

X線CT法による骨材の粒度分布の評価方法

ハザマ土木事業本部	正会員	○天明 敏行
東芝メディカルシステムズ(株)		伊藤 剛
熊本大学大学院	正会員	尾原 祐三
ハザマ技術環境本部	正会員	村上 祐治

1. はじめに

X線CT (Computed Tomography) は内部の可視化に優れていることから医療診断分野では広く有効利用されているが、X線CT法をコンクリート供試体に適用し、骨材の部分を抽出して分析することによって、骨材の寸法や密度を求めることが可能となる。本研究では、産業用X線CT装置を用いてコンクリート供試体の断面撮影を行い、画像処理ソフトの粒子解析により直径約1mm以上の骨材を抽出してコンクリート中の骨材の粒度分布を評価する方法について提案を行う。

2. X線CT法を用いた骨材の抽出

評価対象のコンクリート供試体は直径125mmの円柱供試体であり、骨材の最大粒径は40mm、細骨材率は40%である。X線CT装置はX線管と176個の検出器が同一水平面上に固定されており、上下方向に移動する。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。撮影はX線管電圧300kV、管電流2A、スライス厚2mmとした。撮影画像はスキャンエリアφ150mmに対して1024×1024のピクセルで構成される。

供試体のX線CT画像を図-1に示す。X線吸収率が高いほど白く表示されることから、白い部分は骨材、黒い部分は空隙、その中間の灰色の部分はモルタルを示している。ここでは、骨材とモルタルの境界しきい値を決定するため、筆者らが提案したファントムを用いる「材料構成定量化法」¹⁾を適用し、図-2に示す二値化画像を得る。図に示される黒い部分が抽出した骨材である。

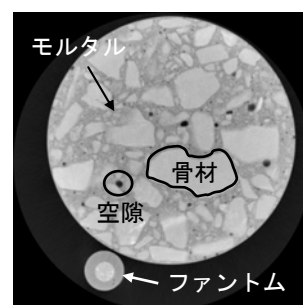


図-1 X線CT画像



図-2 二値化画像

3. 画像処理における粒子解析

画像処理ソフト“Image J”には「粒子解析」という機能があり、二値化された画像にある対象物を数えたり、測定したりすることが可能である。すなわち、二値化画像の対象物のひとつひとつの塊を骨材の粒子とみなし、その対象物の粒子の個数や全粒子面積、平均粒子サイズなどを求めることができる。ここでは、各粒子の塊が完全な円であると仮定し、粒子の面積から求め

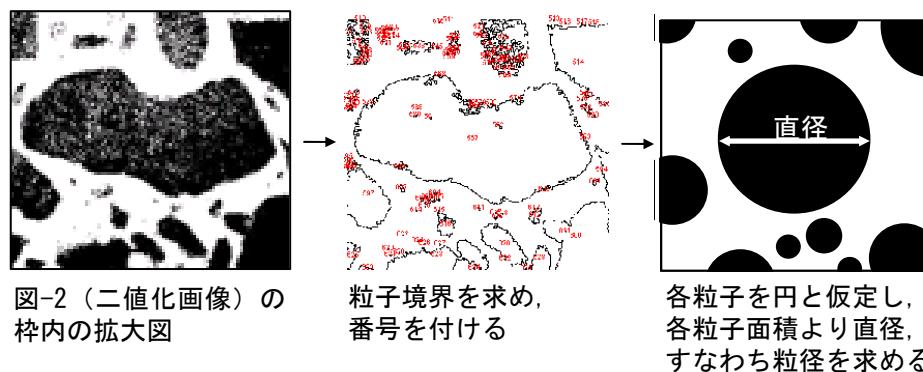


図-3 粗骨材の粒径の求め方の概念

表-1 粒子解析の結果

粒子の個数	127個
粒子の総面積	50,358ピクセル (1,080mm ²)
粒子の平均面積	396ピクセル (8.5mm ²)
最大粒子	26,370ピクセル (565.8mm ²)

キーワード： X線CT法、材料構成定量化法、粒度分布

連絡先 〒105-8479 東京都港区虎ノ門 2-2-5 ハザマ土木事業本部技術第三部 TEL:03-3588-5771

た円の直径と粒子の面積の累積数を粒度分布として表す。この「粒子解析」のイメージを図-3に示す。また、同図に示した二値化画像の対象領域に対して実際に「粒子解析」を実施した結果を表-1に示す。

4. X線CT法による推定粒度分布

粒子解析によって得られた推定粒度分布を図-4に示す。赤の太い実線が本手法により推定した粒度分布であり、黒の細い実線が骨材試験（粒度試験）と配合より求めた実際の粒度分布である。また、黒の点線はBS 882（1992）によるコンクリート骨材の標準粒度分布²⁾の上限、下限である。図-4では推定粒度分布は粗粒側に大きく乖離している。X線CT法では粒径が1.0mmより細かい骨材粒子が評価されていないためと考えられる。

そこで、X線CT法による粒度の評価において、粒度の小さいものを除いて評価を行うために、骨材の最小粒径を(a)0.3mm、(b)1.2mmとして各粒度分布を再計算した。図-5(a)、(b)にそれぞれの推定粒度分布、実際の粒度分布、標準粒度分布を示す。同図より、(b)の粒径1.2mm以上として骨材の粒度解析を実施して得られた推定粒度分布が実際の粒度分布に近いことがわかる。すなわち、粒径約1mm以上の骨材であれば、X線CT法によって粒度分布を推定できる可能性があることを示している。この粒径はX線CT法で評価可能な空隙の径が直径1mm以上とされていること³⁾とも一致している。

X線CT法を適用し、“Image J”の画像処理によって得られたコンクリート中の骨材の推定粒度分布は供試体を代表する一断面の2次元データであり、任意の方向で骨材の最大粒径を評価するふるいわけ試験によって求められる粒度分布とは異なるものであるが、粒径が約1mm以上の骨材を評価する場合には、ふるいわけ試験で評価される粒度分布に近い粒度分布が得られる可能性がある。

5. まとめ

X線CT法をコンクリート供試体に適用し、骨材の粒度分布の評価方法を検討した結果、CT画像の画像処理によって粒径約1.0mm以上の骨材の粒度分布を評価できる可能性があることが明らかとなった。今後は撮影断面数を増やすことを含め、本評価方法の精度などについて検討する必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 天明敏行, 伊藤 剛, 濱崎 大志, 尾原 祐三, “X線CT法を用いたコンクリートの材料構成定量化法の提案”, コンクリート工学年次論文集, 日本コンクリート工学協会, Vol.30, No.2, pp.739-744, 2008.6
- 2) A.M.Neville, “Properties of Concrete (Fourth edition)”, Pearson Prentice Hall, p.170, 2002
- 3) 笠井芳夫, 池田尚治, “コンクリートの試験方法(下)”, 技術書院, p.37, 1993

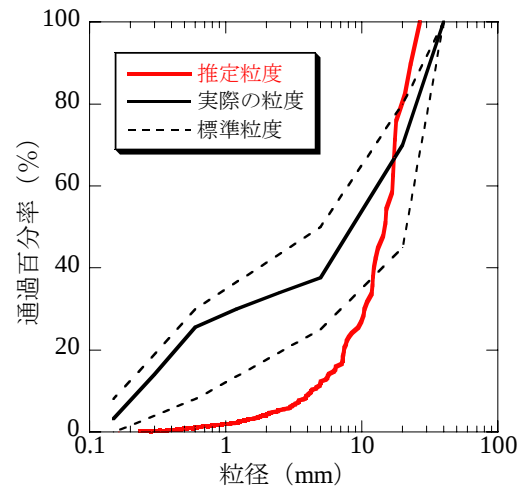
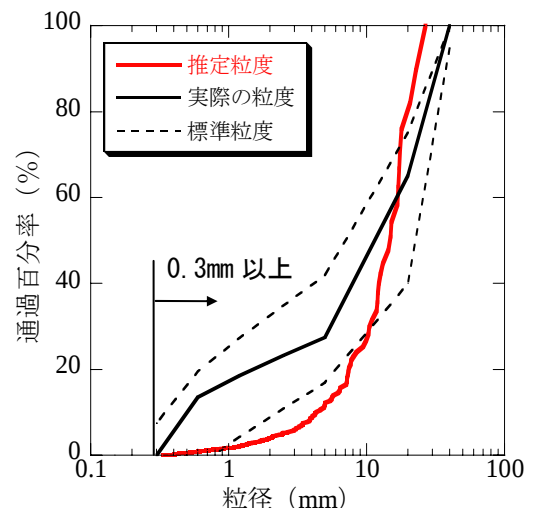
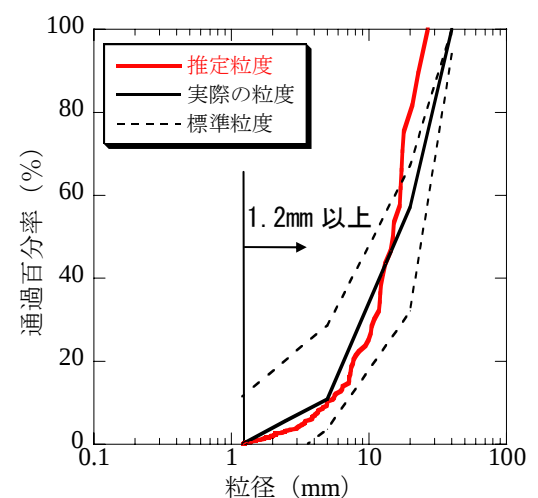


図-4 X線CT法による推定粒度曲線



(a) 粒径 0.3mm 以上を評価



(b) 粒径 1.2mm 以上を評価

図-5 修正した推定粒度曲線