水平ひび割れが赤外線サーモグラフィ測定に与える影響に関する基礎的研究

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は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た．かぶり/鉄筋径比（C/D）が大きい場合，はく離ひび割れはかぶりに現れず，鉄筋間をつなぐ形で進展することが多い．このようなひび割れをここでは水平ひび割れと定義し，破壊形態の違いが赤外線サーモグラフィ測定に与える影響について考察する．

2. 実験概要

供試体は**図 1** に示すような 150×400×400mm の角型供試体とし， D13 鉄筋を 150mm ピッチで直交配筋し，かぶり 30mm 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 で載荷を行い，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

浮き音確認時の赤外線画像から載荷開始時の温度ムラの影響を除いた画像を**図 3** に示す．**図 3** 中のライン A-B における温度分布を**図 4** に示す．いずれも健全部と異常部の判別が難しく，評価が難しいことが分かる．そこで**図 3** のように x 軸，y 軸を， z 軸に温度差をとって供試体表面の温度差分布を示したのが**図 5** である．図を見ると，供試体の左上以外の領域

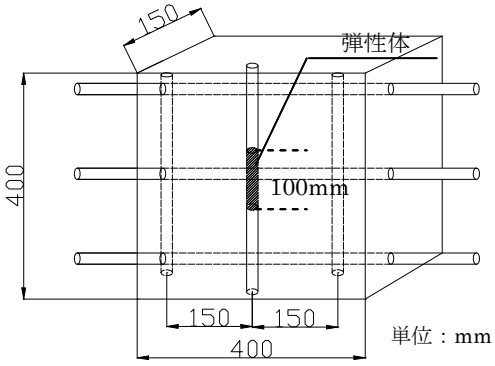

図 1　供試体概要

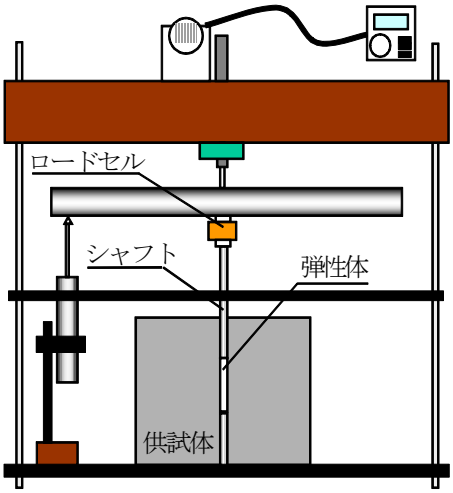

図 2　載荷の様子

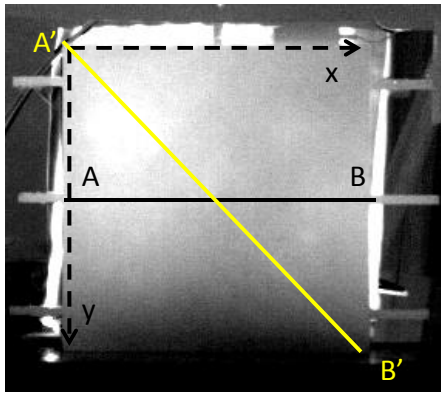

図 3　浮き音確認時の赤外線画像

キーワード　赤外線サーモグラフィ，鉄筋腐食，はく離ひび割れ，劣化予測
連絡先　〒615-8540　京都市西京区京都大学桂 C1-3　構造材料学研究室　TEL 075-383-3173

で水平ひび割れが進展している可能性があることが分かる．**図 6** は載荷終了時の破壊形態と載荷終了後のハンマーで叩き落した様子を示している．**図 5** と**図 6** の結果を比較すると，表面温度差分布から供試体の左上以外の領域で水平ひび割れが進展している可能性があることが分かり，叩き落しの結果と概ね一致していることが分かる．しかし，表面温度差分布では左上部を除く広範囲で剥落危険箇所と診断されるのに対し，載荷終了時点で剥落したのは右下部のみであった．水平ひび割れが進展している場合では，かぶり全体のはく落が起こるよりも前に，曲げひび割れによる部分的なはく落が起こる可能性もあり，部分的はく落を赤外線サーモグラフィで診断する手法については今後検討する必要がある。

これらの結果を踏まえて供試体左上部が健全であると考え，健全部と欠陥部の温度差が分かるように**図 5** の A'-B'ライン上（**図 3** の A'-B'ラインと同一）での温度差分布を半径変化量ごとに整理したものを**図 7** に示す．図を見ると，A-B ライン上での温度差よりも，健全部の位置を考慮した A'-B'ライン上での温度差の方が大きくなっていることが分かる．しかし，浮き音確認以降の顕著な温度差増加は見られなかった．この理由としては，水平ひび割れは供試体表面に向かって進展しないため，劣化が進行しても剥離部の厚さが大きくならないことが考えられる．既報 [1)] で提案しているはく落予測モデルでは，劣化の進行度合いを表すパラメータとして異常部と健全部の温度差を用いているが，水平ひび割れが生じる場合の，この温度差の適用性についてはさらに検討する必要があると考えられる．

4. 結論

(1) 水平ひび割れが生じる場合においても，広範囲でのはく落が起こるよりも前に部分的なはく落が起こる可能性がある．この部分的はく落を赤外線画像から推測するのは難しい．

(2) 水平ひび割れが生じる場合，劣化が進行しても異常部と健全部の温度差が上昇しないため，注意が必要である．特にかぶりが大きい場合は劣化が進行しても赤外線サーモグラフィで検知できない可能性も考えられる．

(3)水平ひび割れが生じる場合，劣化の進行を表すパラメータとして，異常部と健全部の温度差を用いることができるかどうか，今後検討する必要がある．

参考文献

1)中村繁貴，高谷　哲，山本貴士，宮川豊章：赤外線サーモグラフィを用いたはく離ひび割れ進展予測に関する基礎的研究，土木学会関西支部年次学術講演会（投稿中）

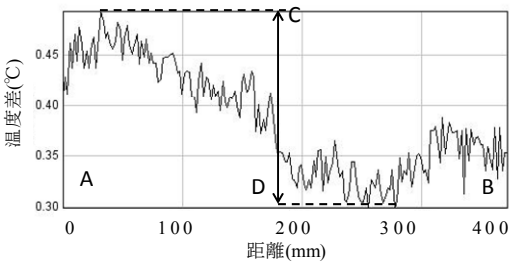

図 4　浮き音確認時と載荷開始直後の温度差分布

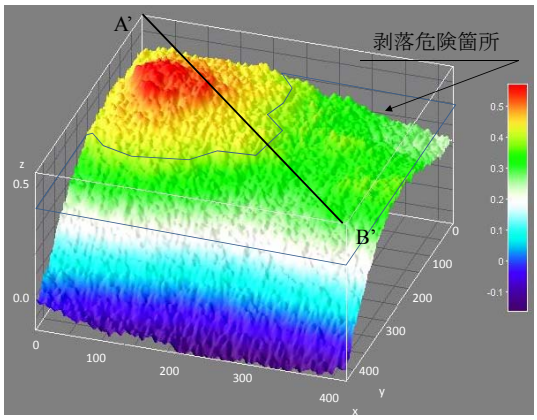

図 5　浮き音確認時と載荷開始直後の表面温度差分布

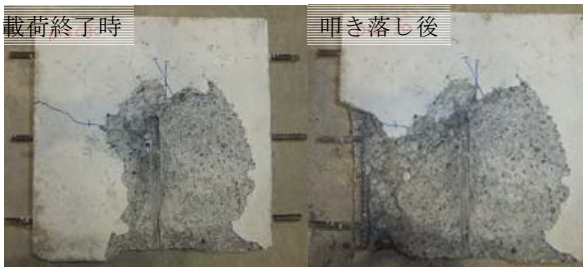

図 6　破壊形態

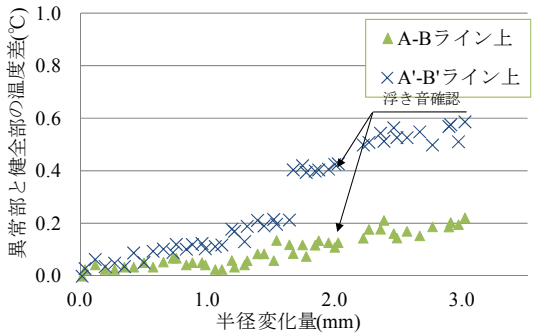

図 7　異常部と健全部の温度差と半径変化量