

ガンマ線測定装置を用いた硬化コンクリートの密度の推定方法に関する研究
(その2:ガンマ線のエネルギースペクトル特性に及ぼす鉄筋の影響)

ガンマ線
エネルギースペクトル

硬化コンクリート
鉄筋

密度

準会員 ○左近充 雅弥*1 準会員 池本 敦哉*1
正会員 瀬古 繁喜*2 正会員 山田 和夫*2
正会員 徳永 将司*3 非会員 森 安弘*4

1. はじめに

前報では、既存躯体コンクリートの密度を非破壊試験によって推定するために、ガンマ線を利用したコンクリート密度の推定方法に着目し、コンクリートの密度を測定する場合にガンマ線量に影響を及ぼすと考えられる鉄筋径やかぶり、および測定装置と鉄筋の位置関係を実験的に検証した。その結果、ガンマ線量測定位置が鉄筋直上に近いほどガンマ線量 (RI カウント) は低下すること、鉄筋径が大きいほど RI カウントが低くなる傾向があること、かぶり厚さが大きいほどかぶり厚さの二乗に比例して RI カウントの低下量は小さくなることなどが分かった。

本報では、エネルギーレベルごとのガンマ線量を示したスペクトル特性に着目し、鉄筋がスペクトル特性に対して及ぼす影響を分析した結果を述べる。

2. 実験概要

(1) 実験の因子と水準

実験因子は、前報その1と同じく、鉄筋径とかぶり厚さである。鉄筋径は D10 から D32 までとし、かぶり厚さは 20mm から 80mm までとした。実験因子と水準を表-1 に示す。実験は全ての水準の組合せで行った。

表-1 実験の因子と水準

実験因子	水準
鉄筋径(呼び径)	D10, D19, D32
かぶり厚さ(mm)	20, 40, 60, 80

(2) コンクリートの材料と調査

コンクリートの材料と調査は、表-2 および表-3 に示すとおり、前報その1と同じである。

表-2 コンクリートの材料

種類	名称・産地	物性値
セメント	普通ポルトランド(T社)	密度3.16g/cm ³
水	地下水	1.00g/cm ³
細骨材	山砂(豊田市)	表乾密度2.55g/cm ³ , 粗粒率2.80
粗骨材	砕石(瀬戸市)	表乾密度2.71g/cm ³ , 実積率59%
化学混和剤	AE減水剤(T社)	有機酸系誘導体と芳香族高分子化合物, 密度1.26~1.30g/cm ³

表-3 コンクリートの調査

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤
65.0	52.2	185	285	905	881	0.71

(3) 測定方法

高さ 200mm×幅 500mm×奥行 300mm の試験体はかぶり厚さ側を上にして、その上に測定装置を鉄筋と平行になるように設置した。測定位置は鉄筋直上から横方向に距離が-200mm から+200mm まで 20mm 間隔とした。測定時間は 1 分間/回とし、3 回の合計値を測定結果とした。測定位置の概要を図-1 に示す。

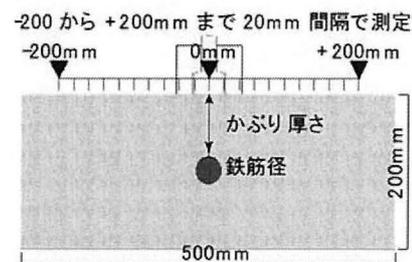


図-1 試験体の断面と測定位置

3. 測定結果の整理

測定で得られたガンマ線量を、エネルギーレベルと RI カウントの関係としてまとめたエネルギースペクトルの例を図-2 に示す。

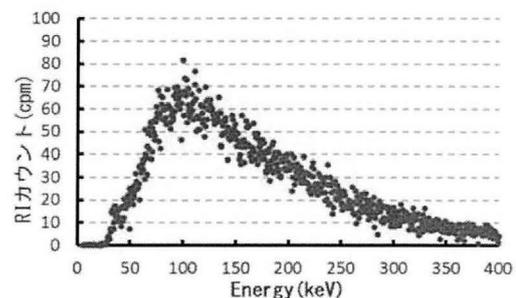


図-2 ガンマ線のエネルギースペクトルの例 (D32, かぶり厚さ 20mm)

1 分×3 回の測定でも、エネルギースペクトルの RI カウントのばらつきが大きいことから、鉄筋径やかぶり厚さ

による影響を直接的に比較することが難しい。そのため、地震動のスペクトル分析で用いられる Hanning ウィンドウによる平滑化を行った。これは、図-3 に示すように、両隣のデータを用いて重み付けを低減させながら繰り返し加重平均する方法であり、本研究では5回繰り返した。

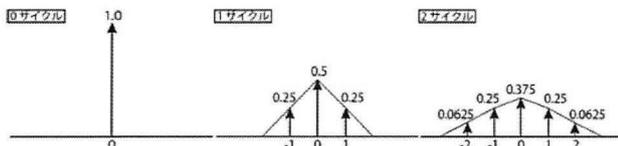


図-3 Hanning ウィンドウによる平滑化

4. 測定結果

その1で示した、鉄筋直上からの横方向の距離とガンマ線の RI カウントの関係から、距離 100mm の位置が鉄筋の影響を受けておらず、鉄筋直上が鉄筋の影響を最も受けていると考えられた。両者のエネルギースペクトルを比較すると、例えば鉄筋径 D32 でかぶり厚さ 20mm の場合は図-4 に示すようになり、スペクトルに差がみられる。

図-4 より、コンクリートと鉄筋で散乱されたガンマ線量 (RI カウント) のピークにおけるエネルギーは 90keV 程度であることが分かる。図-4 は D32 の場合であるが、他の鉄筋径とかぶり厚さでも RI カウントがピークとなるエネルギーはほぼ変わらなかった。なお、図-4 のスペクトルの差を積分して 3(分間)で除した値が、その1の図-4 における鉄筋直上での RI カウントの低下量に相当する。

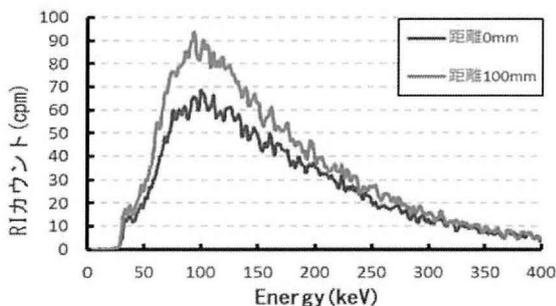


図-4 ガンマ線のエネルギースペクトルの比較 (D32)

5. 考察

図-4 に示したスペクトルの差を分析するために、鉄筋によるスペクトルの差が現れるエネルギーの範囲(図-4 での X 軸の範囲)と、鉄筋が影響を及ぼしていると考えられるエネルギーレベルにおいて鉄筋径とかぶり厚さが RI カウントに及ぼす効果を検討した。

(1) 鉄筋が影響するエネルギーの範囲

鉄筋によって RI カウントが低下するエネルギーの範囲とかぶり厚さの関係を図-5 に示す。D32 と D19 とでは顕

著な差はないが、D10 では他の鉄筋径よりもエネルギー範囲が小さくなり、鉄筋径の影響がみられた。また、かぶり厚さが大きいとエネルギーの範囲は小さくなり、かぶり厚さの影響が顕著である。

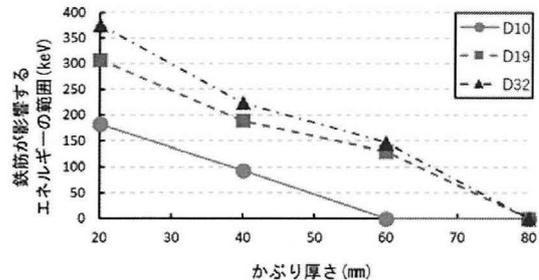


図-5 かぶり厚さと鉄筋が影響するエネルギー範囲の関係

(2) エネルギーピークにおける鉄筋とかぶり厚さの影響

図-4 での RI カウントがピークを示すエネルギー (90keV 程度) における RI カウントの低下量とかぶり厚さとの関係を図-6 に示す。かぶり厚さが大きくなると RI カウントの低下量が小さくなる傾向があり、鉄筋径が小さくなくても RI カウントの低下量は小さくなった。

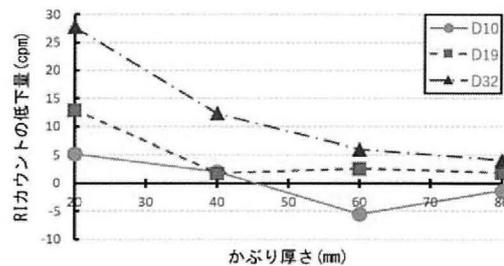


図-6 かぶり厚さとピークでの RI カウント低下量の関係

以上をまとめると、散乱したガンマ線のエネルギースペクトルには、鉄筋のかぶり厚さと鉄筋径の両方が影響を及ぼすことが分かった。

6. まとめ

散乱したガンマ線のエネルギースペクトルを平滑化し、分析した結果を以下にまとめる。

- 1) 鉄筋によって RI カウントが低下するエネルギーの範囲は、鉄筋のかぶり厚さと鉄筋径による影響があった。
- 2) RI カウントがピークを示すエネルギーでの RI カウントの低下量は、鉄筋のかぶり厚さと鉄筋径による影響があった。

謝辞

本研究の実験と分析では、元愛知工業大学 建築学科 中村誠也氏と宮内大生氏に多大な協力をいただいた。ここに付記して感謝の意を伝える。

*1 愛知工業大学 建築学科 学部生

*2 愛知工業大学 建築学科 教授

*3 竹中工務店 原子力火力本部

*4 ソイルアンドロックエンジニアリング

*1 Undergraduate, Student Aichi Institute of Technology

*2 Professor, Aichi Institute of Technology Architectural

*3 TAKENAKA Corporation, Power Engineering Department

*4 Soil and Rock Engineering