

X線 CT スキャナによるモルタル硬化時の経時変化撮影

熊本大学 正会員 ○伊藤 剛  
 ハザマ土木事業本部 正会員 天明 敏行  
 ハザマ環境技術本部 正会員 村上 祐治  
 熊本大学 正会員 尾原 祐三

1. 諸言

土木材料としてコンクリートの持つ大きな特徴のひとつには化学反応による経時変化がある。ポルトランドセメントに水を加えて練り混ぜると化学変化を生じ、初めの間は流動性を保っているが、時間の経過に伴い流動性を失って固まり始め、さらに時間が経過し水和作用がセメント粒子の内部に向かって進むと、ペーストは硬化し始め強度を発現する。筆者らはコンクリートに X 線 CT 法を適用する研究<sup>1)</sup>を行っているが、コンクリートに特有の複雑なセメントの水和現象が X 線吸収率にどのような影響を与えるかを把握しておくことは重要である。

本研究では水セメント比の異なるモルタルで円柱供試体を作製して経時的に X 線 CT 撮影を行い、セメントの硬化過程で CT 値にどのような変化が起こるかを調べた。

2. 使用材料, 供試体

モルタルの使用材料を表-1に示す。供試体は直径 5cm, 高さ 10cm の円柱供試体であり、水セメント比

表-1 使用材料

材 料	適 用
セメント	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16g/m <sup>3</sup>
細骨材	静岡県大井川産 表乾密度 2.62g/m <sup>3</sup> 吸水率 1.17%

表-2 モルタルの示方配合

W/C (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )		
	W	C	S
45	302	671	1140
55	306	556	1225
65	310	477	1280
75	316	421	1311

が 45%, 55%, 65%, 75% の 4 種類を作成した。各水セメント比の示方配合を表-2に示す。

3. X 線 CT 撮影

撮影に用いた X 線 CT スキャナを図-1に示す。管電圧 300kV, 撮影厚さ 1mm と設定した。対象領域 150mm に対し、解像度は 1024×1024 ピクセルであり、1 ピクセルの 1 辺の長さは 0.146mm となる。各ピクセルには X 線吸収率を表す CT 値が与えられる。

4 本の供試体はターンテーブルに固定して同時に撮影を行った。練混ぜ(加水)からモルタル打込み完了までの時間は約 10 分であり、撮影は表-3に示すような間隔で実施した。

撮影時間は約 5 分であり、撮影中はターンテーブルが回転するため、若干の振動が供試体に伝わる。

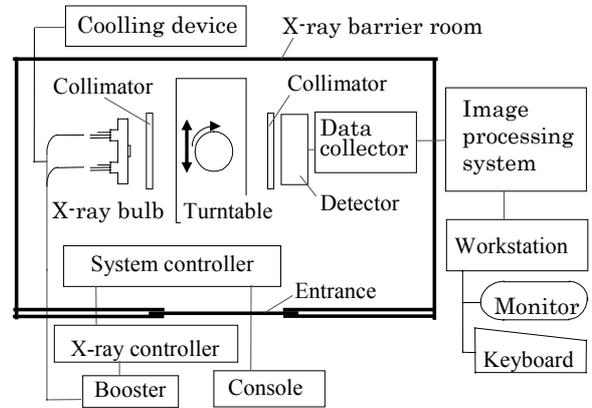


図-1 X 線 CT スキャナ装置

表-3 供試体の撮影の時間の間隔

	2hr 後	~4hr 後	~8hr 後	~3 日後
下端から 25mm (下部)	5~15 分 間隔	15~60 分間隔	約 1 時間 間隔	約半日 間隔
下端から 50mm (中心部)	約 30 分 間隔	約 30 分 間隔		
下端から 75mm (上部)				

キーワード X線 CT, 経時変化, 水和, CT 値, モルタル

熊本大学 自然科学研究科 〒860-8555 熊本県熊本市黒髪 2-39-1 TEL 096-342-3013 FAX:096-342-3010

#### 4. 撮影結果

撮影画像の例として経時変化撮影開始時の断面画像を図-2に示す。図の白い部分はCT値の高い骨材を示し、黒い部分はCT値の低い空隙を示している。次に開始時の画像のCT値から506分後のCT値を差し引いた差分画像を図-3に示す。供試体断面の差分画像には白や黒の点が散在しているのが確認できるが、これはモルタルにブリーディングが発生しているためと考えられる。

平均CT値の経時変化を検討するために、各供試体の断面の同じ位置において直径約5cm、90,824ピクセルの領域を設定して、平均CT値を画像処理にて求めた。結果を図-4に示す。一般に、水セメント比の小さいモルタルは密度が大きくCT値も大きいですが、実際には各断面で撮影されるCT値の大きい骨材の割合が相違するため、水セメント比の小さいモルタルのCT値は必ずしも相対的に大きくなってはいない。各モルタルの平均CT値は、撮影開始後506分後まで

は緩やかに上昇し、その後はデータがややばらつくものの、ある一定値に収束している様子が見取れる。CT値が収束するまでの上昇量はおよそ10~20であり、密度に換算すると $0.01\sim 0.02\text{g/cm}^3$ とわずかな値である。ブリーディングによりモルタルの水分が上昇して表面部に移動したことを考えると、硬化によるCT値の変化、すなわち密度や化学反応によるX線吸収率の変化はほとんどないといえる。

#### 5. 結言

X線CTスキャナで水セメント比の異なるモルタル硬化時の経時変化を撮影した。その結果、モルタルのCT値は硬化時にわずかながら上昇していることがわかった。上昇分はセメントの水和によるものか、ブリーディングによるものかは判断できないが、X線CTスキャナでコンクリート画像を分析する際には、セメントの水和がCT値に及ぼす影響はほとんどないことがわかった。鉛直方向に断面を撮影できる産業用の装置は現存しないので、深さ方向のブリーディングの影響を評価するには、医療用のX線CTスキャナ装置を利用することも考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) 天明敏行, 尾原祐三ほか:「X線CT法によるコンクリート供試体の非破壊検査」, 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, 25-1, pp.1643-1648, 2003.6

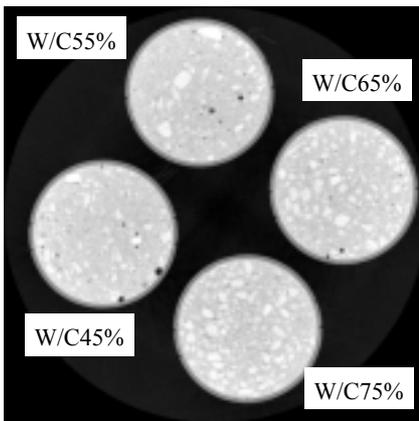


図-2 開始時の断面画像

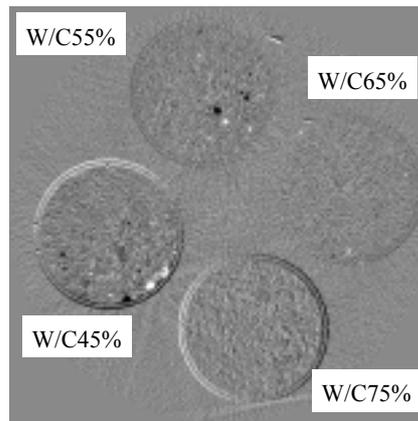
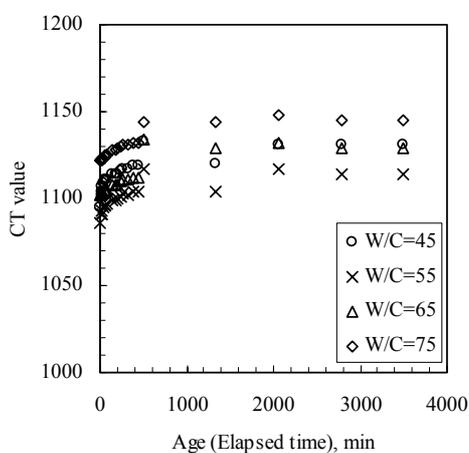
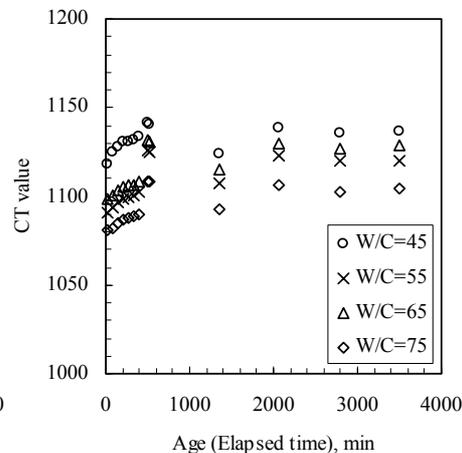


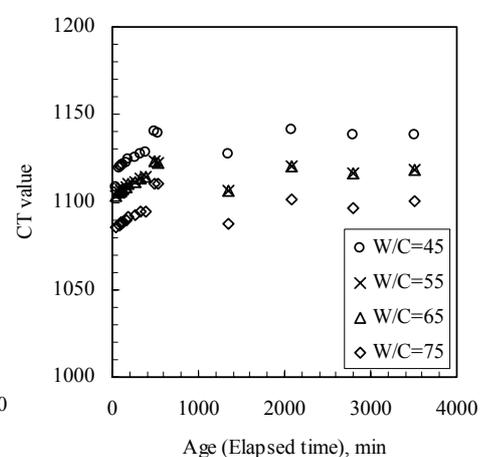
図-3 差分画像



下から25mm (下部)



下から50mm (中心部)



下から75mm (上部)

図-4 平均CT値の経時変化