

## 送電用トンネルにおけるアクティブサーモグラフィによる連続撮影手法の開発

東京電力ホールディングス（株） 正会員 重岡 匠，正会員 ○齊藤 仁  
 （株）東設土木コンサルタント 非会員 作中 隆之，中川 光貴  
 東京電力パワーグリッド（株） 非会員 嘉賀 大樹

### 1. はじめに

コンクリートの浮きを検知する打音検査に替わる検査方法としてサーモグラフィがある<sup>1)</sup>。強制的にコンクリート表面を温度変化させるアクティブサーモグラフィ（以下、アクティブ法という）は、時間や場所を問わずに実施できるが、温度変化を与えた後に温度差として浮き部が表れるまでの時間（以下、待機時間という）が必要である<sup>2)</sup>。サーモカメラによる定点観測で浮きを検出しようとする待機時間が必要なため、多くの時間を要するという問題がある。本検討では一定範囲を先行して冷却し、時間差をつけて同範囲のサーモ画像を連続撮影することにより、効率的な点検が実施できないか検討した。

### 2. アクティブ法を用いた効率的な点検

図-1に既往の研究<sup>2)</sup>で浮き部を模擬した供試体を冷却した後の温度変化を示す。冷却から浮き部と健全部に温度差が生じるまでに待機時間が必要であり、一定時間経過すると温度差が小さくなり、浮き部の検出ができなくなる。よって、撮影は待機時間を経過した後から、可測時間内に行う必要がある。上記を考慮して、図-2のように、冷却作業を先行して実施し、待機時間が経過したタイミングで撮影を開始することにより、効率的な撮影が行えないかを検討した。

### 3. 冷却方法と撮影方法

アクティブ法を実施するために、温度変化を与える方法は、送電用ケーブルの火災のリスクが無く、電源が必要ないことから、本検討ではドライアイス直接コンクリートに擦り付ける冷却方法を採用した。

図-3に本検討で開発したサーモ画像を連続的に撮影する装置を示す。本装置は既往研究<sup>3)</sup>にて開発した、画像点検用の撮影装置に小型サーモカメラを組み込んだものである。サーモカメラの仕様を表-1に示す。カメラがレールをスライドしながら撮影を実施し、連続的に壁面を動画で撮影できる。動画は一枚の画像に合成する。また、この装置は可視画像を同時に撮影することができ、可視画像からひび割れや漏水などの目に見える変状の検出にも利用できる。

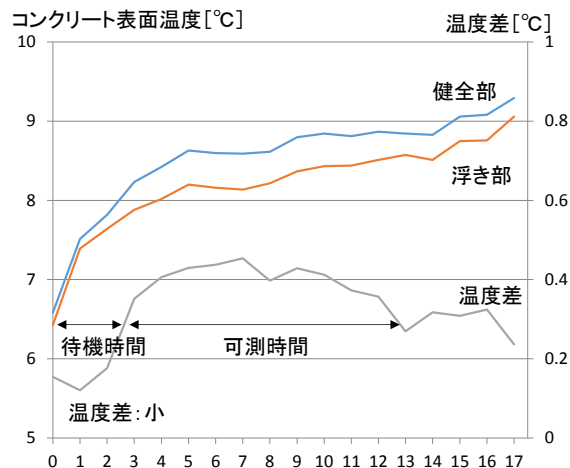


図-1 コンクリート浮き部と健全部の温度変化

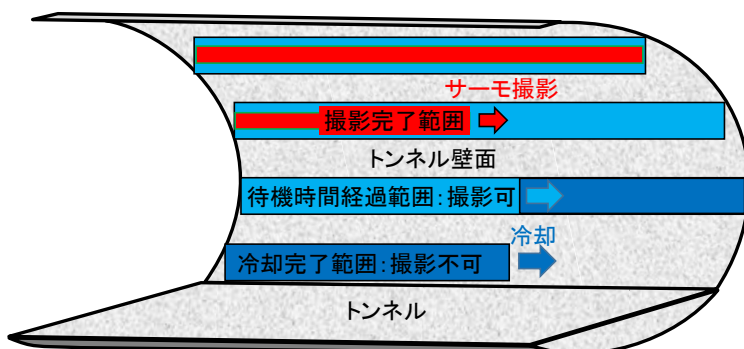


図-2 効率的なパッシブ法の手順



図-3 コンクリート浮き部と健全部の温度変化

キーワード 浮き，剥離，サーモ，アクティブ，打音，トンネル，点検効率化

連絡先 〒100-8560 東京都千代田区内幸町1丁目1番3号 東京電力HD 都市土木技術G TEL 090-6720-3450

#### 4. トンネル壁面での実証試験

図-4 に撮影対象のトンネル図面、写真-1 にトンネルの様子を示す。冷却は図-4 に示す撮影範囲①～⑥を順番に冷却した。撮影は供試体の待機時間を参考に冷却が完了してから2分後に、冷却と同じ順番で行った。図-5 に撮影範囲③のサーモ画像を示す。この画像は動画で撮影したサーモ画像をパノラマ合成している。サーモ画像では浮き部の温度が低くなっており、浮き部を検出できていることがわかる。また、サーモ画像の左に浮き部と同様に温度が低い部分が存在する。この部分は漏水部であり温度が低くなっている。

表-1 サーモカメラの仕様

|       |                            |
|-------|----------------------------|
| サイズ   | H:21mm<br>W:21mm<br>D:40mm |
| 解像度   | 320×256<br>ピクセル            |
| 温度分解能 | 60mK<br>(0.06℃)            |
| 画角    | 92°                        |

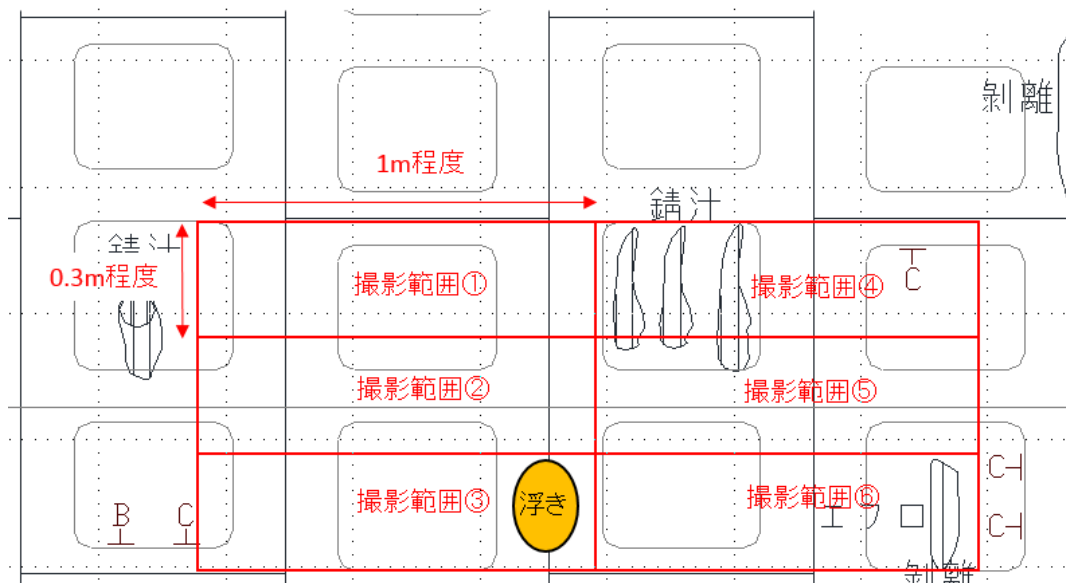


図-4 トンネルの撮影範囲

#### 5. まとめ

冷却後に待機時間が経過したコンクリート壁面を動画で連続撮影することにより、浮き部を検出できた。今回のサーモグラフィは6撮影範囲の撮影に3分かかった。定点観測を実施した場合は、1つの撮影範囲に2分を要し、6撮影範囲の合計で12分かかるため、今回の方法を用いると4分の1の効率化が図れた。今後は待機時間と可測時間を把握し、適切な冷却と撮影の間隔を定めることにより、より効率的なアクティブ法による浮き検出を実現する。

#### 参考文献

1) 川上, 小西, 村上, 久保, 中山: 赤外線熱計測による地下鉄シールドトンネル内中子型セグメント表層コンクリートの浮き検出, 土木学会論文集 F1 (トンネル工学), Vol.71, No.3 (特集号), pp.

L\_112-L\_121, 2015

2) 重岡, 斉藤, 作中, 中川, 藤原, 土井: 電力用トンネルにおけるアクティブサーモグラフィによるコンクリートの浮き検知手法の開発, 土木学会第73回年次学術講演会, v-625, pp.1249-1250, 2018.

3) 重岡, 斉藤, 藤原, 土井, 中川, 作中: 小型の画像撮影装置による狭隘なトンネルの点検効率化, トンネル工学報告集, vol.28, II-11, 2018.



写真-1 トンネル壁面の状況

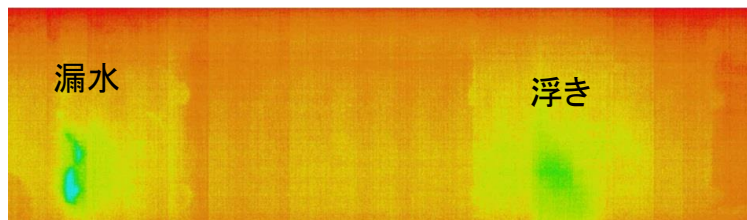


図-5 サーモ画像