

プロジェクト名：若材齢時のクリープの促進がコンクリートの材料特性、構造応答に与える影響評価  
 プロジェクト代表者：浅本 晋吾（理工学研究科・助教）

## 1. 研究目的

コンクリートは、弾性域を超えるような大きな持続変形（以下、クリープ）を呈し、その抑制は工学上非常に重要と言える。そこで、クリープが大きくなる材齢初期にプレストレスを導入しクリープを意図的に促進させた後、PC 鋼材を再緊張することで、PC 構造物供用中のクリープによるプレストレス減少を抑制し、長期に渡って所要の構造性能を保持する技術の開発に着目した。昨年度までの研究<sup>1)</sup>で、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、 $20^\circ\text{C}$ 、湿度 $60 \pm 20\%$ の恒温室に乾燥暴露し、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روسコープを用いて、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 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

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

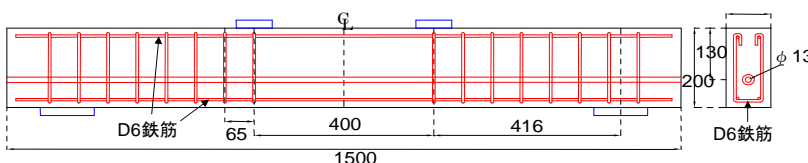


図-1 PC梁の諸元 (単位: mm)

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%

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

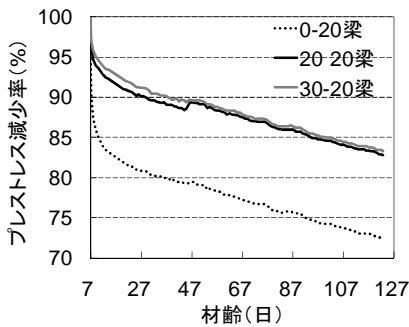


図-2 材齢7日以降のプレストレス減少率

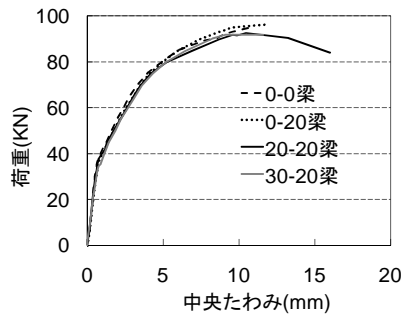


図-3 荷重—中央たわみ関係

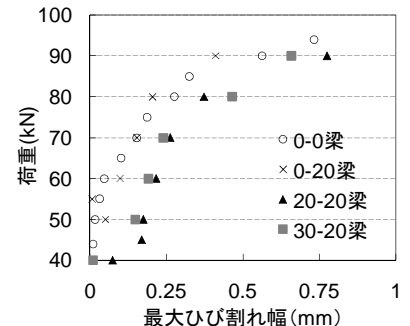


図-4 荷重—最大曲げびび割れ幅の関係

### 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細孔中の水分が滲出し, その分細孔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<sup>1)</sup>でも示したように, 若材齢時にクリープを促進させ, 材齢7日でプレストレスを再導入した 20-20, 30-20 梁の7日以降のクリープは, 材齢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.

持続載荷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. 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, 鉄筋量が多く付着応力の影響がより大きい PRC 梁などで今後検討を行う予定である.

### 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