

赤外線サーモグラフィカメラによるコルゲートパイプの背面空洞判別手法

西日本高速道路エンジニアリング中国（株） 正会員 ○角森 尚志

西日本高速道路エンジニアリング中国（株） 正会員 三角 彰

応用地質（株） 非会員 小川 直人

応用地質（株） 正会員 山内 政也

1. はじめに

高速道路を横断するパイプカルバート（以下、「CP」という）のうち、特にたわみ性 CP であるコルゲートパイプ（以下、「Cor」という）の劣化変状が、路面の陥没や盛土崩壊に至り本線交通を寸断する事象が発生している。その要因の多くは、管底部破孔等の変状箇所からの漏水による洗掘や盛土材流出による背面の空洞化である。

本実験は、材質が鋼板であり地中レーダによる空洞探査が適用できない Cor について、赤外線カメラを用いて背面空洞の有無を判別する調査手法を検証したもので、本報文は、その適用性を報告するものである。

2. 実験モデルの概要

実験モデルを図-1 に示す。本実験は、応用地質（株）敷地内（茨城県つくば市）に盛土と Cor（L=15.08m）を築造し、底版部や側面部に大きさの異なる空洞を配置して検証実験を行った。

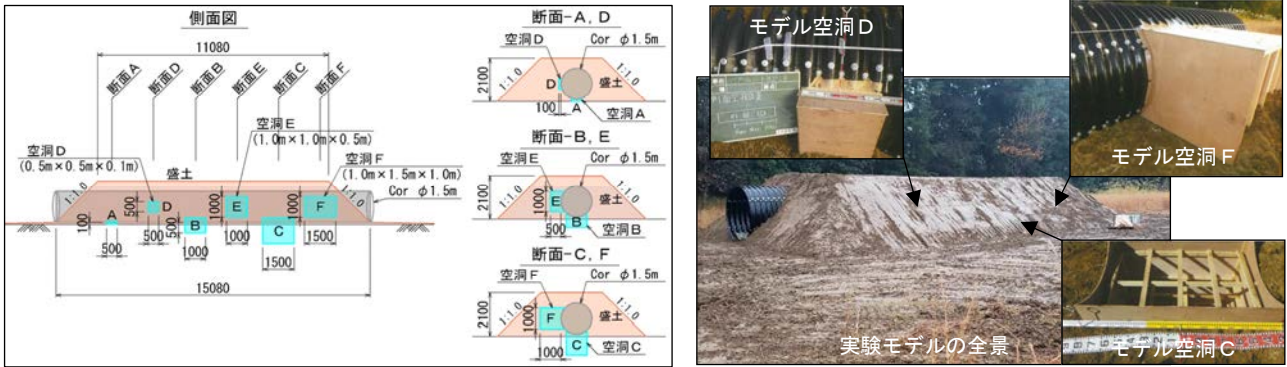


図-1 実験モデル概要

3. 自然状態での表面温度の計測

自然状態の Cor 内部の表面温度を計測し、空洞・非空洞の判別の可否を検証した。計測は表-1 のとおり暖かい晴天時に実施した。

検証結果のうち、側面部の空洞（D、E、F）における計測画像を図-2 に示し、平均温度を表-2 に示す。直射日光の影響で空洞 F 側の温度が高くなっているが、空洞の有無や大きさと明らかに関係するような表面温度の違いは得られなかった。

4. Cor 内部の常時温度の調査

Cor 内部の温度変化が小さいため、表面温度計測による空洞の判別は困難なことが考えられた。そこで、検証のため供用中の Cor の内部温度を観測した。観測方法は、熱電対を 7 箇所を設置して 1 時間ごとの温度を 7 月～翌年 3 月末まで取得した。観測概要を図-3 に示す。

表-1 撮影諸元

撮影日時	2020年6月11日 午前11:20～11:40
気象状況	天候：晴れ時々曇り 気温：27.8～29.0℃
使用機器	赤外線サーモグラフィカメラ

表-2 表面温度の比較

調査箇所	平均温度	差分
D	空洞 24.90	-0.17
	非空洞 25.07	
E	空洞 25.03	0.24
	非空洞 24.79	
F	空洞 27.01	0.84
	非空洞 26.17	

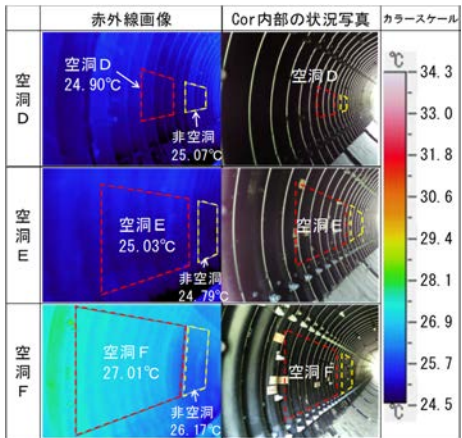


図-2 表面温度計測画像

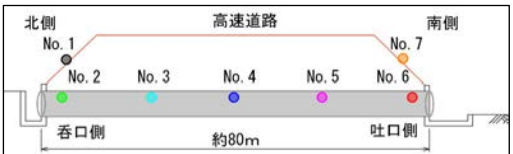


図-3 温度観測箇所模式図

キーワード 盛土、コルゲートパイプ、背面空洞、赤外線サーモグラフィ、実験モデル

連絡先 〒733-0037 広島市西区西観音町 2-1 TEL082-532-1411 FAX082-532-8058

観測結果の例として 10 月分の観測データを図-4 に示す。Cor の外部である No.1 と No.7 ならびに管口付近の No.2 と No.6 は昼夜の温度変化が大きいが、中央付近の No.3～No.5 は外気温の影響はあるものの昼夜の温度変化は小さい。よって、自然状態の Cor では、表面温度計測での空洞の判別は困難であることが確認できた。

5. 人工的加熱（冷却）による温度変化の計測

自然状態での判別が困難であることから、人工的に Cor 表面を加熱（冷却）して検証を行った。調査方法は、可搬式温風機を加熱源として Cor 内に熱風を送風し、赤外線カメラを用いて温度変化過程を計測したもので、加熱効率を高めるため反対側の管口に仕切り幕を設置した。

6. 人工的加熱（冷却）による温度変化計測の実験結果

実験結果の抜粋を図-5 に示す。加熱および冷却過程の温度変化を計測した結果、温度変化の差分画像（0 分からの温度差）を得ることで周囲よりも変化が大きい箇所を空洞として判定できる可能性が高いと考えた。

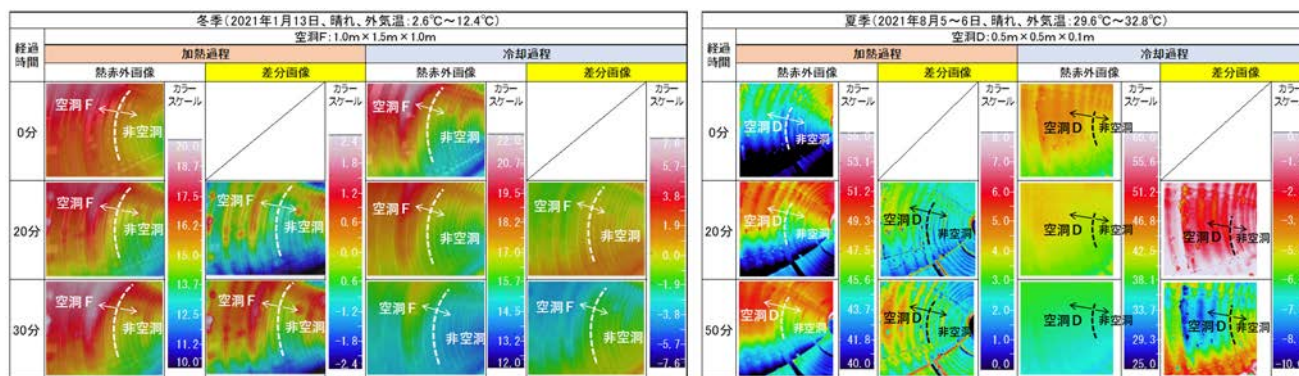


図-5 空洞箇所の温度変化差分画像（抜粋）

冬季測定空洞 F を例として、表面温度の時系列変化の近似線から温度変化率を算出した。図-6 に示すとおり、加熱時の温度変化率は空洞箇所では $0.095^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、非空洞箇所では $0.047^{\circ}\text{C}/\text{分}$ となり、冷却時の温度変化率は図-7 に示すとおり空洞箇所では $-0.111^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、非空洞箇所では $-0.038^{\circ}\text{C}/\text{分}$ となった。したがって、実験モデルによる温度変化率は、非空洞箇所と比べ空洞箇所では約 2～3 倍大きい結果であった。

7. おわりに

本実験では、夏季、冬季ともに同様の結果が得られたため、空洞の判別が可能と判断した。ただし、本実験の調査手法は、Cor 全体を対象とするスクリーニング調査ではなく、例えば、事前調査で Cor の背面空洞や局部的破孔が確認され、周辺の空洞分布を確認するなどのスポット的な調査への適用に限定される。さらに、堆積物や流水のある管底部には適用できないことや、Cor 背面の地下水位が高い場合は空洞の検出が困難であること、ならびに機材搬入が重労働で管内作業が必要なことなどの課題も多い。

今後は、開削等により背面空洞が確認できるような供用中の Cor があった場合に、上記課題解決も含め現場実証を行い、さらなる検証を実施していきたい。

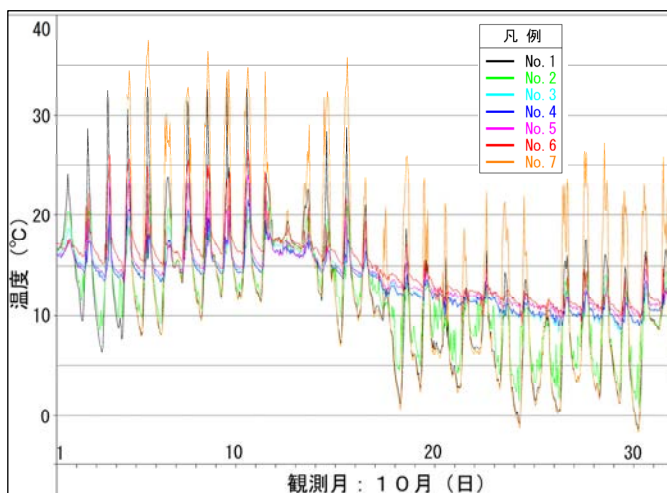


図-4 Cor の地点別の温度推移（10 月観測値）

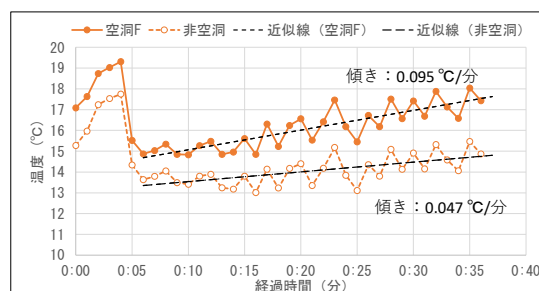


図-6 加熱時の温度変化（空洞 F）

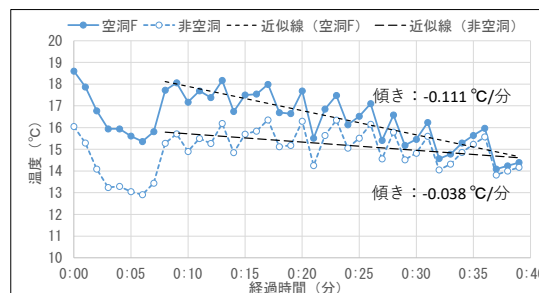


図-7 冷却時の温度変化（空洞 F）