

プロジェクト・研究成果の概要（1 / 2）

プロジェクト：「長大橋の観測データの活用による維持管理支援システムの検討に関する研究」	
プロジェクトリーダー ・ 氏名：金 哲佑 ・ 所属，役職：京都大学大学院 工学研究科，教授	
研究期間：令和3年7月～令和4年3月	
プロジェクト参加メンバー（所属団体名のみ） （株）長大，（株）エイト日本技術開発，本州四国連絡高速道路（株），神鋼鋼線工業（株），東京製鋼（株），近畿地方整備局，京都大学，大阪市立大学	
プロジェクトの背景・目的（研究開始当初の背景，目標等） ケーブル構造を持つ特殊橋に適したモニタリング技術の把握と，モニタリングデータと点検データとの関連性の調査結果は，自治体が保有するケーブル構造の特殊橋の点検にも有効活用できると考えられる．本プロジェクトは，ケーブル構造を持つ特殊橋の維持管理に有益な情報抽出と着目すべきリスク事象に対するモニタリングの可能性および限界を明らかにし，「特殊橋の劣化特性や実態に基づいた維持管理手法の検討」を行うことを目的としている．なお，研究成果は，長大橋に限らず自治体が多く保有する中小のケーブル構造を有する特殊橋の維持管理に有効活用できるようにフィードバックするのが目標である．	
プロジェクトの研究内容（研究の方法・項目等） 吊り形式の特殊橋の維持管理支援システムを検討するため，図1に示すように自治体保有の吊り形式橋梁の維持管理やモニタリングに関する問いを明らかにし，その問いを解決するための実態調査と，構造物性能が徐々に低下する現象をセンサー情報の長期的なパターン変化から捉えるモニタリング手法を検討する． 令和3年度は，「ケーブル構造を有する特殊橋梁の維持管理手法の提案」，「長期モニタリングによる吊り橋の応答検討」，「直轄管理のケーブル構造の特殊橋梁の長期モニタリング検討」の3項目について研究を行った．研究内容は以下のとおりである．	
	<p>研究背景 「ケーブル構造を有する特殊橋の全てのケーブルを対象とした点検とモニタリングの難しさ」と「合理的で体系化された維持管理指針の不在」</p> <p>課題解決における問い ・自治体が多く管理している吊り形式橋梁の維持管理について，管理者が抱えている現状の課題は何なのか？ ・何をモニタリングするのか？</p> <p>問いを解決するために ・吊り形式橋梁の劣化特性や実態の精査 橋梁形式と損傷 損傷と構造物の挙動 挙動と季節変動 ・吊り形式橋梁対象のモニタリングの実態調査</p> <p>目標 自治体のニーズを考慮した 「点検マニュアルの役割を果たす資料やモニタリング技術」の提案</p> <p>図1 研究の全体像</p>
<p>(1) 橋梁条件や架橋条件，着目すべきリスク事象に対するモニタリングの適用可能性と限界について検討・整理：近畿管内の自治体管理の吊り橋を対象に行なった橋梁台帳および聞き取り調査結果，橋梁条件や架橋条件による損傷部位，度合いの相関を確認するのは困難であったが，吊り橋の主な損傷である鋼部材の腐食であることが明らかになった．ケーブルを含む鋼部材腐食（損傷）によって生じうるリスクおよび適用可能なモニタリング法について検討・整理を行う．</p> <p>(2) センサー情報による橋梁維持管理への支援策：センサー情報を橋梁維持管理にどのように活用できるかについて検討を行うために，(1)で検討する適用可能なモニタリング法の中で，自治体管理の吊り橋のモニタリングに有効であるセンサーを供用中の小規模吊り橋に導入し，モニタリングを実施する．また斜張橋でのモニタリング結果も合わせて，センサー情報による橋梁維持管理への支援策を検討する．</p> <p>(3) ケーブル構造を持つ特殊橋梁の維持管理指針の提案：3年間の実橋梁での試験的なモニタリングと実態調査内容をまとめて，モニタリングの適用可能性と限界を整理し，ケーブル構造を持つ小規模の斜張橋および吊り橋の着目すべきリスクと維持管理のためのモニタリングの適用可能性と限界を整理し，ケーブル構造を持つ特殊橋梁の維持管理を支援できる資料を提案する．</p>	

本様式は中間評価・事後評価を公表する際に，評価コメントと併せてホームページで公開します．本様式は成果報告書とともに，中間・事後評価の重要な判断材料となりますので，ポイントを整理し簡潔な表現とし，ポンチ絵などを用いてわかりやすく記述してください．

プロジェクト・研究成果の概要(2/2)

プロジェクトの研究成果の概要(図表・写真等を活用しわかりやすく記述)

- (1) 橋梁条件や架橋条件, 着目すべきリスク事象に対するモニタリングの適用可能性と限界について検討・整理
- ・ **着目すべき部材と配慮事項:** 対象としている小規模吊り橋の場合, 最も注目すべき部材はメインケーブルおよびハンガーケーブルであることが分かった。人道橋のような小規模吊り橋の場合, ケーブル破断は, 活荷重の影響による直接的な要因ではなく, 腐食等による断面減少により破断に至る可能性が高いと考えられる。
 - ・ **新技術を用いた課題解決手法の提案:** 本調査で明らかになった「管内の吊り橋は, 供用年数が50年を越えるものが75%程度であり, 構造諸元を示す設計図書が残っていない」, 「架橋位置が比較的厳しい地形条件の橋梁が多く, 橋梁点検車等を用いた点検を行うことが困難である」, 「モニタリングを実施しようとした場合, 電力供給が不可能な状況」の課題について, 対策として「ロープアクセス活用」, 「3D レーザースキャナー」, 「ドローン活用」を新技術としてまとめた。

(2) センサー情報による橋梁維持管理への支援策

- ・ **小規模斜張橋の遠隔長期加速度モニタリング:** 高精度振動センサーを用いたケーブル振動の遠隔モニタリングとケーブル張力の同定が可能であることを確認できた。常時モニタリング結果, 短いケーブルよりは長いケーブルの方が季節変動によるばらつきが大きかった(図2)。また, 有限要素解析による擬似損傷解析による異常検知の可能性について検討を行い, 橋梁部ケーブルの断面減少率が10%では, 季節変動を除去しなくても断面欠損があるケーブルだけでなく, 隣接ケーブルの異常検知可能性があることが分かった。ただし, 季節変動除去は異常検知精度向上につながることを確認し, 季節変動除去を整理している。
- ・ **小規模吊り橋の遠隔長期加速度モニタリング:** Wi-Fi 機能搭載の振動センサー(図3)を用いた塔頂部の軌道と傾斜のモニタリングを行った。また, ソーラーパネル(図3)と蓄電池による遠隔長期モニタリングの可能性を確認した。長期モニタリング期間中に, 近隣で地震が発生し, その前後の主塔の振動を計測・分析することができた。その結果, 図4に示すように, 地震前後の塔頂部の加速度の平面軌道を見ると, 塔頂部の加速度の平面軌道はある共通の中心周りに軌道を描いており, 地震後にもその中心のずれは観察されず, 地震による異常は考えられない。以上の検討から, 塔頂部の加速度のある共通の中心周りの平面軌道と主塔の傾斜角を特徴量とし, パターン分析を行うことで橋梁の異常を評価できる可能性を確認できた。

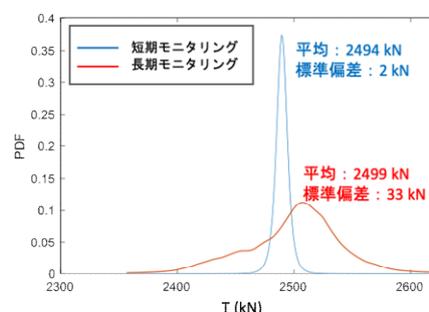


図2 短・長期モニタリングによる同定ケーブル張力の確率分布



図3 吊り橋主塔の振動および傾斜角計測(電源はソーラパネル)

(3) ケーブル構造を持つ特殊橋梁の維持管理指針の提案

ケーブル構造を持つ特殊橋梁の維持管理を支援できる資料として, (1) の新技術に加えて, ケーブルおよび主塔の振動とケーブル張力および主塔の傾斜角を特徴量とした自治体管理の小規模吊り橋と斜張橋の簡易モニタリング案を提案した。具体的には, 自治体に橋梁形式について「橋の特徴」, 「モニタリング案」, 「モニタリングにおける注意点」と「センサーの設置案」を図・表でまとめた。また, 季節変動除去手法の整理と, 今後の取り組みについてもまとめた。

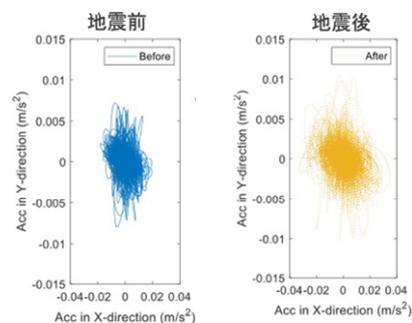


図4 地震前後の吊り橋塔頂部の加速度の平面軌道

本様式は中間評価・事後評価を公表する際に, 評価コメントと併せてホームページで公開します。本様式は成果報告書とともに, 中間・事後評価の重要な判断材料となりますので, ポイントを整理し簡潔な表現とし, ポンチ絵などを用いてわかりやすく記述してください。