

第V部門

赤外線を用いた空港アスファルト舗装の層間剥離探査手法の構築

(独) 港湾空港技術研究所 正会員 ○前川 亮太
中央大学理工学部 フェロー 姫野 賢治

1. 目的

近年、滑走路や誘導路のアスファルト舗装において、層間剥離現象が散見されている。層間剥離現象が進行すると舗装表面が剥がれ、航空機の走行に重大な支障を来すおそれがあり（写真-1）、早期の発見及び対処が重要である。層間剥離の探査にあたっては、従来より路面をハンマーで叩いた際の反射音を基に層間剥離の有無を推定する打音探査法が用いられてきた。しかし打音探査法には一定の技術を持った測定者が多数必要であると同時に、探査結果が測定者の主観に強く依存することが空港管理上の支障となっている。

そこで本研究では、打音探査における前述の課題を克服するため、赤外線に着目し、新たな層間剥離探査手法の構築を試みた。



写真-1 滑走路の損傷事例

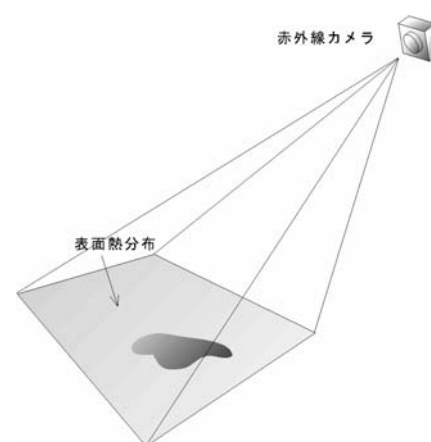


図-1 赤外線による剥離探査イメージ

2. 赤外線による剥離探査の原理

赤外線による剥離探査とは、滑走路がクローズされている夜間に、舗装表面から放出される赤外線エネルギーを赤外線カメラでとらえて画像化し、路面温度の分布状況から舗装内部の層間剥離を探査しようとするものである（図-1）。

路面温度を用いて層間剥離を探査できると考える原理を次に述べる。層間剥離部に介在している空気層の断熱効果により、剥離のない健全部に比べて剥離部は鉛直方向の熱伝導が遮断されると考えられる。従って、日射による熱が路面から舗装内部へ伝導する昼間は、健全部の路面温度と比べて剥離部はより高くなり、日射がなく熱が舗装内部から路面へ伝導する夜間は、健全部の路面温度と比べて剥離部がより低くなると考えられる。このことから、層間剥離の探査に赤外線カメラが有効であると考えた。

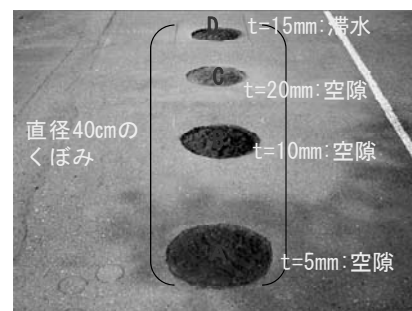


図-2 予備実験(手順1)

3. 予備実験による適用性の検証

前述の想定どおりに赤外線による剥離探査が可能か否かを把握するため、屋外試験フィールドにおいて意図的に剥離箇所を設けた舗装を対象に剥離探査を試みた。

既設のアスファルト舗装を切削することにより直径 40cm の円形のくぼみを 4 箇所設け（図-2）、その上に板状に締固められたアスファルト混合物を載せ（図-3）、その周囲にアスファルト混合物を敷きならし転圧した。4 箇所の剥離のうち A、B および C と設定した剥離は厚さをそれぞれ 5mm、



図-3 予備実験(手順2)

10mm, 20mm とし, 剥離部は空隙とした. D と設定した剥離は厚さを 15mm としつつ, 水を注入することによって滞水状態とし, 水の有無が赤外線による剥離探査に与える影響の把握を試みた.

予備実験は 6 月に東京都内で実施した. 昼間 (14:00), 夕方 (19:15) および夜間 (23:30) における赤外線による探査結果を図-4 に示す.

予備実験の結果, 当初の予想どおり昼間は剥離箇所の路面温度が周辺健全箇所のそれよりも高く, 夜間は剥離箇所の路面温度が低くなることが把握できた.

滞水箇所 (図中“D”) は昼夜を問わず剥離箇所と周辺健全箇所との路面温度差が小さかった. これは, 水の熱伝導性が空気と比べて大きいことから, 耐水箇所剥離部が断熱効果をあまり有せず, 周辺健全部と同様に路面と深部との間で熱の移動があったためと考えられる.

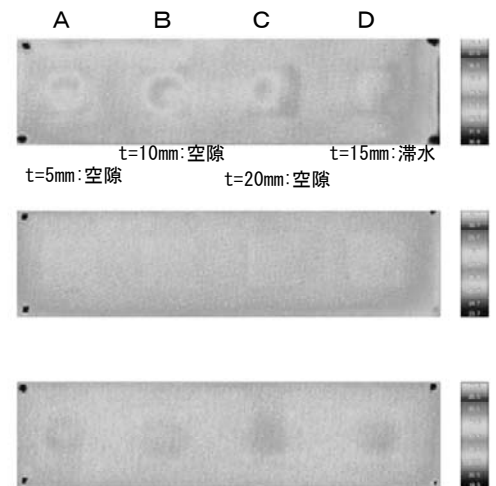


図-4 予備実験結果

4. 実空港での適用性の検証

赤外線を用い, 九州地方における実際の空港滑走路での剥離探査実験を 8 月の晴天日に実施した.

赤外線カメラを車両上部に積載し, 走行しながら連続的に路面温度を撮影した. 走行 1 回あたりの測定幅は 5m とし, 速度約 10km/h の走行をしながら 1cm² ごとに 0.08°C の精度で温度を測定した. 測定車両の外観を写真-2 に示す. この測定方法により, 延長約 3,000m 幅員 60m の滑走路全体を 2 晩の夜間作業 (夜間 23 時～翌朝 5 時で 2 晩) で測定できた. 従来の打音調査法は, 測定者数にもよるが同等の滑走路の調査に概ね一週間程度を要することから, 赤外線の利用による作業効率の向上が確認できた.

赤外線での探査結果の例を図-5 に示す. 図-5 の矢印に示す箇所は周囲に対して相対的に 0.2°C 程度低いことが測定され, 剥離があるものと推定された. 当該箇所をコア抜きした結果は写真-3 のとおりであり, 路面から 6cm の位置に乾いた状態の層間剥離が確認できた. 今回の実験では, 赤外線探査と打音探査の両方を実施 (打音の一週間後に赤外線を実施) するとともに, コア抜きによる検証を行った. その結果, 剥離が乾いた状態であれば路面から概ね 7cm までの浅い位置について, 両者が同等の精度を有することが確認できた.



写真-2 測定車両

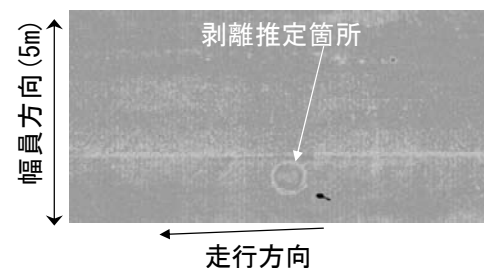


図-5 探査結果

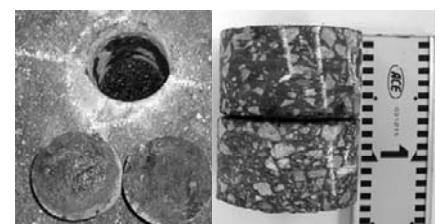


写真-3 コア抜き結果

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す.

- (1) 赤外線の適用により, 測定者の主観によらない客観的な剥離探査手法が確立できた.
- (2) 赤外線の適用により, 従来の打音法と比べて探査効率を著しく向上させることができた.
- (3) 路面以下ね 7cm までの浅部の剥離について, 滞水がなければ赤外線探査と打音探査が同程度の精度を有することが確認できた.