

## 散乱型 RI 測定装置におけるエネルギー減速材が熱中性子の増減に及ぼす影響

(その1: 減速材単体における RI カウントの変化)

放射性同位体 中性子線 散乱型  
減速材 熱中性子 RI カウント

準会員 ○菱川水裕\*1 正会員 神頭峰磯\*2  
正会員 瀬古繁喜\*1 同 池永太一\*3  
同 山田和夫\*1

## 1. はじめに

検査技術として放射線は医療分野や製造分野など、様々なところで活用されている。その中でも特に中性子線は、その物質透過性の高さから、X線とは異なる対象の検査技術として用いられている。放射性同位体(以下、RI)を用いた中性子線の場合は放射エネルギーが0.1MeVと比較的高く、線源から四方に放出されるため利用しにくい問題がある。そのため減速材と呼ばれる中性子線のエネルギーを減衰させる物質を利用して、中性子線の遮蔽やコリメートの対処を行って使用しているものが多い。

筆者らは、散乱型 RI 測定装置(以下、測定装置)を用いて、鋼コンクリート複合構造物の鋼とコンクリートとの界面の空洞や滞水を検知することを目指している。本研究では、測定装置に即した遮蔽やコリメートを検討するため、各種の減速材の効果を明らかにする目的で減速材による RI カウントの変化を、簡易の実験装置を用いて検討した結果を述べる。

## 2. 実験方法

## (1) 実験概要および実験装置

実験に使用した装置の概要を図-1に示す。線源の上下に<sup>3</sup>He検出管を設置し、上下の検出管の中間に、RIカウントを増加させる目的で、減速板として幅400mm×長さ400mm×厚さ40mmのコンクリート製の減速板を設置した。なお、線源はカリホルニウム<sup>252</sup>Cf(線源強度0.6MBq)を使用した。減速材ホルダーに中性子線減速材を設置し、検出管で計数する RI カウントから、減速材の透過、反射、吸収などの性能を調べる。

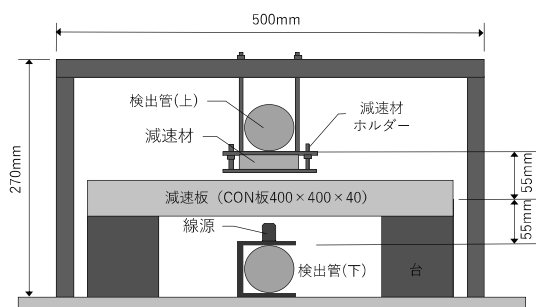


図-1 簡易の実験装置の概要

## (2) 実験水準

減速材の種類は、エネルギー減衰の高いポリプロピレ

ンおよびポリエチレンと、酸化ホウ素10%を含有したポリエチレン樹脂および、炭化ホウ素40%を含有したシリコーンゴムの4種類とし、減速材なしの場合も実験を行った。減速材の厚さは5mm, 10mm, 20mmとし、表-1に示すような実験水準とした。

表-1 実験水準

番号	減速材の種類(記号)	厚さ(mm)
1	ポリプロピレン(PP)	10, 20
2	ポリエチレン(PE)	10, 20
3	ホウ素樹脂(BPE)	10, 20
4	ホウ素ゴム(BR)	5, 10
5	なし(N)	-

実験装置の減速板は、普通ポルトランドセメント、粗骨材を砂利、細骨材を山砂とした設計基準強度が30N/mm<sup>2</sup>の普通コンクリートとした。使用したコンクリートの材料を表-2に、調合を表-3に示す。なお、減速板のコンクリートは、型枠の脱型後に継続して水温20℃で水中養生を行い、測定時は水中から取り出して表面の水分をウェスで拭き取った状態で実験装置に取り付けた。

表-2 減速板コンクリートの使用材料

種類	産地・名称	物性値
セメント	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm <sup>3</sup>
水	地下水	密度1.00g/cm <sup>3</sup>
細骨材	山砂(愛知県豊田市)	表乾密度2.58g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率2.67
粗骨材	砂利(岐阜県多治見市)	表乾密度2.60g/cm <sup>3</sup> , 実積率63.3%
混和剤	AE減水剤	変性リグニンスルホン酸とポリカルボン酸, 密度1.09g/cm <sup>3</sup>
	AE剤	アルキルエーテル型陰イオン界面活性剤, 密度1.04g/cm <sup>3</sup>

表-3 減速板コンクリートの調合

水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
		水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	AE剤
57.4	44.9	175.5	306	791	978	0.198	0.198

## 3. 実験結果

## (1) 測定された RI カウントの補正

今回使用した実験装置では、一旦熱中性子を増加させ

る目的で減速板として厚さ 40mm のコンクリート板を用いている。そのため、図-2 (a)に示すように、上部の検出管の下に減速材がない場合は、線源から放射された中性子線が、透過減衰または散乱反射して上下各々の検出管で計数される。減速材を上部の検出管の下に設けた図-2 (b)の場合は、減速材を透過した中性子線が減速材によってさらに透過減衰するものと散乱反射するものがある。減速材によって散乱反射された中性子線は、減速材によって、さらに透過減衰と散乱反射して各々の検出管で計数される。そのため、実験によって得られる RI カウントは、これらの影響を考慮して補正する必要がある。補正は、減速材なしの結果から減速材による透過率と反射率を算出し、減速材ありの結果から差し引いて求める。

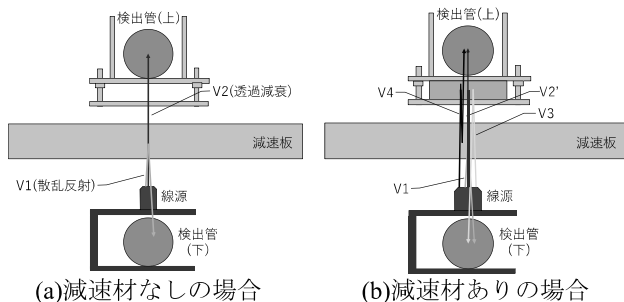


図-2 線源から検出管までの中性子線の経路

## (2) 減速材による RI カウントの変化

今回の実験により得られた RI カウントの測定値を表-4 に示す。表-4 から、RI カウントの測定値は減速材なしの場合と比較して大きく変動しており、RI カウントが減速材の種類や厚さによって影響を受けていることが判る。

次に表-4 の測定値から図-2 による補正を行い、減速材の影響を除外して減速材のみの RI カウントを求めた結果を表-5 に示す。また、減速材なしの場合に対する減速材の RI カウントの増減率を図-3 に示す。

PP と PE は減速材の厚さを大きくすると RI カウントが増加し、合計の値は PP と PE で大きな差はないが、透過のカウントは PP の方が小さくなり、反射と透過の割合が PP と PE で異なっている。この結果から、熱中性子を増加する目的の場合は PE の方が効果があり、散乱反射を増加する場合は PP が効果があると考えられる。また、ホウ素を含有する、BR (20mm を除く) 減速材は、BPE20mm を除いて合計の RI カウントがマイナスになっており、中性子線を吸収していると考えられる。合計の RI カウントは、BR の減少量が BPE を上回った。BPE はポリエチレンがベースとなっており、酸化ホウ素も 10%と少ないことから吸収性能が小さくなったと考えられる。一方、ホウ素ゴムは炭化ホウ素の含有量が 40%と高いため、吸収

性能が大きくなったと考えられる。ただし、BPE、BR とも厚さが大きいと吸収性能が低下していることから、吸収性能を発揮する最適厚さが存在すると考えられる。

表-4 RI カウントの測定値

減速材		RIカウント(cpm)		
種類	厚さ	検出管下(反射)	検出管上(透過)	合計
なし	0mm	1202	386	1588
PP	10mm	1252	568	1820
	20mm	1329	1053	2382
PE	10mm	1223	604	1827
	20mm	1314	1071	2385
BPE	10mm	1168	362	1530
	20mm	1271	447	1718
BR	5mm	1174	209	1383
	10mm	1217	211	1428

表-5 減速材の影響を除外した RI カウント

減速材		RIカウント(cpm)		
種類	厚さ	検出管下(反射)	検出管上(透過)	合計
PP	10mm	206	26	232
	20mm	523	271	794
PE	10mm	86	153	239
	20mm	461	336	797
BPE	10mm	-140	82	-58
	20mm	284	-154	130
BR	5mm	-115	-90	-205
	10mm	62	-222	-160

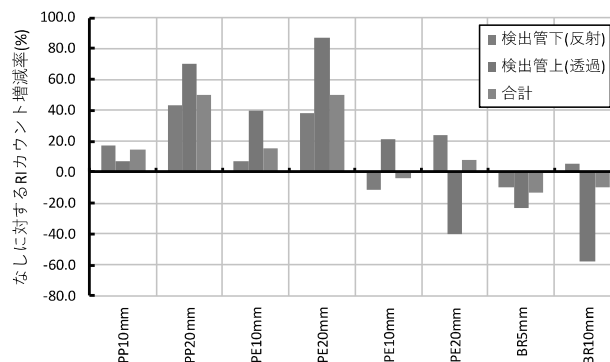


図-3 減速材なしに対する各減速材の RI カウント増減率

## 4. まとめ

今回の実験で得られた結果を以下にまとめる。

- ・熱中性子線を増加させる PP と PE は、増加量は同程度であるが、透過量と散乱反射量の比率が異なっている。
- ・BPE と BR は熱中性子を吸収する性能がある。
- ・ホウ素の含有量により減速材の吸収性能が異なる。
- ・吸収性能を示す減速材には、最適厚さが存在すると考えられる。

## 参考文献

- 1) 神頭峰磯, 瀬古繁喜, 山田和夫: RI 中性子線測定装置による合成床版のコンクリート充填確認手法の基礎的検討, 土木学会 第 10 回道路橋床版シンポジウム, pp.93-98, 2018

\*1 愛知工業大学, \*2 日本車輛製造株式会社,  
\*3 ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社

\*2 Aichi Institute of Technology, \*2 Nippon Sharyo Co., Ltd.,  
\*3 Soil and Rock Eng., Co., Ltd.