

橋梁異状検知システムの開発（本運用化と監視体制の強化）

南海電気鉄道株式会社 正会員 ○窪田勇輝 塩見拓也 坂口佳隆
株式会社シーエス・インスペクター 正会員 福本哲也

1. はじめに

2017年10月に発生した台風と停滞前線による長雨により、南海本線樽井駅～尾崎駅間にある男里川橋梁において発生した下り線橋脚の洗掘による沈下、傾斜事故を受けて、1年間に渡る長期計測を実施し、橋脚に異常が発生した際に列車を橋梁内に進入させないシステム（以下、「橋梁異状検知システム」という。）の開発を行った。結果として、安定性と保守コストに優れた傾斜感知器を採用することになったが、この度、橋梁異状検知システムの実橋梁での本運用化と監視体制の更なる強化のための検証を行ったので報告する。

2. 橋梁上の安全運行を守るシステムのイメージ

橋梁に異常が発生した際の検知システムとして要求される性能のイメージを図-1に示す。橋梁の異常を検知するには、橋梁躯体の傾斜や沈下といった変位量を的確に捉えることが重要となってくる。一方、橋脚躯体下部の河床洗掘といった目には見えない変状も列車の安全運行を阻害する要因の一つとなる。以上より、橋脚に異常が生じる前の予兆を捉えるシステム、橋脚に変状が生じた際に列車の進入を抑制するシステム、異常が生じた際に現場の状況を早期に確認できるシステムと多段階に渡る検知が重要であると考えた。これらのうち本論文では、先行して各橋梁に設置を進めている橋梁異状検知システムの本運用化と橋梁監視カメラの検証結果に主眼を置いてとりまとめを行った。

3. 橋梁異状検知システムの本運用化

1年間に渡る長期計測の結果、橋脚に変状が生じた際に列車の進入を抑制するシステムとして採用した機器が傾斜感知器であり、図-2に機器の概要を示す。傾斜感知器は橋脚がある一定以上傾くと接点信号が入力される非段階式タイプで、従来では落石や土石流の検知に使用されていた機器を橋梁に適用したものである。この度、本システムを実橋梁に適用し、本運用を開始したので概要を以下に示す。

(1) 導入が必要な河川橋梁の選定

本システムを導入するにあたって、大規模出水により橋脚の傾斜や沈下が発生する可能性が高い橋脚の選定を行った。まずは、これまでの定期検査記録と洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表¹⁾を用いて、洗掘被害を受ける可能性が高い橋脚を抽出した。そして、これらの橋脚に対して現時点における安定性を評価することを目的に実施した衝撃振動試験¹⁾の結果と橋梁規模等を考慮して、洗掘

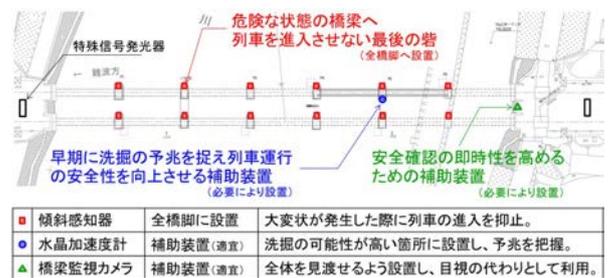


図-1 性能イメージ

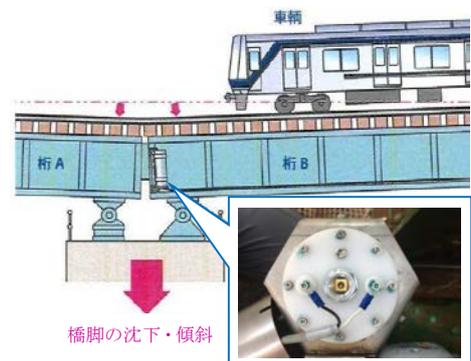


図-2 傾斜感知器の概要

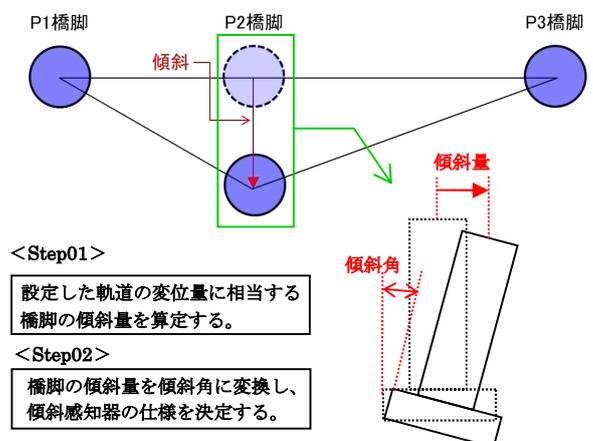


図-3 管理限界値の設定イメージ

キーワード 河川橋梁, 洗掘, 傾斜計, 監視カメラ, 異常検知, 防災システム

連絡先 〒556-8503 大阪市浪速区敷津東 2-1-41 南海電気鉄道株式会社 工務課 TEL 06-6644-7176

防護工などのハード対策を実施すべき橋梁と本システムを利用したソフト対策で対応すべき橋梁とに分類した。

(2) 管理限界値の設定

傾斜感知器の作動レベルについては、橋脚の安定性ではなく、橋脚上部の軌道の変位量に着目して管理限界値の設定を行った。実際には、当社の軌道の整備基準値（通り）および過去の洗掘災害時に実際に傾斜した橋脚に列車が進入した事象（脱線はしなかったものの、運転士が異常な動揺を感じ、列車運行の抑止を実施するに至ったレベル）における軌道の変位量（通り）をもとに管理限界値を設定している。図-3に管理限界値設定のイメージ図を示す。

(3) 実橋梁への適用状況

現在、本システムを導入して運用を開始している河川橋梁の概要を表-1に、機器設置状況を図-4に示す。いずれの橋梁においても、橋脚上の上部工端補剛材に傾斜感知器を設置し、橋梁前後に特殊信号発光機を設置のうえ、A橋梁については既存防災システムを通じて指令事務所に自動で発報できるシステムを構築しており、現場の発光機が指令事務所からの無線かどちらか早い方で進捗してくる列車を停止させる仕組みとなっている。本運用開始後、半年以上が経過したが、誤作動等もなく運用を継続している。

4. 監視体制の強化に向けた取り組み

洗掘被害が発生した場合、傾斜感知器のみではある一定以上、橋脚が傾斜したという情報しか得られないため、現状では被害レベルを確認するには係員を現地へ派遣する必要がある。しかしながら洗掘被害が発生した直後に現地へ到達するには時間を要し、またリスクを伴うものであることから、時間帯や天候に関わらず、橋梁の状態をリアルタイムに確認できる監視カメラの導入について検証を行った。

今回検証を行った橋梁は上下線別の単線橋梁で、橋長が627mと弊社所有の中で最も長いトラス橋であり、右岸の上下線間にネットワークカメラを設置した。検証を行ったカメラの仕様を表-2に、撮影画像の一例を図-5に示す。この画像は降雨（日降水量100mm、最大時間降水量9.5mm）が観測された日の10時および22時頃に撮影された、カメラ位置から約400m離れた箇所のものであるが、昼夜間とも桁や橋脚の様子を鮮明に確認することができたことから、今後、傾斜感知器と合わせて各橋梁に配備する計画としている。

5. まとめ

(1) 2017年に発生した洗掘被害に伴う脱線事故を受けて開発した橋梁異状検知システムの実橋梁での本運用化と監視体制の更なる強化のための検証を行った。(2) 定期検査記録や洗掘を受けやすい橋梁を抽出するための採点表の結果などを考慮し、本システムを設置すべき橋梁の選定を行った。(3) 軌道の整備基準値および過去の洗掘災害時に実際に傾斜した橋脚に列車が進入した事象における軌道の変位量をもとに、本システムの管理限界値を設定した。(4) 現在2橋梁において本システムの本運用を開始し、半年以上誤作動等もなく運用を継続している。(5) 異常発生時に現場の状況を早期に確認できる体制を構築するべく、時間帯や天候を問わず、状態確認ができる橋梁監視カメラの検証を行った。(6) 今後は列車運行の更なる安全性向上を目的とし、橋梁に異常が発生する前の予兆を検知できるシステムについて検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局 監修, 鉄道総合技術研究所 編: 鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)基礎構造物・抗土圧構造物, 丸善, 2007

表-1 本システムを導入した橋梁の概要

| No. | 橋長 | 橋脚高さ | 基礎形式 | 機器設置 |
|-----|------|------------|------|-------|
| A | 93m | 5.4~6.7m | 直接基礎 | 低水敷のみ |
| B | 217m | 11.5~13.4m | 直接基礎 | 低水敷のみ |



図-4 実橋梁への機器設置状況

表-2 検証したカメラの主な仕様

| 画素 | 最低照度 | ズーム | 範囲 | 赤外線照射距離 |
|------|------|-----|----------|---------|
| 200万 | 0Lux | 55倍 | 可動式 360° | 500m |

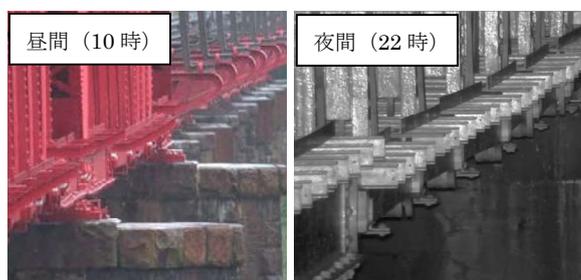


図-5 降雨時の撮影画像