

V-46

高強度コンクリートの強度およびクリープ特性に及ぼす水和発熱の影響

室蘭工業大学 正 員 菅田 紀之

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の大型化、高耐久化に伴い、使用されるコンクリートには高性能化・高機能化が要求されてきている。そのため、高強度、高耐久、高流動などの特性を持つ高性能コンクリートの研究が進められている。著者も、圧縮強度が 80 N/mm²を超える高強度コンクリートの研究として、疲労特性¹⁾、長期クリープ・乾燥収縮特性²⁾、強度に及ぼす粗骨材品質の影響³⁾に関する検討を行ってきた。また、強度が 80 N/mm²を超えるような高強度コンクリートを構造部材に用いると、水和発熱によりコンクリート温度が打込み後 1 日程度で 70℃から 90℃にも達するという報告がある⁴⁾。コンクリートがこのような温度履歴を受けた場合、圧縮強度等の特性が標準的に養生されたものと比べると異なることが予想される。

そこで、高強度コンクリートの強度およびクリープ特性に及ぼす水和発熱の影響を明らかにすることを目的として、水和発熱による温度変化を模擬した温度履歴をコンクリートに与え、圧縮強度試験およびクリープ試験を行い検討した。

2. 試験概要

表-1 コンクリートの配合

2.1 コンクリート

実験に用いたコンクリートの目標空気量は 2%とし、コンクリートの配合は表-1 のようにした。表に示すように 3 種類の水結合材比 (W/B)を採用し、コンクリートを製作した。使用した材料を表-2に示す。結合材には普通ポルトランドセメントおよびシリカフューム、混和剤にはポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を用いた。フレッシュコンクリートのスランプフローは 45 cm から 67 cm、空気量は 1.2%から 3.0%であった。強度試験およびクリープ試験に用いた供試体は直径 10 cm で高さ 20 cm の円柱供試体である。

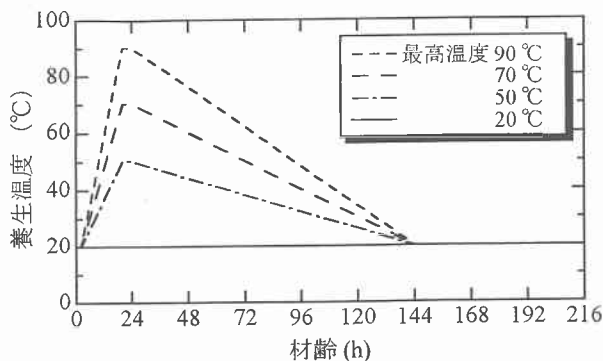
W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	C	SF	S	G	SP
30	41.7	140	420	47	788	1066	4.68
25			504	56	754	1019	7.28
20			630	70	700	947	10.25

表-2 使用材料

材 料	特性等
セメント (C)	普通ポルトランドセメント 比重： 3.15
シリカフューム (SF)	比表面積： 230,000 cm ² /g 比重： 2.2
細骨材 (S)	陸砂 表乾比重： 2.74
粗骨材 (G)	碎石 2005 表乾比重： 2.65
高性能 AE 減水材 (SP)	ポリカルボン酸系

2.2 温度履歴

コンクリートに与える温度履歴は、文献 4)等を参考にして図-1 に示すようにした。最高温度はコンクリートの練混ぜ 20 時間後において、20℃、50℃、70℃、90℃の 4 種類としている。この温度履歴は、コンクリートを型枠へ打込ん



図ー1 温度履歴

だ後、封緘状態で与えた。封緘状態は各試験開始時まで維持した。
 なお、強度の基準値を求めるため、各実験ケースの3本の供試体
 については、20℃で24時間封緘養生した後、20℃の水中で養生
 を行った。

2.2 クリープ試験方法

本研究において用いたクリープ試験装置は、図ー2に示すよう
 なコイルスプリング式のものである。コイルスプリングの諸元を
 表ー2に示す。コイルスプリングはクロムバナジウム鋼 (SUP10)
 であり、直径は70 mm、コイル外径は370 mmである。試験装
 置の設計荷重は170 kNであり、そのときのたわみは61 mmとな
 る。荷重の載荷は3本の鋼棒 (S45C、直径24 mm) および加圧版
 (SM490) により行った。試験装置は、球座付加圧版 (S45C) を
 介して2本の円柱供試体を直列に配置できるようになっている。

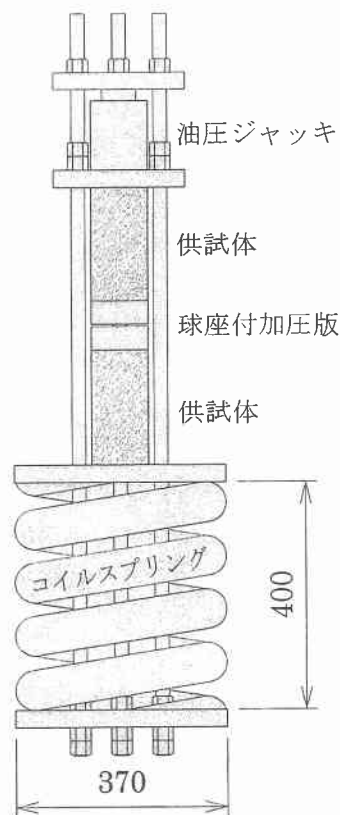
コンクリートのクリープ試験は、温度20℃、相対湿度70%に
 制御された恒温恒湿室内において行った。載荷時の材齢は7日と
 し、載荷期間も7日とした。コンクリートに作用させた応力は7
 日圧縮強度の20%に設定し、試験期間中のひずみ変化を埋込みゲ
 ージにより測定した。

3. 試験結果および考察

3.1 圧縮強度試験結果

24時間封緘養生後、材齢28日まで20℃の水中で養生を行った
 コンクリート圧縮強度は、練混ぜバッチにより若干のばらつきが
 あったが、水結合材比20%、25%、30%に対して平均でそれぞれ
 102.3 N/mm²、79.9 N/mm²、68.7 N/mm²であった。

図ー3から5は、封緘状態において温度履歴を与えたコンクリートの材齢7日および28日の圧縮強
 度を示している。各ケースにおいて強度のばらつきがあるため、圧縮強度は24時間封緘養生後、材齢
 28日まで20℃の水中養生を行ったコンクリートの圧縮強度に対する比で示している。水結合材比が



図ー2 クリープ試験装置

表ー2 コイルスプリング

材 質	SUP10
直 径	70 mm
コイル内径	230 mm
コイル外径	370 mm
巻き数	4.6
自由高さ	400 mm
密着高さ	322 mm
ばね定数	2.8 kN/mm
設計荷重	170 kN
たわみ	61 mm

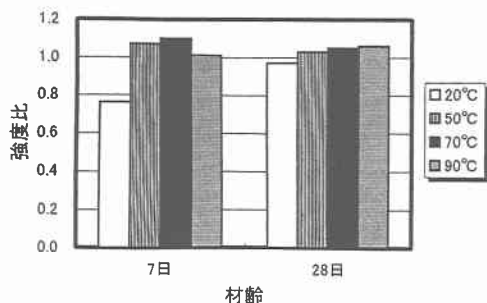


図-3 W/B = 20 %の圧縮強度

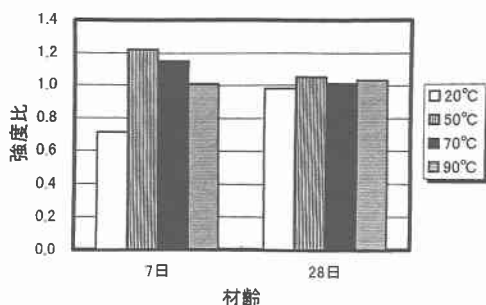


図-4 W/B = 25 %の圧縮強度

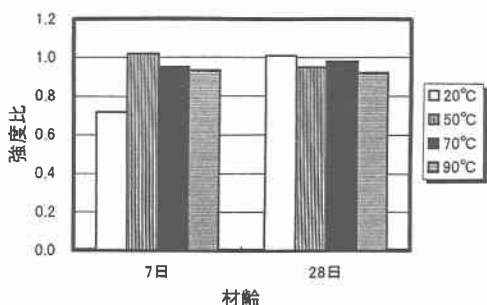


図-5 W/B = 30 %の圧縮強度

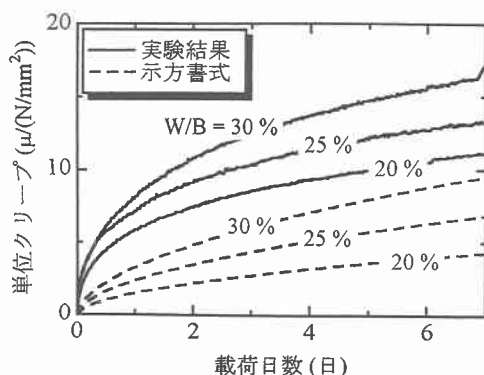


図-6 20°Cで7日間封緘養生したコンクリートの単位クリープ

20 %および 25 %のケースでは、材齢 7 日、28 日ともに 50°C 以上の高温履歴を与えた場合に、強度が大きくなっていることがわかる。水結合材比が 30 %のケースでは、50°C 以上の高温履歴を与えると材齢 7 日において強度が大きくなっているが、材齢 28 日においてはその反対になっている。強度に与える温度差の影響は、材齢 7 日において大きい、材齢 28 日においては小さくなっていることがわかる。また、50°C 以上の高温履歴を与えると、材齢 7 日から 28 日の間に強度増加がほとんどないことがわかる。

3.2 クリープ試験結果

図-6 は、20°C 一定で 7 日間封緘養生を行ったコンクリートの単位クリープの変化を示している。また、コンクリート標準示方書の予測式⁵⁾の結果も合わせて示している。図より、水結合材比が大きいほどクリープが大きくなっていることが分かる。また、実験結果と予測式を比較すると実験値は予測値よりも大きくなっている。載荷日数 7 日における実験値は、水結合材比 30 %において予測値の約 1.7 倍、水結合材比 25 %において約 2 倍、水結合材比 20 %において約 2.5 倍なっており、水結合材比が小さいほどその比率が大きくなっている。また、載荷日数 3 日程度までのグラフの傾きが、実験値と予測値の間で異なっていることもわかる。

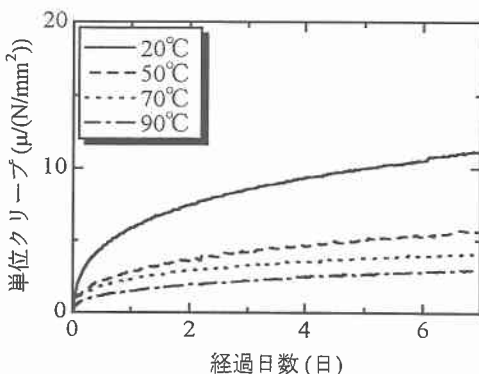


図-7 W/B = 20 %の場合の単位クリープ

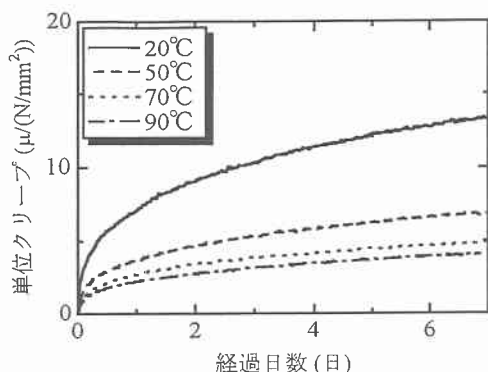


図-8 W/B = 25 % の場合の単位クリープ

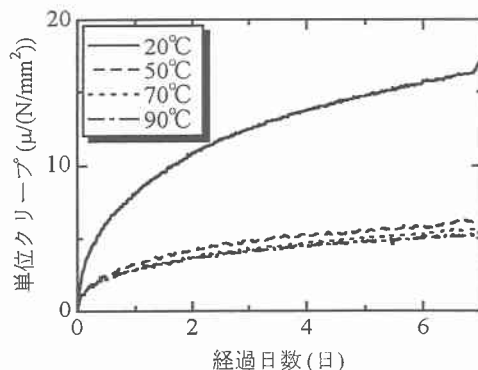


図-9 W/B = 30 % の場合の単位クリープ

図-7から9は、温度履歴を与えたコンクリートの単位クリープの変化を示している。全ての水結合材比において、最高温度が高いほどクリープが小さくなっている。20°Cで封緘養生した結果と50°C以上の高温履歴を与えた結果を比較すると、水結合材比が20%および25%のケースでは、高温履歴を与えるとクリープが1/2から1/3程度に、水結合材比が30%のケースでは、1/3程度に小さくなっていることがわかる。また、最高温度が50°C以上の場合におけるクリープをみると、水結合材比30%ではクリープに与える温度の影響が少ないことがわかる。

4. ま と め

温度履歴を受けた高強度コンクリートの強度発現およびクリープ試験の結果から、次のようなことが明らかになった。

- 1) 最高温度50°C以上の温度履歴を与えると、材齢7日から材齢28程度までの圧縮強度の増加はほとんどない。
- 2) 最高温度50°C以上の温度履歴を与えると、材齢7日の強度は大きくなるが、28日に於ける強度は、水結合材比が30%の場合に小さくなる。
- 3) 20°Cで封緘養生を行ったコンクリートの材齢7日からのクリープは、土木学会コンクリート標準示方書の式によって予測できない。
- 4) 最高温度50°C以上の温度履歴を与えると、クリープは大幅に小さくなる。また、最高温度が高いほどクリープは小さい。

参 考 文 献

- 1) 菅田紀之・尾崎諤・水吐則行：高炉スラグ微粉末を用いた高強度コンクリートの疲労特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17, No.1, pp.1067～1072, 1995.
- 2) 尾崎諤・菅田紀之：コンクリートの長期クリープ及び乾燥収縮試験，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20, No.2, pp.685～690, 1998.
- 3) 尾崎諤・菅田紀之：高強度コンクリートの強度に及ぼす粗骨材品質の影響について，土木学会第53回年次学術講演会講演概要集，第V部，pp.140～141, 1998.
- 4) 陣内浩・黒羽健嗣・並木哲・後藤和正：超高強度コンクリートによる柱構造体の強度発現性状の検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.16, No.1, pp.255～260, 1994.
- 5) 土木学会：コンクリート標準示方書（平成8年版）設計編，土木学会，pp.26～33, 1996.