# アクティブ赤外線法における光源照射によるコンクリートの熱伝導挙動

(財)	鉄道総合技術研究所	正会員	〇田中	寿志

- (財)鉄道総合技術研究所 正会員 鳥取 誠一
- (財)鉄道総合技術研究所 正会員 仁平 達也
- 三菱重工業(株) 栗田 耕一

#### 1. はじめに

コンクリートのはく離検知手法として、コンクリート表面の温度差を赤外線カメラにより測定することによ る赤外線法が注目を集めている.赤外線法には、日射等によりコンクリート表面に生じている温度差を利用し たパッシブ赤外線法と、照射装置を用いて人工的に加熱することによりコンクリート表面の温度差を生じさせ るアクティブ赤外線法がある.アクティブ赤外線法は、照射装置を必要とするが、日射による気象条件に影響 されずに測定ができる利点がある.この利点を活用して、地上からの遠隔操作によって高架橋のように背の高

い構造物の検査に適用するために,照射光源に集光性の高いキセ ノンランプを用いたアクティブ赤外線法の室内試験および現地試 験が行われている<sup>1)</sup>.しかし,光源照射による加熱後のコンクリー トの熱伝導挙動は明らかではない.そこで,コンクリート板の厚 さおよび光源の種類をパラメータとした照射試験を行い,2次元 FEM 非定常熱伝導解析との比較により,光源照射によるコンクリ ートの熱伝導挙動を検討する.

### 2. 照射試験の概要

図 - 1に示すように、厚さ d = 10, 20, 30 mm のコンクリート平板
供試体に表-1に示す条件で照射し、照射後の供試体の表面と裏
面の温度を赤外線カメラで撮影して、温度の経時変化を測定した.
なお、試験は気流の影響を受けない屋内で実施した.

照射光源として,遠赤外線照射装置,キセノンランプ,ハロゲ ンランプを用い,光源の照射エネルギーが一定 (55 kJ/m<sup>2</sup>)になるよ うに照射時間を設定した.コンクリート表面の光吸収率は光源の 波長分布により異なるため,各光源に対するコンクリート表面の 光吸収率をパワーメータにより計測した (**表**-1).

#### 3. 二次元 FEM 非定常熱伝導解析による検討

上記の試験結果と比較するため、2次元 FEM 非定常熱伝導解析を 行った.解析で使用するコンクリートの物性値は、コンクリート標 準示方書〔構造性能照査編〕を参考にして、**表-2**の通りとした.





図 - 1 装置配置図

表-2 コンクリートの物性値

熱伝導率 (W/mK)	2.55
密度 (kg/m³)	$2.2 \times 10^{3}$
比熱 (J/gK)	1.05

光源	遠赤外線照射装置	キセノンランプ	ハロゲンランプ
光照射エネルギー密度 (kW/m <sup>2</sup> )	7.3	13.7	6.8
光照射時間 (s)	7.5	4.0	8.0
光源の照射エネルギー (kJ/m <sup>2</sup> )	55	55	55
コンクリート表面の光吸収率 (%)	96	83	63
コンクリート内部への熱流束 (kW/m <sup>2</sup> )	7.008	11.37	4.284

表 - 1 照射条件とコンクリート表面の光吸収率

キーワード アクティブ赤外線法,照射光源,熱伝導解析,光吸収率

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL 042-573-7281

熱伝導解析では,第1ステップ として, 光照射している時間, そ れぞれの光源に対して表-1に 示した光照射のエネルギー密度 と光吸収率の積をコンクリート 内部への熱流束として与えた. そ の際、側面と裏面からの輻射によ る熱流出を一定の熱流束(41.87 W/m<sup>2</sup>:解析 1),あるいは,熱伝 達係数 (2.079 W/m<sup>2</sup>K: 解析 2, 20.79 W/m<sup>2</sup>K: 解析 3)による方 法で考慮した. 初期温度と雰囲 気温度は、20℃とした. 第2ス テップでは,輻射による熱流出 を上記の方法で全面に考慮し, 照射後の時間と照射前の初期 温度からの温度差の関係を求 めた.

図-2に、キセノンランプを 照射光源とした厚さ20mmの 試験結果と上記の解析1~3の 方法による解析値の比較を示 す.温度差の時間変化の傾向は 一致しており,解析条件による 影響は小さいが,解析2が最も 実験値に近い.このことから,



図-4 厚さの違いによる照射後の時間と温度差の関係の比較

熱伝達係数を 2~10 W/m<sup>2</sup>K 程度とすれば実験値をほぼ再現できることが分かる.以下,解析 2 の条件で解析 を行った.図-3に厚さ 20 mm として,解析値,実験値とも光源の種類の違いによる温度の経時変化の比較 を示す.光源の温度上昇は,遠赤外線照射装置が最も大きく,続いてキセノンランプ,ハロゲンランプの順に なっており,光吸収率の影響が反映されている.このことから,光吸収率の考慮した解析により温度差の経時 変化が把握できることが分かった.図-4に光源をキセノンランプとして,供試体の厚さを 10 mm, 20 mm, 30 mm と変化させた場合の温度の経時変化の比較を示す.裏面の温度差の実験値は,厚さ 10 mm の場合には, 40s 程度で温度が最大になるのに対し, 20 mm では 120 s 程度, 30 mm の場合ではそれ以降まで温度上昇が続 いた.解析値は実験値と若干の違いはあるが,厚さが変化した場合も,温度変化の傾向は概ね一致している.

## 4. まとめ

アクティブ赤外線法における光源照射によるコンクリートの熱伝導挙動を検討するために、光源の種類、厚 さをパラメータとした平板供試体による照射試験と2次元 FEM 非定常熱伝導解析を行った.その結果、コン クリート表面の光吸収率を考慮した熱流束を与え、コンクリート表面での輻射による熱流出を2~10 W/m<sup>2</sup>K 程度の熱伝達係数として考慮した解析により、実験で得られた熱伝導挙動をほぼ再現できることが分かった.

#### 参考文献

1) 鎌田卓司ほか:遠隔加熱によるアクティブ赤外線法を用いたコンクリート高架橋の検査,コンクリート工 学年次論文集, vol. 25, No.1, pp.1763-1768, 2003