

京都大学 学生会員 ○中村 繁貴 正会員 高谷 哲
 正会員 山本 貴士 フェロー 宮川 豊章

1. 研究目的

近年、かぶりコンクリートのはく落による第三者被害の防止と打音検査の効率を図る観点から、赤外線サーモグラフィを用いた構造物の点検が行われるようになってきている。撮影環境の違いによる欠陥検知限界に関する研究が多く報告されているものの、劣化予測に関する検討はほとんど行われていないのが現状である。

そこで、本研究では鉄筋腐食膨張圧再現実験を行い、赤外線カメラで劣化過程を観察することで、はく離ひび割れの進展を定量評価する手法を検討し、その結果を用いて赤外線サーモグラフィを用いたはく落予測モデルの構築を試みた。

2. 実験概要

供試体は図1に示すような150×400×400mmとし、D19鉄筋を150mmピッチで直交配筋した。実験要因は、かぶりC(10, 20, 30mmの3種類)とした。

図2に示すような鉄筋腐食膨張圧シミュレーション装置を用いて鉛直変位0.01mm/sで荷重を行い、鉛直荷重、鉛直変位、赤外線カメラによる表面温度を計測した。本実験で使用した赤外線カメラは素子数640×512、最小検知温度差0.025℃、検出波長帯は3~5μmで、撮影は供試体から約4.0m離れた地点から20秒間隔で行った。実構造物の測定条件を再現するために、供試体を背面からホットカーペットで加熱し、コンクリート表面の温度が周囲の温度よりも約5.0℃高くなるように調整した。

3. 実験結果および考察

はく離ひび割れがかぶり表面に現れる直前の赤外線画像を図3に示す。図3中のラインA-Bにおける温度分布を取り、荷重開始直後の温度分布の影響を除いたものを図4に示す。図を見ると、中心部の温度が低下しており、はく離ひび割れが内部で進行している様子が伺える。そこで、はく離ひび割れの発生・進展が表面温度分布に与える影響を検討するために、はく離部周辺の最も温度が高い箇所と最も温度が低い箇所の差の絶対値(例えば図4のC-Dの差)を取り、これを半径変化量ごとに整理することとした。その結果を図5に示す。図を見ると、荷重開始から徐々にはく離ひび割れと周辺部の温度差が大きくなり、

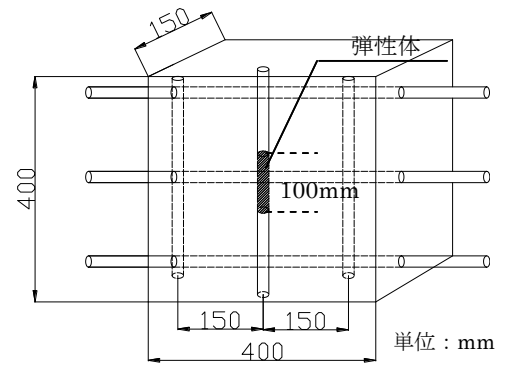


図1 供試体概要

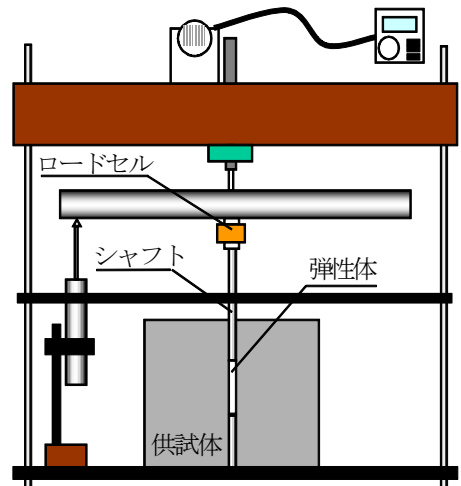


図2 荷重の様子

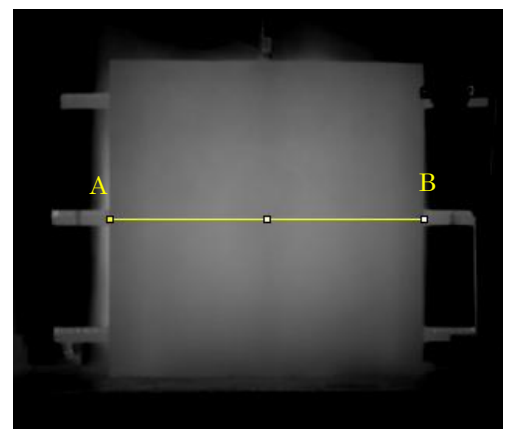


図3 はく離ひび割れ発生直前の赤外線画像

はく離ひび割れ発生時にかぶりが小さい 10mm の場合では約 0.1℃の温度差が、かぶりが大きい 20~30mm の場合では約 0.2~0.3℃の温度差が生じていることが分かる。また、はく離ひび割れが発生してから温度変化が急激に大きくなることや、かぶりによらずはく落直前にははく離ひび割れと周辺部の温度差が 1.5℃以上にまで大きくなることも分かる。

図 6 に示すようなはく落予測モデルを用いることで、はく落に至るまでの期間を推定することを考える。例えば、定期点検により温度差 0.1℃から 0.2℃に至るまでの期間 t_1 を求めることができれば、温度差 0.1℃から 0.2℃に至るまでの腐食量 ΔW_1 は本実験から算出できるので腐食速度を推定できる。さらに本実験により ΔW_2 , ΔW_3 も算出できるので、推定した腐食速度を用いてはく落時期を予測することもできる。また、 t_2 , t_3 の点検データを元に腐食速度の修正を行っていけば、はく落時期予測の精度を高めることができると思われる。図 6 に示すようなはく落予測モデルを考える際に必要となる腐食量 ΔW を、本実験データより算出した結果を表 1 に示す。C/D と ΔW の相関はあまり見られなかったが、この原因として、熱流の移動に時間がかかるため、短時間で行う本実験では実構造物よりもはく離部と周辺部の温度差が小さいことや、供試体によって周辺の空気と供試体の温度差が違うことなどが考えられる。また、既報により弾性体実験により算出される腐食量は、電食実験などの実際に鉄筋を腐食させる実験の結果に比べると大きい傾向にあると言われている。

4. 結論

- (1) 赤外線サーモグラフィによりはく離ひび割れを確認できる温度差の閾値はかぶりによって大きくなり、かぶり 10mm では約 0.1℃、かぶり 20~30mm では約 0.2℃の温度差が必要である。
- (2) はく離ひび割れと周辺部の温度差は荷開始から徐々に大きくなり、はく離ひび割れ発生後急激に大きくなる。この温度差は、最大で 1.5℃以上まで大きくなる。
- (3) 弾性体実験により得られる半径変化量から腐食量に換算する手法についてはさらに検討する必要があるものの、赤外線サーモグラフィを用いて定量的なはく落予測が行える可能性を示せたと考えられる。

参考文献

1) 齊藤亮介, 高谷 哲, 山本貴士, 宮川豊章: 軸方向腐食分布が腐食ひび割れ発生腐食量に与える影響, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.11, pp.123-128, 2011.10

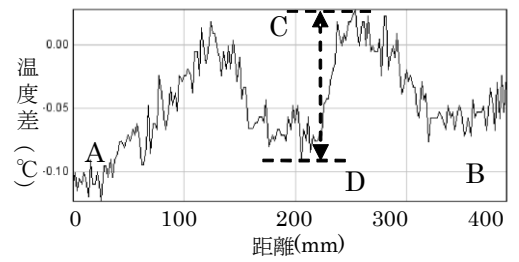


図 4 はく離ひび割れ発生直前と荷開始直後の温度差分布

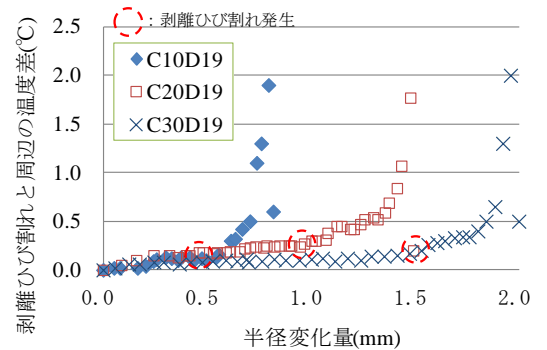


図 5 はく離ひび割れと周辺部の温度差と半径変化量

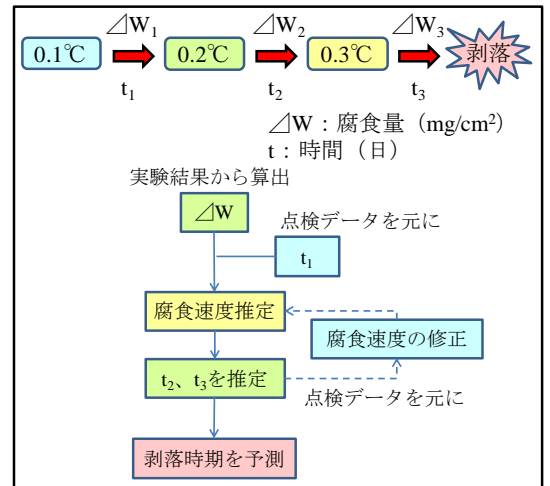


図 6 はく落予測のフローチャート

表 1 各温度差が確認される劣化段階からはく落にいたるまでの腐食量の変化

温度差(°C)	供試体		
	C10D19	C20D19	C30D19
ΔW_1	135	275	567
ΔW_2	52	213	73
ΔW_3	106	290	239

mg/cm²