

首都圏を中心とした高架橋剥離調査における赤外線画像法の適用性検討

国際航業(株)
東日本旅客鉄道(株)

正会員 ○虫明 成生*1 松谷 泰生*2
正会員 四宮 卓夫*3

1. はじめに

近年、高架橋やトンネルなどのコンクリート構造物からの剥落が多く発生しており、鉄道高架橋においても第三者に影響を与える剥落事故の防止が課題となっている。一方、このような剥落事故を未然に防ぐための検査方法として赤外線画像法の有効性が示され¹⁾²⁾、利用されつつある。本研究では、非破壊・非接触のリモートセンシング手法という赤外線画像法の特徴を活かし、膨大なコンクリート高架橋から剥落予備軍とも言える剥離・空洞の存在が懸念される箇所を抽出し、補修施工に対して有効な基礎資料とする事を目的として、本手法の適用性について基礎検討を行った。

2. 調査対象の選定

JR 東日本管内では、主に新幹線や東京近郊在来線でコンクリート高架橋が多く存在し、首都圏にはこれらが集中している。また、高架橋は新幹線における割合が高く、JR 東日本管内ではその多くが南北(線路方向)あるいはそれに準ずる方向性を有している。

本研究で用いた赤外線画像法は前述したような利点があるものの、屋外環境下では気象条件や対象構造物の方位によって検査可能な条件が異なるなど、利用する際に見極めなければ適切な結果が得られないといった制限要因もある。これらの点を考慮し、本研究ではまず初めに首都圏近郊を調査地域とし、主に南北方向の高架橋を調査対象の中心とした。また、調査対象部位は壁高欄・地覆・張出・床版とした。この内、張出部については特に変状が発生しやすい水切り部を対象とした。

3. 検討方法と結果

検討の流れの概要を、図1に示す。本研究では、現地観測を通じて得られた時系列温度情報と熱収支モデルによる温度シミュレーションを通じて得られる時系列温度推定結果の整合性を図る事で、熱収支モデルの再現性を高め、モデルとしての有効性を確保した。さらに、対象地域の標準気象条件を整理し、さらに高架橋の方向性によって影響される条件を評価した上で、これらの条件を再度モデルに入力する事により、一般化した検査可能条件を抽出した。

3.1 熱収支モデルによる時系列温度再現性の確認

ここでは、現地観測によって取得した赤外線画像から得られた時系列温度と熱収支モデルによる温度シミュレーションによって得られた時系列温度を比較検討し、モデルによって高い再現性が得られるように各種パラメータを調整した。図2には、現地観測によって得られた時系列温度変化と、温度

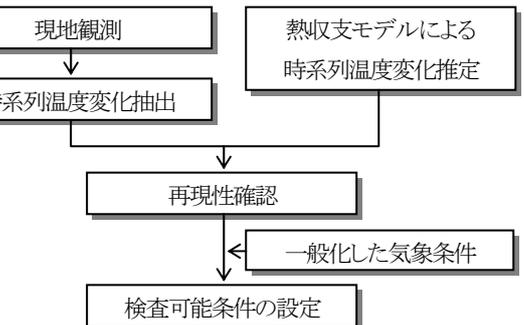
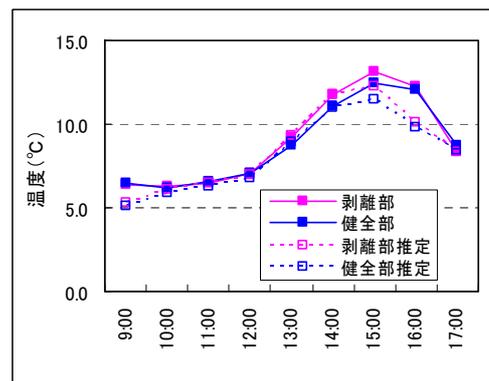


図1 検討の流れの概要

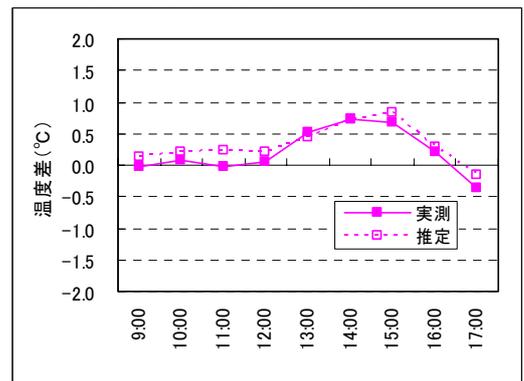


図2 実測時系列温度と推定時系列温度の比較例(左:表面温度 右:剥離部と健全部の温度差)

シミュレーションによって得られた時系列温度変化の比較事例を示す。部位毎に剥離構造諸元(深さ・大きさ)、日照の影響などを現地の状況に基づいて反映し、温度変化の再現性が良好となるモデルを設定した。

3.2 気象条件の一般化

本研究では、首都圏近郊を調査対象としている事から、その代表地点として東京管区気象台(大手町)の観測データを用い

キーワード:赤外線画像法・高架橋・剥離検査・検査可能性・限界・首都圏

連絡先: *1 〒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

*2 〒191-0065 東京都日野市旭が丘 3-1-25 防災部

TEL: 042-583-3602 FAX: 042-583-3941

*3 〒192-0073 東京都八王子市寺町 61 八王子土木技術センター

TEL: 0426-21-1291 FAX: 0426-21-1292

て、季節毎・天候毎の気象条件(気温(日較差)・日射量・風速)の一般化を行った。整理した気象データは、後に検査可能条件を評価する際に入力情報とした。なお、首都圏近郊でも沿岸部と内陸部では、検査結果に影響を与える気温の日較差に最大3℃程度の差が生じる事を確認している。東京管区気象台は首都圏の内で最も日較差が小さい観測地点の1つである事から、検査可能性はやや安全側に条件設定される事となる。

3.3 検査可能条件の設定

上記3.1, 3.2の結果に基づき、熱収支モデルによる温度シミュレーションによって季節毎の時系列的な検査可能性を推定した。表1には、標準気象条件における検査可能性推定結果の例を示す。晴天時の検査可能性の概要としては、東側各部位は午前中を中心に、西側各部位は午後を中心に検査可能な状態となる。これは直射日光の影響によるところが大きいと考えられる。

東側高欄・地覆においては、日照・気温の条件によっては9時以前の時間帯から検査可能性を有している。曇天時は検査可能性が大幅に低下し一部可能性は残るものの、調査効率・費用対効果などを考慮すると調査実施による効果は小さいと考える。

表1 検査可能性推定結果の例(冬季)

項目 時間	晴天時							曇天時						
	西側			床版	東側			西側			床版	東側		
	高欄	地覆	張出		張出	地覆	高欄	高欄	地覆	張出		張出	地覆	高欄
9:00	x	x	x	x	△	○	○	x	x	x	x	x	x	x
10:00	x	△	○	△	○	○	○	x	x	x	x	x	△	x
11:00	x	△	○	○	○	○	△	x	x	△	x	△	x	x
12:00	x	△	○	○	○	x	x	x	x	△	△	△	x	x
13:00	△	○	○	○	○	x	x	x	x	△	△	△	x	x
14:00	○	○	○	△	○	x	x	x	△	○	△	△	x	x
15:00	○	○	○	x	x	x	x	x	△	○	x	△	x	x
16:00	△	○	○	x	x	x	x	x	x	△	x	△	x	x
17:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	△	x	x	x	x

○:判別可能 △:判別可能性を有する ×:判別不可

3.4 検査限界の検討

赤外線画像法による屋外環境下のコンクリート剥離検査に影響を与える最大要因として、気象条件が挙げられる。中でも気温(日較差)と日照条件は大きな影響を及ぼすため、その検査可能性の限界を評価しておく必要がある。気温(日較差)と日射量について様々な条件で温度推定を実施し、全ての部位で共通して検査可能性を残し、さらにある程度の検査時間が確保出来る条件を検討した結果、日射量は晴天時から半減、気温は日較差が晴天時よりも2℃程度小さくなった場合が適用の限界と考えられた。表2には、その場合の検査可能性推定結果例を示す。

表2 検査可能性推定結果の例(冬季限界時)

部位 時間	西側			床版	東側		
	高欄	地覆	張出		張出	地覆	高欄
9:00	x	x	x	x	x	△	△
10:00	x	x	x	x	△	△	△
11:00	x	x	△	△	△	△	△
12:00	x	△	△	○	○	x	x
13:00	△	△	○	○	○	x	x
14:00	△	○	○	△	△	x	x
15:00	△	△	△	△	△	x	x
16:00	x	△	x	x	x	x	x
17:00	x	x	x	x	x	x	x

4. 気象条件の計測

前項までで検査可能な条件の概要は設定されるが、常時移動観測を前提とした現地調査においては、機動性などの面を考慮して各条件の計測・モニタリングを行う必要がある。気温についてはハンディタイプの温度計を利用して日較差を計測する事で、その障害を極力小さくする事は可能である。一方、日射強度については、前項までの検討では調査対象地における標準的な晴天時の水平面観測日射強度を、太陽高度と方位等から各高欄面への日射強度の推移(図3参照)に補正計算してモデルへの入力情報としており、この日射強度を現地調査に障害なく常時計測する事は困難である。このため、日射強度は調査現地で得られる情報や近隣での観測情報で代用するなどの対応が必要となる。現在、調査現場における目視で代用する事を想定しているが、調査現場においてより確実性の高い判断結果を得るためには、近隣の気象観測情報(AMeDAS等)を利用する事も有効と考えられる。

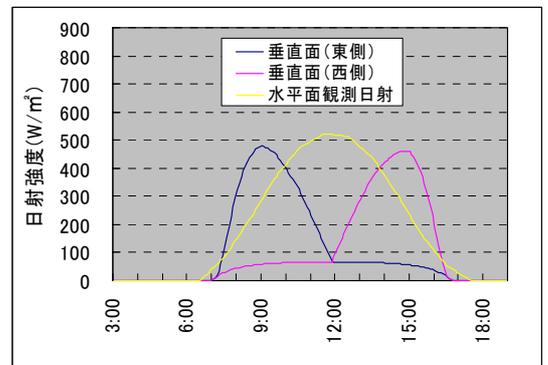


図3 高欄面への日射強度の推移(冬季)

5. おわりに

本研究では、首都圏近郊を対象地域として南北方向(線路方向)の高架橋における検査可能性と限界について検討し、その条件を評価した。一方、JR 東日本管内は地理的に南北に長く、多様な気象条件を有する。また、首都圏近郊でも武蔵野線に代表されるように、様々な方向性の高架橋が存在する。これらの高架橋にも対応するためには、①気象条件に基づく赤外線画像法利用のための地域区分 ②様々な高架橋方位における観測データの取得と検査可能条件の検討が必要と考えられる。

今後、これらの点についても考慮して検査可能な条件を評価し、管内の高架橋点検においてより効果的な手法となるよう検討を進めていきたい。

【参考文献】

- 1) 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
- 2) 浜崎直行ほか:「赤外線カメラを使用した鉄道コンクリート高架橋の検査手法に関する一考察」,平成15年9月,第58回土木学会年次学術講演会概要集,pp809-810