

## 温度環境の違いが水中不分離性コンクリートの強度と細孔構造に与える影響

鹿島建設(株) 正会員 ○山野泰明 取違 剛 向 俊成 中嶋翔平 瀬尾昭治  
原子力発電環境整備機構 國丸貴紀 西尾 光

### 1. はじめに

著者らは、放射性廃棄物処理事業における調査ボーリング孔の閉塞に係る検討を行っている。ボーリング孔の閉塞においては、処分した放射性核種がボーリング孔を通じて地上に漏洩しないようにするため、透水性の低いベントナイト系材料を充填し、さらにベントナイトの膨潤による透水性の変化を抑えるため、セメント系材料や金属プラグでベントナイトを抑える施工方法が検討されている。ボーリング孔は地下深度 1,000m という環境が想定されるため、圧力や温度が通常の水中とは異なる環境でセメント系材料を施工しなければならない。そこで本検討では、実施工を想定し、水中不分離性コンクリートを異なる温度 (20℃, 40℃, 60℃, 80℃) の水中に打設し、養生温度が圧縮強度と細孔構造に与える影響を検討した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 材料と配合

本検討では、普通ポルトランドセメントを使用し、一般的な水中不分離性コンクリートに用いられる水溶性セルロースエーテル系水中不分離性混和剤とメラミンスルホン酸系の水中不分離性コンクリート用流動化剤を添加したコンクリートを使用した。配合を表-1に示す。

スランプフロー45cm, 空気量 3.5%とし、コンクリートの練上がり温度は20℃とした。

#### 2.2 供試体作製方法

φ100mm×h200mm の供試体の作製は、JSCE-F504<sup>1)</sup>を参考に実施した。通常の手順では水中にてコンクリートを型枠に打ち込んだ後、供試体を取り出して1日静置し、その後、脱型して20℃の水中で養生を行う。しかし、実際に想定されるボーリング孔内の打設環境を想定して、供試体作製時に用いる水槽内の水の温度を各温度 (20℃, 40℃, 60℃, 80℃) とした。同温度の水中にて型枠内にコンクリートを打ち込んだ後、水中から取り出さずに脱型しないままで、水槽ごと各温度に調整した恒温槽に入れて養生した。試験時には供試体にひび割れが生じないように20℃程度まで徐冷した。

#### 2.3 測定項目

材齢7, 28, 91日においてJIS A 1108に準拠して圧縮強度を測定した。また、水銀圧入式ポロシメータにて空隙率と細孔径分布を測定した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 圧縮強度と空隙率

材齢と圧縮強度の関係を図-1に示す。20℃養生の圧縮強度は、材齢7日から28日で大きく増加し、その後の増加は緩やかであった。40℃養生の圧縮強度は、材齢7日では20℃養生に比べて大きかったが、その後の強度増加は緩やかで材齢91日では20℃養生より

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					
			水	普通セメント	細骨材	粗骨材	水中不分離性混和剤	流動化剤*
50.0	45.0	3.5	227	470	612	924	2.12	8.0

セメント密度:3.16g/cm<sup>3</sup> [表乾密度] 細骨材:2.64 g/cm<sup>3</sup> 粗骨材:2.65 g/cm<sup>3</sup>  
\*流動化剤は水の一部として計量

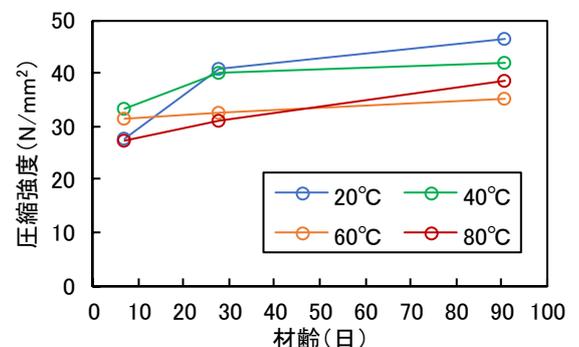


図-1 各温度における圧縮強度

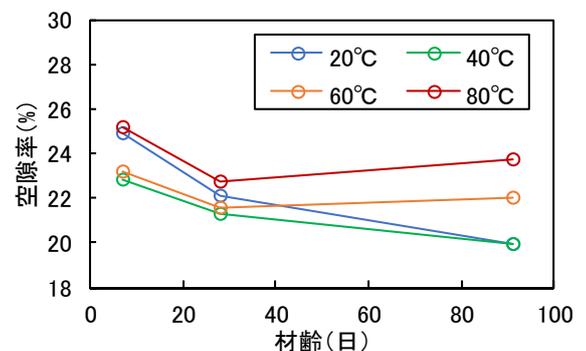


図-2 各温度における空隙率

キーワード：水中不分離コンクリート, 高温, 養生温度, 圧縮強度, 細孔径

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6760

小さかった。これは一般的なコンクリートと同様の傾向である。一方で、60℃養生の圧縮強度は、材齢7日以降の増加がほぼ見られず、材齢91日では20℃養生や40℃養生に比べて小さくなった。また、80℃養生の圧縮強度は、材齢7日では他の温度条件に比べて最も小さかったものの、材齢の経過とともに徐々に増加し、材齢91日では60℃養生よりも大きくなった。

次に、材齢と空隙率の関係を図-2に示す。20℃養生と40℃養生の空隙率は材齢91日まで徐々に減少した。これは、圧縮強度と同様の傾向である。一方、60℃養生と80℃養生では、材齢28日以降に空隙率が増加し、20℃養生、40℃養生とは異なる傾向を示した。そこで、空隙率と圧縮強度の関係を整理した結果を図-3に示す。20℃養生と40℃養生に関しては空隙率と圧縮強度が高い相関を示した。一方、60℃養生と80℃養生については、材齢28日から91日にかけて空隙率が増加したにもかかわらず、圧縮強度が増加した。坂部ら<sup>2)</sup>は、普通ポルトランドセメントペーストを80℃で養生すると、20℃のものに比べて空隙率は大きくなること、また、その原因は高温影響によるエトリンガイトのモノサルフェートへの変化であることを報告している。本試験で対象とした水中不分離性コンクリートも同様に、高温の影響によって水和生成物が変化し、空隙率や圧縮強度の経時変化に影響を与えたと考えられる。

### 3.2 細孔構造

各温度条件における各材齢の細孔径分布を図-4に示す。20℃養生と40℃養生においては、材齢の経過とともに細孔径が小さい方に移行しており、一般的なコンクリートと同様の傾向を示した。一方、60℃養生においては、材齢7日では40℃養生の材齢7日とほぼ同様の細孔径分布を示したが、材齢の経過とともに0.05 $\mu\text{m}$ 付近に見られた細孔量のピークが減少し、0.08 $\mu\text{m}$ 付近の細孔量が増加した。80℃養生では、材齢7日において0.05 $\mu\text{m}$ と0.08 $\mu\text{m}$ 付近に二つのピークを持つ細孔径分布となっており、材齢の経過に伴って0.08 $\mu\text{m}$ 以上の細孔量が減少する結果となった。ここで、材齢91日の細孔径分布に着目すると、20℃養生、40℃養生については、0.05 $\mu\text{m}$ 以上の細孔径はほとんど存在しないが、60℃養生と80℃養生では多く存在しており、比較的粗な細孔径分布となった。以上を踏まえると、高温環境下の養生によって水和生成物が大きく変化し、それによって細孔構造が変化したものと考えられた。

### 4. おわりに

本稿では、最大80℃の高温環境の水中に打設および養生された水中不分離性コンクリートの圧縮強度と細孔構造を確認した。その結果、60℃や80℃の高温環境で養生されると、圧縮強度がやや低下し、細孔構造が粗大化することが分かった。今後は、水和生成物の観点から詳細な分析を行っていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書[基準編]，2018
- 2) 坂部ら：初期高温養生したセメント硬化体の強度発現と微細構造に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18(1)，pp.501-506，1996

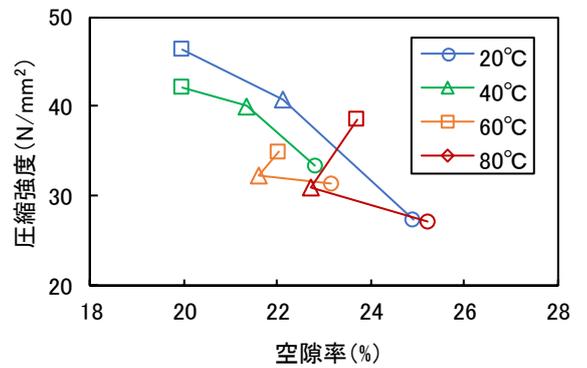


図-3 空隙率と圧縮強度

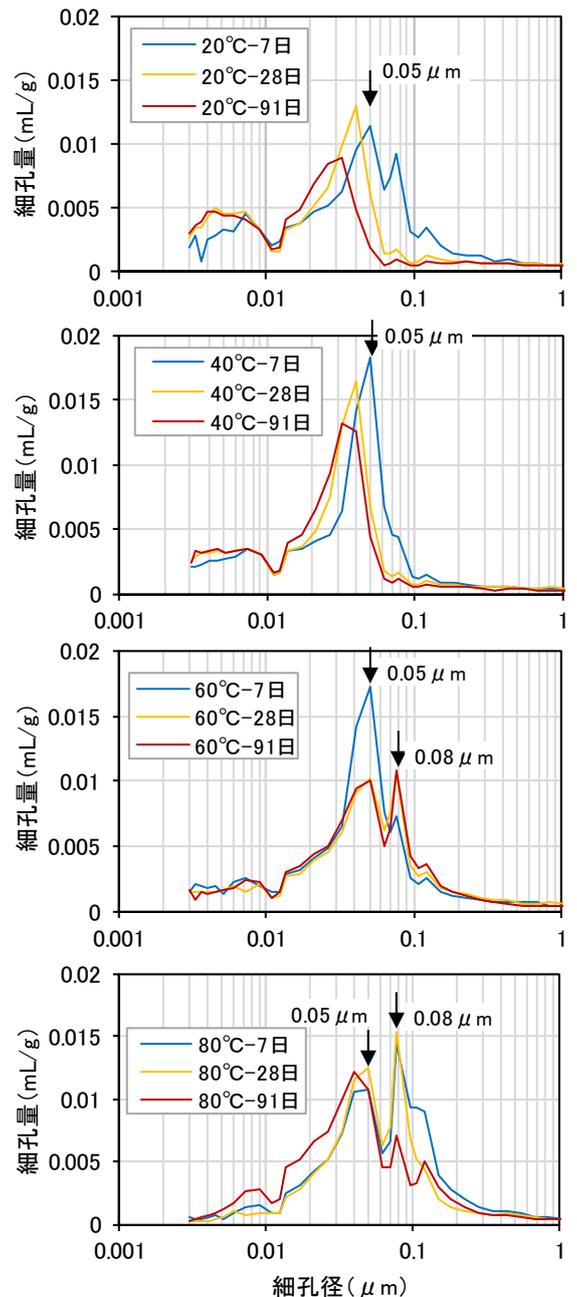


図-4 各材齢における細孔径分布