

# 光学的計測法を用いたコンクリート部材のうきおよびはく離に関する基礎的研究

長崎大学 学生会員 江頭 優 正会員 山口 浩平  
 長崎大学大学院 非会員 嘉賀 郁弥  
 富士フィルム(株) 吉田 那諾子

## 1. 背景および目的

コンクリートのうきは、図1に示すように、鉄筋が腐食し体積膨張することによるひび割れが原因となり発生することが知られている。定期点検でうきが確認された場合は、第三者被害予防措置要領に基づき、浮いた箇所を点検ハンマーでたたき落して露出した鉄筋を防錆処理後、断面修復を行っているが、補修部の再劣化が問題となっている。近年、インフラの老朽化を背景に非破壊検査に関する研究が活発に行われているが、うきの発生源の深さや範囲、ひび割れの進展方向などのコンクリート内部の情報、それに追従するうきの発生メカニズムは明らかになっていない。

コンクリート内部の情報やうきの発生メカニズムが明らかにされていない背景には、実際に供用されている橋梁のうきの原因となるひび割れが鉄筋の腐食だけでなく、車両の通行による繰り返し荷重による疲労なども含めた複数の要因から起きた複合劣化であるものの、複合劣化を十分に考慮した研究がほぼ皆無であることが理由の一つとして考えられる。

そこで本研究では、腐食促進機と疲労試験機の両方の機能を有する複合劣化試験機を用いて、実橋梁に生じるうきに限りなく近いうきを発生させる。その際、複合劣化試験により発生させたうきの発生メカニズムを、医療分野で利用されているコンピュータ断層撮影法（以下、CT (Computed Tomography) とする) によってコンクリート内部をモニタリングすることで明らかにする（図2、写真1）。さらに既存の非破壊検査技術との比較により、本質的かつ効果的な補修工法の開発や従来工法の再劣化原因特定およびその除去法も検討することで、簡易な維持管理手法の提案と新たな非破壊検査技術の開発についても本研究の主目的とする。

## 2. 非破壊検査技術の既往研究の概説

うきおよびはく離の検知を対象とした既存の非破壊

検査技術のうち赤外線法と超音波法の概説を以下に示す。

赤外線法は、はく離部の空気層がコンクリート内部で発生した熱流を遮断する性質を利用して、表面温度分布からはく離領域を特定する。日射や気温変化により生じた熱流を利用するパッシブ法と、強制加熱あるいは強制冷却により人工的に発生させた熱流を利用するアクティブ法の2種類に大別される。遠隔での探傷を可能としているが、計測精度がカメラの画素数に依存する。

超音波法は、コンクリート表面から超音波を放射し、得られた反射波等のデータによりコンクリート厚や内部欠陥深さを計測する。欠陥の検知に加え、コンクリートの健全性を定量的に評価できるといったメリットがある。しかし検査対象物に近接する必要がある。

## 3. 実験概要

本年度は、CTがコンクリートを形成している要素（セメント、骨材、鉄筋、コンクリート内部の損傷（ひび割れ、鉄筋の腐食）等）を識別できるか、また次年度以降のCTの複合劣化試験による供試体への適応可能性の検討を行った。供試体は表1に示す鉄筋やうきを模した樹脂を埋設した6種類とした。供試体の寸法は、縦100mm、横100mm、高さ60mmである

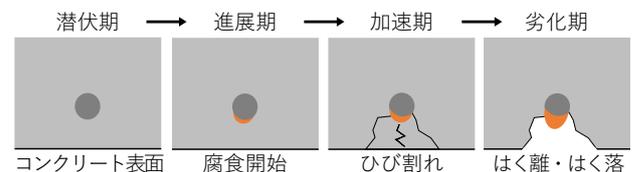


図1 うきの進展過程

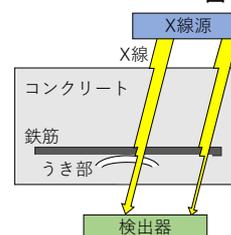


図2 CTの原理

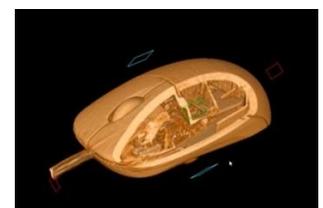


写真1 CTで得られた3D画像<sup>1)</sup>

(図3). 図4から6に砂利や鉄筋, 模擬うきの埋設状況を示す. CTによる計測は, X線照射方向に対する供試体の厚みが薄いほど計測の精度が高くなる. そこで今回の計測は図7のように全ての供試体を立てて計測を行い, さらに模擬うき 1mm, 鉄筋, ひび割れ供試体は図8のようにオフセット領域限界でも計測した.

4. 結果および考察

4.1. CTの計測結果

写真2から7にCTにより得られた, 供試体の任意の断面写真を示す. 写真2よりモルタルと骨材は近い明度で映っているものの, 境界ははっきりとしていることがわかるため, 次年度以降, 内部のひび割れが骨材を避けて通るかなどの検討が可能である. 写真3, 4より, モルタルと樹脂の境界は鮮明である. 埋設した模擬うきの厚さをCT画像から計測したところ, 設計値とほぼ同値であったためCT画像から埋設物の大きさを測定することは可能であると考えられる. 写真5, 6より, 鉄筋周辺にノイズが発生しているが, 鉄筋は密度が高くX線を透過しにくい素材のためでありノイズは補正により低減可能である. 写真7より, コンクリート内部のひび割れを鮮明に確認できる.

4.2. 2次元画像の3次元化

次年度以降, 複合劣化試験を行った供試体の各損傷段階におけるコンクリート内部の状態を可視化するために, 各段階の内部ひび割れの3Dモデルを作成することを検討している.

写真8の供試体からひび割れ部のみを抽出し, 3Dモデル化したもの図9に示す. ひび割れおよび鉄筋は3Dモデルの作成が可能であったが, 砂利および模擬うきは明度が近く, 両者の区別が明確ではないため現在検討中である.

表1 供試体の種類

供試体	精度が高い計測	精度が低い計測
砂利 (粗骨材)	○	—
模擬うき 1mm	○	○
模擬うき 0.5mm	○	—
鉄筋	○	○
鉄筋+模擬うき	○	—
ひび割れ	○	○

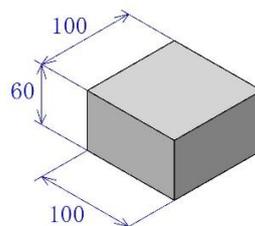


図3 供試体寸法

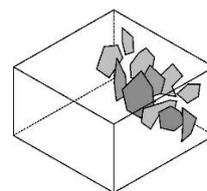


図4 砂利(粗骨材)

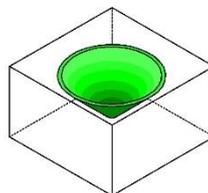


図5 模擬うき

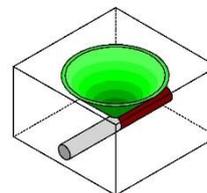


図6 鉄筋+模擬うき

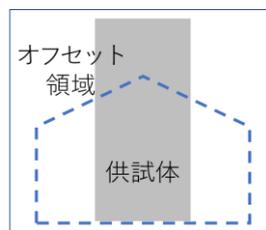


図7 精度が高い計測法

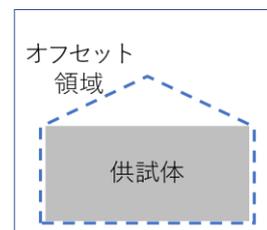


図8 精度が低い計測法

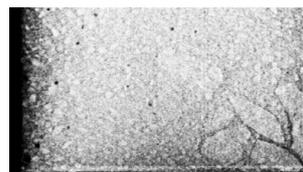


写真2 砂利(粗骨材)

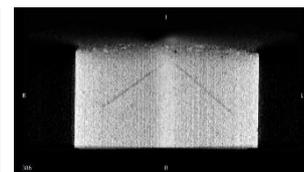


写真3 模擬うき 1mm

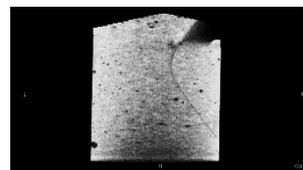


写真4 模擬うき 0.5mm

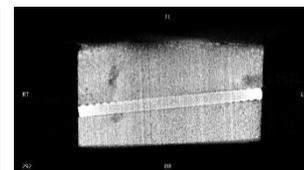


写真5 鉄筋

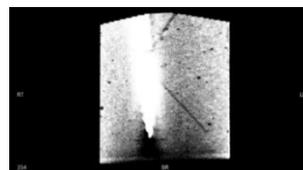


写真6 鉄筋+模擬うき

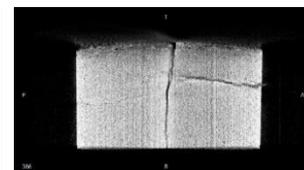


写真7 ひび割れ



写真8 ひび割れ供試体

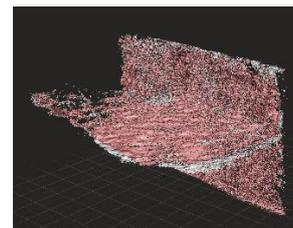


図9 作成した3Dモデル

参考文献

- 1) 株式会社アールエフ, CT サンプル画像集  
<<http://rfsystemlab.com/product/industry/ct/sample/index.html>>