

若材齢時のクリープ促進がコンクリートの材料特性および PC 梁の曲げ性状に与える影響に関する研究

埼玉大学大学院 正会員 ○浅本 晋吾
 埼玉大学大学院 加藤 恭介
 埼玉大学 今野 友香里
 埼玉大学大学院 正会員 牧 剛史

1. はじめに

著者らは、若材齢時にクリープを促進することで、PC 梁の供用中のプレストレスロスを低減させる技術について検討を行っている。先行報告¹⁾によって、若材齢時にクリープを促進することで、その後の長期クリープを抑制でき、PC 梁の構造性能に与える影響は小さいことを確認した。本研究では、若材齢時に導入する応力のレベルを変化させ、以後のクリープの抑制効果、圧縮・引張強度に与える影響、さらには曲げひび割れなどの曲げ性状に与える影響について総合的に検討することを目的とした。

2. 実験概要

若材齢でのクリープの促進がコンクリートの材料特性に与える影響を検討するため、 $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の円柱供試体に持続応力を与え、クリープさせた後の圧縮・引張強度について検討を行った。コンクリートの配合を表-1 に示す。打設後 1 日で脱型し、 20°C 、湿度 $60 \pm 20\%$ の恒温室に暴露し、持続応力は、材齢 1、7 日に導入し、それぞれ材齢 1、7 日の圧縮強度に対する比で決定した。持続応力の履歴は 2 種類で、材齢 1 日で強度の 20%、7 日で 20% の応力を与えた供試体（以下、20-20 供試体）、材齢 1 日で強度の 30%、7 日で 20% の応力を与えた供試体（30-20 供試体）である。その後、約 3 ヶ月応力を導入し続けた後、除荷し、圧縮試験、直接引張試験を実施した。比較のため、持続応力を導入せず、材齢 1 日より同様の期間乾燥環境に暴露した供試体（0-0 供試体）についても同様の強度試験を行った。結果は、3 体の平均である。

また、若材齢のクリープ促進が PC 梁の曲げ性状に与える影響についても検討を行った。材料実験と同様のコンクリートを用い、 $100 \times 200 \times 1500\text{mm}$ の曲げ破壊先行 PC 梁（図-1）を作製し、材齢 1 日、7 日と二段階でプレストレスを導入した。プレストレス導入応力は、コンクリートの全断面に導入される応力と材齢 1 日、7 日圧縮強度に対する比で決定した。各梁のプレストレス導入条件を表-2 に示す。梁についても打設 1 日後に脱型し、材料試験と同様の恒温室で約 120 日乾燥暴露させた。その後、いずれの梁もプレストレスを一旦徐荷し、導入されたクリープが梁の曲げ性状に与える影響を比較検討するため、すべての梁に同じプレストレス力（60kN）を導入した後、グラウトを注入し、4 点曲げ実験を行った。ひび割れ幅については、等曲げモーメント区間の 400mm において、スターラップ固定用の引張鉄筋である D6 の位置で、マイクロスコブを用いて、適宜曲げひび割れ幅を計測した。

表-1 コンクリートの配合 (kg/m^3)

水セメント比	水	セメント	細骨材	粗骨材
0.4	200	500	605	873

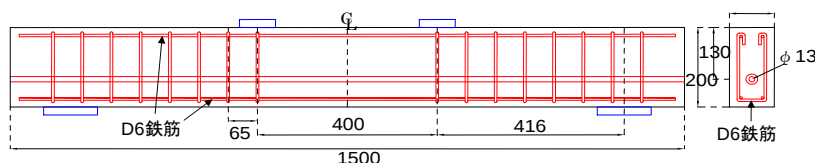


図-1 PC 梁の諸元 (単位: mm)

表-2 各梁の材齢 1 日と 7 日に導入したプレストレス導入応力と圧縮強度の比

梁名	材齢 1 日	材齢 7 日
0-0 梁	0%	0%
0-20 梁	0%	20%
20-20 梁	20%	20%
30-20 梁	30%	20%

キーワード クリープ、圧縮強度、直接引張強度、プレストレストコンクリート、曲げ性状

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学工学部建設工学科建設材料研究室 TEL048-858-3556

表-3 圧縮試験, 直接引張試験結果

供試体名	圧縮強度 (MPa)	圧縮ヤング率 (GPa)	引張強度 (MPa)	引張ヤング率 (GPa)
0-0 供試体	37.70	27.22	3.03	25.6
20-20 供試体	40.62	29.38	3.01	25.01
30-20 供試体	44.07	30.77	3.10	26.83

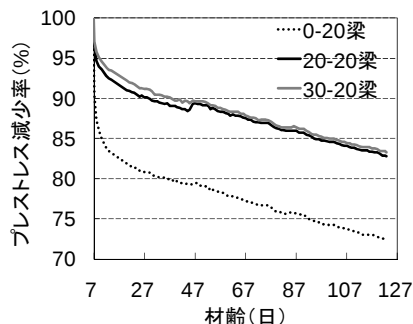


図-2 材齢7日以降のプレストレス減少率

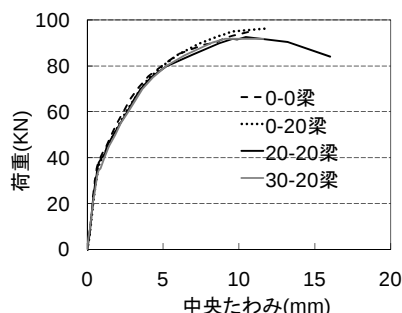


図-3 荷重—中央たわみ関係

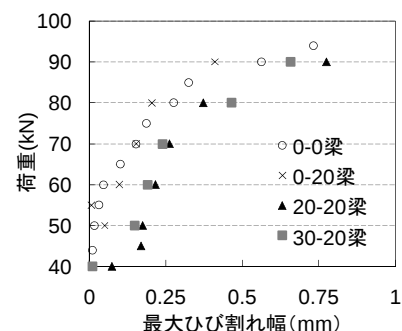


図-4 荷重—最大曲げひび割れ幅の関係

3. 実験結果

表-2 に, 圧縮試験, 直接引張試験の結果を示す. クリープの履歴が全くない 0-0 供試体と比較すると, クリープを促進し, 以後も持続荷重を作用させた 20-20, 30-20 供試体の方が, 圧縮強度・剛性ともに上昇する結果となった. 20-20, 30-20 供試体の圧縮試験結果でそれぞれ比較すると, 材齢1日でより大きな強度の30%の応力を導入した 30-20 供試体の方が, 20-20 供試体より圧縮強度, 剛性ともに大きくなった. これはクリープの進行によって微細空隙中の水分が滲出し, その分空隙が緻密化したことが原因として考えられる. 引張強度に関しては, クリープの履歴の有無で強度・剛性の相違は微量であり, クリープが引張強度・剛性へ与える影響は明確には確認できなかった.

図-2 にプレストレスを与えた PC 梁の材齢7日以降のプレストレスの減少率を示す. 既往の研究¹⁾でも示したように, 若材齢時にクリープを促進させた 20-20, 30-20 梁は, プレストレスを再導入した7日以降のクリープが7日で初めてプレストレスを導入した 0-20 梁に比べ小さくなるため, プレストレスの減少率は小さい. 若干ではあるが, 若材齢により大きなプレストレスを導入した 30-20 梁の方がプレストレスの減少率は 20-20 梁より小さく, 弾性域の範囲内でクリープを大きく促進させた方が以後のクリープ抑制効果は大きいことが示唆された.

持続荷重後の曲げ載荷実験の結果を図-3 に示す. ひび割れ発生荷重, 終局荷重ともに, クリープの履歴によって相違は見られず, クリープ促進がひび割れ発生荷重, 終局耐力に与える影響は小さいと考えられる. 材料試験の結果からも, クリープの促進がコンクリートの圧縮強度, 引張強度にさほど悪影響を与えないことが示されており, 部材レベルにおいてもクリープ促進が PC 梁の常時, 終局性能に与える影響は小さいことが確認された. しかしながら, 図-4 に示すように, 若材齢でのクリープ促進を施さなかった 0-0, 0-20 梁に比べ, クリープを促進した 20-20, 30-20 梁の方が等曲げモーメント区間内の最大ひび割れ幅は大きくなった(図-4). これは, クリープの進展によって, 細い鉄筋ではあるが, 引張鉄筋の D6 とコンクリートの付着応力が緩和したためであると推測している. より詳細に現象を把握するためにも PRC 梁などで今後検討を行う予定である.

4. まとめ

本研究の成果をまとめると, 以下のようになる.

- ・ 若材齢時に弾性域内で大きな応力を導入した方が, その後のプレストレス減少率は抑制された.
- ・ クリープを促進したコンクリートは, 無荷重の供試体に比べ, 圧縮強度・剛性ともに上昇することが分かった.
- ・ 若材齢時のクリープ促進が, PC 梁のひびわれ発生荷重, 終局耐力に与える影響は小さいが, ひび割れ発生後の曲げひび割れ幅を増大させる可能性はあることが分かった.

参考文献

- 1) 加藤恭介, 浅本晋吾: 若材齢にクリープを促進させた PC 梁のプレストレス減少抑制と構造性能評価, 土木学会第64回年次学術講演会講演概要集 V, pp.449-450, 2009