

中性子ラジオグラフィにおける量み込み計算を用いた散乱線の考慮

鉄道総合技術研究所 正会員 ○大野又稔 正会員 渡辺健

茨城大学 沼尾達弥 舟川勲 NIPPO 熊倉識政 東日本旅客鉄道 松島由布子

京都大学 齊藤泰司 伊藤大介 川端祐司 理化学研究所 山形豊 広田克也 森田晋也

1. はじめに

中性子ラジオグラフィにおいて、図1のように物体の通過する際に発生した散乱線は、被写体外の透過中性子強度が高くなるにじみ効果や、被写体端の透過中性子強度が低くなるエッジ効果として、透過中性子強度の分布に影響を与える可能性がある<sup>1)</sup>。透過中性子強度から物体内の水分量を定量的に評価するために、本研究では物体を通過する際に発生する散乱線を考慮に入れる手法として、量み込み計算の利用の有効性を示した。

2. 実験概要

本研究において使用した、中性子ラジオグラフィ装置の諸元を表1に示し、試験体概要を図2に示す。試験体厚さは中性子が透過できる10mmとし、粗骨材をφ30mmの円柱型とした。モルタルの配合を表2に示す。セメントには普通ポルトランドセメント（密度3.16g/cm<sup>3</sup>）を、細骨材に標準砂（表乾密度2.64g/cm<sup>3</sup>，吸水率0.42%）を、粗骨材に湿潤状態の凝灰岩（大谷石）を用いた。試験体は、材齢が20時間で脱型した後、アルミシールで封緘養生を行い、材齢1, 2, 3日に中性子ラジオグラフィ試験を行った。

3. 量み込み計算を用いた画像処理方法

各撮影画像について、ホワイトノイズ処理、暗電流処理を行い、入射中性子強度  $I_0$  と透過中性子強度  $I$  を求めた。水分強度は以下に通り算出した。

(1)ある1点からの散乱線分布形状  $N_m, N_a$  (図3)

試験体撮影時の試験体端からの距離で求まる、モルタル部の寄与が大きい散乱線分布形状を  $N_m$  とし、10mm厚の凝灰岩単体を撮影時の散乱線分布形状を、粗骨材部の散乱線分布形状  $N_a$  とする。  $N_m$  および  $N_a$  は正規分布と仮定した。そして各画像の被写体外の入射中性子強度  $I_0$  と透過中性子強度  $I$  の差が十分小さくなる位置から被写体端までの距離を、散乱線の影響範囲 (=  $3\sigma$ )

として設定し、標準偏差  $\sigma$  を算出した。

(2)画像全体の散乱線分布  $I_s$  (図4)

モルタル、粗骨材ごとに係数  $\alpha_m, \alpha_a$  を仮定する。次に  $I_0$  と  $I$  の差 (=  $I_0 - I$ ) と散乱線発生量に相関があると

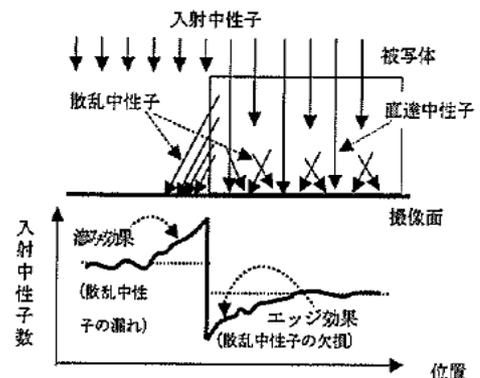


図1 散乱線による影響<sup>1)</sup>

表1 中性子ラジオグラフィ装置の諸元

中性子束	3.2×10 <sup>5</sup> n/cm <sup>2</sup> ·sec
コリメーション比 L/D	100
Cd比	400
n/γ比	1.1×10 <sup>6</sup> n/cm <sup>2</sup> ·mR
コンバータ	蛍光コンバータ ( <sup>6</sup> LiF/ZnS:Ag)
冷却型CCDカメラ画素数	2048×2048pixel (16bit)
空間解像能	80~100μm/pixel程度
レンズ	85mm
原子炉出力	5MW
画像取得ソフト	理研開発連続画像取得ソフト
撮影時間	60秒
コンバータとの距離	10mm

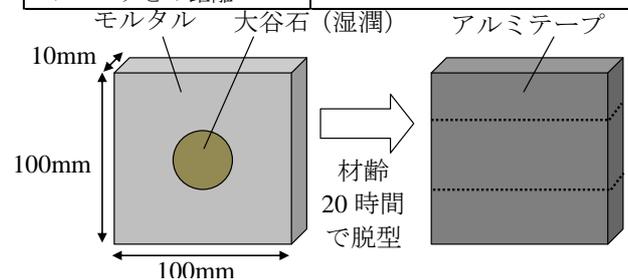


図2 試験体概要

表2 モルタルの配合

W/C	S/C	単位量 [kg/m <sup>3</sup> ]		
		W	C	S
0.4	2	271	678	1356

キーワード 中性子ラジオグラフィ, 散乱線, 量み込み計算, 水分移動, 非破壊試験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7281

の仮定のもと、ピクセルごとに発生する散乱線分布を計算し ( $=\alpha_m N_m(I_0-I)$ ,  $\alpha_a N_a(I_0-I)$ ), 足し合わせる畳み込み計算を行い、画像全体の散乱線分布  $I_s$  を取得した。

(3)水分強度 (図5)

透過中性子強度  $I$  と散乱線分布  $I_s$  の差より、直達中性子強度  $I_t (=I-I_s)$  を算出し、入射中性子強度と透過中性子強度の比で表される水分強度 ( $=-\ln(I_t/I_0)$ ) の分布を求める。水分強度は、被写体の水分が多いほど高い値となる指標である。2次元画像では、水分強度が高い位置では白く、低い位置では黒く示されている。

(4)係数  $\alpha_m$ ,  $\alpha_a$  の調整 (図6)

被写体外の水分強度が0に近くなるように  $\alpha_m$  を調節し、モルタル部の水分強度が一定に近くなるように  $\alpha_a$  を調節する。図6の例では  $\alpha_a=1.5E-6$  を採用した。

4. 処理結果

散乱線の影響を考慮せずに算出した水分強度 ( $=-\ln(I/I_0)$ ) と、散乱線の影響を考慮して算出した水分強度 ( $=-\ln(I_t/I_0)$ ) の比較を図7に示す。散乱線を考えて画像処理したことにより、にじみ効果・エッジ効果が軽減されたことが分かる。

図8に散乱線の影響を考慮して算出した、材齢の経過による水分強度の変化を示す。この結果から、材齢1~3日において、粗骨材位置の水分強度は顕著に減少し、モルタル位置では増加したことが分かった。

5. おわりに

中性子ラジオグラフィにおける散乱線の影響を、畳み

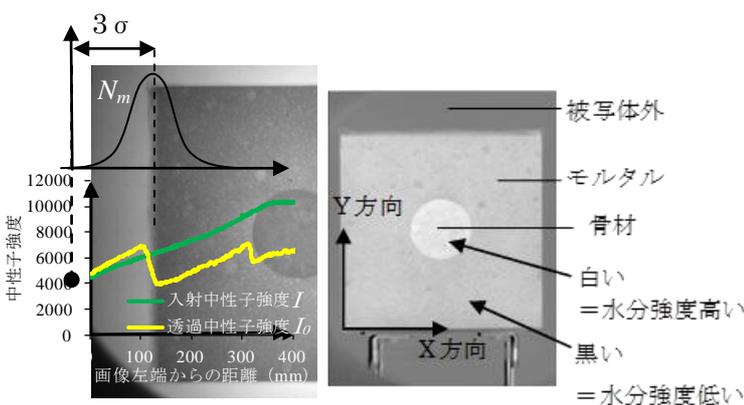


図3  $N_m$  の取得方法 図5 水分強度分布

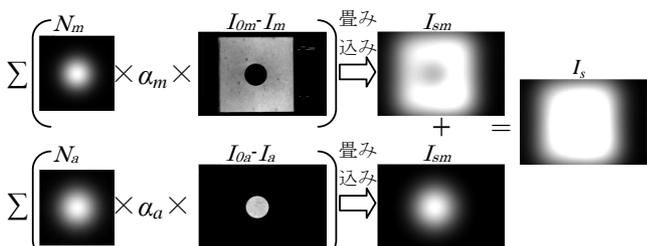


図4 畳み込み計算による散乱線分布の取得

込み計算を用いて考慮することで、にじみ効果およびエッジ効果を軽減させ、水分強度を算出した。その結果、材齢1~3日において、骨材位置の水分が減少しモルタル位置の水分が増加することを、水分強度を用いて2次元的に確認した。

なお、本研究は平成24年度京都大学原子炉実験所共同利用研究による成果である。

参考文献

- 1) 中性子イメージング技術の基礎と応用, (社)日本アイソトープ協会 理工学部会 中性子イメージング専門委員会

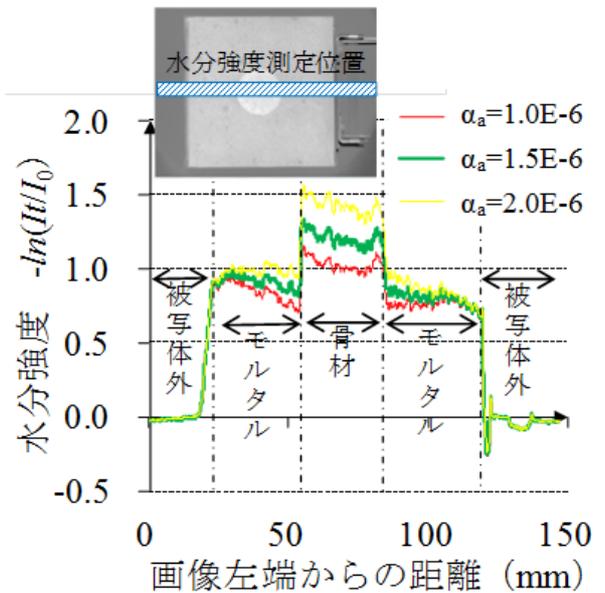


図6 係数  $\alpha_a$  の調整

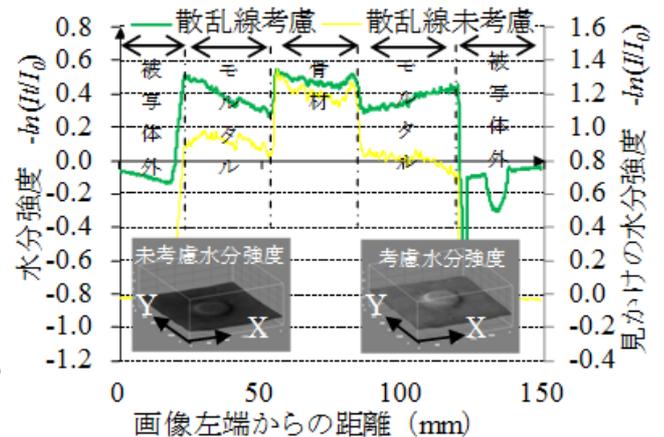


図7 画像処理による水分強度の違い

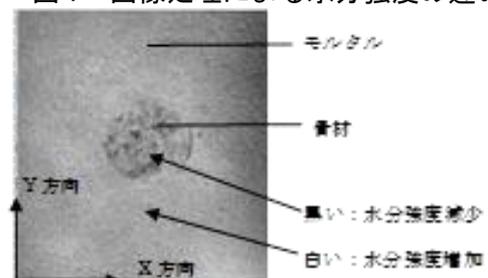


図8 材齢による水分強度の変化量