

1. まえがき

コンクリート構造物の品質を直接評価する方法は、構造物から採取したコアを用いて強度試験を行って求めている。しかし、コアの強度は、採取する部材の位置、採取状態および試験条件などによっても異なった試験値を示すことが知られている。しかし、実際にコアを採取するにあたっては、対象とした構造物の断面から任意に採取しているのが現状である。このために、同じ断面においても採取されたコアの強度にはバラツキが生じてしまう恐れがある。

本研究は、コンクリート構造物の損傷診断技術として注目されている熱赤外線センサを利用して構造物表面から得られる熱映像を内部の鉄筋状態の判読へ適用し、コアを採取する際に適した鉄筋のない位置、内部に空隙や空洞の少ない位置などを選定することができる手法を構築することを目的として行った実験の報告である。

2. 実験概要

実験に使用した供試体は、 $\phi 150\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ の円柱型で、内部に鉄筋が無い供試体と丸鋼 $\phi 22\text{ mm}$ を表面から25 mm、50 mmおよび75 mmの位置に埋設した4種類である。なお、供試体の製作に使用したコンクリートの配合は、表-1に示したとおりである。

表-1 コンクリートの配合表

骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
25.0	56.7	44.8	8.0	4.0	159	281	826	1044	2.81

図-1は、熱赤外線センサで測定するために前述した4種類の供試体を、左上から時計回りに鉄筋無し、かぶり厚25 mm、50 mmおよび75 mmの順に配置したものである。供試体は、周辺温度の影響を排除するために供試体周辺をウレタン断熱材で、その表面をアルミ箔で覆った。観測は、周辺温度、風などの影響を排除するために恒温恒湿室（温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度 $80 \pm 5\%$ ）で行い、観測時の環境条件を一定とした。また、加熱装置は、長さ50 cmの棒状遠赤外線ヒーター3本を25 cm間隔に並べ、ステンレス製熱反射板により約 300°C の熱が供試体の観測面を一樣に熱照射できる構造になっている。なお、観測面と遠赤外線ヒーターとの距離は20 cm、熱赤外線センサとの距離は1.7 mである。

3. 熱映像から求めた温度特性曲線

熱赤外線センサによる測定は、加熱時間は10分、20分および30分として供試体表面を加熱し、停止後の冷却過

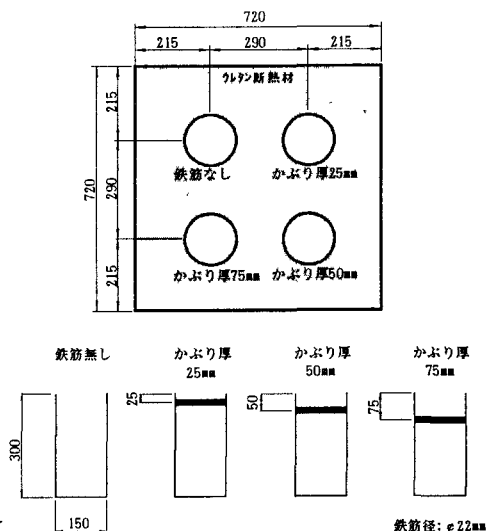


図-1 供試体および鉄筋の配置図

程を時系列に温度測定を行い、得られた熱映像の表面温度分布と内部の鉄筋状態との関連について明らかにした。なお表面温度の観測は、遠赤外線ヒーターによって観測面を加熱した後、1分間隔で表面温度が落ち着く20分まで測定した。写真-1は、熱赤外線センサによる供試体表面の測定状況である。供試体表面を一定時間加熱した後、自然放置にするとその表面に現われる表面温度分布は、ひびわれ、剥離、浮きおよび内

部の鉄筋や空隙などの影響が微妙な形として現われることが、既往の研究で明らかにされている。

写真-2は、鉄筋無し供試体ならびに

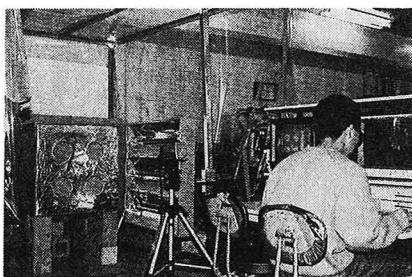


写真-1 測定状況

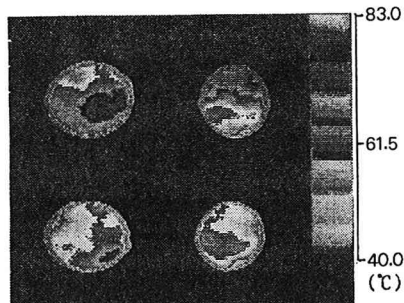


写真-2 表面温度分布 (2分経過時)

丸鋼 $\phi 22\text{mm}$ を表面から25mm、50mmおよび75mmの位置に埋設した供試体の表面を20分間加熱し、自然放置後の2分経過時の熱映像である。写真右側にある白黒濃淡バーは、表面温度の高低温度を配置した鉄筋を表わすような線形の特異的な表面温度分布ではなかったが、均一な温度分布でもなく内部の何らかの影響を受けた熱情報が含まれているものと考えられる。そこで、この時系列の熱映像に対して画像処理を施し、供試体表面の温度分布変化を求めて内部の鉄筋状態を判読することができる手法を提案することにした。これは、熱映像内の各供試体の測定面をクリアする領域(縦10cm×横10cm)を設定して、その領域内の平均表面温度と基準とした鉄筋無しの供試体の表面温度との差分を求めた表面温度差の変化曲線を求めて、これを温度特性曲線と称した。

図-2は、各供試体のなかからかぶり厚25mmおよび75mmを選び、その位置に鉄筋がある供試体から求めた温度特性曲線である。

この曲線は、どの加熱時間でもかぶり厚が小さい25mmの方がかぶり厚75mmより大きい表面温度差であって、この傾向は、加熱時間が長いほど顕著であった。これは、鉄筋による影響で表面から加熱された熱が浅い位置にある鉄筋によって吸収され、その位置の表面温度はかぶり厚が深い位置の表面温度より低下するためである。しかし、かぶり厚が50mmから75mmと深くなるほど長時間加熱しても、その加熱効果は現われない。また、この温度特性曲線が示す温度勾配は、内部にある鉄筋状態を示す指標となるもので、この温度勾配の相違が判読の精度を示すことになる。特に、この現象が既存コンクリート構造物を対象として内部の鉄筋を判読するうえで、大きな役割を持つことになる。

図-3は、かぶり厚が異なる供試体表面を10分、20分および30分加熱し、加熱停止後の2分経過時の温度特性曲線である。求めた温度特性曲線は全て負領域を推移し、かぶり厚が小さい供試体ほど温度勾配が急勾配であった。

以上の結果から、この手法は実構造物に適用することが可能であることを実験的に明らかにした。なお、この手法を利用してコアの採取位置を抽出すれば最適な位置を決定することができ、コア強度の精度を向上させることが期待できる。

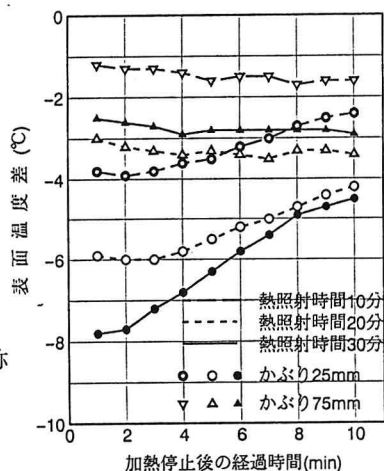


図-2 加熱時間の相違による温度特性曲線

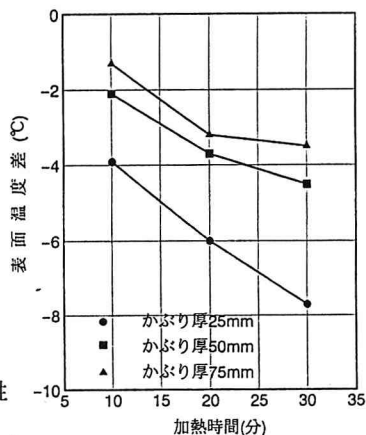


図-3 かぶり厚の相違による温度特性曲線