

高結晶型耐熱コンクリートの開発

背 景

我が国の放射性廃棄物処分施設において使用される床版など、廃棄体近傍で使用されるコンクリート部材は、強度のみならず低拡散性が要求される。また、それらの部材は、廃棄体に含まれる核種の崩壊熱により、長期に亘り高温下に曝されることが予想される。在来型のポルトランドセメント系材料を使用する一般的なコンクリートは、高温環境下に長期間曝された場合、主要構成水和物であるカルシウム・シリケート水和物(C-S-H)の結合水が逸散することで、硬化体組織が多孔化するとともにコンクリートが収縮すると考えられる。コンクリートの収縮に起因するひび割れの発生に伴い、床版などの部材の低拡散性能が低下することが懸念される。

目 的

高温条件下でも安定した化合物であるゾノライトをコンクリート中で多量に合成する製造技術を開発し、在来型セメント系材料と比較した耐熱性能の評価を行う。

主な成果

1. 耐熱コンクリート製造技術の開発

平均粒径 $3.5 \mu\text{m}$ の微粉末石英を全粉体材料に対する質量比で 30~40%として混合し、220°Cのオートクレーブ養生を 12~24 時間施すことにより、ゾノライトとトバモライトを主要構成物とする耐熱コンクリートを製造できる(写真 1)。ゾノライトとトバモライトの結晶が立体的に結合した結晶構造になるため(写真 2)、在来型セメント硬化体に比べて孔径 50~数 100nm の細孔が多く形成されるが、圧縮強度が $40\text{N}/\text{mm}^2$ 程度となり、比較的高強度な硬化体を形成する。

2. 高温乾燥に対する耐久性評価

110°C乾燥条件下に 1 年間曝露した場合、耐熱コンクリートの乾燥収縮量は、養生直後の試験体長に対して 0.04~0.06%であり、収縮量が非常に少ない(図 1)。一方、在来型セメント系モルタルは、0.10~0.13%の収縮量を示した。また、圧縮強度はいずれも養生直後と同程度以上である(図 2)。高温乾燥により、耐熱コンクリートの主要構成物から逸散する結晶水量は、ほぼゼロであり、ゾノライトおよびトバモライトの結晶形態に変化は認められない。一方、在来型セメント系硬化体では、その主要水和物である C-S-H およびボゾラン反応相の構成要素となるコロイド(写真 3)表層部の付着水の逸散に伴い、コロイドが僅かに縮小するために硬化体の乾燥収縮が生じ、コロイド間の付着度が低下するために孔径 20nm 以上の細孔量が増大する(写真 4)。このように、高結晶型コンクリートの主要構成物となる結晶の形態が高温乾燥下でも安定しているため、耐熱性に優れる。

今後の展開

曝露期間を 1 年以上とした試験体を用いて溶脱抵抗性と pH の評価、およびパネル材として使用する場合の隙間充填材の耐久性評価を行い、放射性廃棄物処分施設で使用するコンクリートとしての適用性を検討する。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 主任研究員 山本 武志

関連報告書 「ゾノライト高含有型耐熱コンクリート製造技術の開発」電力中央研究所報告：N06003

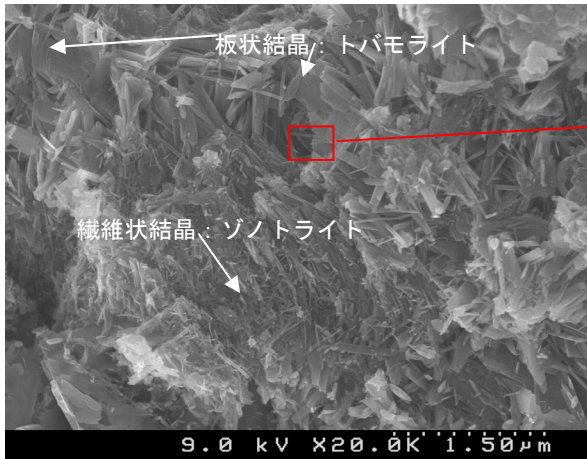


写真1 耐熱コンクリート中の主要構成物

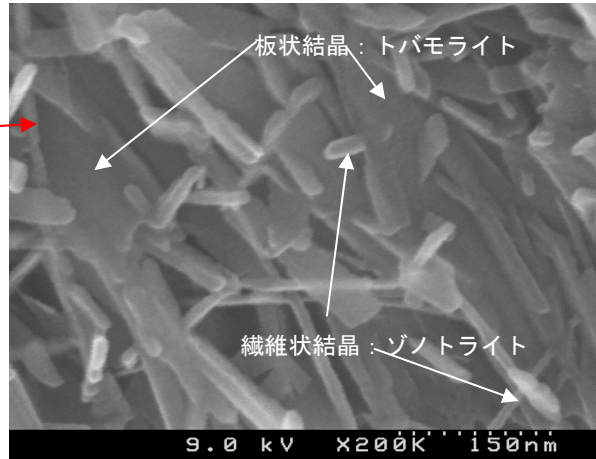


写真2 ゾノトライトとトバモライト

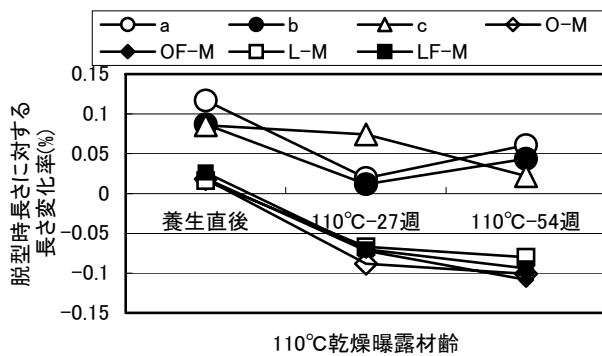


図1 110°C曝露後の収縮量

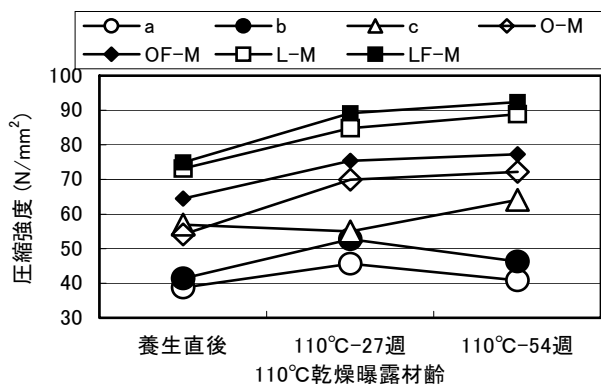


図2 110°C曝露後の圧縮強度の変化

注) a、b、c は耐熱コンクリートを表し、O-M、OF-M、L-M、LF-M は各々普通セメント、フライアッシュ混合普通セメント、低熱セメント、フライアッシュ混合低熱セメント使用モルタルを表す。耐熱コンクリートでは、繊維状ゾノトライト結晶および板状トバモライト結晶が成長する過程で結晶間に細孔を多く形成するため、型枠脱型時～養生直後において約0.1%膨張した(図1)。

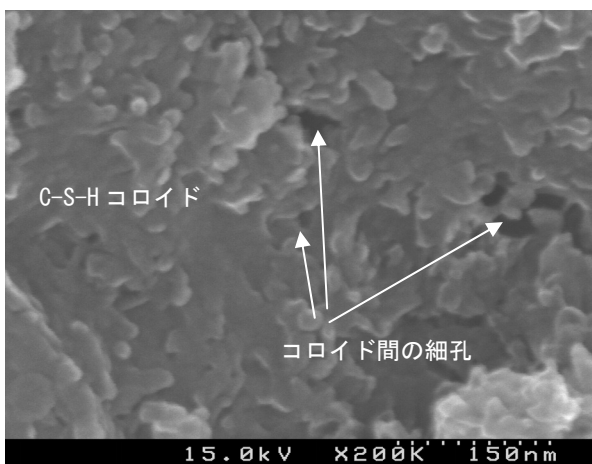


写真3 高温乾燥前のC-S-Hコロイド

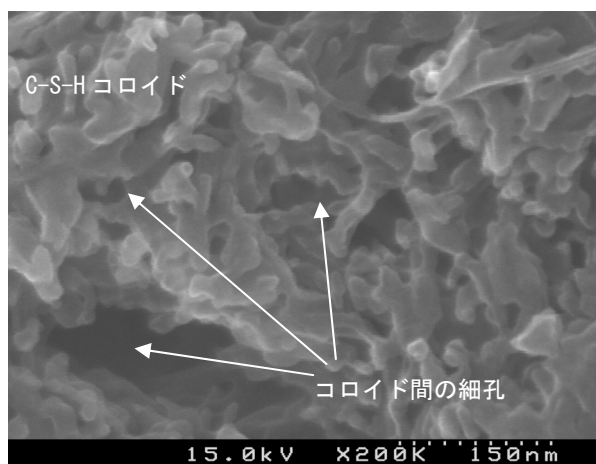


写真4 高温乾燥後のC-S-Hコロイド

注) 在来型セメント系硬化体初期試料(普通ポルトランドセメント使用)中では、粒径20nm程度のコロイドが密着し、コロイド群間に孔径数10nmの細孔を擁するC-S-H相を形成する(写真3)。高温乾燥後は、初期と同程度の粒径となるC-S-Hコロイドの密着度が低下し、孔径が50～数100nmとなる細孔が多く形成される。110°Cの乾燥条件では、C-S-Hコロイドは極端に収縮せず、僅かな形態変化に留まる。