

遠赤外線照射を用いたアクティブ赤外線法による変状検出に必要な照射エネルギー

(財) 鉄道総合技術研究所	正会員	○戸島 敦嗣
同	正会員	鳥取 誠一
帝都高速度交通営団	正会員	石坂 利一
三菱重工業（株）	正会員	栗田 耕一

1. はじめに

アクティブ赤外線法は、人工的にコンクリート表面を加熱することにより、気象条件等に影響されずに、コンクリート表面に近い浮き等を効率良く検出できる特長を有する。このアクティブ赤外線法による構造物の検査装置として、ハロゲンランプを加熱光源として用いたトンネル検査車¹⁾が実用化されている。

しかし、現在運用されているトンネル検査車では、剥離検知深さが10mm以下であるため、構造物を予防保全的に維持管理する立場からは、より深い位置の剥離検知が望まれている。従って、ハロゲンランプよりコンクリート内部への熱の伝達が期待できる加熱源として、遠赤外線光源に着目し、その変状検出可能深さ等の基本性能を把握することを目的として基礎的試験を実施した。

2. 実験概要

(1) 照射エネルギー吸収率

一般的に、金属を除いた多くの物質に対し遠赤外線光源を用いて加熱を行うと、加熱表面のエネルギー吸収率が良く、そのため表面から内部への熱の伝達に優れていることが知られている²⁾。同様に、今回対象としているコンクリートに対しても適用されるものと考えられるため、実用化されているトンネル検査車に用いられているハロゲンランプと遠赤外線光源の二つの光源を用いて、加熱する場合の照射エネルギーが、どの程度コンクリート表面から吸収されるかを測定し、赤外線法における加熱光源として遠赤外線光源の適用性について比較検討することとした。

エネルギー吸収率は、図1のように、光源の入射角を 45° として、反射された光源からの照射エネルギーを測定し、入射前の照射エネルギーと比較することにより、エネルギー吸収率を算定した。

(2) 変状検出に必要な照射エネルギー

一般の鉄筋コンクリート構造物の標準的なかぶりを参考に、表面から深さ約50mmまでの内部欠陥検出を目標とし、遠赤外線照射を用いたアクティブ赤外線法によって変状を検出するのに必要な照射エネルギーを室内試験により定量化することとした。

検討に用いた供試体は、コンクリートと熱伝導率の異なる発砲スチロール製の薄板（50mm×50mm×1mm）を空隙に見立て、供試体内に深さ20、30、50mmで埋設し内部欠陥

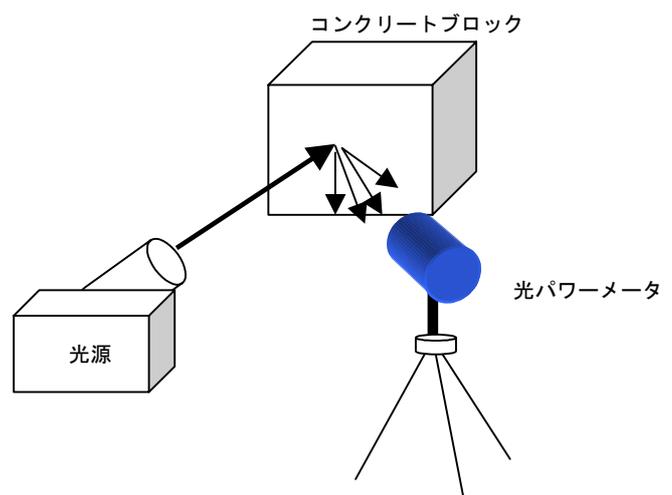


図1 エネルギー吸収率の測定

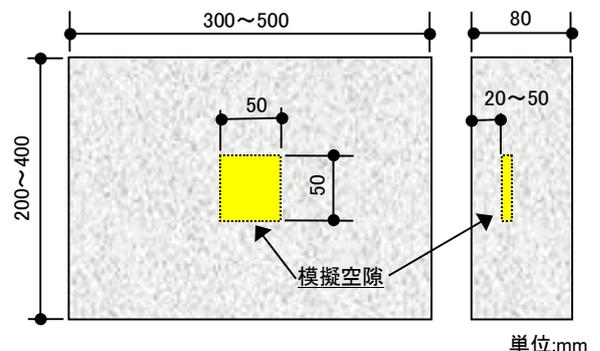


図2 模擬空隙供試体の概要図

キーワード 非破壊検査, 赤外線法, 遠赤外線光源, 照射エネルギー, コンクリート構造

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 財団法人 鉄道総合技術研究所 TEL: 042-573-7281

を模擬した（図 2）. 各空隙深さの供試体に照射エネルギーを変えて遠赤外線照射し、健全部と空隙部の温度差を計測した.

3. 実験結果および考察

エネルギー吸収率の測定の結果を図 3 に示す. 遠赤外線光源の場合は、約 96%、ハロゲンランプの場合は、約 63%であった.

このような差が生じた理由として、遠赤外線の物質へのエネルギー吸収特性が関係していると考えられる. 金属を除く多くの物質では、遠赤外線が照射されると、遠赤外線領域の周波数で交番する電磁界の作用を受け、物質中の正負の電荷が振動する. このとき遠赤外線のエネルギーが吸収され、その物質の振動により熱が発生している. また、物質には固有の振動モードが存在し、それが遠赤外線の振動数領域とよく一致しており、そのためエネルギーの吸収に優れているものと言われている²⁾.

今回の測定結果もそれを示しており、遠赤外線はコンクリートの加熱においてもエネルギー吸収率に優れ、コンクリート内部への熱伝達がハロゲンランプに比べ、優位であることが確認できた.

次に、模擬空隙供試体における室内試験結果を図 4 に示す.

図に示されたように、照射エネルギーを増加させると、健全部と空隙部との温度差は大きくなっている. ここで、赤外線カメラによる変状検出の限界とされる 0.2K 程度の温度差を考慮すると、この検討での最小値である 0.5J/cm² 程度の照射エネルギーがあれば変状検出は可能であると判断できる.

4. まとめ

アクティブ赤外線法の加熱光源として、エネルギー吸収率に優れている遠赤外線が優位であることが確認できた. また、遠赤外線照射を用いたアクティブ赤外線法による深さ 50mm 程度の変状を検知するのに必要な照射エネルギーを検討した結果、0.5J/cm² 程度のエネルギーがあれば良いことが明らかとなった.

本報告では、基礎的試験の結果のみをまとめているが、これらの検討結果を踏まえ、トンネル検査車の実用化に向けて既に別途試験を行っている. その試験では、遠赤外線照射装置と赤外線カメラおよび可視カメラまで組み合わせた検査装置の試作を行い、実トンネル覆工において現地検証を実施している. その際、本検討で示された変状検出に必要なエネルギーを照射エネルギーとして設定し、その結果、剥離等の変状が赤外線画像に明確に写し出されていることが確認されている.

今後は、それら現地試験のデータを蓄積し、健全度判定も含んだトンネル検査システムとして装置を実用化していきたいと考えている.

参考文献

- 1) 宮田信裕：トンネル検査車の開発，JREA，42(7)，pp. 36-39，1999. 7
- 2) 木村嘉孝：遠赤外線の基礎(1)～(4)，JIRA Report Vol. 8, No. 4～No. 7, 1998

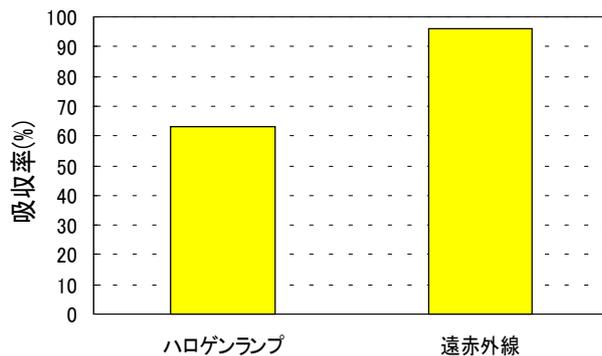


図 3 エネルギー吸収率

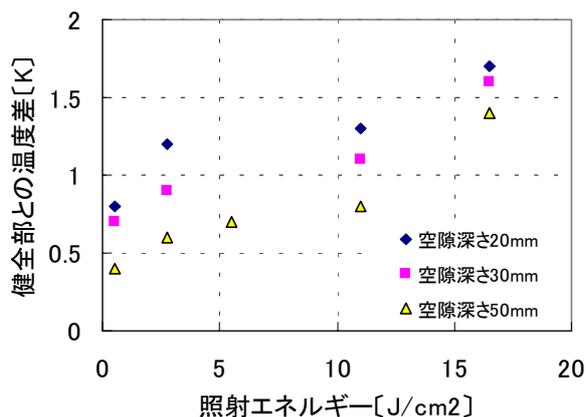


図 4 変状検出に必要な照射エネルギー