

## X線CTによる溶脱コンクリートの空隙立体構造に関する検討

東京電力 正会員 蓮本 清二, 内田 善久  
 東電設計 正会員 中野 靖, 南部 茂義, 白土 博司  
 大林組 正会員○人見 尚, 竹田 宣典

## 1. はじめに

長期に共用されるコンクリート土木構造物は、周囲環境に応じて品質の経年劣化を生じる。特に地下水などに常時接している部分では、カルシウム成分の溶脱と呼ばれる劣化現象が卓越する。溶脱を起こしたコンクリートは組織の空疎化により、強度など品質の低下を起こす可能性がある。本報告はダムの岩着部コンクリートの溶脱程度を、X線CT観察を用いて把握した結果について述べる。健全および溶脱を起こした部位でのX線CTで得られた断面図の比較で溶脱影響による空隙の変化を確認した。さらに空隙を抽出し、複数枚の断面図を組み合わせて対し数値データ処理を行い空隙の立体構造を抽出した。

## 2. 対象としたコンクリート

観察対象としたコンクリートは、築堤後70年以上経過したダムコンクリートである。堤体上部からコアボーリングを行い、岩着部のカルシウム溶脱した劣化部(以下、変質部)と3cmほど上方の劣化していない(以下、健全部)について観察を行った。図1に観察に用いたコア写真を示す。図中の上方が岩着部にあたる。フェノールフタレイン噴霧による中性化観察では岩着面から約10mmの範囲で変質領域がみられる。健全部と変質部から岩着面に平行にそれぞれ10mmの幅で試料採取を行い、細孔径分布を測定した。表1に結果を、図2と図3にそれぞれ健全部と変質部の細孔径分布を示す。変質部の細孔容積が10nm~10000nmの範囲で増加している。

## 3. SPring-8におけるX線CT観察

SPring-8は兵庫県西部に位置する大型放射光施設で、高輝度で自由なエネルギー設定が可能であるため、市販の装置では不可能なコンクリートの内部構造の観察が可能になる。X線CTは、図3に示すように、治具先端に固定した試料にX線を照射しいわゆるレントゲン写真を、少しずつ角度を変えて撮影し、

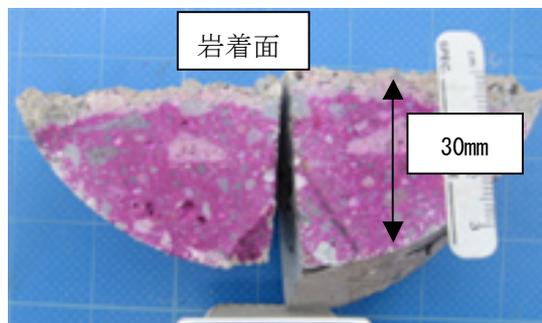


図1：観察に用いたコア

表1：細孔径分布測定結果

	健全部	溶脱部
累積細孔容積(ml/g)	0.0598	0.0809
平均細孔直径(nm)	11.2	17.8
かさ密度(g/ml)	2.0973	2.0235
空隙率(%)	12.5378	16.3716

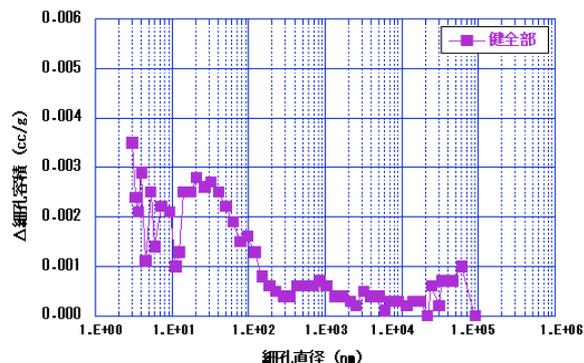


図2：健全部の細孔径分布

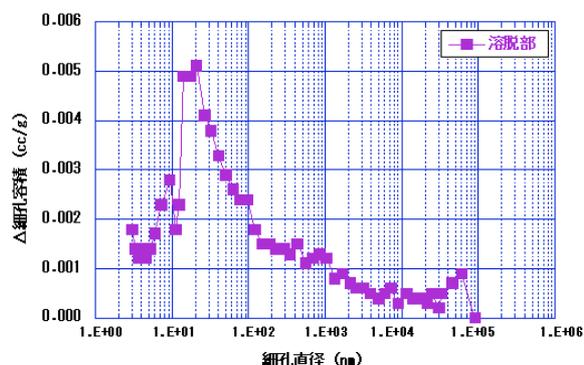


図3：溶脱部の細孔径分布

キーワード コンクリート溶脱, 空隙構造, 細孔径分布, X線CT, SPring-8

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組技術研究所土木材料研究室 人見尚 TEL0424-95-1107

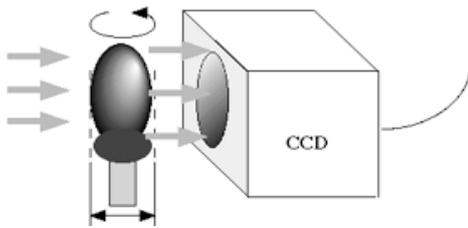


図3：X線CT撮影の概念図

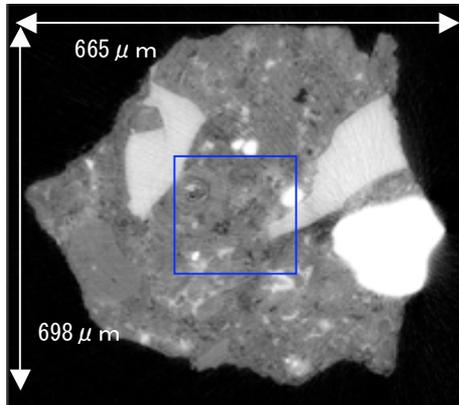


図4：健全部の断面図

得られた画像を数値的に合成し回転軸に対し鉛直方向の断面図を得る方法である。現在は1mmの領域を2000画素で撮影しており、画素寸法は $0.5\mu\text{m}$ である。このため、約 $2\mu\text{m}$ 程度の空隙が判定できる。

#### 4. 測定結果

健全部と変質部に関し、X線CT観察を行った。図4および図5に健全部と変質部の断面図を寸法も併せて示す。断面図で密度が小さい部分の画素を暗い色調で示しており、周囲の雰囲気部分は黒、断面図内部の粗な部分は程度に応じ灰色の階調で表示される。図4の健全部の断面図では、上方左右に細骨材が存在し、右端に未水合のペースト部分と思われる密な部分が明るい領域として存在する。その他はペースト部分と思われるが、所々に暗点が存在し、空隙が分散して存在している。図5の変質部の断面図でも左右に細骨材が存在し、中心のペーストと思われる部分には空隙と思われる領域が多数存在し、健全部よりも粗な状態になっていることがわかる。

断面図の輝度分布にしきい値を設定し、画像処理することで空隙を抽出し、断面図を上下方向に集積することで空隙の立体構造を把握することを試みた。立体的に抽出した空隙の連続性を走査することで厚さに貫通している、いわゆる物質移行の経路となっている空隙の抽出を試みた。図6および図7に連続する空隙の抽出結果を示す。抽出領域は、図4と5

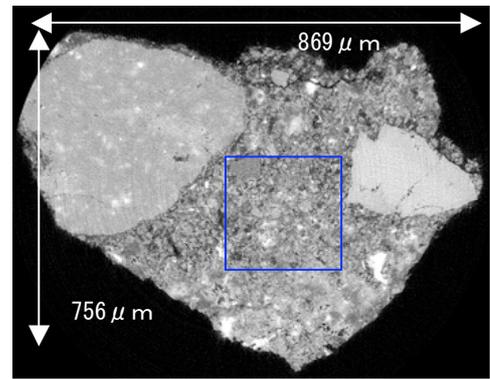


図5：変質部の断面図

中の囲み部分の範囲で、50枚の断面図を用い、厚さ $25\mu\text{m}$ である。図中青で示した部分は固体部分で、赤で示した部分が連続空隙にあたる。水色の部分が孤

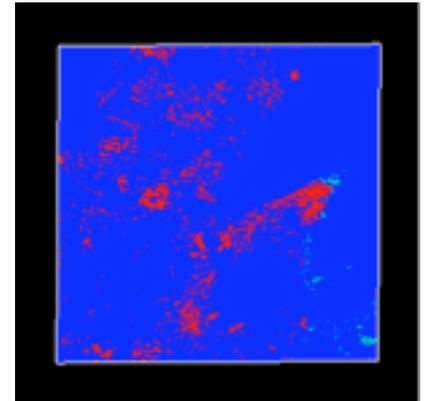


図6：健全部空隙抽出結果

立した空隙である。比較すると変質部で連続する空隙が多く存在し、物質移行の経路が増大していることが把握できた。

#### 5. おわりに

ダムの岩着部コンクリートを用い、

溶脱箇所の空隙構造の把握を行った。X線CT観察では $0.5\mu\text{m}$ 以上という制限があるが、3次元的な空隙構造を抽出し、その連続性までを判定することが可能になり本方法が劣化状態の把握に有効であると考える。本研究は高輝度光科学研究センターにおけるSPring-8での課題研究(課題番号2004B0719-NI- $\text{np}$ )で実施したものです。

#### 参考文献

- ・人見尚：SPring-8におけるX線CT像によるモルタル微細構造の観察，コンクリート工学年次大会論文集，Vol26，No1，2004，pp.645-650。

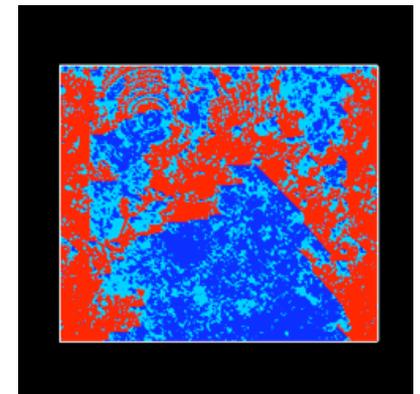


図7：変質部空隙抽出結果