

公益信託 NEXCO関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金  
受託者 三菱UFJ信託銀行株式会社 宛

## 研究概要書

**研究課題：**小型中性子源の透過イメージングで捉える鋼材腐食開始前のかぶりコンクリートの変状観察

**研究代表者：**(国研)理化学研究所中性子ビーム技術開発チーム 研究員 水田真紀

**共同研究者：**(株)トプコン R&D 本部先端技術課 エキスパート 吉村雄一 (R2.8 まで)

：(株)トプコン R&D 本部 R&D 企画課 シニアエキスパート 藤野誠

：金沢大学理工研究域地球社会基盤学類 准教授 久保善司

### 1. 研究の目的

理研小型中性子源 RANS (RIKEN Accelerator-driven compact Neutron Sources) は、産業利用を目的に開発された小型中性子源である。2013 年 1 月に中性子が発生されてから、現在もさらなる高度化を進めながら安定稼働を続けている。我々は RANS を利用し、厚さ 5cm のコンクリートの水分移動を非破壊定量できる中性子イメージングを開発した。本研究では、撤去された道路橋 RC 床版を対象とし、実環境で劣化したコンクリートの中性子イメージングを実施する。そして、様々なコンクリートの透過画像から水分浸透性状を比較することで、鉄筋腐食開始前のかぶりコンクリートの変状の有無あるいはその可能性を検討する。

### 2. コンクリートの水分移動の観察方法

#### 2-1. 中性子イメージングシステム



図-1 理研小型中性子源RANSでの中性子イメージングシステム

RANS では、水素イオン源で発生したパルス陽子線（繰返し周波数 100Hz、パルス幅 60 $\mu$ s）が線形加速器を通じてエネルギー 7MeV まで加速され、ベリリウム Be ターゲットに衝突して中性子が発生する。図-1 は、コンクリートの実験セットアップを含めた中性子イメージングシステムである。

#### 2-2. 検出器

中性子の検出には、市販の中性子イメージインテンシファイア<sup>B1</sup>（東芝社製。以下、中性子 II.）を使用した（図-1 参照）。イメージセンサは冷却型 CCD デジタルカメラ、検出面は 9 インチ（視野サイズ：180 $\times$ 120mm）である。コンクリートに入射した中性子は、透過方向に存在する元素の種類や量によって透過率が変化し、特に水素やリチウムなどの軽元素に対する透過率が低い特性を利用することで、コンクリート中の水分を可視化することができる。

### 2-3. 透過イメージング

コンクリート中の水分を可視化するために、①中性子ビームを照射しない状態の撮像（ダーク画像）、②サンプルを設置しない状態で中性子ビームを照射した撮像（ダイレクト画像）、③サンプルを設置した状態で中性子ビームを照射した撮像（サンプル画像）の3種類の16ビット画像を利用した。

### 3. 研究対象とした RC 床版の劣化状況

実際の道路橋から撤去された RC 床版を対象とした。舗装は剥かれており、床版上面は鋼繊維補強コンクリートで増厚されていた。鉄筋と鉄筋を結ぶような水平ひび割れが、上側および下側鉄筋 D16 に沿って生じ、上側のひび割れは、母材コンクリートと鋼繊維補強コンクリートの境目付近に発生していた。なお、増厚された補強コンクリートに土砂化した部分はなかった。

### 4. 中性子イメージング

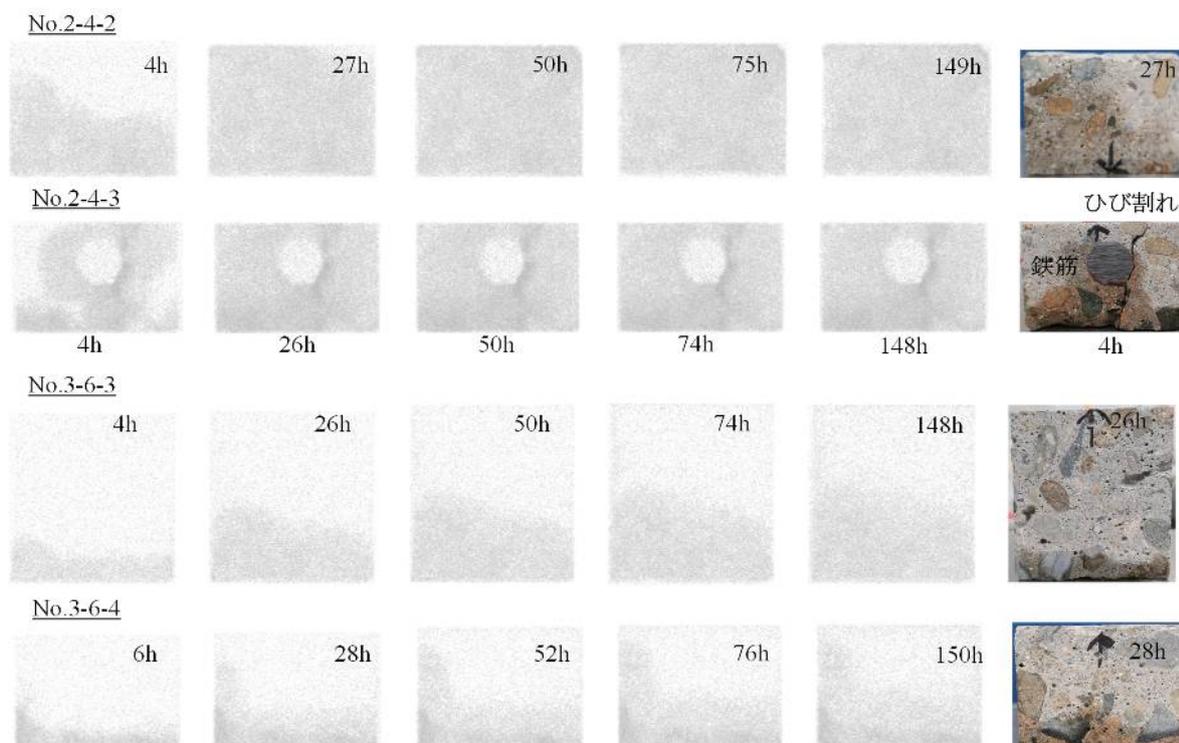


図-2 中性子イメージングによる透過画像（右端は写真）

浸漬時間ごとの中性子イメージング結果を図-2 に示す。中性子は、水素に対する透過率が低いことから、グレーの濃淡は水分の多少を反映している。コアから角柱試験体（幅 70mm，厚さ 50mm）を切り出し、40℃炉内で乾燥状態にしてから中性子イメージングを実施した。2 か所から採取したコア No.2-4 と No.3-6 について、床版下面から内部に向かう母材コンクリート 2 試験体の結果である。No.2-4-3 は鉄筋腐食に伴うひび割れが断面を貫通しているが、他の試験体にひび割れは見られない。No.2-4 はいずれも約 1 日でほぼ全域に水分が浸透し、その後の変化は見られない。床版下面の No.2-4-3 では、浸漬 4 時間でひび割れを介した水分の拡がりを確認することができ、ひび割れに沿う領域だけでなく、鉄筋の周方向にも水分が急速に浸透することがわかった。No.3-6 ではいずれも水分は徐々に浸透し、6 日後もまだ試験体全域に水分は浸透していなかった。

### 5. まとめ

中性子イメージングで、鉄筋腐食とそれに伴うひび割れから水分が拡がる様子を捉えることに成功した。次回はタイムスパンをより短くして水分浸透を撮像したい。採取箇所によって異なる水分浸透性状をコンクリートの経時変化と考えれば、水分浸透の透過画像をさらに蓄積することで、鋼材腐食に結び付くコンクリートの状態の変化点を見つけられる可能性がある。