

V-59 コンクリートのクリープに及ぼす載荷時材令の影響

東京大学 正員 ○ 岡村 甫
東京大学 鈴木正治

1. まえがき

我が国においては、プレストレストコンクリートの施工に当って、材令が5日程のごく早期にプレストレスを導入することも行われている。この場合の一つの問題点は、クリープが相当に大きくなることである。クリープ値に及ぼす載荷時材令の影響に関する研究は従来からも行われており、各国のプレストレストコンクリートに関する基準にも採り入れられている。土木学会のP-C指針では、導入時の圧縮強度が最終強度の75%の場合のクリープを1とすれば、それが65%の場合には1.5とすることが推奨されている。最近出された CEB-FIP の基準には、クリープ値と載荷時材令との関係が図-1のように与えられている。同図には Neville によって提案された関係も示してあるが、両者の間のへだたりは特に若材令において著しい。また、国産の早強ポルトランドセメントや最近市販されはじめた超早強ポルトランドセメントは、この国の基になったセメントとは、硬化速度その他が相違しているので(図-2参照)、これらの数値をそのまま我が国のプレストレストコンクリートの場合に適用できないのは当然である。

本文は、市販の早強ならびに超早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートについて行った載荷時材令を種々に変えたクリープ試験の結果に基づいて、コンクリートのクリープに及ぼす載荷時材令の影響を論じたものである。

本研究を実施するに当って、岡村正胤先生より、終始ご親切なご指導ご鞭撻を賜った。ここに、謹んで厚くお礼申し上げる。

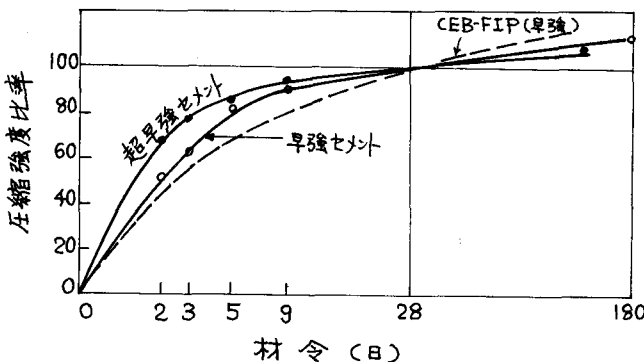


図-2 材令と強度との関係

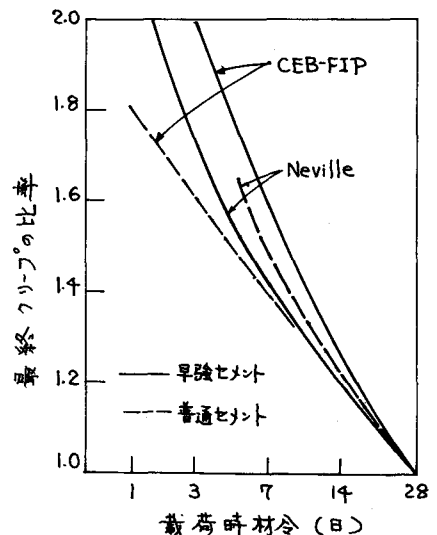


図-1 コンクリートのクリープに及ぼす載荷時材令の影響

2. クリープ試験

クリープ試験の供試体は、 $10 \times 10 \times 42$ cmの角柱供試体であって、材令24時間に脱模し直ちに 21°C 水中に移した。図-3に示すように、2個の供試体を1組とし、中央にはさんだ油圧ジャッキによって、一定の圧力（ 125 kg/cm^2 の応力度に相当）が与えられた。クリープあるいは乾燥収縮のために圧力が下がると、直ちに自動的に油が送られ、一定の圧力に保たれた。

載荷は、材令3日・5日・9日・28日に各2本ずつ行った。クリープ試験用供試体と同数の無載荷の供試体を作り、載荷時には中 10×20 cmの供試体4個の圧縮試験を行った。その結果は、コンクリートの配合と共に表-1に示されている。なお、セメントは早強・超早強ともに日本セメント社製のものである。クリープ試験は、温度 21°C 、相対湿度60%に管理された恒温室で行われた。コンクリート表面のひずみ測定は、ゲージ長20 cmのコンタクトゲージによった。

表-1 実験に用いたコンクリートの性質

セメント	粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比	単位水量 (kg/m^3)	粗骨材率	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 28日(kg/cm^2)	ヤング係数 28日(kg/cm^2)
早強	15	0.45	165	0.40	4.7	2.3	516	351,000
超早強	15	0.45	165	0.40	6.3	2.9	435	324,000

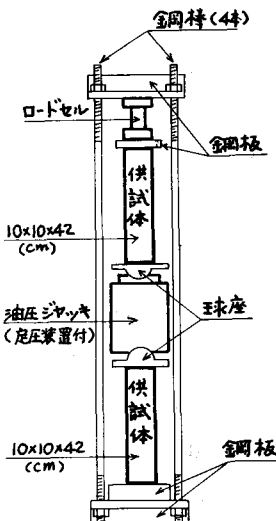


図-3 クリープ試験方法

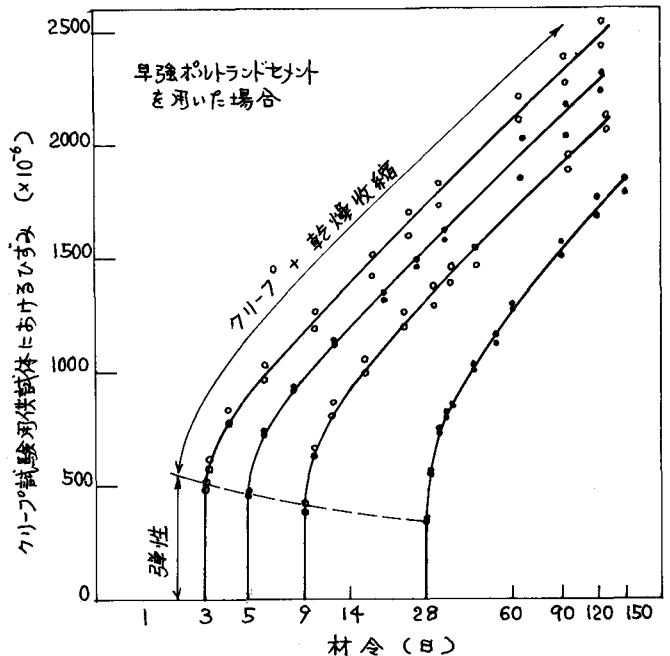


図-4 クリープ試験用供試体におけるひずみ

3. 試験結果および考察

クリープ試験用供試体についてのひずみ測定の結果の一例は図-4に示されている。このひずみから載荷時に生じた弾性ひずみおよび同時に測定した無載荷供試体におけるひずみと差し引いてクリープひずみを求めた。測定は載荷後3ヶ月まで行ったので、載荷期間3ヶ月における各クリープ値を材令28日に載荷した場合と比較した。その結果は図-5に示されている。

図-5から、超早強ポルトランドセメントを用いれば、早期に載荷した場合のクリープ値の増大を、早強ポルトランドセメントを用いた場合よりも相当に小さくできることが読みとれる。これは、主として、超早強セメントを用いると、同じ材令でも若材令における載荷時の強度比率が高いことによるものである。

しかし、載荷時の圧縮強度とクリープ値との関係を示すと、図-6のようになって、強度比が同じ場合でも、超早強セメントを用いる方が、クリープに及ぼす若材令載荷の悪影響が緩和される。これは、クリープ値が載荷時の強度比率だけでなく、載荷中における強度増進の程度によっても影響をうけるからであろう。

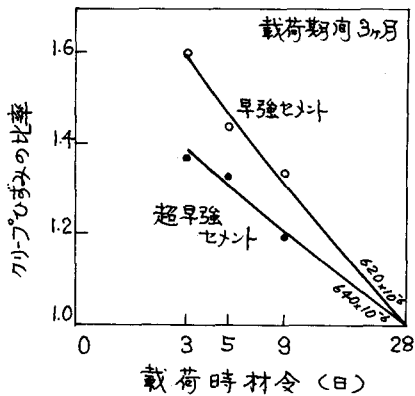


図-5 クリープに及ぼす載荷時材令の影響

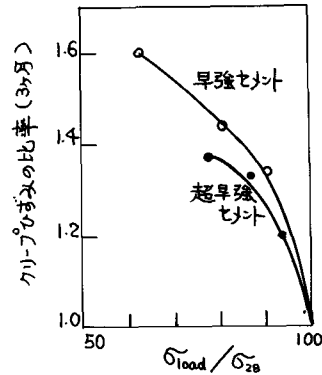


図-6 クリープに及ぼす載荷時強度の影響

図-5に示されている値は、載荷期間3ヶ月の場合のクリープ値の比率であって、最終クリープ値に及ぼす載荷時材令の影響は、載荷期間3ヶ月の場合よりも小さくなるはずである。クリープの進行度はコンクリートの成熟度(maturity)と非常に密接な関係があり、硬化の程度があまり遅延しない状態のもとでは、載荷時材令の相違の影響は減少してくるからである。すなわち、載荷期間が経過するほど載荷時材令のクリープに及ぼす影響が減じるからである(図-7参照)。また、この実験においては、載荷時材令の影響は通常の場合より幾分大きく目にする傾向が重なっている。一つは、この実験に用いた供試体の断面が小さいことである。コンクリートが乾燥していく状態でのクリープの進行は、供試体の断面寸法によって相当に異なり、小さい供試体ほど初期の進行が速い。このため、若材令に載荷した場合の影響は供試体が小さい場合に幾分著しくなるものと考えられる。もう一つは、この実験の供試体は、載荷前だけを水中に保ち、載荷中は湿度60% RHの空中に保たれているので、材令3日に

載荷した供試体と材令28日に載荷した供試体とは、同じ材令のときでも、その硬化の程度に相当の相違が生じていることである。このため、載荷時材令のクリープに及ぼす影響が幾分大き目に出ていると考えられるのである。

一方、すべての供試体を材令の若い時期から乾燥状態におけば、材令28日以降に載荷するような供試体は、乾燥収縮の相当な部分が既に終了している状態で載荷することになり、そのクリープ値は著しく小さくなる。

このように、クリープに及ぼす載荷時材令の影響はきわめて複雑なものであって、実験結果を実際の構造物へ応用する際には、特に慎重な考慮が必要となる。しかし、これまで述べてきたことを考慮に入れておけば、若材令に載荷する場合のクリープ値の劇増しを設計に考慮する際には、図-5あるいは図-6は良い参考となるものと思われる。

図-5に示されている早強ポルトランドセメントに関する値は、図-1の Neville による値や、CEB-FIP による値よりも相当に小さい。この理由の一つは、図-2に示すように実験に用いた早強セメントの硬化速度が諸外国の場合よりも相当に速いことによるものと思われる。

4. まとめ

載荷時材令の相違がプレストレストコンクリートのクリープに及ぼす影響は種々の条件によって異なるので、本実験のような狭い範囲の実験では明確なことは言いがたいが、実験の範囲内で以下のことが云えると思われる。

(1) 国産の早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートにおけるクリープに及ぼす載荷時材令の影響は、CEB-FIP の基準や Neville によるものよりも幾分小さいことが認められた。これは国産の早強ポルトランドセメントの硬化速度が速いことによるものと思われる。

(2) 超早強ポルトランドセメントは更に硬化速度が速く、21℃水中養生でも材令3日で材令28日の強度の80%程度の圧縮強度となり、これを用いたコンクリートでは、クリープに及ぼす載荷時材令の影響が緩和される。例えば、材令3日に載荷された場合の載荷期間3月のクリープ値は、材令28日に載荷された場合の約14倍であった。この値は、早強ポルトランドセメントの場合の両者の比1.6に比して小さく、早期にプレストレスを導入する場合のプレストレスの減少を小さくするためには、超早強ポルトランドセメントの使用は極めて有効な手段となる。

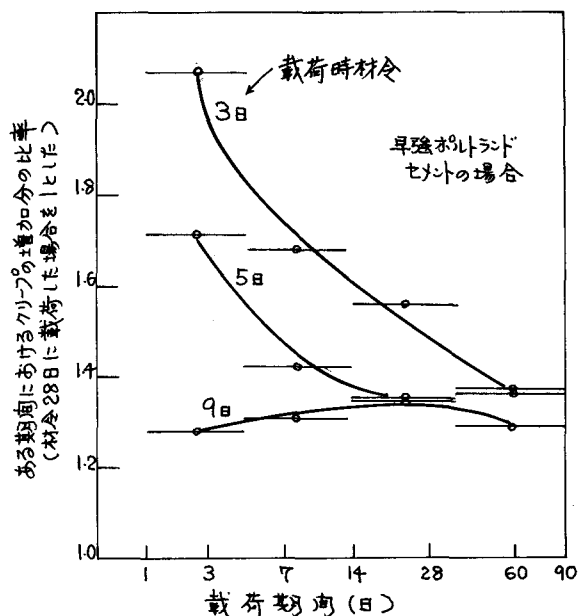


図-7 ある期間におけるクリープの増加分の比率