

地震で被災した橋梁に対する補修効果の確認へのモニタリングの活用

(国研) 土木研究所 正会員 石田 雅博 ○山口 岳思

モニタリングシステム技術研究組合 正会員 近藤 悦郎[†] 山岸 貴俊[‡] 遠藤 義英[‡] 皆川 翔輝[‡]

1. はじめに

地震などの災害によって大規模に被災した橋梁の補修・補強などの対策を施すにあたり、その対策効果が当初想定したとおりとなったかを確認することは重要である。そこで、本検討は、被災橋梁の補修・補強効果の確認を目的に、熊本地震で被災した橋梁を対象としてモニタリング技術が活用された事例について紹介する。

なお、本報告の対象となる熊本地震の復旧事業は国土交通省九州地方整備局熊本復興事務所が実施し、計測計画・検討は熊本復興事務所及び国土技術政策総合研究所熊本地震復旧対策研究室、土木研究所等が連携して実施している。本報告は、これら検討¹⁾²⁾³⁾のうち、モニタリングシステム技術研究組合（以下、RAIMS という。）が技術支援した振動モード解析等に関する内容について報告するものである。

2. 被災橋梁概要

対象とする橋梁は、平成 28 年 4 月に発生した熊本地震で被災した阿蘇長陽大橋である(図-1)。

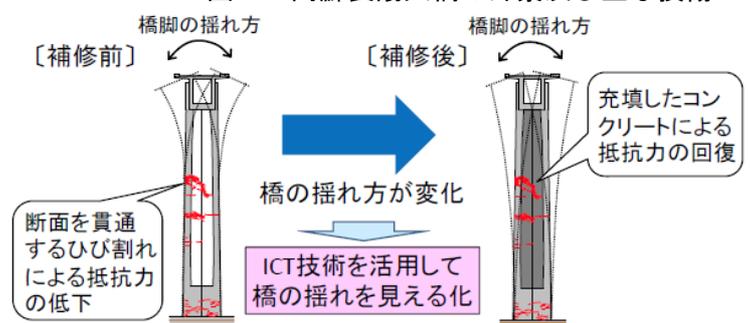
本橋の橋梁緒元は、橋長 276m(支間割: 39.3m+91.0m+91.0m+53.3m)の 4 径間 PC ラーメン箱桁橋である。また、橋脚は最も高い橋脚高で 69m(P2 橋脚, その他 P1 橋脚:37m, P3 橋脚:33m)であり、主鉄筋に段落し部が存在する中空断面構造である。

図-1 阿蘇長陽大橋の外景及び主な損傷¹⁾

3. 損傷・補修概要

地震による主な損傷は、図-1 に示す A1 橋台の斜面崩落による沈下や P3 橋脚の主鉄筋の段落し部となる中間高さ位置で貫通ひび割れが発生した。

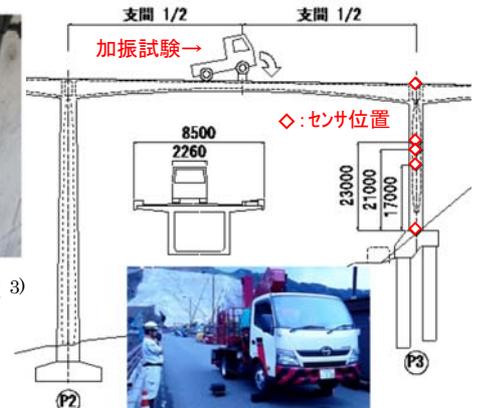
特に P3 橋脚については、図-2 に示す損傷により中空断面のせん断抵抗機能が低下したと判断し、これを回復させる目的で、主に中空部へのコンクリート充填などによる補修が行われた。

図-2 損傷状況及び補修効果の確認イメージ³⁾

4. 計測・解析方法

P3 橋脚の補修前後で、その補修効果による橋脚の揺れ方(振動モード)に変化が生じることを想定し(図-2)、これが計測・解析可能な計画を立てられた。

そのため、計測機器は図-3 に示すサーボ型加速度センサとし、設置箇所は図-4 に示す P3 橋脚の高さ方向に貫通ひび割れの上下近傍を含む、計 5 箇所とした。また、計測は図-4 に示す橋面に設置した段差から車両を落下させて振動を与える加振試験により行われた。

図-3 センサ設置状況³⁾図-4 センサ設置位置及び加振試験状況³⁾

解析については、P3 橋脚のコンクリート充填前後の振動モードを可視化し、補修前後の挙動を比較することにより、その補修効果を検

キーワード 被災橋梁, 補修効果, モニタリング, 加速度センサ, 振動モード

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 国立研究開発法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL029-879-6773

[†] 日本工営(株)所属 [‡] 能美防災(株)所属

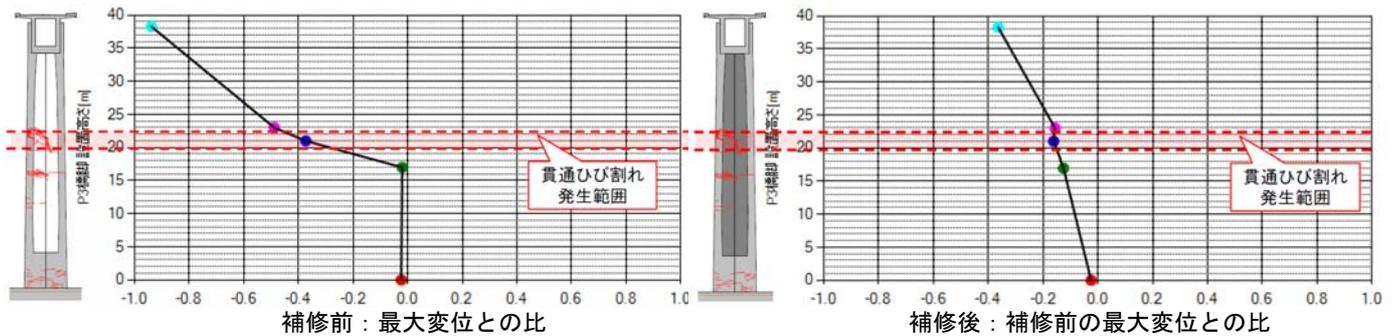


図-5 振動モード解析結果

証した。振動モードの可視化には加速度センサから得られた変位信号が必要となるため、加速度信号を式(1)に示すとおり2階積分することで各高さのデータを取得した。なお、この計算過程において、①積分処理で波形歪みを発生させないように線形位相特性を持つ有限インパルス応答フィルタを使用、②不要なモードとなり積分誤差を大きく増大させる低周波成分の除去に着眼して、1次モードの固有振動数を考慮し、0.3Hzを遮断周波数とするハイパスフィルタとしたことなどに留意した。

$$d(t) = \iint a(t) dt dt \quad \dots \quad \text{式(1)} \quad \text{ここに、} d(t): \text{変位信号, } a(t): \text{加速度信号}$$

5. 計測・解析結果

本検討では、P3橋脚の中間高さの貫通ひび割れが橋軸直角方向に生じていることを考慮し、解析には橋軸直角方向の計測値を用いた。P3橋脚の振動モード解析結果を図-5に示す。変位振幅は、全観測値のうちで最も大きな値の絶対値を1として正規化した。この解析結果から、以下のことが判明している¹⁾²⁾³⁾。

- (1) コンクリート充填補修前の振動モードは、橋脚の中間高さより下には振動による変形がほとんど生じておらず、不連続なモードとなっている。一方、補修後の振動モードは、貫通ひび割れが生じた位置での変位の急変は見られず、滑らかなモードに変化している。よって、補修により充填が確実にされ、損傷部での応力伝達が適切となったことから、せん断抵抗機能が回復したと考えられる。
- (2) 補修後では、補修前と比較して変位振幅が小さくなっている。よって、補修により、橋脚の剛性が高まったと考えられる。

これらのことから、コンクリート充填による補修により想定した補修効果が得られたことが、モニタリングによって明らかとなっている。

6. まとめ

RAIMSでは、主に橋梁のモニタリングに着目し、維持管理にモニタリングを導入することで高度で効率的な維持管理となることを目指している。補修・補強などの措置に関しては、対象の損傷状態や特殊な対策工法などにより設計・施工の不確定要因が多くなっていることから、モニタリングにより補修・補強による対策効果を確認することが確立されれば、その信頼性の向上となると考えられる。本報告より橋梁維持管理の高度化の一助となることを期待する。

【謝辞】

本報告の対象の計測の分析・解析にあたり、九州地方整備局熊本復興事務所及び国土技術政策総合研究所熊本地震復旧対策研究室に計測データ等の提供を受けた。ここに、謝辞を述べる。

【参考文献】

- 1) 星隈順一：熊本地震で被災した長陽大橋ルート、1年4ヶ月ぶりに開通～国総研・土研の高度な技術の総合力が早期復旧に貢献～、土木技術資料、第59巻、第10号、pp.46-49、2017
- 2) 澤田守、今村隆浩、中川量太、星隈順一：熊本地震で被災したPCラーメン橋の復旧とモニタリングの活用、土木技術資料、第60巻、第2号、2018
- 3) 国土技術政策総合研究所 熊本地震復旧対策研究室 HP: <http://www.nilim.go.jp/lab/pgg/news.html>