# トンネル覆工面の浮き・はく離点検における赤外線カメラの走行撮影に関する基礎的検討

基礎地盤コンサルタンン㈱ 正会員 ○大野 駅	勲
------------------------	---

日本道路公団試験研究所	正会員	用害	比呂之
	шдŖ	) 13 LI	

日本道路公団試験研究所	正会員	檜作	正登
-------------	-----	----	----

日本道路公団試験研究所 正会員 吉田 敦

基礎地盤コンサルタンツ㈱ 正会員 青木 久

## 1. はじめに

これまでに、トンネルのコンクリート覆工面における浮きやはく離を生じた損傷部を、客観的かつ効率的 に検出する非破壊検査手法として、パッシブ法による赤外線法の適用について検討を行ってきた<sup>1,2)</sup>.しかし、 赤外線画像を静止画として撮影するため、延長の長いトンネルでは撮影に長時間要し、交通規制や温度環境 変化による検出精度への影響が問題となる.走行撮影方式とすることで撮影時間の短縮が図れるが、汎用タ イプの赤外線カメラでは露光時間が1/60秒と長く、撮影される赤外線画像は走行方向へぶれ、移動平均化し た温度分布画像となる.そのため、損傷部による温度分布が平坦化され、その検出が非常に困難となる.

## 2. 試験方法

#### 2.1 試験体

本試験では、図 2.1、図 2.2 に示す 2 種類の試験体を使用した. 900 人工損傷試験体は、損傷部として 200×200×5mm の空洞を深さ 50mm の位置に埋設した. ペイント試験体は、コンクリート表面 に 0.05×0.2m の矩形でグレー色を段階的にペイントし、太陽光の 反射を利用し反射率の違いにより、赤外線カメラに微小温度差と

して映像化されるものとした.グレー色は、白色に容積比で 1~5%の黒色 を5段階混入した.

# 2.2 試験方法

試験体は屋外の直線道路上に撮影面が鉛直となるように設置した. 試験 は,試験体表面から 6.5m 離れた車線を撮影車両が走行し,車戴した赤外 線カメラで試験体表面の赤外線画像を撮影した.撮影には表 2.1 に示す赤 外線カメラを用い, 1/60 秒毎の連続デジタル画像として記録した.

試験ケースは,赤外線カメラの露光時間を 1/300 秒の固定とし,走行速度を静止(0km/hr),20,35,50,65km/hr の5速度の5ケースとした.

撮影時刻は、人工損傷試験体では損傷部の温度差が安定する夜間とし、 ペイント試験体は太陽光の反射を利用するため昼間とした.なお、走行車 両の速度は、車速センサーにより 1/10 秒間隔の移動距離として測定した.

#### 3. 試験結果

3.1 ペイント試験体の温度分布

図 3.1 にペイント試験体の赤外線画像を示す.太陽光の反射により,コンクリート表面に描いた模様が色 キーワード 赤外線,非破壊検査,コンクリート,走行撮影,トンネル

連絡先 〒102-8220 東京都千代田区九段北 1-11-5 基礎地盤コンサルタンツ(株) TEL 03-3263-3611





図 2.2 ペイント試験体

表 2.1 赤外線カメラの仕様

	型式名称	ThermaCam SC3000
	検出器	GaAs, QWIP FPA (320 × 240)
-	検出波長帯	8∼9µm
	温度分解能	0. 02°C
	露光時間	1/60~1/900 秒
	視野角	20° × 15°

差濃度に沿って高温部(白系色)として温度差を生じている. 50km/hrでは着色部の外縁エッジが不明瞭となり,走行(画像横) 方向の移動の影響が見られる.

図中赤線で示す矩形部(黒色 2%混入)の走行方向の温度分布 を図 3.2 に示す.着色部と非着色のコンクリート表面との温度差

(図中の温度曲線と赤線との差)は、静止時よりも 50km/hr の方 が小さい.これは、50km/hr では 1/300 秒の間に走行方向へ 46mm 移動(6 画素に相当)するため、その移動区間の平均温度として 赤外線カメラで画像化されることによる.

次に、走行速度と着色部の温度差との関係を図 3.3 に示す. 図 中には、静止時の温度差が 0.4℃, 0.6℃となるケースの結果もプ ロットしている. この図より、いずれの温度差も 35km/hr までは 速度の増加により温度差が減少し、それ以上では速度に関わらず 一定値を示す. 50km/hr における温度差の増加は、日射量が一時 的に強くなり、ペイント部の温度値が大きくなったことによる.

ある速度を境として温度差の減少が無くなるのは、走行撮影で は対象面の温度が移動区間の平均値として画像化されるため、移 動量が損傷部サイズに対し、小さい場合は損傷部の温度値は静止 時に近い値を示し、大きい場合は平均化により低い値を示す.極 端に大きくなると、損傷部の温度分布形状が不明瞭となり、温度 値は一定になるものと考えられる.この境界速度は、今回の試験 では35km/hr (1/300秒における移動量 32mm)であり、損傷部サ イズと移動量の比は6(=200mm/32mm)であった.

3.2 人工損傷試験体の温度分布

人工損傷試験体における損傷部と健全部との温度差と走行速度の関係を図 3.3 にプロットした.静止時の温度差は 0.55℃で,

35km/hr までは温度差が減少しそれ以上は一定値を示し、ペイント試験体と同じ結果が得られた.実構造物においても、速度増加により温度差が減少する現象が見られると判断される.

静止時と 50km/hr の赤外線画像から画像解析により浮き損傷部 を抽出した結果を図 3.4 に示す. 図中の赤色ハッチング部が浮き 損傷部として抽出した範囲である. この結果,損傷部サイズは静 止時:26.3×26.3cm, 50km/hr:22.1cm×19.3cm と走行方向に 15% 伸びている. また,静止時に比べ 16%程度小さく抽出され,走行



図 3.1 ペイント試験体の赤外線画像(昼間)







図3.3 走行速度と着色部の温度差との関係



図 3.4 人工損傷試験体の損傷部抽出結果

による画像の伸び,損傷部と健全部の温度差の減少による影響を受けていることが確認された.

# 4. おわりに

今回の試験結果より,走行撮影による損傷部と健全部との温度差の減少および画像の伸びが確認され,速度との関係が把握できた.トンネルではその温度差が 0.1~0.2℃と微小なため,走行撮影による見掛け上の 温度感度の減少の影響を受ける可能性がある.実トンネルを対象とした走行撮影も実施しており,その結果 と合わせてトンネルを対象とした赤外線画像の走行撮影方式について検討を進めていく必要がある.

参考文献 1)本村・吉田・菅野・藤野:赤外線画像解析法を用いたコンクリート構造物の浮き・剥離の検出 第56回年次学術講演会講演概要集 pp324-325 2)本村・吉田・天野・藤野:赤外線画像解析法によるコンクリートの浮き・はく離の検出精度の検証 第57回年次学術講演会講演概要集 pp417-418