

日本大学 正会員 柳内陸人

東京大学 正会員 魚本健人

1. まえがき

近年、熱赤外線を使ったコンクリート構造物の内部判読技術が研究・開発されるにしたがい、製品を破壊して内部の鉄筋状態を検査していたプレキャストコンクリート製品の品質管理が非破壊で行なえることが可能になってきた。熱赤外線による内部状態の判読は、表面から与えられた熱が内部へ、また、冷却時における内部から表面への熱伝達がコンクリート内部の状態に応じて異なるために生ずる表面温度分布の変化を利用している。本研究は、温度管理された蒸気養生法を人為的な熱涵養と考えて、養生後の冷却過程時に供試体表面から得られる熱映像を利用してプレキャストコンクリート製品の鉄筋に関する品質管理について行なったものである。

2. 実験概要

表-1 供試体の概要

供試体 番 号	スパン長 (mm)	版厚 (mm)	かぶり厚 (mm)	鉄筋径 (mm)	配 筋 状 態 (本)
No. 1	390 × 495	100	20.0	D10	横筋10, 縦筋 5
2	390 × 495	100	—	—	—
3	390 × 495	100	20.0	D 6	横筋10, 縦筋 5
4	390 × 495	100	20.0	D13	横筋10, 縦筋 5
5	390 × 495	100	20.0	D16	横筋10, 縦筋 5
6	390 × 495	100	20.0	D10	横筋 7, 縦筋 4
7	390 × 495	100	20.0	D10	横筋 4, 縦筋 3
8	390 × 495	100	20.0	D10	横筋 2, 縦筋 2

実験は、断面390mm
×495mm×100mmの
千葉県型側溝蓋（CHL
2-30）を標準型供試体
として、標準型と同じ
配筋状態で鉄筋径を変
化させた供試体（供試
体番号No.1～No.5）、
および同じ鉄筋径で配

筋状態を変化させた供試体（供試体番号No.6～No.8）を対象にした（表-1および図-1 参照）。表-2は、供試体の配合を示した。写真-1は、打設後の供試体をシートで覆って蒸気養生（温度65±2℃、湿度90±3%）で10時間養生し、脱型直後の供試体を水平

距離1.4mの位置から熱赤外線センサで観測している状況である。なお、熱赤外線センサによる観測は、所定の蒸気養生終了後2分経過時から1分間隔で20分間連続して行った。

3. 測定結果

熱赤外線センサで観測して得られた熱映像には、表面および内部の配筋状態に対応した高温域および低温域のさまざまな表面温度分布パターンが現れている（写真-2 参照）。この温度分布を定量的に捉えるために、供試体の断面に合致する表面温度分布の領域を設定し、その領域内の全画素の平均輝度値から平均温度の時系列的変化を求めた。

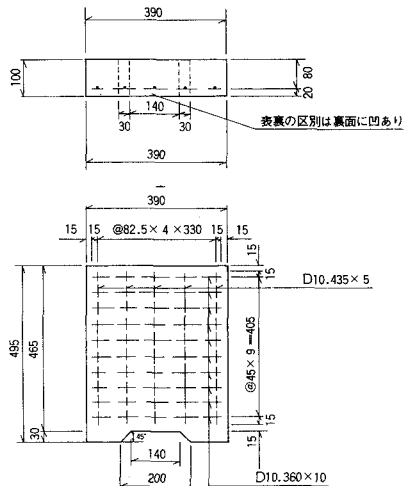


図-1 側溝蓋の断面図

表-2 供試体のコンクリート配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプの 範 囲 (cm)	水セメント比 W/C (%)	粗骨材 率 S/A (%)	空気量 Air (%)	水 W (kg/m³)	セメント C (kg/m³)	砂 S (kg/m³)	砕石 G (kg/m³)
25	9±2.5	47.0	37.5	1.1	152	323	728	1204



写真-1 熱赤外線センサによる観測状況

(1)配筋状態が異なった供試体

図-2は、標準供試体（供試体番号N0.1）を基本として内部の横鉄筋および縦鉄筋の配筋状態を変化させた供試体（供試体番号N0.6～8）の表面温度変化を示した。供試体内部の配筋状態が密になるほど、蒸気養生後の供試体表面は、高温度の温度分布であった。蒸気養生によって熱涵養された配筋状態の異なる供試体の表面温度は、すなわち、鉄筋量によって支配され、それが表面温度の違いとして現れる。

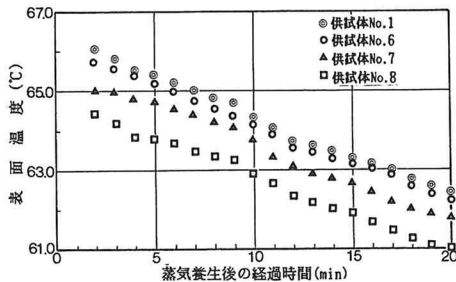


図-2 冷却過程時の表面温度
(配筋状態の違いによる温度変化)

(2)鉄筋径が異なった供試体

図-3は、標準供試体内部の配筋に使用する鉄筋をD10mm からD 6mm,D13mm およびD16mm に変化させた供試体の表面温度変化である。なお、全供試体の配筋状態は標準供試体と同じである。鉄筋径が大きいものを配筋した供試体から得られた熱映像は、高温度の温度分布であった。これも(1)と同様に鉄筋量の違いが、表面温度の違いとして現れる。

4.鉄筋量と表面温度との関係

図-4は、蒸気養生後の冷却過程で各供試体の温度差が最も明瞭な 6分経過時における供試体内部の配筋状態および使用鉄筋を鉄筋量に換算し、表面温度との関係を求めた。同一断面内の鉄筋量が多い供試体ほど蒸気養生後の表面温度は高温度となる良好な正の相関関係が得られた。このような現象が起こる原因としては蒸気養生によって鉄筋に蓄積された熱に差があるためと考えられる。

5.まとめ

温度管理された蒸気養生によって熱涵養を受けたプレキャストコンクリート製品の鉄筋に関する内部状態を鉄筋量の違いとして熱映像から判読できることを明らかにした。プレキャストコンクリート製品は、規格化された製造工程のなかで同一の製品を製造しているために、常に鉄筋量が一定となっているはずである。したがって、工程のなかで誤って配筋および鉄筋径が異なった製品が混入した場合でも、鉄筋量の違いとして、そのような製品を熱映像から摘出できる。さらに、冷却時の温度変化を分析すれば配筋によるものか鉄筋径による違いかを判読できる。本研究では、内部の配筋状態をパターン化して判読するには到らなかったが、これについては熱涵養の方法を変えるなどの方法を開発しなければならないが、今後の課題としたい。

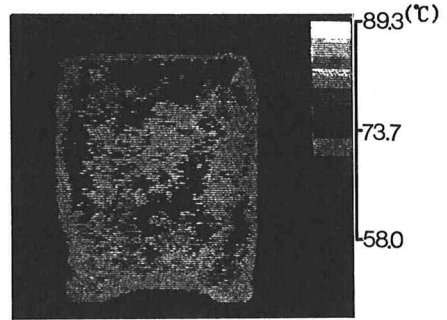


写真-2 表面温度分布画像（供試体No.8）

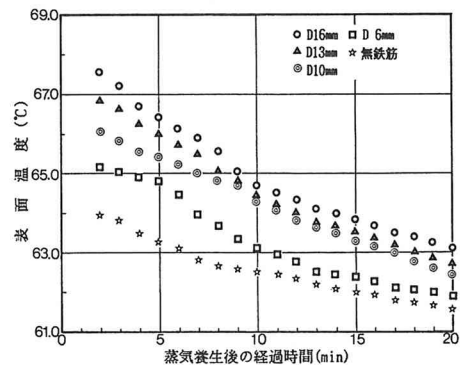


図-3 冷却過程時の表面温度
(鉄筋径の違いによる温度変化)

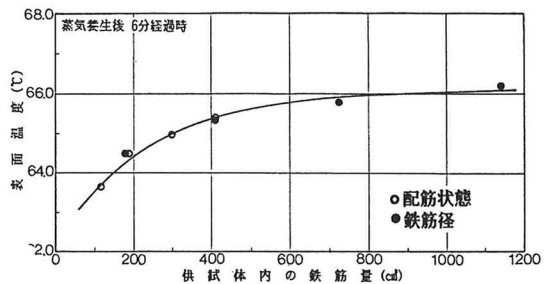


図-4 供試体内の鉄筋量の違いによる表面温度