

長期材令コンクリートのクリープ特性について

九州産業大学 正員 宮川 邦彦
同 正員 豊福 俊泰
同 正員 佐藤 武夫

1. まえがき

兵庫県南部地震の被害状況や平成8年度道路橋示方書の改訂に伴い、現在、各地で橋梁構造物の補強工事が盛んに実施されている。ところで、既設コンクリート桁をPC外ケーブル方式で補強、設計する際、その有効プレストレス力を算定するためには、長期材令下におけるコンクリートのクリープ特性値が必要になるが、そのような実験結果はあまり報告されていない。

そこで本研究では、先に時間依存ひずみのばらつきを検討するために用いた材令6年の供試体を再使用してクリープ試験を行った。以下に実験結果および既存の予測式による算定結果との比較について報告する。

2. 実験概要

本実験に用いた普通コンクリートの配合および材料の物性値を表-1に示す。実験に用いた供試体は恒温水槽内(温度 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$)で脱型直後から6日間水中養生した後、恒温室内(温度 $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $65\pm 10\%$)で更に空气中養生した材令6年の $\phi 15\times 30\text{cm}$ 円柱供試体12本で、そのうちの6本は材令7日から約700日間載荷応力 7.2 N/mm^2 の圧縮クリープ試験に供したもので、残りは乾燥収縮試験に用いた無載荷のものである。なお、今回の実験では荷重履歴の影響も検討できるよう、ヤング係数、乾燥収縮およびクリープの各試験に載荷および無載荷供試体をそれぞれ2本ずつ用いて行った。クリープ試験は図-1のようなフラットジャッキ式油圧載荷装置を用い、 8.9 N/mm^2 の一定圧縮応力下で行った。ひずみの測定は供試体中央部に埋設した埋め込み型ひずみゲージ(ゲージ長:100mm)を用い、ヤング係数およびクリープ試験時の弾性ひずみの測定には更に供試体表面の中央対称2箇所に貼付した表面ひずみゲージ(ゲージ長:60mm)も併用した。

表-1 コンクリートの示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
		W	C	S	G	AE剤
50	41	180	360	705	1180	0.108

注) 普通ポルトランドセメント:比重 3.14
玄海産海砂:表乾比重 2.56, 吸水率 1.28%
角閃岩碎石:表乾比重 2.95, 吸水率 0.61%

3. 実験結果および考察

表-2に水中養生供試体($\phi 10\times 20\text{cm}$)各6本の圧縮強度とヤング係数を、表-3に今回の試験結果と既存の予測式から求めたクリープ係数の算定結果を示す。材令6年のヤング係数は水中養生した材令28日のそれとほぼ等しく、荷重履歴の有無による違いはほとんど観られなかった。なお、埋め込み型ひずみゲージから求めたヤング係数の値(表中の()内の値)が表面ひずみゲージによるそれより若干小さくなっている。従前の実験や後述するクリープ試験時の弾性ひずみでも同様な傾向が認められたが、これは、ゲージ長や測定位置の違いに起因するものと考えられる。

図-2に実測ひずみ-時間曲線の一例を示す。図示するように無載荷供試体のひずみは恒温室内の湿度変化で若干増減して

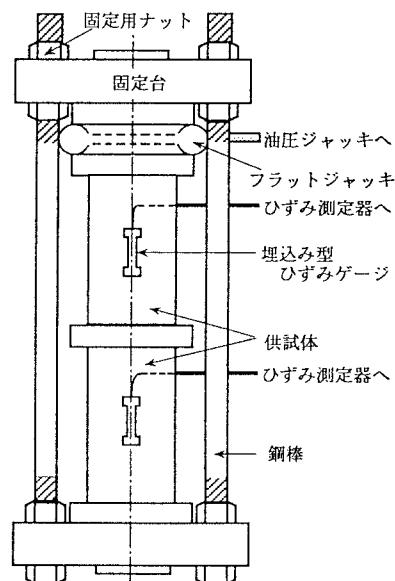


図-1 クリープ試験装置

いるが、測定した4本の供試体のひずみには差が無く、荷重履歴の有無による違いは全く観られなかった。一方、クリープ係数は、前荷重のそれが荷重期間200日で0.27～0.29であるのに対し、無荷重のそれが0.32～0.34と明らかに荷重履歴の違いによる影響が認められた。なお、図-2のようにクリープひずみが荷重後100日程度ではほぼ収束していることから判断して、このひずみは分散系複合体内部で生じる応力平衡化現象に起因する遅れ弾性ひずみであると考えられる。ちなみに、実測値は旧示方書(CEB-FIP 1978年式)の遅れ弾性ひずみに対する基本クリープ係数の値($\phi_{do}=0.4$)と近似していることがわかる。

表-3にACI-209委員会式(以下、ACI式と呼ぶ。)、CEB-FIP 1990年式(以下、CEB式と呼ぶ。)、平成8年度制定のコンクリート標準示方書に規定されている阪田式ならびに筆者らの提案する力学モデル予測法(以下、本予測法と呼ぶ。)による算定結果を示す。同表のようにACI式とCEB式による算定結果はいずれも実測のその2倍以上過大に予測している。これは、両式ともクリープ係数の予測式中に乾燥開始時材令の項が含まれておらず、本実験のような長期間乾燥後の予測に適用すること自体に問題があると考えられる。また、乾燥開始時材令の項を含む

阪田式による算定結果も実測のその3倍以上過大予測しており、適合性が良好であるとは言い難い。一方、本予測法による算定結果も若干過大予測しているが、旧示方書の遅れ弾性ひずみに対する値と近似しており、配合や使用材料の相違を考慮すれば、定量的にはほぼ妥当な予測であると考えられる。ただし、数日間でクリープひずみがほぼ収束すると予測している点で実測結果とは相違する。これは、力学モデルが単純すぎることや現在のモデル要素値にまだ検討すべき余地が残されていることを示唆しているように思われる。なお、現在、荷重200日後からの回復クリープを計測中である。

3. まとめ

本研究では、既設コンクリート桁の補強工事の設計に必要な長期材令下のクリープ特性について述べてきたが、以下にその結果を要約する。

- (1). セメントの水和反応がほぼ完了した長期材令コンクリートのクリープひずみは遅れ弾性ひずみであり、クリープ係数として $\phi=0.4$ 程度を考慮すればよいと考えられる。ただし、厳しき環境下にある構造物で、表面劣化の進行が懸念されるときは、別途検討すべきである。
- (2). クリープ係数は、荷重履歴の違いで相違するが、その差は僅少である。
- (3). 現行のコンクリート標準示方書等で推奨されている予測式による算定結果は、長期材令下のクリープ係数を過大に予測する。

表-2 コンクリートの特性値

材 令	7日	28日	91日
圧縮強度	24.9	35.4	39.7
ヤング係数	25.8	31.5	34.1

圧縮強度:N/mm², ヤング係数:kN/mm²

表-3 材令6年の特性値

荷重の有無	有	無
ヤング係数 (kN/mm ²)	31.6 31.1 (29.6)(31.0)	31.1 32.9 (30.0)(29.3)
クリープ係数	0.27～0.29	0.32～0.34
ACI値:0.81[1.10]	CEB値:0.80[1.07]	
阪田値:1.13[1.28]	本予測値:0.42[0.45]	

注). 各予測値:200日後と[]内は10000日後

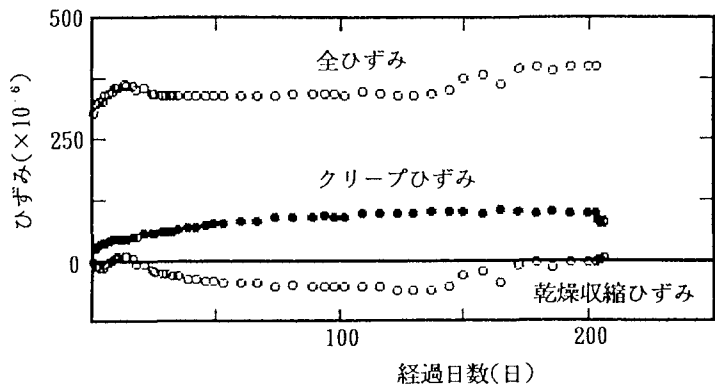


図-2 実測ひずみ-時間曲線