

中性子線測定装置による RI カウントと鋼板型枠中の被検体の種類および厚さの関係

竹中土木
竹中土木
関西電力

正会員
正会員
非会員

○ 角 拓郎
安藤 慎一郎
池内 俊之

竹中工務店
竹中工務店技術研究所
竹中工務店技術研究所

非会員
正会員
正会員

神地 正紀
三井 健郎
瀬古 繁喜

1. はじめに

躯体コンクリートを施工するうえで、打設時にその充填状況を確認することが出来れば、コンクリート構造体の施工品質が向上する。これまで、型枠外側からコンクリートの充填状況を確認する手法として、赤外線法¹⁾や打音法、静電容量測定法²⁾等が報告されている。鋼製の型枠に対しては、実際的な工事の環境ではこれらの方法の適用が難しいのが現状である。そこで筆者らは、鋼板を透過する中性子線に着目し、コンクリート打設中に型枠の外側から充填状況を確認する方法を検討することとした。本報告では、散乱型ラジオアイソトープ水分計（以下、測定装置という）を用い、異なる測定対象（以下、被検体という）において被検体厚さの違いが、RI カウントに及ぼす影響を実験的に検討した結果を述べる。

2. 実験概要

2. 1 測定装置の概要

測定装置は散乱型ラジオアイソトープ水分計であり、図-1 に示すように、速中中性子を放出する線源（カリホルニウム²⁵²Cf、線源強度 0.60MBq）は装置中央に配置し、その横に熱中中性子検出管（³He 比例計数管：直径 1inch×長さ 10inch）を並列配置している。散乱型ラジオアイソトープ水分計は、線源から放出された速中中性子が、被検体中の主に水素原子によって減速されて熱中中性子となり戻ってくる数（以下、RI カウントという）を測定するものである。

2. 2 実験因子と水準

実験の因子と水準を表-1 に示す。被検体厚さは、水、セメントペースト、およびモルタルでは 200mm まで、コンクリートでは 300mm まで測定した。

2. 3 コンクリート等の材料と配合

コンクリート等の使用材料を表-2 に、それらの配合を表-3 に示す。

2. 4 測定項目と方法

測定項目は、測定装置によって測定される RI カウントとし、毎秒測定される RI カウントを 1 分間ごとの区間で平均した値を cpm（count per minutes）として表すこととした。1 回の測定時間は 3 分間とし、3 分間全体の平均値を求めた。試験体には、図-2 に示すような塩ビ製の枠の底部に 6mm 鋼板を一体化させた型枠を使用し、この型枠の内部に被検体の厚さを順次増加させて投

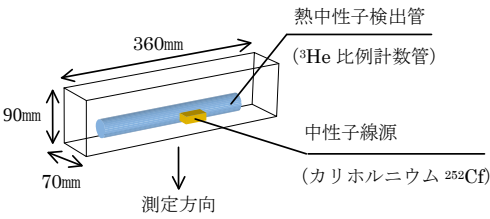


図-1 測定装置の概要

表-1 実験因子と水準

実験因子	水準
被検体種類	水、セメントペースト、モルタル、コンクリート
被検体厚さ(mm)	0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300

表-2 コンクリート等の材料

種類	性質
セメント	普通ポルトランドセメント, 密度3.16g/cm ³
細骨材	茨城県神栖市産陸砂, 密度2.58g/cm ³ , 吸水率1.93%
粗骨材	栃木市産石灰砕石, 密度2.71g/cm ³ , 吸水率0.66%
混和剤	AE減水剤標準型

表-3 コンクリート等の配合

被検体種類	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m ³)				
			水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
コンクリート	50.0	47.6	174	348	826	826	3.48
モルタル	50.0	100	303	607	1307	—	6.07
セメントペースト	28.0	—	469	1677	—	—	—

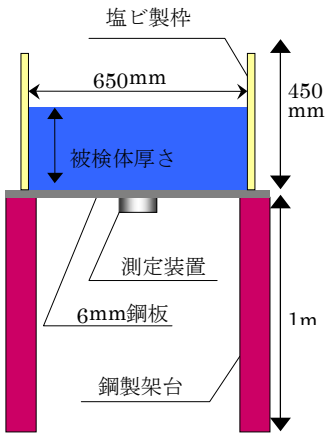


図-2 RI カウント測定概要

キーワード 速中中性子, RI カウント, コンクリート, 被検体種類, 被検体厚さ

連絡先 〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 竹中技術研究所 TEL 0476-47-1700

入し、その都度 RI カウントを測定した。測定装置は鋼板の下部中央に固定した。

3. 実験結果と考察

各被検体の RI カウント測定結果より、被検体厚さと RI カウントの関係を図-3 に示す。RI カウントはいずれの被検体でも、被検体厚さが増加するほど大きくなる傾向がある。RI カウントの最大値は、水>セメントペースト>モルタル>コンクリートの順であった。また、被検体ごとに RI カウントの増加割合が鈍化する固有の厚さがあり、その被検体の厚さは水で 120mm、セメントペーストで 160mm、モルタルで 180mm、コンクリートで 250mm 程度とみられる。この RI カウントの増加割合が鈍化し、一定の RI カウントに収束する被検体厚さを検知厚さと呼ぶこととする。各被検体における骨材の吸水量を含む単位水分量、最大 RI カウントと実験結果から推定される検知厚さを表-4 に示す。

表-4 より、単位水分量と最大 RI カウントの関係を図-4 に示す。最大 RI カウントは被検体の単位水分量が多いほど増加し、単位水分量の一次式で近似できた。よって、被検体の単位水分量は、検知厚さ以上の試料厚さであれば、あらかじめ校正式を設定することにより推定できる。

被検体の単位水分量と検知厚さの関係を図-5 に示す。検知厚さは、被検体の単位水分量が多いほど小さくなる傾向があり、単位水分量と検知厚さの関係は累乗関数で近似できた。この結果は、被検体中の水素による速中性子のエネルギー減衰の多寡と、速中性子の距離減衰を示すものであり、異なる被検体種類でも、単位水分量が既知であれば検知厚さを推定することが可能となる。

4. まとめ

- 今回の実験で得られた結果を以下にまとめる。
- ・被検体ごとに、RI カウントの増加割合が鈍化して一定になる固有の被検体厚さがあり、水で 120mm、セメントペーストで 160mm、モルタルで 180mm、コンクリートで 250mm 程度と考えられた。
 - ・最大 RI カウントは単位水分量の多い被検体ほど大きく、単位水分量と最大 RI カウントの関係は一次式で近似できた。
 - ・被検体の単位水分量と検知厚さの関係は累乗関数で近似でき、被検体の単位水分量から検知厚さの推定が可能である。

参考文献

1)渡部正ほか：型わく面の熱画像解析によるコンクリート打込み時の欠陥検出法に関する研究，土木学会論文集，No.478/V-21，pp.51-59，1993
2)三枝大介ほか：高周波静電容量測定による型枠内のコンクリート充填性判別方法に関する研究，日本建築学会学術講演梗概集，pp.365-368，

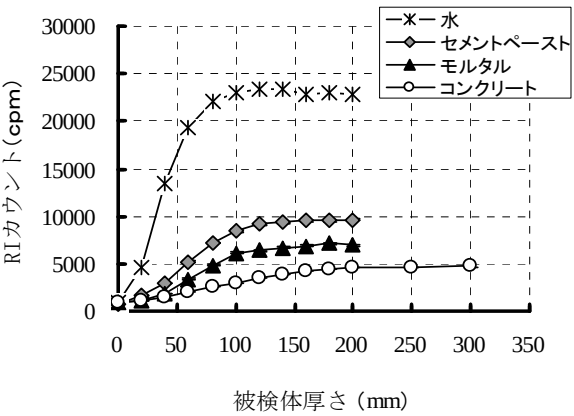


図-3 各被検体での被検体厚さと RI カウントの関係

表-4 各被検体の単位水分量と最大 RI カウントおよび検知厚さ

被検体種類	単位水素量 (kg/m ³)	単位水分量 (kg/m ³)	最大RIカウント (cpm)	検知厚さ (mm)
水	111	1000	23382	120
セメントペースト	52	469	9656	160
モルタル	36	328	7088	180
コンクリート	22	196	4755	250

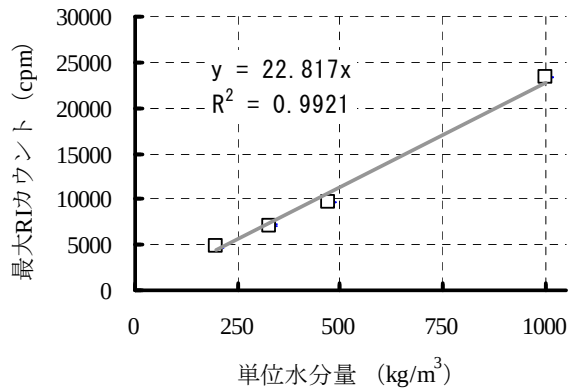


図-4 単位水分量と最大 RI カウントの関係

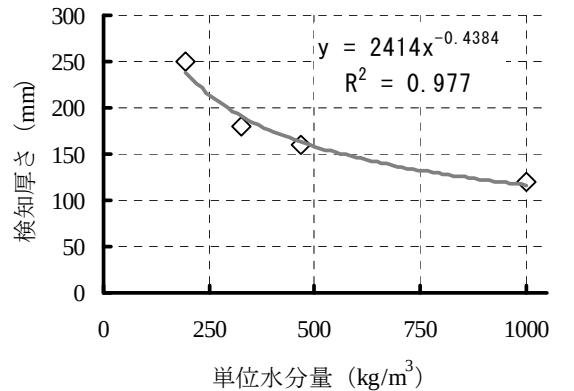


図-5 単位水分量と検知厚さの関係