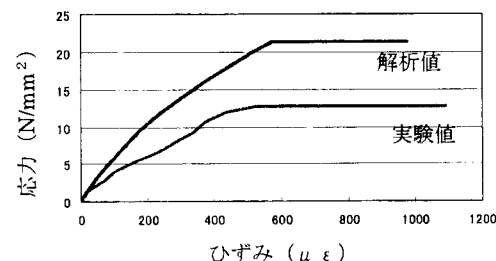


図7 実験2の応力-ひずみ曲線