

論文題名：熱赤外線映像法を用いたモルタル吹付けのり面及びコンクリート
道路橋の変状調査手法の研究

A Study on the Development of Mortar Shotcreted Slope and Concrete Road
Bridge Deterioration Detection Technique by Applying Thermal Infrared
Imaging Method

長崎大学大学院生産科学研究科

浅利公博

近年、高度成長期に建設された構造物が経年 3～40 年を越え、老朽化に対する維持管理の重要性がますます高まっている。これに伴い調査診断において、様々な非破壊検査が用いられるようになったが、これらのほとんどが対象構造物に接触することを必要とし、調査費に占める足場や高所作業車等の補助設備・機械の費用は大きな負担となっている。そのため、遠隔から可能な非破壊検査の開発が切に望まれているところである。

熱赤外線映像法は、非破壊かつ遠隔から可能な調査法であるために、1990 年代後半から種々の構造物に用いられ始めたが、気象状況の影響等もあり、調査結果には、ばらつきが見られた。この理由は、1990 年代後半までの熱赤外線画像装置の性能が未だ十分でなかったこと、そのために自然状態下における対象構造物の温度変化についての調査が、十分に行えなかったためと考えられる。

本研究は、モルタル吹付けのり面および橋梁調査への熱赤外線映像法の適用をテーマとして、可能な限り現場計測を実施して収集したデータの分析と、シミュレーション解析に基づき、同法における精度向上手法を提案するものである。現場計測では、良性能な熱赤外線画像装置による観測だけでなく、日射量測定、熱電対による温度変化計測、打音・ドリル削孔検証など、種々なデータの収集に努めた。従来の自然環境下における熱赤外線映像法が、日射の放射熱による熱の移動を重視して、健全部と変状部の温度差が生じない時間帯を避けつつ、日中に観測を行っていたのに対し、本研究の手法は、大気温と内部温度（モルタル吹付けのり面の土中温度やコンクリート橋内部の温度）との温度勾配による熱の移動を重視して観測するところに、その特徴がある。以下、各章の概要を示す。

第 1 章では、本研究の背景と目的を述べるとともに、従来の手法と本研究

の位置付けを提示した上で、本論文の構成を概説した。

また、第2章においては、本研究の基礎となる熱伝達の理論と熱赤外線画像装置について説明した上で、モルタル吹付けのり面およびコンクリート橋の調査における熱赤外線映像法の測定原理を記述した。

第3章では、モルタル吹付けのり面における熱赤外線映像法による背面空洞調査をテーマとし、38箇所でのり面調査に基づき、観測時間帯を23時から夜明までと設定することにより、1度の熱赤外線画像の取得でも観測精度の向上が図れること、終日、日陰で日照をあまり受けないのり面でも深夜の計測には問題はないこと、計測日前の十日間の平均気温と当日の予想最低気温から、観測の可否の予想が可能なこと、熱赤外線画像装置の温度分解能は 0.07°C 以上のものが望ましいこと、モルタル吹付けのり面の凸部は、健全部であっても背面空洞部に近い経時変化をするため、精度確保のために十分留意する必要があること、夜間の計測ではのり面の苔の観測精度への影響度は小さいこと等がわかり、観測精度向上の成果を挙げることができた。

次に第4章においては、自然状態下のコンクリート橋を対象に、変状調査の観測時間帯としては、深夜零時頃から夜明までが適していること、直接日射を受けない桁下であっても、熱赤外線映像法による変状部の検出は可能であること、温度分解能 0.035°C 以上の熱赤外線画像装置を使用することが望ましいこと、主桁等の角部は健全部であっても変状部に近い経時変化をするため留意が必要なこと等を明らかにし、熱赤外線映像法適用の際の精度向上を進めることができた。

第5章では、今後の熱赤外線映像法の適用拡大への可能性を探るべくコンクリート実橋を対象に、現場実験を行った結果をまとめた。人為加熱及び冷却を用いた実験により、表面被覆が施工されている桁の変状や、アスファルト舗装の剥離、また鉄筋の配筋状況を抽出することができ、熱赤外線映像法の適用拡大への可能性が得られた。

最後に第6章において、本研究での結果と成果、今後の課題を総括し結論とした。本論文により、従来の手法によっては同一箇所を2度観測する必要があったものを、1度の熱赤外線画像の取得で解析し、調査コストを縮減しつつ、観測精度を向上させることが可能であることが示された。