

# 合成床板のコンクリートの充填、空隙および滞水検知装置に関する研究

[研究代表者] 瀬古繁喜 (工学部建築学科)  
 [共同研究者] 神頭峰磯 (日本車輛製造(株))  
 池永太一 (ソイルアンドロックエンジニアリング(株))

## 研究成果の概要

社会基盤の構築は国の財政支出の中で大きな割合を占め、信頼性の高い施工品質は維持管理費を抑制する上でも非常に重要である。本研究で主な対象とする合成床版構造は、高架や道路橋等を合理的に構築できることから、適用の割合が増加している。研究分担者は合成床板を製造・施工する企業であり、かねてからコンクリート打込み時に、鋼材が接合するような狭隘部でのコンクリート充填不良が発生する危険を認識してきた。これに対して、研究代表者がこれまで取り組んできた中性子線を利用した非破壊検査技術は独自性があり、コンクリート打込み中に鋼板の外側からコンクリートの空隙を検出できる装置を実現できる可能性がある。本研究では、放射線の中でも特に物質透過性に優れた中性子線に着目し、鋼材に覆われた複合構造の界面の空隙や滞水などの異常を非破壊で検出することを目指す。本研究では散乱型 RI 中性子線測定装置 (以下、測定装置) によって、鋼材とコンクリートとの界面に発生する空隙や滞水を検知する技術を確立するものである。今年度の研究では、従来からの実験で使用していた測定装置から、中性子線検出管を増設した測定装置に変更し、新たな測定装置における空隙検知の特性を把握することを目的とした。コンクリートに対して測定装置によって測定できる構造物の範囲を調べるために、被験体の幅と厚さを変化させる実験と、測定装置で測定できる空隙の大きさと装置の空隙に対する感度を確認するため、被験体間の距離を変化させた実験を行った。その結果、コンクリートに対する測定では幅 120mm 以上、厚さは 150mm 以内で測定可能な計数率比の変化が得られること、ポリプロピレン減速材の厚さ 5mm を境にして RI カウントの増加傾向が変わるため減速材の厚さを 10mm 程度以上にすると測定範囲の感度が向上すること、空隙の検知は 160mm までと考えられ空隙幅 160mm までは計数率比は距離の二乗で減衰することが分かった。

**研究分野：** 建築材料・施工

**キーワード：** 中性子線, ラジオアイソトープ, 非破壊, 空隙検知, 測定精度

## 1. 研究開始当初の背景

鋼道路橋で用いられる鋼コンクリート合成床版では、鋼とコンクリートを一体構造とすることにより、従来の RC 床版より高耐久な床版として、少数主桁橋で多く用いられている。しかし、鋼とコンクリートの複合構造では、鋼板に補剛のためのリブプレートや型鋼などが取りつき、配筋を行うと狭隘な構造となり易く、コンクリート打込み時の充填不良などに配慮が必要である。また、共用を開始したのちにおいても、鋼とコンクリートの界面ではく離し、滞水を伴い床版コンクリートの耐久性を低下させる要因となる懸念がある。そのため、複合構造物の長期耐久性を性能通り発揮するには、適切な施工管理と維持管理が重要と

なる。しかし、鋼とコンクリートの複合構造の場合、コンクリートが鋼材で覆われ、コンクリート部分を含む界面の状態が不可視となるため、それらの管理が難しい。鋼材に覆われた複合構造の界面の空隙や滞水などの異常を検出することを目指して、衝撃弾性波法などを適用する検討も行われているが、実用には至っていない現状がある。

そこで、放射線の中でも特に物質透過性に優れた中性子線に着目し、鋼材に覆われた複合構造の界面の空隙や滞水などの異常を非破壊で検出することを目指す。本研究では散乱型 RI 中性子線測定装置 (以下、測定装置) によって、鋼材とコンクリートとの界面に発生する空隙や滞水を検知する技術を確立する。

## 2. 研究の目的

本研究では、散乱型 RI 中性子線測定装置を用いて鋼コンクリート合成床版のコンクリート施工時での充填不良等を鋼板を通して非破壊で検出する手法の確立と、共用開始後の経年劣化段階において鋼とコンクリートの界面での剥離や滯水を鋼板を通して非破壊で検出する手法の確立を目指す。検出対象の大きさの程度として 50mm×50mm 程度の大きさを目標としている。今年度の研究では、従来からの実験で使用していた測定装置から、中性子線検出管を増設した測定装置に変更し、新たな測定装置における空隙検知の特性を把握することを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 測定装置の概要

測定装置の概要を図-1 に示す。測定装置の平面寸法は底板を幅 150mm×長さ 200mm とした。底板は、厚さ 2mm のステンレス製であり、減速材設置のために 2 重としている。底板上の中央に、直径 9mm×長さ 36mm の金属で密封された中性子線源をステンレス製の線源ホルダに入れて配置した。中性子線源は、カリホルニウム  $^{252}\text{Cf}$  を用い、線源強度は 0.51~0.74MBq である。直径 25.4mm、長さ 157.4mm の  $^3\text{He}$  比例計数管を熱中性子の検出管として、線源の両側に 25mm の間隔で平行に配置した。なお、2 重底板により減速材が 15mm 程度まで設置できる。

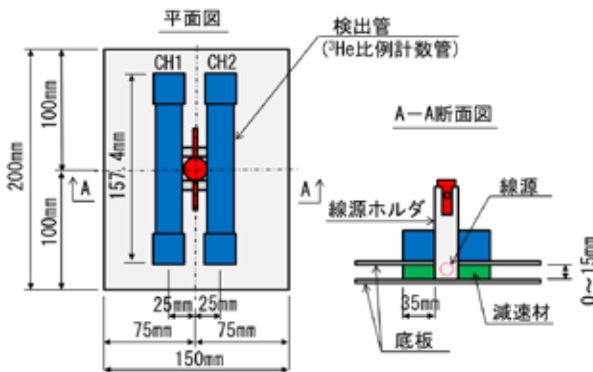


図-1 測定装置の概要

### (2) 装置の測定範囲に関する実験

この実験では、図-2 に示すように、コンクリート被験体の長さを 400mm に固定して幅と厚さを変化させた。測定装置は、被験体の中心位置に設置して RI カウントを測定した。なお、この実験では、測定装置の検出管直下には、厚さを変えたポリプロピレン減速材を設置して測定した。

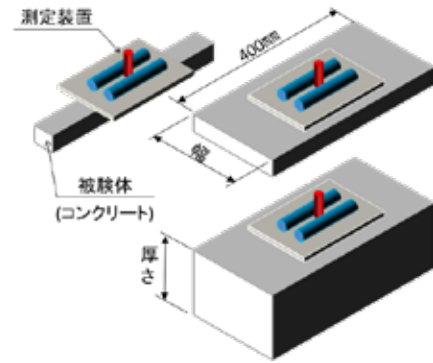


図-2 装置の測定範囲に関する実験のイメージ

### (3) 測定する空隙の大きさに対する感度の実験

この実験では、図-3 に示すように、厚さ 8mm の鋼板の下に幅 200mm×長さ 400mm×厚さ 200mm のコンクリート被験体 2 個を平行に並べ、その間隔を変化させて測定した。測定装置は被験体間隔の中心位置に設置した。被験体間の距離は、二つの検出管の間隔が 50mm であることから、それより若干小さい 40mm から 10 倍の 400mm まで変化させた。また、この実験においても、検出管の直下に厚さを変化させた減速材を設置して測定を行った。

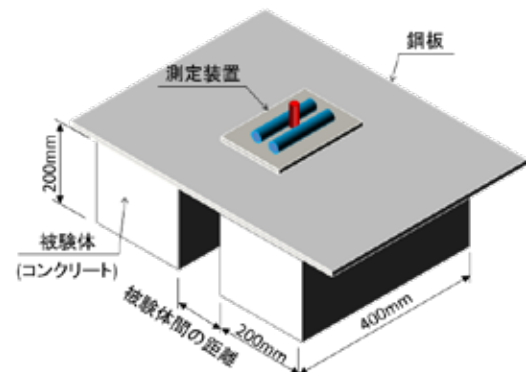


図-3 測定する空間の大きさの感度の実験のイメージ

## 4. 研究成果

本実験で測定した RI カウントは、中性子線源の半減期のため測定日が後になると線源強度が低下することにより減少する。また、使用する線源の強度が実験によって異なる場合も RI カウントが変わるため単純に比較することができない。そのため、実験結果の比較は、RI カウント（測定値）を線源の標準カウントに対する比、すなわち計数率比に換算して評価を行った。

### (1) 装置の測定範囲に関する実験

測定装置に減速材を使用しない場合の測定結果を図-4 に示す。被験体の厚さが 20mm のとき、被験体の幅が 40mm と 400mm とでは計数率比の変化は少なかった。厚さが

200mm になると幅が 80mm, 120mm, 200mm, 400mm と増加するに連れて、計数率比は高くなる傾向であった。計数率比の増加の割合は幅 120mm を境に変化が大きくなっている。少なくとも幅 400mm までの範囲の被験体に対しては、測定装置の影響範囲内にあると言える。

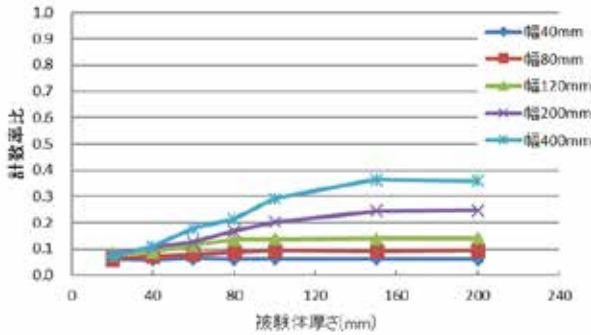


図-4 被験体の幅と厚さによる計数率比の変化

被験体の幅を 400mm として、減速材の厚さごとに被験体の厚さと計数率比の関係を図-5 のように整理した。被験体の厚さが 20mm から 80mm にかけて計数率比が比例的に増加するが、100mm を超えると減速材を厚くしても勾配が緩やかになり、減速材を使用しても被験体の厚さの大きい領域では、被験体厚さに対する計数率比の変化は変わらない結果となった。減速材の厚さが大きいほど計数率比が比例的に得やすくなるのではなく、被験体の厚さ方向に対して測定装置が得られる計数率比を効率よく向上する減速材の厚さが存在すると考えられる。

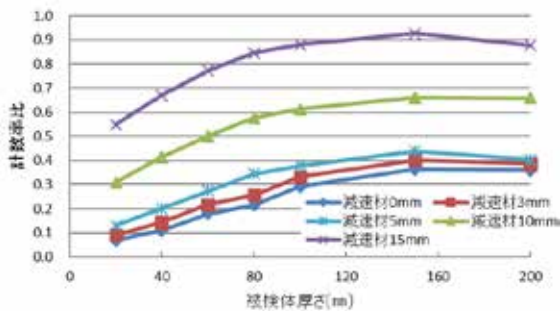


図-5 減速材厚さと計数率比の関係(被験体幅 400mm)

(2) 測定する空隙の大きさに対する感度の実験

測定装置の減速材の厚さが 0mm, 3mm, 5mm, 10mm および、15mm の場合における被験体間の距離と計数率比の関係を図-6 に示す。被検体間の距離と計数率比の関係は、被験体間の距離が 0mm で空間がない場合に計数率比が最も高く、被験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。計数率比の低下の割合は、被験体間の距離が小さいときに大きく、被験体間の距離が 160mm 程度付近で変化して小さくなった。そのため、被験体間の距離

が計数率比の変化に及ぼす影響は、被験体間の距離が小さい範囲の方が高いと言える。

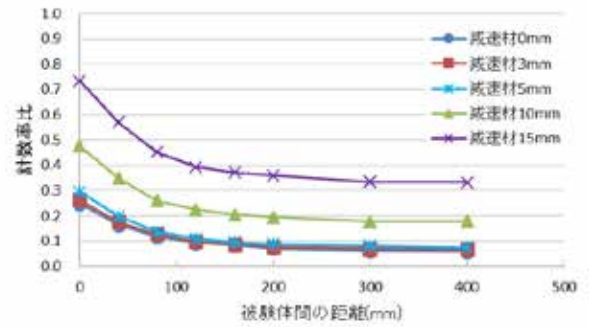


図-6 被験体間の距離と計数率比の関係

被検体間の距離が 160mm 以下の範囲において実験の結果を 10 万倍して 2 次式で近似した。速中性子の減衰効果が高い減速材厚さが 10mm と 15mm の場合を図-7 に近似曲線とともに示す。被験体間の距離が 160mm の範囲までは、計数率比と被験体間の距離の関係は 2 次式で近似でき、被験体間の距離と計数率比は高い相関性がある。

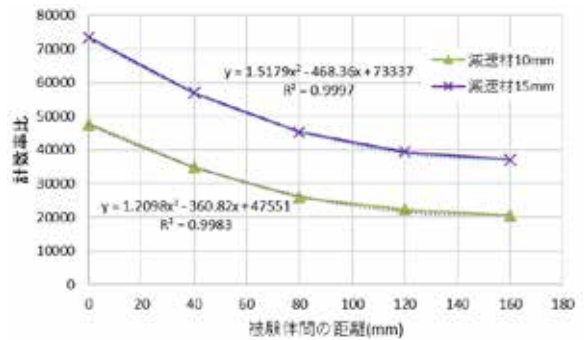


図-7 被験体間の距離と計数率比の関係の近似例

5. 本研究に関する発表

- (1) 頭峰磯, 瀬古繁喜, 池永太一, 山田和夫: 散乱型 RI 中性子線測定装置における減速材がコンクリートの RI カウントの増減に及ぼす影響の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No1, pp.1546-1551, 2020 年
- (2) 立山有佑, 瀬古繁喜, 神頭峰磯, 山田和夫, 池永太一: 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), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.323-324, 2020 年
- (3) 神頭峰磯, 池永太一, 立山有佑, 瀬古繁喜, 山田和夫: 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 2: コンクリートに対する RI カウントの変化), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.325-326, 2020 年