

V-604

赤外線放射計によるコンクリート
部材中鉄筋の破断検出

茨城大学 正会員 福沢公夫
 茨城大学 正会員 沼尾達弥
 前田建設工業(*) 小原恵一

(* 研究当時 茨城大学学生)

1. 研究の目的

本研究は、赤外線放射温度計を用いてRC部材中の鉄筋破断検出の可能性を検討したものである。切断された鉄筋を配置したコンクリート供試体一端の鉄筋を加熱して熱の流れをつくり、供試体表面の温度を測定して、欠陥検出の可能性を検討した。また、非定常3次元熱伝導解析によりコンクリート表面温度を計算し再現性の検討を行った。

2. 鉄筋破断検出実験

(1) 実験方法

供試体は図-1のとおりであり健全な鉄筋2本と破断鉄筋1本が配置されている。要因と水準を表-1に示す。なお、供試体は各要因ごとに1体ずつ合計6体作製した。供試体の製作には水セメント比40%、粗骨材の最大寸法20mmおよび細骨材率59.4%の配合を用いた。実験装置の概略を図-2に示す。加熱には、リボンヒーターを用いた。鉄筋端部には、ヒーターとともに熱電対を取り付け、サーモスタットにより70℃に保ち、供試体の加熱面、放熱面および測定面以外を発泡スチロールによって断熱した。実験は、20℃60%RHで保たれた恒温恒湿室で行い、測定は加熱開始1分後、2分後、3分後、4分後および5分後の合計5回行った。

(2) 実験結果および考察

供試体の鉄筋配置位置における表面温度分布の測定例を図-3に示す。また、欠陥部における表面温度分布を拡大したものを図-4に示す。これより、鉄筋が破断している部分の表面温度の方が破断していない部分の温度変化よりも大きいことが分かる。また、加熱時間が長いほど温度勾配は急となり、欠陥部の両側における温度差が大きくなることが分かる。このことは、鉄筋に取り付けた熱電対からも検証された。時間経過に伴う欠陥部表面の温度差を図-5に示す。これより、欠陥部の温度差は加熱時間が長いほど大きくなることが分かる。また、供試体の鉄筋破断間隔

表-1 要因と水準

要因	水準	単位
かぶり b	5 10 15	mm
破断間隔 W	5 10	mm

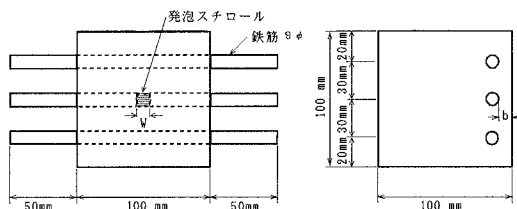


図-1 供試体の寸法

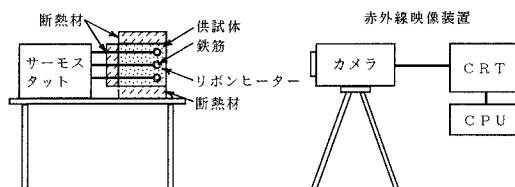


図-2 供試体表面の温度測定方法

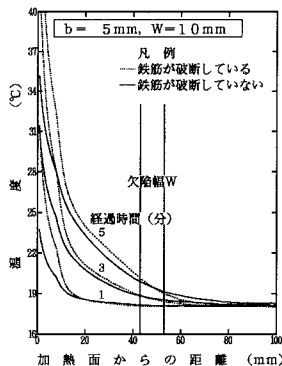


図-3 鉄筋配置位置における表面温度分布

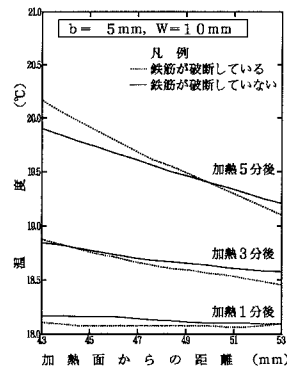


図-4 欠陥部の表面温度分布

が広いほど、かぶりが浅い場合ほど欠陥部における温度差は大きくなる。鉄筋方向と直角方向の鉄筋破断位置（欠陥部の非加熱側）における表面温度分布の測定例を、図-6に示す。これより、破断している鉄筋部分の表面温度は健全な鉄筋部分の表面温度と比べると低くなっていることが分かる。図-3、あるいは図-6のような表面温度分布から得られる欠陥検出限界を表-2に示す。これより本実験の範囲ではいずれの場合も、鉄筋の破断の検出は可能であることが分かる。また、供試体のかぶりが浅い場合ほど破断間隔が広いほど欠陥検出の時間が早くなっている。

（3）有限要素法による解析と結果

解析には、市販の有限要素法解析プログラムであるCOSMOS/M Ver1.6 5Aを用いて非定常3次元熱伝導有限要素解析を行った。解析で用いたモデルを図-7に示す。解析モデルに用いた熱的物性値を表-3に示す。境界条件としては、鉄筋加熱部は温度指定境界面とし、測定面では熱伝達係数を与え、その他の面は断熱境界面とした。解析によって得られた加熱5分後の供試体の鉄筋配置における表面温度分布の解析例を図-8に示す。これより、解析で求めた曲線は実験で求めた曲線と同じ傾向を示していることが分かる。しかし、加熱面側側面において解析では、実験に見合った境界条件を設定することができなかったためか、加熱側側面の温度差は実測と解析で大きく相違した。

3. 結論

本研究における実験及び解析で得られた知見を以下に示す。

- （1）欠陥部両側の温度差は供試体表面においても、鉄筋位置に置いて加熱時間が長いほど、かぶりが小さいほど、破断間隔が広いほど大きくなる。
- （2）この温度差を表面から測定することにより鉄筋の破断を検出できる。
- （3）熱伝導有限要素解析により、測定結果に類似した結果は得られたが温度そのものを精度よく求めることはできなかった。

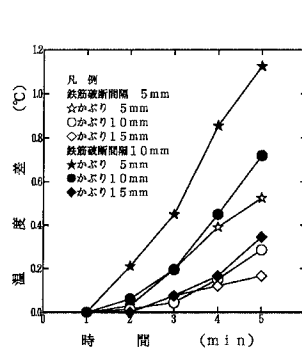


図-5 欠陥部温度差の経時変化

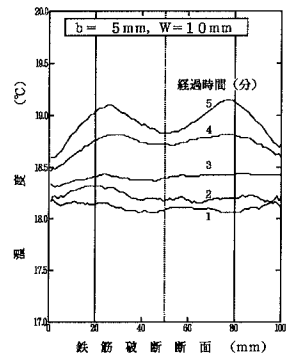


図-6 鉄筋破断断面における表面温度分布

表-2 欠陥検出限界

鉄筋破断間隔 W	5 mm	10 mm	15 mm
10 mm	○(2分後)	○(3分後)	○(3分後)
5 mm	○(3分後)	○(3分後)	○(5分後)

表-3 解析モデルの熱的物性値

	コンクリート	鉄筋	熱スチロール	単位
比重 ρ	2110	7682	28	kg/m ³
比熱 C	0.91	0.0483	0.1281	kJ/kg · K
熱伝導率 λ	1.42	45.0	0.0275	W/m · K

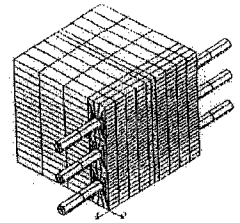


図-7 解析モデル

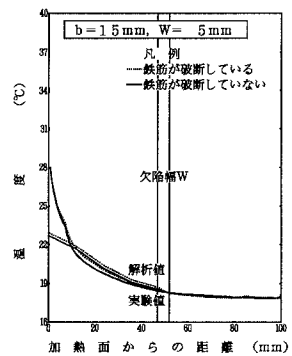
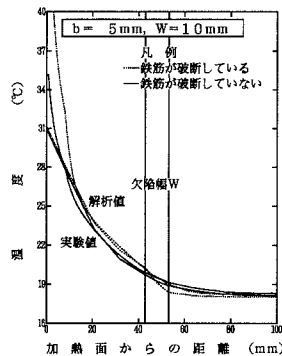


図-8 解析による供試体の表面温度分布