

散乱型 RI 測定装置の減速材が空洞の大きさに対する RI カウントに及ぼす影響
(その1: 実験概要とポリプロピレン間の距離に対する RI カウントの変化)

準会員 ○立山有佑*1 正会員 瀬古繁喜*1
正会員 神頭峰磯*2 同 山田和夫*1
同 池永太一*3

放射性同位体 中性子線 散乱型
減速材 空洞幅 RI カウント

1. はじめに

鋼道路橋といった鋼とコンクリートの複合構造では、鋼板の補剛や過密な配筋による狭隘箇所があり、コンクリート打込み時の充填不良が懸念される。また、鋼板とコンクリートの界面の剥離によって雨水などが鋼板上に滞水し、構造物の耐久性低下の要因になることもある。

そこで筆者らは、放射性同位体(以下、RI)による中性子線を用いた散乱型の測定装置を用いて、鋼板の外側から、コンクリートの空洞や滞水の検知を試みている。本研究では、速中性子のエネルギーを減衰させる効果を期待した減速材を使用することにより、コンクリートの空洞や滞水が検知しやすくなることを実験的に検討した結果を述べる。本研究では、測定対象(以下、被検体)の間の空間の距離を変化させ、測定される RI カウントの変化に及ぼす減速材の効果を明らかにすることを目的とした。

2. 散乱型中性子線測定装置の概要

RI から放出される速中性子は、はじめ 0.1MeV 以上の高いエネルギーを有するが、主に水素原子との衝突を繰り返してエネルギーを失って平均 0.025eV 程度の熱中性子となると検出管で測定ができる。測定対象の片側に RI 線源と検出管を並列に設置し、測定対象の中で散乱・減衰されて戻ってきた熱中性子の数を測定する方法を散乱型と呼んでいる。散乱型測定装置のイメージを図-1 に示す。

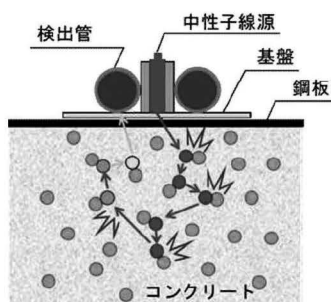


図-1 散乱型中性子線測定装置の測定イメージ

本研究で用いた測定装置の概要を図-2 に示す。測定装置は、平面寸法が 200mm×150mm で厚さが 2mm のアルミニウム底板の中心に、ステンレス製容器に密封された ²⁵²Cf 線源 (以下、線源) を配置した。使用した線源の強

度は、実験の都合上、0.51MBq、と 0.74MBq の 2 種類となった。線源の両側には、熱中性子検出管として直径 25.4mm×長さ 157.4mm の ³He 比例計数管を並行に配置した。検出管はパソコンに接続され、熱中性子による電圧変動の回数から 1 秒当たりの RI カウントとして記録した。検出管の下には中性子線の減速材を設置し、検出管で多くの熱中性子を捕捉するために、速中性子のエネルギー減衰効果の高いポリプロピレン(密度 0.91g/cm³)とポリエチレン(密度 0.96g/cm³)を用いることとした。

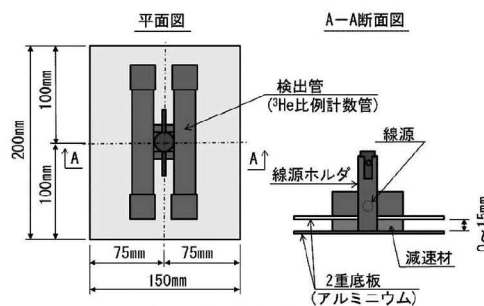


図-2 測定装置の概要

3. 実験の概要

(1) 実験因子と水準

測定装置に関する実験の因子と水準を表-1 に示す。

表-1 測定装置に関する実験の因子と水準

実験因子	水準
減速材の材質	ポリプロピレン(PP), ポリエチレン(PE)
減速材の厚さ(mm)	0, 3*, 5, 10*, 15

* ポリプロピレンの場合

測定対象の実験因子は、被検体の材質と被検体間の距離とした。被検体の材質は、ポリプロピレンとコンクリートとした。被検体間の距離は 0mm(空洞無し)から 200mm までは 40mm ずつ変化させ、200mm から 400mm までは 100mm ずつ変化させた。

(2) 実験の方法

厚さ 8mm の鋼板の上に 200mm×400mm×厚さ 200mm の大きさのポリプロピレンまたはコンクリートを所定の距離を空けて置き、その上に厚さ 8mm の鋼板を置いて鋼板の上に測定装置を設置した。実験の概要を図-3 に示す。

Effect of moderator to the relation between void width and RI-count measured by neutron backscattering detector (Part 1: Experimental overview and results of polypropylene specimen)

TATEYAMA Yusuke, KOZU Mineki, SEKO Shigeki, YAMADA Kazuo, and IKENAGA Taichi

測定は被検体間の中心に測定装置の中心を合わせて 3 分間行い、1 分当たりの熱中性子のカウント数 cpm(count per minute)として記録した。本実験では線源強度の異なる 2 つの線源を使用したため、計数率比を計算した。線源の半減期より、線源固有の基準日から測定日まで低下した値(cpm)を求め、測定されたカウントとの比を計数率比と呼ぶ。計数率比の計算方法を式(1)に示す。

$$\text{計数率比} = \frac{\text{RIカウント}}{\text{基準値} \times 0.5^{\frac{\text{測定日}-\text{基準日}}{\text{半減期}}}} \quad (1)$$

なお、本実験に使用した線源の半減期は 966 日である。

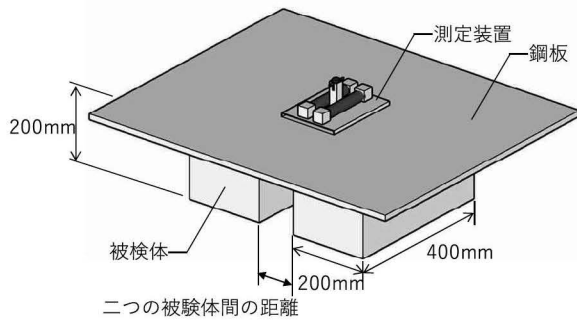


図-3 実験方法の概要

4. 被検体がポリプロピレンの場合の実験結果

減速材がポリプロピレンで、減速材なし(厚さ 0mm)、厚さ 3mm、5mm、10mm、および 15mm の場合における被検体間の距離と計数率比の関係を図-4 に示す。減速材がポリエチレンで、減速材なし(厚さ 0mm)、厚さ 3mm、および 10mm の場合における被検体間の距離と計数率比の関係を図-5 に示す。

被検体間の距離と計数率比の関係は、図-4、図-5 ともに被検体間の距離がゼロで空洞が無い場合に計数率比が最も高く、被検体間の距離が大きくなると計数率比が低下する傾向となった。計数率比の低下割合は、被検体間の距離が小さいときに大きく、被検体間の距離が 120mm を超えると小さくなった。従って、被検体間の距離が計数率比の変化に及ぼす影響は被検体間の距離が小さい範囲の方が高いといえる。

図-4 より、被検体間の距離がゼロのときの計数率比は減速材なしを基準にすると減速材の厚さ 3mm、5mm が低く、厚さ 10mm では同程度で、厚さ 15mm では高くなった。減速材厚さ 3mm と 5mm の計数率比は被検体間の距離が 160mm を超えると減速材なしとほぼ同じになった。減速材厚さ 10mm では被検体間の距離が 40mm を超えると減速材なしとほぼ同じになった。減速材厚さ 15mm で

はほかの場合よりも全体に計数率比が高い結果となった。従って、減速材厚さ 10mm 程度を境にして速中性子の減衰効果が変化すると考えられる。

図-5 より、被検体間の距離がゼロのときの計数率比は、減速材なしを基準にしたときの減速材の厚さ 3mm および 10mm とともに、減速材がポリプロピレンの場合と同じであった。また、被検体間の距離が大きくなるときの計数率比の低下傾向も減速材がポリプロピレンの場合と同じであった。よって、ポリプロピレンとポリエチレンでは減速材としての効果は同じと考えられる。

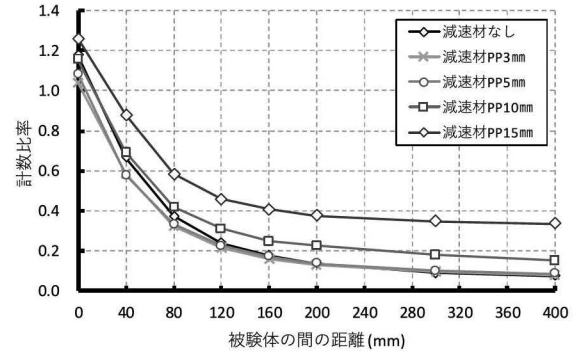


図-4 被検体間の距離と計数率比の関係 (減速材がポリプロピレン(PP)の場合)

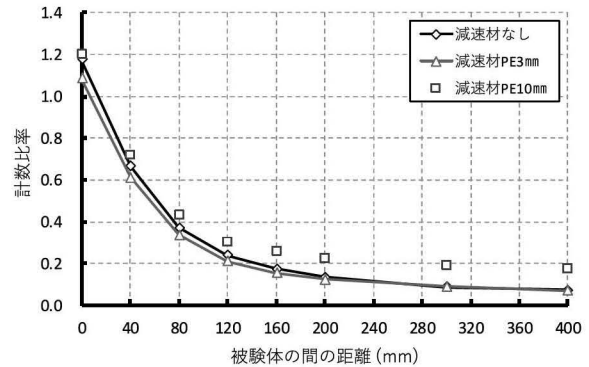


図-5 被検体間の距離と計数率比の関係 (減速材がポリエチレン(PE)の場合)

5. まとめ

今回の実験で得られた結果を以下にまとめる。

- ・被検体間の距離が大きくなると計数率比が低下する傾向は、減速材の種類によらずみられた。
- ・被検体間の距離と計数率比の関係は、減速材厚さ 10mm 程度を境にして減速材の減衰効果が現れる。
- ・ポリプロピレンとポリエチレンでは減速材としての効果は同じである。

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

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