

温度履歴を受ける若材齢コンクリートのクリープに関する研究

名古屋工業大学

学生員

本庄 謙太

学生員

伊藤 真佑

正会員

糸山 豊

正会員

上原 匠

正会員

梅原 秀哲

1. はじめに

コンクリート構造物の温度ひび割れを制御するためには、温度応力を精度良く予測することが重要である。しかし、クリープによって応力が緩和されるため、若材齢時のクリープ機構を解明する必要がある。そこで、本研究ではセメントの水和に対して影響が大きい温度に着目して、試験中の温度を変化させたコンクリートの圧縮および引張クリープ試験を行い、温度履歴がクリープに及ぼす影響についての検討を行った。また、除荷後の回復ひずみ挙動に与える温度の影響についても検討を行った。

2. 実験概要

表-1 に実験で用いたコンクリートの示方配合を示す。スランプが $8.0 \pm 1.0\text{cm}$ 、空気量が $4.0 \pm 0.5\%$ となるように各シリーズにおいて混和剤を適宜添加した。

図-1 にクリープ試験における応力および温度履歴を示す。載荷応力は、応力強度比（載荷応力/載荷時における強度）を用いて決定しており、クリープ試験用供試体と同じ温度履歴を与えた供試体の物性試験結果より算出した。本試験では応力強度比を圧縮クリープ試験 10%、引張クリープ試験 40%とした。載荷開始材齢 2 日、載荷期間 5 日間、除荷期間 3 日間とした。試験温度については、30℃、50℃、70℃の 3 水準設定した。養生温度および載荷温度は一定とし、除荷後の温度をそれまでの載荷温度と同一か、降下させる温度履歴を与えて、これらを組み合わせた計 6 シリーズについて試験を行った。クリープ試験中の湿度は全期間を通じて 98%一定とした。以下、シリーズ名を C：圧縮クリープ、T：引張クリープとし、養生・載荷温度（℃）－除荷後の温度（℃）で表す。

3. 試験結果

3.1 養生温度および載荷温度の影響

図-2 に圧縮クリープ試験における単位クリープひずみを、図-3 に引張クリープ試験における単位クリープひずみを有効材齢で表したものを示す。ここで単位クリープひずみとは単位載荷応力あたりのクリープひずみのことであり、有効材齢とは 20℃を基準として温度履歴の影響を考慮した材齢である。図-2 より、養生および載荷温度が高いシリーズほど単位クリープひずみが小さくなり、各シリーズに温度の影響が顕著に表れている。温度変化がクリープに影響を与える要因には、①温度の上昇によって水和が促進されクリープが抑制される要因、②高温下では内部エネルギーが活発となりクリープが促進される要因の二つが考えられるが、今回の実験では①の要因が大きく影響したと思われる。図-3 より、養生および載荷温度が 70℃のシリーズの単位クリープひずみが小さくクリープが抑制され

表-1 示方配合

Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
				W	C	S	G
8.0 ±1.0	4.0 ±0.5	47.5	44.6	172	362	769	1015

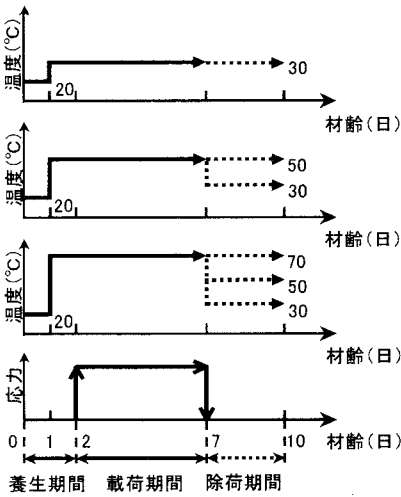


図-1 クリープ試験における応力および温度履歴

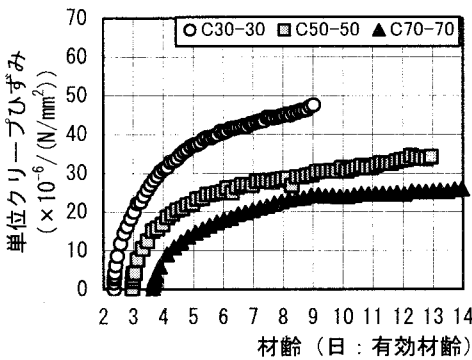


図-2 圧縮単位クリープひずみ

ているが、各シリーズにおいて圧縮クリープほどの顕著な差は見られない。また、圧縮クリープと比べて引張クリープは単位クリープが大きい。これは、引張クリープでは低レベルの応力においてマイクロクラックが発生するため、単位クリープが大きくなったと考えられる。

3.2 試験中の温度が一定の場合の単位回復ひずみ

図-4 に圧縮クリープ試験における載荷時と除荷時の温度が一定のシリーズの単位回復ひずみを示す。同様に図-5 に引張クリープ試験における単位回復ひずみを示す。ここで単位回復ひずみとは回復ひずみを載荷した応力で除した値である。図-4 より、高温シリーズの単位回復ひずみの値が小さい。図-5 よりシリーズ T30-30 の単位回復ひずみが一番大きい値を示すが、T50-50、T70-70 の単位回復ひずみ挙動に差がなく、温度の影響が見られない。

3.3 除荷時に温度降下する場合の単位回復ひずみ

シリーズ C50-30、T50-30 については除荷を行う際の工程が他のシリーズとは異なり、除荷時弾性ひずみやその後のひずみの計測に影響を及ぼしたと考えられるため、回復ひずみの検討から除外した。図-6 に圧縮クリープ試験における除荷後に温度降下するシリーズの単位回復ひずみを示す。同様に図-7 に引張クリープ試験における単位回復ひずみを示す。図-6 より、一定温度のシリーズ C70-70 に比べて除荷時に温度を降下させたシリーズ C70-50、C70-30 では除荷直後の回復ひずみの伸びが大きくなっているが、除荷時の温度の違いと単位回復ひずみの間に相関関係は認められない。またシリーズ全体についてひずみ挙動の収束が早く、シリーズ C70-50、C70-30 については除荷後 0.5 日でひずみ挙動がほぼ収束していることがわかる。これは、各シリーズにおいて除荷開始時の材齢 7 日まで 70℃ という高温で養生後、載荷を行っており、コンクリートの水和が促進され強度発現が著しいため、除荷時の温度の違いによる影響は小さく、ひずみが収束するのが早くなったと考えられる。また、図-7 より、引張クリープの単位回復ひずみは小さく、除荷時の温度の違いと単位回復ひずみの間に相関関係は認められない。これは、圧縮クリープと同様に除荷開始の時点では、既にコンクリートの強度が発現した状態にあり、除荷時の温度の影響が小さくなったものと考えられる。

4. まとめ

若材齢コンクリートのクリープには、温度上昇によって水和が促進し強度が発現することでクリープが抑制される要因と、逆に高温下では内部エネルギーが活発となりクリープが促進される要因が挙げられるが、本研究においては前者の影響が顕著に表れ、高温履歴を受けたシリーズではクリープが抑制される結果となった。また、除荷期間中の単位回復ひずみに与える温度の影響は顕著に認められなかった。

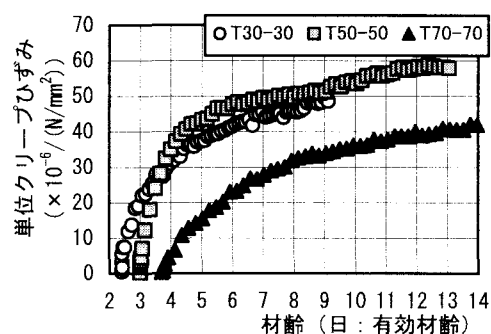


図-3 引張単位クリープひずみ

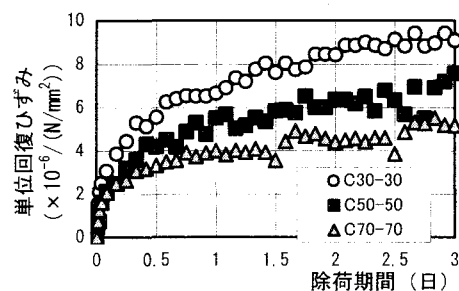


図-4 圧縮単位回復ひずみ
(全期間温度一定シリーズ)

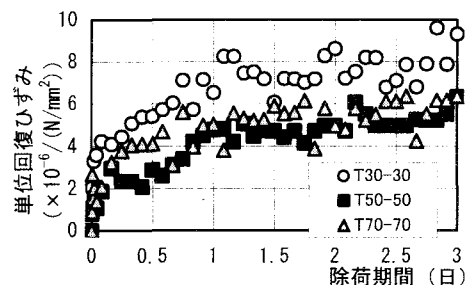


図-5 引張単位回復ひずみ
(全期間温度一定シリーズ)

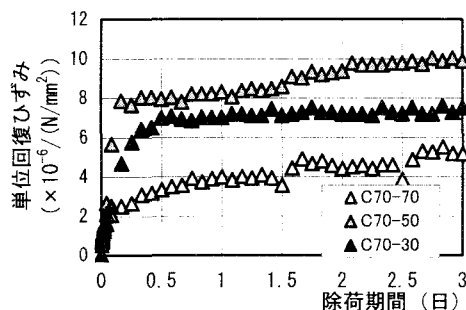


図-6 圧縮単位回復ひずみ
(70℃一定シリーズ)

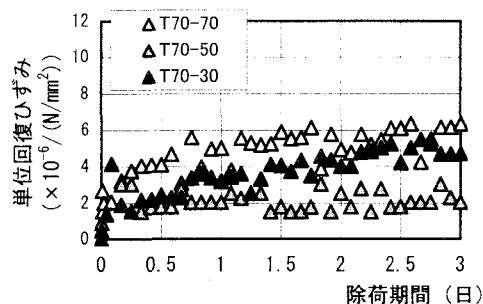


図-7 引張単位回復ひずみ
(70℃一定シリーズ)