

コンピュータ断層撮影法を用いたコンクリートの内部ひび割れの可視化

長崎大学大学院 学生会員 嘉賀郁弥 江頭 優 正会員 山口 浩平
富士フイルム株式会社 吉田 那諸子

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ってひび割れが発生・進展する¹⁾。橋梁定期点検²⁾でうきが確認された場合は第三者被害予防措置要領³⁾に基づき、う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、断面修復を行うことが一般的であるが、再点検時に補修部の再劣化が発生する事例が多く確認されている。これは、うきの発生メカニズムを無視した場合の補修が主な原因であると考えられる。

図-2 に本研究の全体フローを示す。①うきの発生メカニズムの解明を行うことによって、②新たな非破壊検査技術の開発と③効率的な維持管理維持管理手法の提案を目的としている。①うきの発生メカニズムの解明のために、鉄筋の腐食による膨張を再現する腐食試験装置、車両の通行による疲労荷重を再現する疲労試験装置の2種の作用を同時に進行させることができる複合劣化試験装置を用い、実橋梁にうきが発生する複合劣化環境を再現する。発生させたうきの発生メカニズムを解明するには、コンクリート内部のひび割れがどのように発生し進展するかを明らかにする必要がある。そこで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）を用いる。CTによって得られたコンクリート内部情報と、打音検査や既存の非破壊検査技術である赤外線法や、超音波法から得られた外部情報を比較することで、コンクリートのうきに対する新たな非破壊検査技術の開発と、効率的な維持管理維持管理手法の提案を目指す。具体には赤外線法によるコンクリートの内部欠陥の検知、CTによるコンクリートの内部ひび割れの検知および可視化の2項について検討した。

2. 赤外線法によるコンクリートの内部欠陥の検知

2.1. 実験概要

既往の非破壊検査技術である赤外線法による内部欠陥検知の性能を確認するため、供試体上面から10mm

の位置に模擬欠陥として厚さ1mmのスチレンボードを埋設した150×150×100mmのコンクリート供試体2体を作成した。各供試体の概略図を図-3に示す。スチレンボードを水平に埋設した供試体1体と、スチレンボードを円錐状に加工し埋設した供試体の計2体に対して、供試体上面から白熱灯を照射して30分加熱し10分毎に赤外画像の撮影を行った。

2.2. 実験結果

図-4に加熱前から10分毎の赤外画像を示す。どちらの供試体についても、健全部・劣化部ともに温度が上昇して、健全部と劣化部の温度差が確認できた。円錐状の模擬欠陥を埋設した供試体について、劣化部に注目すると、円錐の端の温度が先に上昇し、次に円錐の中心を含めた全体の温度上昇することが確認できた。

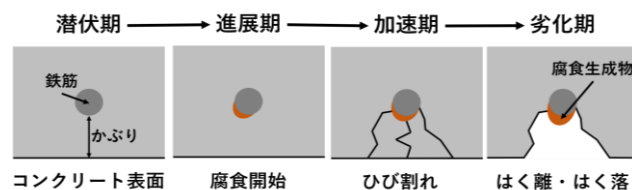


図-1 うきの発生過程

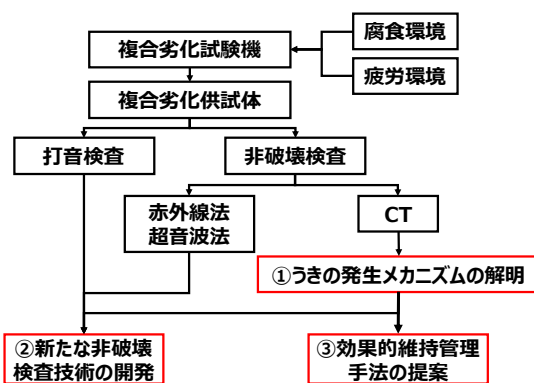


図-2 本研究の全体フロー

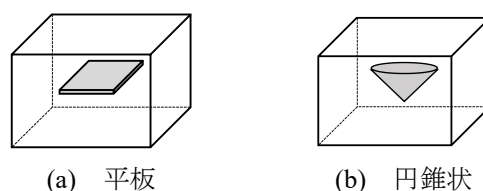


図-3 コンクリート供試体

図-5 に平板供試体の各赤外面像から計算した 10 分間での温度上昇量を表した画像を示す。最初 10 分間の加熱時の上昇量に注目すると、健全部と劣化部の差が顕著に表れていることがわかる。一方その後の加熱については、健全部と劣化部の温度上昇量の差が小さくなり、一様に上昇していることがわかる。健全部と劣化部の温度上昇量の差は加熱 10 分後が最大となったことに注目して、今後は計測スパンを短くし単位時間当たりの温度変化量を検討することで、内部欠陥の深さの推定などの検討を行う。

3. CT による内部ひび割れの検知および可視化

3.1. 実験概要

本研究では、うきの発生メカニズムを解明するために CT を利用する。CT によって得られた断面画像からひび割れを抽出し 3 次元化すると、ひび割れの発生位置や進展状況を確認でき、うきの発生メカニズムの解明につながると考えている。ひび割れの進展を 3D モデル化する手法を確立するため、コンクリート試験体(図-6)を作成し、載荷・除荷・CT での撮影を計 5 回繰り返し、ひび割れの 3D モデルを作成した。載荷状況を図-7(a)に示す。

3.2. 実験結果

図-7(b)に載荷 3 回目と載荷 5 回目の図-7(a)に示す黄色領域の、断面中央の鉄筋位置でのより長手方向のスライス画像を示す。載荷 3 回目と載荷 5 回目の結果を比較すると、内部のひび割れが進展していることがわかる。載荷 1 回目と載荷 2 回目にひび割れは確認できなかった。

図-7(c)に載荷 3 回目と載荷 5 回目の結果から作成したひび割れの 3D モデルを示す。コンクリート内部のひび割れが、載荷を重ねるごとに進展していることがわかる。今後は疲労試験装置を用い、供試体を疲労破壊させる。破壊に至るまで CT の撮影を行い、疲労ひび割れの発生過程を可視化する。

4. まとめ

- 1) CT はコンクリート内部のひび割れを検知できる。
- 2) CT の撮影結果からコンクリート内部のひび割れの 3D モデルを作成でき、内部のひび割れの進展を確認できる。

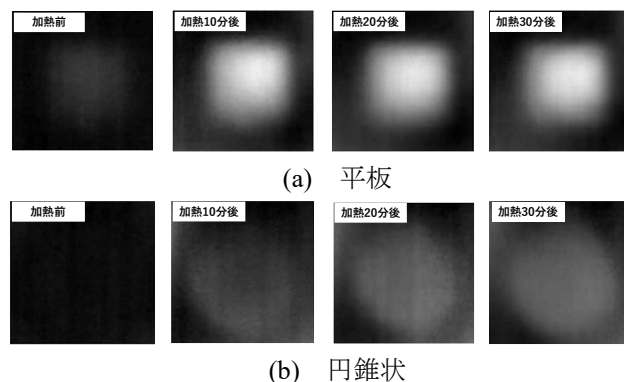


図-4 赤外面像

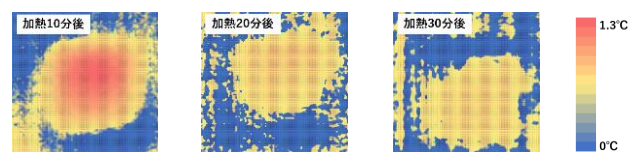


図-5 10 分間の温度上昇量

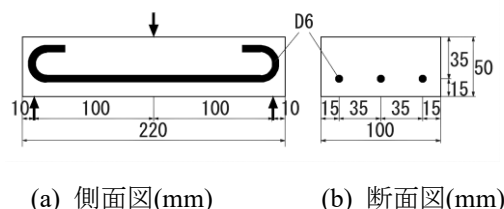
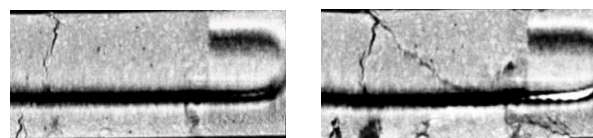


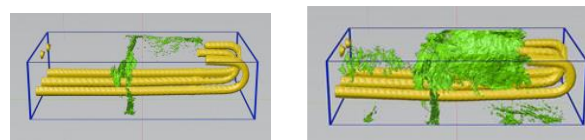
図-6 コンクリート試験体



(a) 載荷状況



(b) 断面中央の鉄筋付近のスライス画像



(c) ひび割れの 3D モデル

図-7 ひび割れ進展状況

(左：載荷 3 回目，右：載荷 5 回目)

参考文献

- 1) 松岡弘大, 田中伸幸, 貝戸清之: かぶりコンクリートの剥離・剥落および鉄筋腐食過程の推計, 第 46 回土木計画学研究・講演集, No.14, 2012.11
- 2) 国土交通省道路局国道・技術課: 橋梁定期点検要領, 2019.3
- 3) 国土交通省道路局国道・防災課: 橋梁における第三者被害予防措置要領 (案), 2016.12