

X線CT法による100年以上経過後のレンガ構造物の診断例

ハザマ土木事業本部	正会員	天明 敏行
ハザマ技術環境本部	正会員	村上 祐治
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

1. はじめに

明治から昭和初期までに建造されたレンガ構造物は、橋脚、橋台、トンネル、水路構造物などで100年以上も経過し、多くの震災に遭遇したにもかかわらず、外観上はほとんど損傷が認められず現在も使用されている構造物が多く見られる。これらのレンガ構造物は、主体となるレンガ、目地部のモルタル、モルタルとレンガの境界部等の損傷が原因で不安定になると考えられる。このため、これらの部分の健全性を調査する目的でX線CT法を適用した。X線CT法は医療診断分野で広く有効利用されているが、内部の可視化により、直感的に問題を把握できる点で優れている。

2. X線CT法

本研究で使用した産業用X線CTスキャナは、X線管電圧300kV、管電流2A、スライス厚2mmである。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スキャナにより得られた撮影画像はスキャンエリア300mm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。

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

ここに、 μ_t は求める点のX線吸収係数、 μ_w は水のX線吸収係数で1、 K は定数で1000と設定した。このとき、空気のX線吸収係数は0であるので、CT値は-1000となる。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。

調査対象のコアは、建造後100年以上経過した全国5箇所のレンガ構造物(A~E)から採取した直径100mmのコアA~コアEと比較用に作製した、水セメント比(W/C)=65%のモルタル標準コアFである。レンガ構造物の外観を写真-1, 2に、採取したコアを写真-3に示す。

まず、モルタル部のX線CT画像について採取した各コアと標準コアとの比較を行い、各コアの定性的な診断を行った。次に各断面のCT値の分布状況を検討した。さらに、大きな骨材と空隙を取り除いたモルタル部の平均CT値の解析を実施し、別途得られたCT値と水セメント比との相関関係から各コアのモルタル部の水セメント比を推定した。

3. モルタル部のX線CT画像

直径100mmのコアのモルタル部のX線CT画像の例を図-1に示す。

CT画像では密度の高い骨材が白く、空隙は黒く表示されている。CT画像からこれらの骨材、空隙、および灰
キーワード：レンガ構造物、劣化診断、X線CT法、CT値

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部 TEL:03-3588-5771



写真-1 橋梁と橋台



写真-2 レンガ構造の橋台



写真-3 採取コア

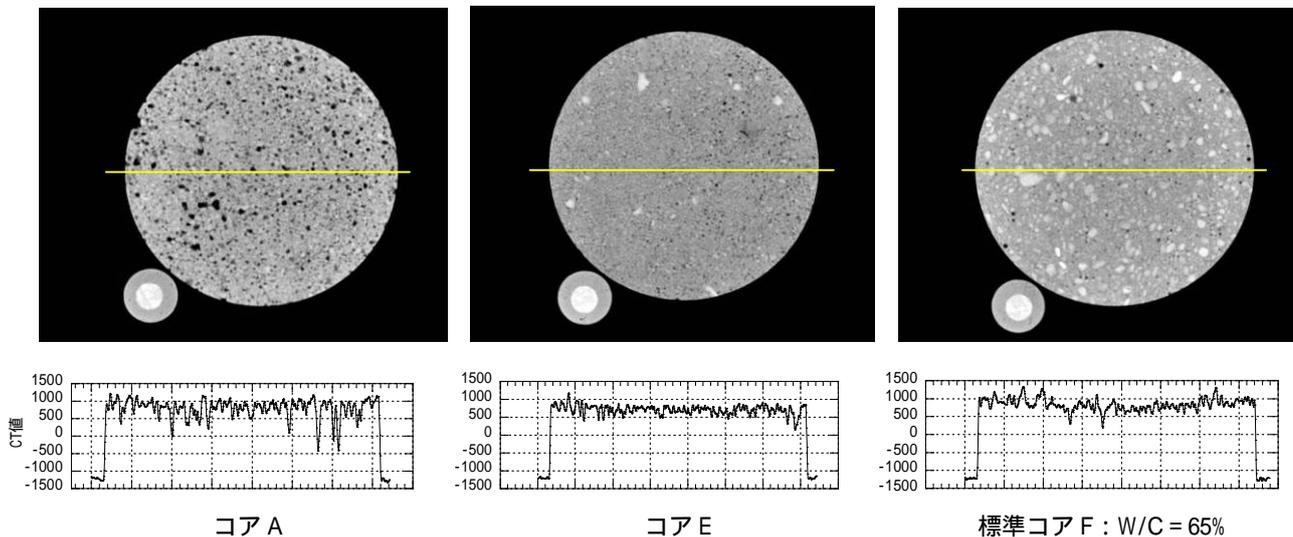


図-1 モルタル部の X 線 CT 画像と CT 値の分布図

色に表示されている比較的小さな骨材を含むモルタル部に区分して評価するために、指標となる「ファントム」をコアの左下に同時に撮影している。ファントムはセメントペーストの中に花崗岩を埋めたもので、撮影画像のセメントペースト部と骨材の境界のしきい値を評価することができる。また、図-1 には CT 画像の下に黄線で示したコア直径方向の CT 値の分布図を示す。

標準コア F と比較して、コア A は黒い部分すなわち空隙が目立つ。これは、CT 値の分布図でも認められる。一方、コア E は白い部分の骨材や黒い部分の空隙が少ないことから、小さい骨材を使用し、空隙が少なく施工されていることがわかる。

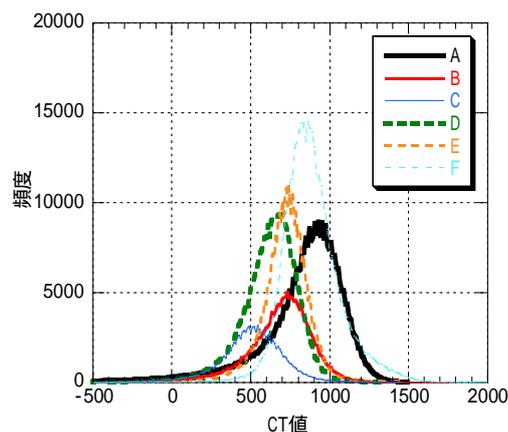


図-2 モルタル部平均 CT 値のヒストグラム

4. モルタル部の平均 CT 値と水セメント比

コア A~E および標準コア F について、モルタル部の CT 値のヒストグラムを図-2 に示す。骨材の量や水セメント比、空隙の量等によって CT 値の分布は各コアについて大きく異なっている。

次に、図-2 に示すヒストグラムから骨材と空隙の部分を取り除いたモルタル部の平均 CT 値を求めた。

図-3 は別のモルタル供試体を使用して得られた水セメント比 36% から 75% まで 29 個のデータから回帰直線を作成し、これを外挿してモルタル部の水セメント比を推定したものである。レンガ構造物に使用されているモルタルはコア A を除いて CT 値が小さく、水セメント比が相当に高いことが予想される。

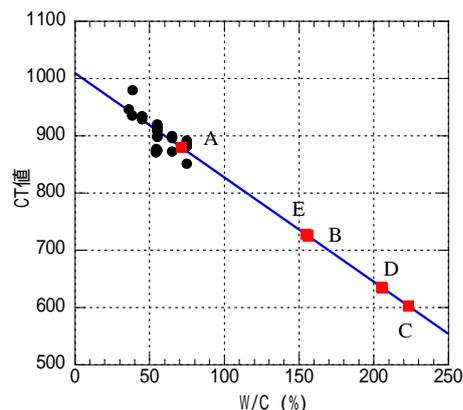


図-3 モルタル部の平均 CT 値と水セメント比

5. 施工状況

レンガとモルタル目地部の状況がわかる CT 画像の一例を図-4 に示す。モルタルに空隙は認められるが、レンガとの接着面はほぼ良好であることがわかる。

6. まとめ

モルタルの材料特性には地域によりかなりのばらつきがあり、強度不足が懸念される箇所については詳細な調査が必要と考えられる。また、施工は概ね良好に実施されていることがわかった。

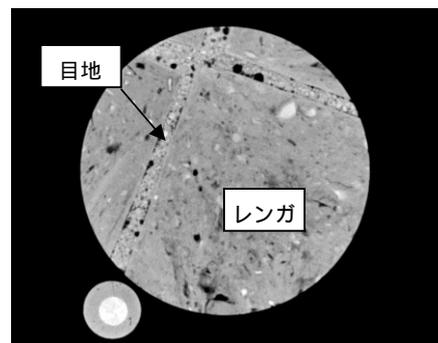


図-4 目地部の状況 (コア A の例)