

放射性廃棄物処分場コンクリートの、微細空隙と構成物質の空間分布把握の研究

大林組技研 人見尚 大林組原子力本部 溝渕麻子

放射性廃棄物処分場にはコンクリートの使用が検討されている。処分場は地下に建設されることとなっており、コンクリートも地下水に接することが考えられる。水に接するコンクリートは、徐々に構成材料であるカルシウムを失うことで粗化し、強度が低下することが懸念されている。この現象をカルシウム溶脱と呼び、長期のコンクリート変質の中で最も懸念されている問題である。

本研究では、コンクリートにおけるカルシウムの化学形態の把握と、強度の指標となり、カルシウム伝播経路となるコンクリート内の空隙の把握を目的としている。

コンクリートは、岩石と砂とセメントを水と混合して作られ、水和したセメント(以下、セメント水和物)が結合材の役割を果たしている。コンクリートのうち水接することでカルシウム溶脱を生じ、粗化するのにはセメント水和物である。セメント水和物は水酸化カルシウムとカルシウムシリケート化合物の2種類を主成分としている。水に対し前者は可溶性であり、後者は難溶性である。セメント水和物がカルシウム溶脱を起こしていく過程において、まず水酸化カルシウムが溶解し、ついでカルシウムシリケート化合物が溶解していくと考えられている。このため、これら2種の材料の空間分布の把握と、セメント水和物内の空隙との関係を調べることで、カルシウム溶脱のメカニズムの理解と、溶脱の進行予測の可能性を探る。

今期は、弱材齢のセメント水和物試験体を作成し、材齢と水和の状況の把握を目的としたCT観察を行った。試験体は、基準となる普通ポルトランドセメント(以下、OPC)、そして、廃棄物処分場で使用が検討されている低熱ポルトランドセメントを重量比で30%をフライアッシュに置換したもの(以下、LPC+FA)、普通ポルトランドセメントを重量比で20%分をシリカフェームで、40%をフライアッシュで置換したもの(以下、HFSC)の3種類を作成した。後者の2種は、カルシウム分が軽減されているためOPCに比べ接する水分への溶出成分が低アルカリで周囲への環境影響が低いとされる。

まず、空隙率をまとめた結果を表1に示す。空隙率は、CT断面図をデジタル化し空隙を抽出し、試料内部の500×500×500ピクセルの領域について底面から上面への連続する空隙を連続空隙、それ以外の空隙を独立空隙、すべて合わせたものを全空隙とした。空隙の走査は独自開発のプログラムを用いた。

表1：各試験体の空隙率

ペースト	材齢	全空隙率(%)	独立空隙率(%)	連続空隙率(%)
OPC	2日	13.4	5.1	8.3
	7日	10.9	6.8	4.1
	28日	8.6	7.1	1.5
LPC+FA	2日	15.8	4.9	10.9
	7日	13.9	6.8	7.1
	28日	14.4	4.6	9.8
HFSC	2日	15.1	4.2	10.9
	7日	13.2	6.2	7.0
	28日	16.8	4.6	12.2

成分の異なるセメントはOPCを除き、水和が進むにつれて空隙が増加している。セメントの空隙率は、水和が進むにつれて経時的に減少すると考えられており、OPC以外の結果はこの考えに反する。

これは、OPCが早期に水和の大部分が終了するのに比べ、その他のセメントではポゾラン反応と呼ばれるシリコン成分とのゆっくりとした水和反応が進行しているためと考えられる。

また、空隙の中には径が数十 μm 以上の大きなものが含まれている。セメント水和物の空隙率を議論する場合、このような大きな空隙は排除することになっている。今回の結果もこのような大きな空隙を含んでいる可能性が大きい。このため、空隙走査過程で巨大空隙の排除機構を付け加える必要を見出した。

セメント水和物である構成材の水酸化カルシウムとカルシウムシリケート化合物との分離の可能性を見出すことを目的として、純物質の観察を試みた。それぞれ個別に合成した純物質を粉体で作成し、低吸収性ガラスチューブに封入し、線吸収係数の測定を行った。

結果の一部を図1に示す。図に示すように、明確な吸収係数のピークを得ることはできなかった。理由のひとつとして、ガラスチューブの吸収が顕著となったことが考えられる。また吸収係数は、物質の密度にも大きく依存する。今回は圧密の程度が著しく低い。このため、次期では、ガラスチューブを用いず、高密度の試料観察を試みる。

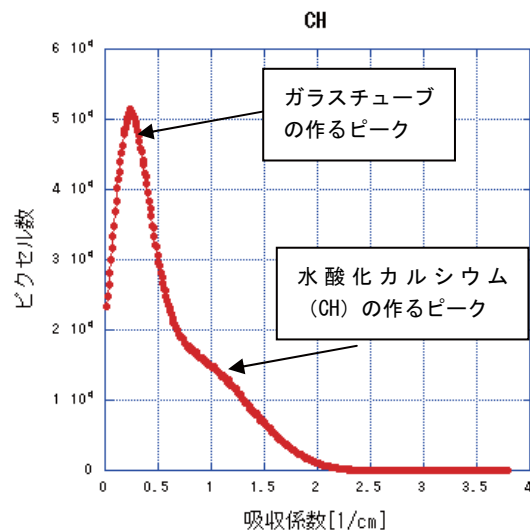


図1 水酸化カルシウムの吸収係数分布