

毛細管張力がコンクリートの若材齢引張クリープにおよぼす影響

広島工業大学大学院 ○平上 修史
 広島工業大学工学部 米倉 亜州夫
 広島工業大学工学部 伊藤 秀敏

1. まえがき

高強度コンクリートは単位セメント量が多いため、自己収縮が大きく、水和熱による温度応力が大きくなることから、拘束されたコンクリート部材にひび割れが生じることがある。自己収縮、乾燥収縮およびクリープは、セメント硬化体の細孔構造や水分移動に大きく影響され、乾燥収縮およびクリープは環境条件に影響される。そこで本研究では環境条件（乾燥、封緘、水中）を変化させた場合の引張クリープ挙動について、従来の重ね合わせの原理による方法と毛細管張力による応力を考慮して算出する方法とを比較して、コンクリートの環境条件が若材齢時における引張クリープにおよぼす影響について検討した。また、モルタルおよびコンクリートに関する体積変化の駆動力が毛細管張力説に基づいて説明される場合が多いため、 $4 \times 4 \text{ cm}$ I 型角柱モルタル供試体を剛性フレームに固定し、その後生じる収縮を拘束して、その時に生じる収縮力から毛細管張力による応力を算出した。

2. 実験概要

本研究で使用したコンクリートおよびモルタルの配合を表1に示す。

表1 コンクリートおよびモルタルの配合

配合	W/C(%)	単位量(kg/m^3)			
		水	セメント	細骨材	粗骨材
C25	25	170	680	578	965
M30	30	200	666	1332	—

C25 は、 $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ コンクリート角柱供試体の引張クリープ試験に用いた配合で、M30 はモルタル拘束供試体で用いた配合である。セメントは普通ポルトランドセメント（密度： $3.15 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，比表面積： $3270 \text{ cm}^2/\text{g}$ ）を使用した。細骨材は砕砂（密度： $2.68 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，吸水率： 1.76% ，FM3.13）を，粗骨材は碎石を使用した。高性能 AE 減水剤は，ポリカルボン酸塩系のものを用いた。引張クリープ試験供試体のひずみ変化は中央中心部の埋め込みゲージにてひずみの経時変化の測定を行った。

引張クリープ試験装置は、てこ式（てこ比 1 : 15）のものを用いた。引張クリープ試験の環境条件を表2に示す。

表2 引張クリープ試験の環境条件

試験条件	適 用
乾燥	温度 20°C 湿度 50% 無処理
封緘	温度 20°C 供試体全面にアルミ箔を張り養生
水中	水温 20°C 水中において養生

引張クリープ試験開始材齢は3日とし、载荷は14日間行った。応力強度比は0.3および0.5である。

モルタル拘束供試体の拘束状況を図1に示す。

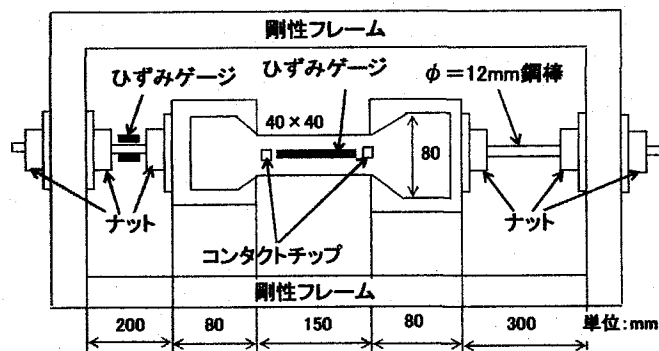


図1 モルタル拘束供試体の設置

3. 試験結果および考察

図2はコンクリート打込み直後からのひずみの経時変化を示したものである。载荷供試体においては引張力载荷による弾性ひずみ発生後、引張応力を作用しているにも関わらず収縮の現象を示している。これは毛細管張力による応力が作用しているためと考えられる。

図3は重ね合わせの原理（载荷供試体ひずみー無载荷供試体ひずみ）より求めた引張クリープを载荷引張応力で除し、単位引張クリープに換算して示したものである。単位引張クリープは大きい方から順に乾燥、封緘、水中の順になった¹⁾。これは環境条件の相違がクリープ挙動に大きな影響をおよぼしていることを示唆している。重ね合わせの原理で求めた単位引張クリープは毛細管張力による応力を考慮しておらず、载荷応力のみで計算しているため各環境下で差が生じ

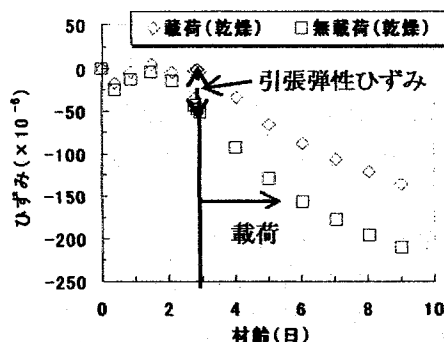


図2 打設直後からのひずみ変化 (C25)

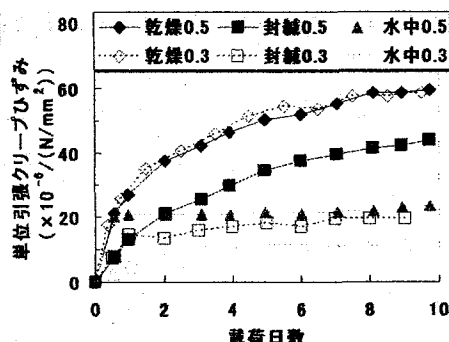


図3 単位引張クリープ (C25)

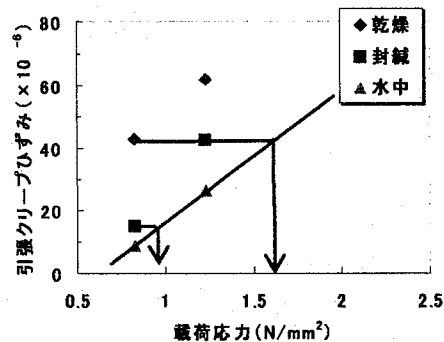


図4 載荷後5日のクリープひずみ (C25)

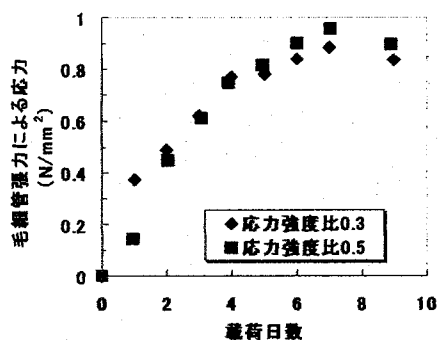


図5 毛細管張力による応力 (C25)

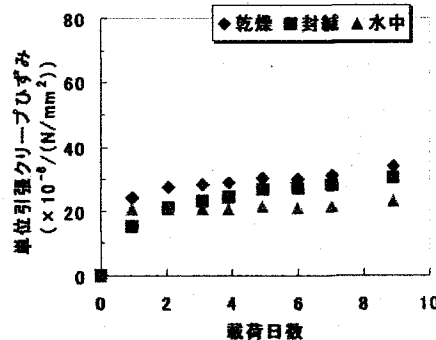


図6 毛細管張力による応力を考慮した単位引張クリープ (C25)

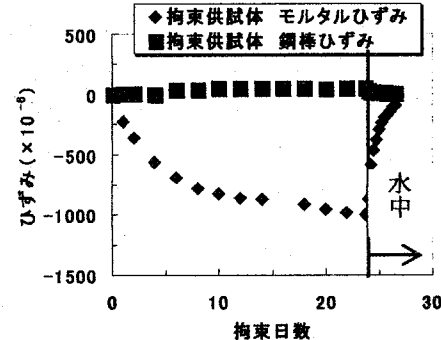


図7 拘束後ひずみ (M30)

たものとする。

ここで毛細管張力による応力を次のような仮定に基づいて算出した。①水中クリープを基本クリープとして、クリープひずみは載荷応力に比例する②乾燥環境下と水中環境下の差を毛細管張力による応力によるものとする。図4は載荷材齢5日における応力強度比0.3および0.5のクリープひずみを示したものである。この図より載荷応力 0.83N/mm^2 と 1.23N/mm^2 の水中環境下のクリープひずみの値に比例関係の直線を描き、乾燥および封緘環境下のクリープひずみと基本クリープとの差の値から毛細管張力による応力を算定した。

図5は図4の関係から算出した応力強度比0.3および0.5の場合の毛細管張力による応力の値である。応力強度比0.3および0.5の毛細管張力による応力は、同一載荷日数においてほぼ同等の値となった。

図6は応力強度比0.5の場合で、クリープひずみを載荷応力と毛細管張力による応力の和で除した単位引張クリープを示したものである。図3に示す単位引張クリープの値は基本クリープである水中環境下の値にすべて近づく結果となった。このことは応力強度比0.3の場合でも確認されている。

図7は図1に示したモルタル拘束供試体のモルタルおよび鋼棒のひずみの経時変化を示したものである。材齢8日の値を用いてモルタルに生じている引張応力の値を鋼棒のひずみから計算すると約 0.75N/mm^2 になった。この値が図5に示す毛細管張力による応力の値とほぼ同等になったことより、計算値の妥当性が実証できたと思われる。図7において、供試体を拘束日数23日目に拘束したまま、十分水を含んだ布で覆った後のひずみ変化を示している。これは細孔が水で満たされたためメニスカスが消滅し、毛細管張力が無くなり、弾性回復を生じたためと思われる。

4. 結論

載荷引張応力と毛細管張力による応力を考慮した単位引張クリープは各環境下に関わらず基本クリープにほぼ一致することが確認できた。

5. 参考文献

- 1) 平上修史ら：収縮応力が若材齢高強度コンクリートの引張クリープに及ぼす影響、第59回セメント技術大会講演要旨 pp.178-179(2005)