

光学的計測法を用いたコンクリートの内部ひび割れの定量化

長崎大学大学院 学生会員 江頭 優

長崎大学大学院 正会員 山口 浩平

富士フイルム株式会社 非会員 吉田 那緒子・勝山 公人

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進展し、発生することが知られている。また、適切な補修がされていない場合など、補修部がういているという再劣化の事例が多く確認されている^{1,2)}。写真1に実橋梁に生じたうきとはく離の状況を示す。この再劣化は、橋梁は雨水や塩分飛来といった腐食環境に加え、車両の通行による繰返し荷重を起因とした疲労環境に置かれているにも関わらず、両者を同時に作用させたうきの発生メカニズムに関する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、腐食と疲労の両作用を同時に作用させることができる複合劣化試験装置を用いて、実橋梁にうきが発生する複合劣化環境を再現する。ここで、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とする）によって得られるコンクリート内のひび割れなどの内部情報と、打音検査や既存の非破壊検査技術から得られる外部情報を比較することで、うきの発生メカニズムを解明する。本研究の最終目標は、うきの発生メカニズムの解明によって、新たな非破壊検査技術と効率的な維持管理維持管理手法を提案することである。本論文は、先述の内部情報と外部情報の相関を見出すための各計測手法について個別に検討した。

2. CTによる内部情報の計測

内部で進展するひび割れの幅を定量的に評価することを目的として、RCはりの疲労試験を行った。図2にRCはりの概略図を示す。試験は3点对称荷重とし、実験変数は角掛らの研究結果³⁾を参考に荷重速度を5Hz、荷重荷重幅（下限

荷重～上限荷重）を静的荷重実験より得られた降伏強度 $P_y(13kN)$ を基準にして、 $0.1 P_y(1.3kN) \sim 0.9 P_y(11.7kN)$ で実施した。荷重1万回以降は5万回ごとにCTでコンクリート内のひび割れの進展状況を計測して、破壊に至るまで計10回計測した。

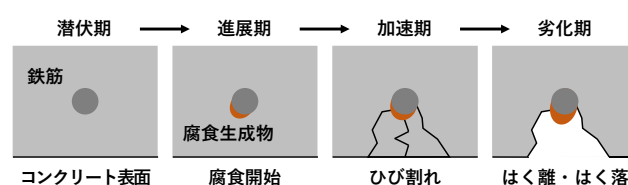


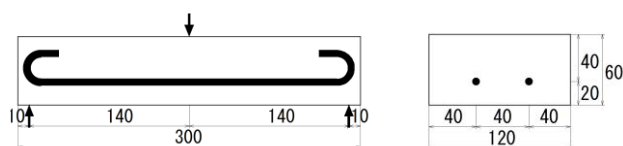
図1 うきの発生過程



(a) うき

(b) はく離

写真1 損傷写真



(a) 側面図

(b) 断面図

図2 RCはりの概略図

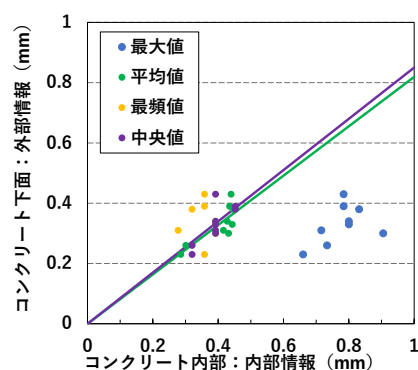


図3 コンクリートのひび割れ幅の相関

キーワード うき、非破壊検査、コンピュータ断層撮影法、赤外線法

連絡先 〒852-8521 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 TEL 095-819-2591

図 3 に载荷回数毎のひび割れ幅の内部情報と外部情報の相関を示す．ここで，内部情報とはコンクリート内部に生じているひび割れ幅の諸値で，外部情報はコンクリート下面に発生したひび割れの最大幅を指す．これより，CT から計測した下面のひび割れ幅と，コンクリート内部のひび割れ幅の平均値および中央値は，強い正の相関が確認された．このことから，同図の平均値の原点を通る回帰直線に着目すると，外部で確認されたひび割れ幅の約 1.2 倍の幅のひび割れがコンクリート内部に発生していると予想することができる．

3. 赤外線法による外部情報の計測

赤外撮影によって計測したコンクリート表面温度から，コンクリート内部の欠陥の形状や深さの推定の可能性について検討した．試験はアクティブ法を採用し，供試体表面を 40 分加熱し，加熱 10 分間は 1 分間隔，以降は 2 分間隔で赤外カメラによるコンクリート表面温度の計測を行った．図 4 に供試体の概略と，図中の赤線位置について，加熱 10 分以降の 2 分毎の温度上昇量を計測し，その平均値を示す．図中の緑で示す位置に厚さ 1mm のスチレンボードを埋設し，コンクリート内のうきを誘発するひび割れを模擬した．

図 4(a)より，内部に模擬欠陥がない場合，表面の温度上昇量は概ね一定であることがわかる．温度上昇が一部確認されるのは，コンクリート表面の凹凸により均一な入熱ではなかったことが考えられる．同図(b)より，欠陥箇所の温度が上昇しており，欠陥が水平にある場合，その中央の温度上昇量が最大となると考えられる．同図(c)も同様に欠陥箇所の温度が上昇しているが，欠陥が斜めにある場合，欠陥深さが深いほど温度上昇量が小さいことがわかる．同図(d)より，欠陥が円錐状にある場合，欠陥が水平や斜めの場合の温度上昇と傾向が異なるが，斜めに模擬欠陥を埋設した場合の結果を同図(d)のように V 字に反転し足し合わせると，同様の傾向となった．

4. 今後の展望

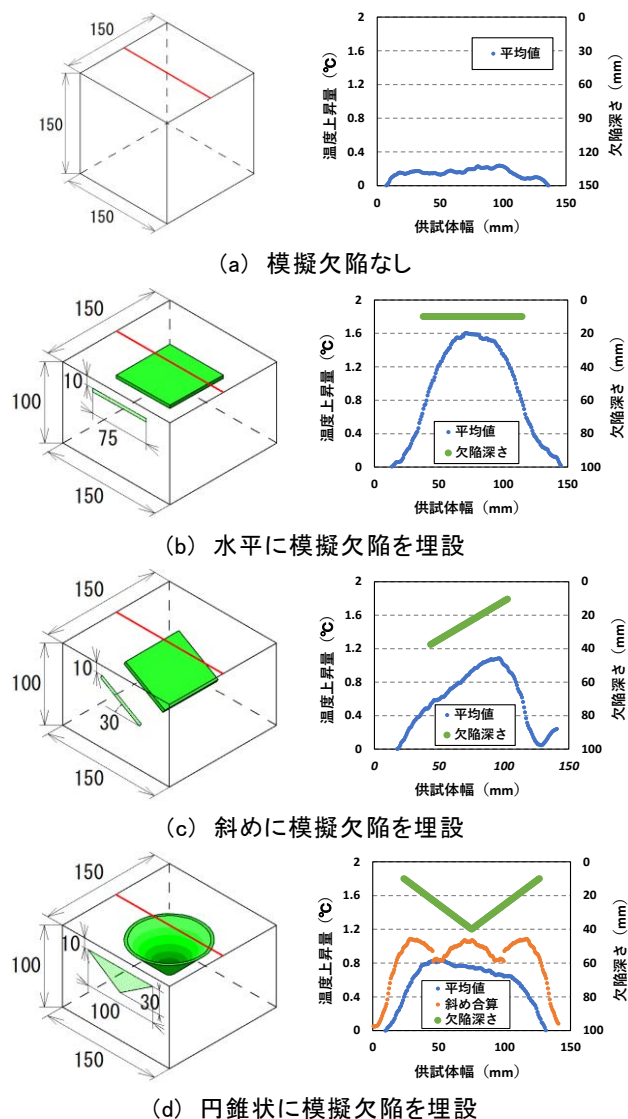


図 4 供試体と温度上昇量

本研究では，CT と赤外線法について個別に検討を行った．CT に関しては，母数が少なく相関がみられない値もあったため，よりデータの蓄積が必要である．赤外線法に関しては，同条件での熱解析を行い，実験結果の妥当性について検討を行う．

参考文献

- 1) 元売正美，里隆幸，岸利治：コンクリート構造物の補修後の再劣化に及ぼす各種要因の影響，土木学会第 58 回年次学術講演会，Vol.109，pp.217-218，2003.9.
- 2) 松村隆爾，杉崎光一，鎌田敏郎，松田浩：コンクリートひび割れおよび剥離・剥落の点検技術の評価に関する研究，土木学会論文集 F4，Vol.72，No.3，pp.73-83，2016.9.
- 3) 角掛久雄，上田真彦，鬼頭宏明，大内一：曲げ降伏型無せん断補強筋 RC 梁の疲労寿命に及ぼす载荷条件の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.2，pp.73-83，2012.