コンピュータ断層撮影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

長崎大学大学院　学生会員　○江頭優　嘉賀郁弥
富士フィルム株式会社　吉田那緒子
長崎大学　正会員　山口浩平

1.　背景および目的

コンクリートのうきは，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，断面修復を行うことが一般的である．うきの発生メカニズムを無視した場当たりな補修は，再点検時に補修部の再劣化が確認され問題となっている．

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，それに追随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．複合劣化試験機で発生させたうきについて CT で内部情報を確認し，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.　既往の非破壊検査技術を用いたうきの検知

2.1　赤外線法

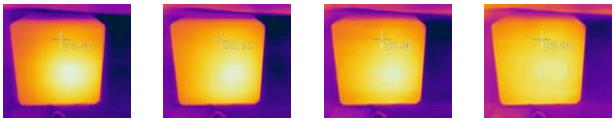
赤外線法は，はく離部の空気層がコンクリート内部で発生した熱流を遮断する性質を利用して，表面温度分布からはく離領域を特定する技術である．日射や気温変化により生じた熱流を利用するパッシブ法と，強制加熱あるいは強制冷却により人工的に発生させた熱流を利用するアクティブ法の 2 種類に大別される．

2.2　試験概要

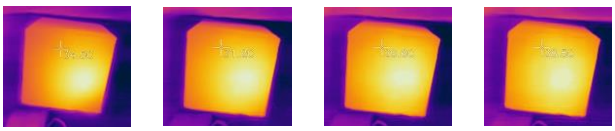
供試体の寸法は 150×150×150mm，材質はモルタルであり，厚みが異なるうきを模擬した樹脂（以下，模擬うきとする）を埋設したものの 2 種類と何も埋設していないもの 1 種の計 3 種作成した．各供試体に 30 分間白熱灯の光を 30 分間照射し，消灯後 10 分毎の温度をサーモグラフィで撮影する．

2.3　結果および考察

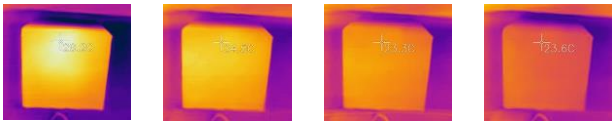
写真 1 から 3 に各供試体の 10 分毎のサーモグラフ画像を示す．光を照射した部分が白く映り，周囲に比べて温度が高いことが分かる．しかし模擬うきは確認できなかった．模擬うき 1mm は他の供試体に比べ温度変化が緩やかであったが，これは 30 分以上加熱していたためと考えられ，供試体による温度変化は見られなかった．理由としては，供試体のサイズが小さく，加熱面以外から熱流が阻害されたためであると考えられる．



(a)　0 分後　(b)　10 分後　(c)　20 分後　(d)　30 分後
写真 1　モルタル



(a)　0 分後　(b)　10 分後　(c)　20 分後　(d)　30 分後
写真 2　模擬うき 1㎜



(a)　0 分後　(b)　10 分後　(c)　20 分後　(d)　30 分後
写真 3　模擬うき 0.5mm

キーワード　維持管理　橋梁定期点検　コンクリート　コンピュータ断層撮影法
連絡先　〒852-521　長崎県長崎市文教町 1-14　長崎大学大学院工学研究科構造工学コース　電話 095-819-2590

© Japan Society of Civil Engineers

3. CT を用いたコンクリート内部の可視化

3.1 試験概要

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）を識別できるかの検討を目的として，モルタルで作成した供試体内部に粗骨材や模擬うきを埋設し，CT で計測を行った．

3.2 結果および考察

写真 4 に骨材を埋設した供試体の断面を示す．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．

写真 5 に模擬うきを埋設した供試体の断面を示す．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

4. CT を用いたひび割れの定量化

4.1 試験概要

次年度以降，複合劣化試験機で実際にうきを発生，促進させ， CT でコンクリート内部を撮影し，うきがどのように進展するかを調査する．本年度は，CT で進展するひび割れを捉えることができるかの試験を行う．

供試体の寸法は 100×50×220mm，D6 の鉄筋を 3 本埋設したモルタル製の供試体を作成した．この供試体に載荷を行い，CT で撮影，次の荷重で再び載荷し CT で撮影といった手順を繰り返し行った．それぞれの二次元撮影データから３D モデルを作成し評価を行った．

4.2 結果および考察

表 1 に載荷 3 回目から 5 回目までの載荷状況，CT 画像，計測結果から作成したひび割れと鉄筋の 3D モデルを示す．を示す． 金属アーチファクトが発生している部分はあるものの，ひび割れを精度よく捉えていることがわかる．載荷 3 回目の段階ではまだ確認できなかったせん断ひび割れを載荷 4 回目では捉えている．また載荷 5 回目では 4 回目に比べひび割れの幅や本数が増えており，ひび割れが進展する様子を確認できた．

5. 今後の課題

今後は 3D モデルに対して，ひび割れの長さや厚さ，体積などの具体的な数値で定量的に評価できるよう研究を進める。

参考文献

1） 中村茂貴，高谷哲，前田良丈：赤外線サーモグラフィによるかぶりコンクリート剥落予測手法，土木学会論文集 E2，Vol69，No.4，pp450，2013

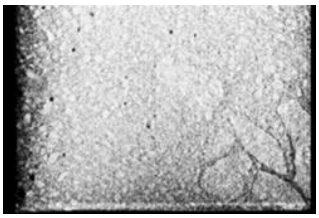


写真 4 粗骨材

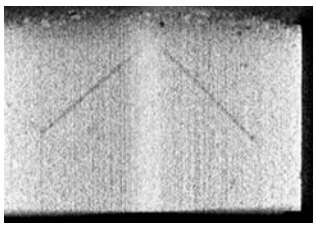
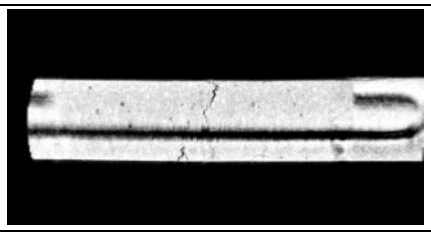
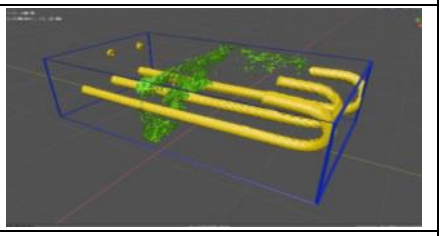
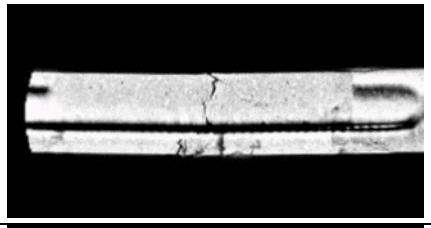
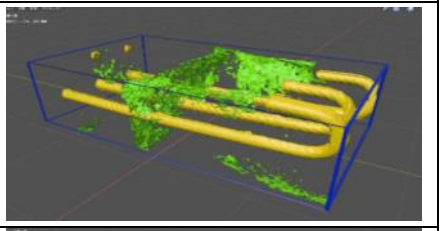
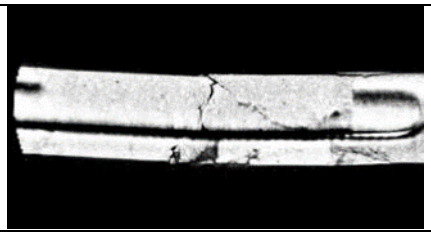
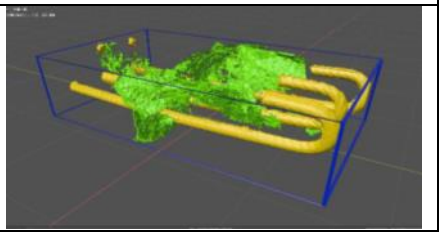


写真 5 模擬うき

表 1 各段階における載荷状況，CT 画像，作成した 3D モデル

	載荷状況	CT 画像	3D モデル
3 回目 8.5 k N			
3 回目 6.5 k N			
5 回目 終局			

© Japan Society of Civil Engineers