

X線CT法による水セメント比の推定法について

ハザマ 土木事業総本部 正会員 天明敏行
 東京電力(株) 電力技術研究所 正会員 堤 知明
 ハザマ 技術環境本部 正会員 村上祐治
 熊本大学 工学部 正会員 尾原祐三

1. まえがき

硬化コンクリートの水セメント比の推定は、供試体を破壊、粉碎し化学分析法によりコンクリート中のCaOを同定する方法により行なわれている。この方法には骨材中のCaOを取りこむことから分析の精度があらがないという問題や、粉碎工程、分析工程などで労力や費用が多大にかかるという問題がある。

X線CT法は医学の分野で活躍しており、人間の内部を脳、血管、骨などに区別して3次元的に表示することができる。その原理はCT値で表わされるX線の吸収率が物性によって変化することを利用している。

本研究では産業用X線CTスキャナを用いてRCD用コンクリートのコアを撮影し、物体の密度と相関があるCT値によってコンクリートを構成する骨材、モルタル、空隙の各材料に分類した。そしてモルタル部のCT値から単位容積質量を求めることにより、非破壊的に水セメント比を推定する方法を検討した。

2. 試験方法

X線CTスキャナは、X線管電圧400kV、管電流2A、スライス厚2mmのものを用いた。X線管と176個の検出器は同一水平面上に固定されており、上下方向に移動する。一方、供試体はターンテーブルの上に設置され必要な併進と回転を行う。X線CTのシステム構成を図-1に示す。

RCD用コンクリートは、結合材に中庸熟ポルトランドセメント（密度 3.21g/cm^3 ）とフライアッシュ（密度 2.14g/cm^3 ）、骨材に砂岩岩塊混在岩（密度 $2.65\sim 2.68\text{g/cm}^3$ ）を使用した。示方配合を表-1に示す。施工後のコア供試体は $\phi 200\text{mm}\times 1000\text{mm}$ であり、振動ローラによる転圧回数16回および12回の供試体A、Bをそれぞれ長さ500mmに切断し、撮影はそれぞれ20mmごとに50断面ずつ行った。

3. 撮影画像とCT値

X線CTスキャナにより得られた撮影画像はスキャンエリア $\phi 300\text{mm}$ に対して 512×512 のピクセルで構成され、各ピクセルには次式で定義されるCT値が与えられる。

$$\text{CT値} = \frac{\mu_t - \mu_w}{\mu_w} K \quad \dots (1)$$

ここに、 μ_t は求める点のX線吸収係数、 μ_w は水のX線吸収係数、 K は定数（=1000）である。空気のX線吸収係数は0であ

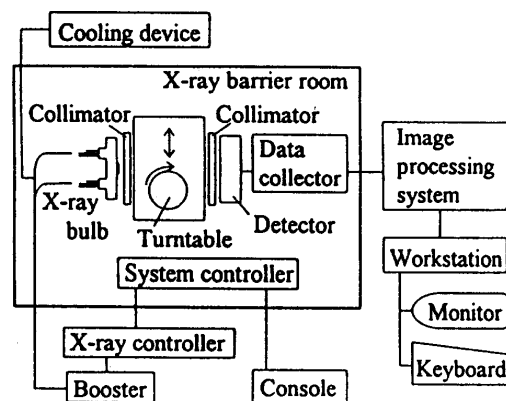


図-1 X線CTのシステム構成

表-1 示方配合表

粗骨材の 最大寸法 (mm)	目標 VC 値 (秒)	水結合 材比 (%)	細骨 材率 (%)	単位量 (kg/m³)								
				水	セメ ント	フライ ツシュ	細骨 材	粗骨材				AE 減水剤
								G1	G2	G3	G4	
Gmax		W/ (C+F)	s/a	W	C	F	S 0 - 5mm	150 - 80mm	80 - 40mm	40 - 20mm	20 - 5mm	Ad.
150	15	95	32	95	70	30	724	389	389	389	388	(C+F)× 0.25%

X線CT法、水セメント比、CT値、RCD用コンクリート、硬化コンクリート

ハザマ 土木本部 ダム統括部 〒107-8658 東京都港区北青山 2-5-8 TEL 03-3405-1153 FAX 03-3405-1854

るから、CT 値は-1000 となる。また、水の CT 値は 0 と設定している。X 線吸収係数は物体の密度に比例するため、CT 値も密度に比例した値と考えることができる。

撮影画像の一例を図-2 に示す。試料内部の白い部分が骨材であり、灰色部分がモルタル、さらに黒い部分が空隙である。CT 値が高いほど白く表示され、密度が大きいことを示している。この断面の CT 値の頻度分布は、画像上で各構成材料が占める面積から図-3 に示すような各構成材料に分けることができる。

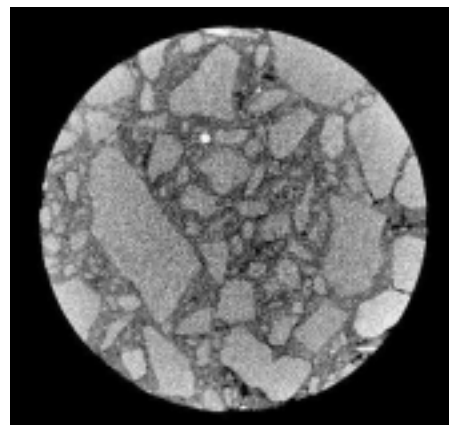


図-2 撮影画像の一例

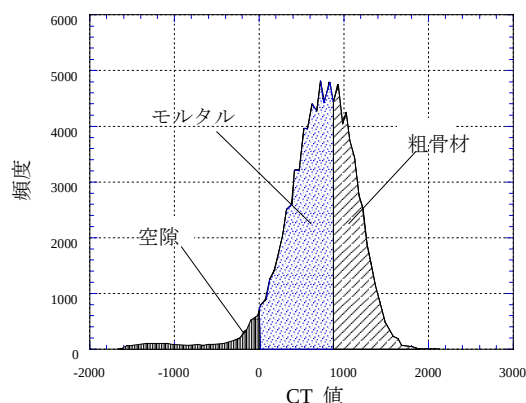


図-3 CT 値の分布

4. モルタルの CT 値

モルタルの CT 値から密度を評価するために、直径 150mm、高さ 300mm の水セメント比の異なるモルタル試料を作成し、X 線 CT スキャナを用いて断面の撮影を行った。モルタル供試体の平均 CT 値、水セメント比と単位容積質量の関係を図-4 に示す。平均 CT 値と単位容積重量の関係はほぼ線形的に比例している。また、水セメント比と単位容積質量の関係は非線形ではあるが、水セメント比と相関があることがわかる。したがって、平均 CT 値を評価することができれば、モルタルの水セメント比を間接的に評価することができると考えた。

5. 推定水セメント比の分布

RCD 用コンクリートの X 線 CT 画像の分析より得られたモルタルの平均 CT 値からその水セメント比を推定し評価した。その結果を図-5 に示す。試料 A、B とともにばらつきが見られた。下部より上部で若干水セメント比が大きい傾向であった。水セメント比の平均値は試料 A が 91%，試料 B が 94%で、打設時のモルタルの水セメント比とほぼ等しく、評価した結果が妥当であることがわかる。

6. まとめ

X 線 CT 法を用いてコンクリートコア供試体のモルタル部の CT 値を調査することにより、単位容積質量との関係から、非破壊的に水セメント比を比較的精度よく推定できる可能性があることがわかった。

【参考文献】

1) 日本材料学会編：“工業材料規格便覧—セメントコンクリート”，朝倉書店，1997

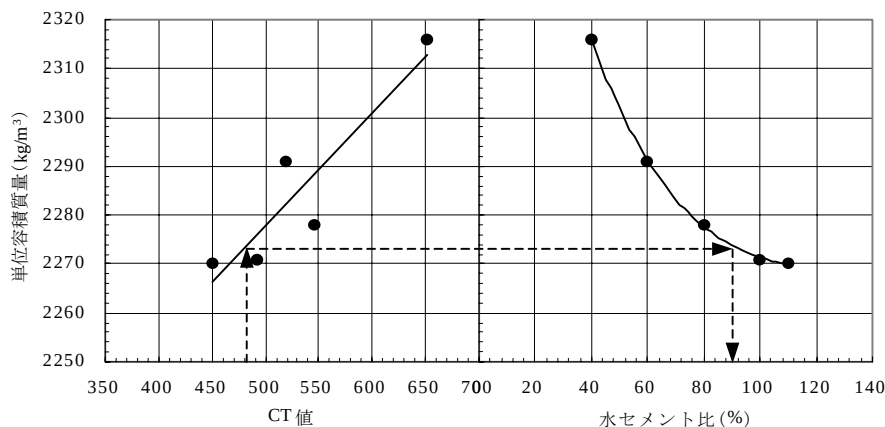


図-4 モルタルの平均 CT 値・水セメント比と単位容積質量との関係

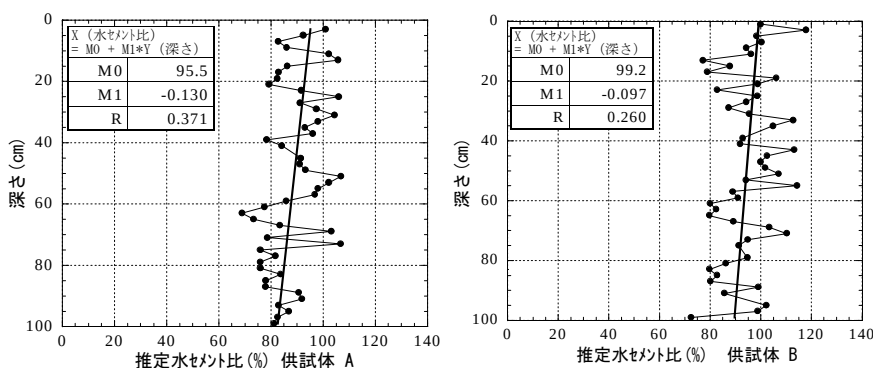


図-5 推定水セメント比の分布