

赤外線画像法を用いた高架橋コンクリート剥離検査における夜間運用条件について

西日本旅客鉄道(株) 正会員 泉並 良二^{*1} 正会員 山田 裕一^{*1}
 国際航業(株) 正会員 虫明 成生^{*2}

1. はじめに

コンクリート片剥落事故を契機とし、第三者被害の防止を目的に、主として東西方向に設置された鉄道高架橋等のコンクリート構造物に対して、赤外線画像法を用いたコンクリート剥離検査手法の開発を行ってきた。平成13年度には昼間の検査を前提とし、赤外線画像法による剥離判別が可能となる気象条件、時間帯など(以下、「運用条件」)について整備(表-2、昼間調査)した。これにより、現場における調査診断を進め、本手法の有効性を確認してきた。しかし、この運用条件によると、調査診断に適していない日が生じることから、今後、より効率的に調査診断を実行してゆくために、運用条件の拡大を図る必要が生じた。このため、夜間には剥離部が健全部より温度低下し、剥離の判別が可能になることに着目し、夜間における赤外線画像を用いた調査診断の実用化を目的として、24時間における実観測を実施し、調査診断が可能な気象などの条件について、気温変化に関する定性的な評価を行ってきた¹⁾。

本研究では、調査診断結果と熱収支モデルによる温度シミュレーションを組み合わせ、夜間(18時～翌6時頃)の運用条件について、定量的な検討・評価を行った。

2. 剥離判別のためのしきい値検討

赤外線画像では、剥離部表面と健全部表面の温度差(以下、「表面温度差」)により温度変化部を画像から判読することによって、剥離位置・形状などを把握する。この際、カメラ性能にも依存するが、両者の表面温度差がある程度生じている必要がある。本研究で調査に使用している赤外線カメラでは、昼間調査時には0.5の表面温度差が生じていれば判別可としてきた³⁾。しかし、24時間における実観測画像から夜間における判別性と表面温度差の関係を検討した結果、夜間調査では0.5よりも小さい表面温度差で判別可能となる場合が多いことから、夜間調査用の判別しきい値を新たに設定した。現地調査診断結果に基づく統計解析等による検討の結果、明瞭に判別可能となる表面温度差は0.25、また判別不可となる表面温度差は0.1となり、以降の検討において判別性を評価するための指標として用いた。

3. 夜間運用条件の推定

3.1 熱収支モデルの検証

熱収支モデルによる検討実施に先立ち、高架橋の部位ごとに各季節の実観測データから計測した剥離部・健全部の24時間の表面温度変化をモデルで再現し、再現性が良好であることを確認した。

3.2 季節ごとの標準的な気象条件での評価

夜間において赤外線画像法により剥離検査が可能な条件を推定する際、まず各季節における夜間の標準的な気象条件を整理した。整理の対象とした項目は、夜間の天候別に、剥離判別性に大きな影響を及ぼすことが想定される気温、風速とした。この季節ごとの標準的な夜間気象条件を熱収支モデルに入力することによって、剥離判別の判断基準となる表面温度差を時系列的に推定した。表-1には、標準的な気象条件時の判別性推定事例を示す。

表-1 標準気象条件における夜間判別性評価事例

	春季			夏季			秋季		
	高欄南	床版	高欄北	高欄南	床版	高欄北	高欄南	床版	高欄北
18:00		x			x	x		x	
19:00									
20:00									
21:00									
22:00									
23:00									
0:00									
1:00									
2:00									
3:00									
4:00									
5:00									
6:00									

3.3 実運用を考慮した影響要因の評価

本手法を夜間に適用する場合、表面温度差に影響を与える条件としては以下の4項目が代表的な要因と考えられる。これらの条件が判別性悪化の方向に作用する場合には影響度合いを評価し、適用限界(調査診断現場における剥離判別性が低下する条件)を把握しておくことが必要となる。

1) 気温低下幅の増減: 翌朝までの気温低下幅が大きくなる場合、表面温度差は拡大することになるが、低下幅が小さくなる場合は表面温度差が小さくなり、結果として判別性は悪化していく。図-1には、気温低下幅が標準的な晴天時よりも小さくなった場合の時系列表面温度差の熱収支モデルによる推定事例を示す。様々な季節・部位等での熱収支モデ

キーワード: 赤外線画像・剥離診断・夜間・運用条件

連絡先: *1〒530-8341 大阪市北区芝田2-4-24 鉄道本部 技術部

TEL: 06-6376-8136 FAX: 06-6376-6154

*2〒102-0085 東京都千代田区六番町2 技術センター

TEL: 03-3288-5772 FAX: 03-3262-6150

ルでの検討結果から、最高気温から翌朝までの気温低下幅が、標準晴天時よりも2以上小さくなると判別性が悪化することが判明した。

2) 気温上昇：現地調査診断結果から、夜間の気温が上昇した場合には判別性が悪化することが確認されている。このため、気温上昇程度とその後の調査診断可能な時間について検討した。(1)と同様の検討の結果、気温上昇後2時間程度で剥離判別性が低下するため、調査診断は中止することが妥当と判断した。

3) 風速：風速が判別性に及ぼす影響度合いとその限界について検討し、強風時には判別性が悪化する可能性が高いため、調査診断を中止する条件として設定した。なお、風速は10m/s程度までが適用の限界と考えられる。

4) 昼間時の天候条件：実観測¹⁾²⁾における定性的な評価結果では、昼間時の天候条件が夜間判別性に与える影響は少ないと推定された。しかしながら、再現性が確認された熱収支モデルによる時系列表面温度推定によって定量的な評価・検討を行った結果、次のことが判明した。モデルには、日照条件として過去の気象データから整理した昼間晴天時と曇天時の平均的時系列日射量を入力した。ここで、図-2に昼間時日照条件の相違(晴れ、曇り)による24時間の時系列表面温度差の推定事例(高欄部)を示す。両者で直射日光の影響がある昼間時に表面温度の相違が生じるのは当然の結果であるが、夕方から夜間にかけての気温変化は同等であるにもかかわらず、表面温度に差が生じることから、昼間の天候条件が夜間の判別性に影響を及ぼすと推定される。

4. 夜間運用条件の設定

前項で検討した結果を整理し、対象高架橋における夜間の剥離診断が可能な基本運用条件を設定した。表-2には、昼間調査における基本運用条件および夜間調査の基本運用条件を示す。これらの基本運用条件を考慮の上、昼間天候条件を確認の後、調査診断現場で夜間の毎正時の気温を計測し、調査診断時点での判別性、調査診断の可否が確認できる指標を作成した。この指標をもとに運用条件を作成し、高度な知見を有した専門技術者以外でも、調査診断の可否を現場で判断できるよう配慮した。なお、夜間調査では冬季を運用季節から除外しているが、使用している赤外線カメラの低温時における使用性の低下を考慮したものである。

5. おわりに

本研究では、対象高架橋における夜間の赤外線画像法の定量的な運用条件を整理し、昼間調査と併せて運用条件を整備した。これにより、赤外線画像法を用いた調査診断が可能となる時間の大幅な拡大が図られ、膨大なコンクリート高架橋の点検においてさらに効率的な検査手法となることが期待される。

今後、夜間の実運用を通じた調査診断データのさらなる蓄積によって、対象高架橋における新たな知見などを運用条件などに反映させていくことも必要と考える。

【参考文献】

- 1) 渡辺佳彦ほか：「夜間時の赤外線カメラを用いた高架橋コンクリートの剥離検査(その1)」, 平成15年9月, 第58回土木学会年次学術講演会概要集, pp805-806
- 2) 虫明成生ほか：「夜間時の赤外線カメラを用いた高架橋コンクリートの剥離検査(その2)」, 平成15年9月, 第58回土木学会年次学術講演会概要集, pp807-808
- 3) 長田文博ほか：「赤外線カメラによる高架橋コンクリートの剥離診断手法」, 平成13年10月, 第56回土木学会年次講演会概要集, pp836-837

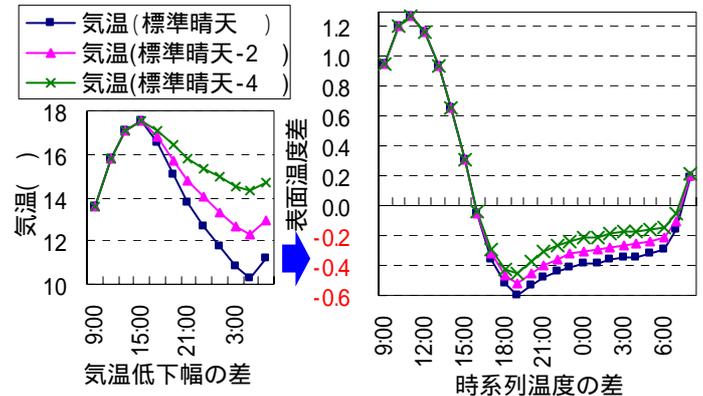


図-1 気温低下幅の相違による時系列表面温度差

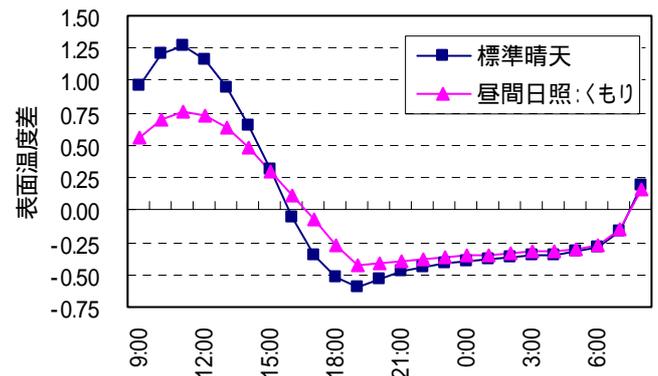


図-2 日照条件の相違による時系列表面温度差推定事例

表-2 対象高架橋における剥離診断の基本運用条件

	昼間調査	夜間調査
季節	夏(6~8月)以外	冬季(12~2月)以外
天気	晴れ(1時間に30分以上の日射)	雨天以外 (昼間の天候にも左右される)
時間帯	10時~14時	部位・気象条件によって相違
気温	日較差が大きいこと	最高気温からの低下幅が大きいこと(気温上昇後2時間まで)
風	5m/s程度以下	10m/s程度以下