

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: 平令和元年7月～令和3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), 東京製綱(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. 研究2年目である令和2年度は, 大きく以下の4項目について研究を実施する.	<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>1) 橋梁定期点検の限界を補足できる条件の検討 橋梁定期点検結果を参考に, 吊り橋の損傷分類および構造形式などとの相関分析を行う. なお, 分析に際しては昨年度入手した管内の吊り橋全198橋の内, 橋梁定期点検調査が確認できる127橋に対して実施する.</p> <p>2) 長期計測における季節変動成分の除去法の構築 昨年度に整備した入力情報を必要とする季節変動除去では, 環境因子の入力情報が不足すると季節変動除去の精度が低下し, モニタリングによる構造物の状態予測精度低下につながるものが懸念された. 今年度ではその改善策として, 環境要因の情報(入力情報)を必要としない深層学習による季節変動除去を構築し, その予測精度を検討する.</p> <p>3) 自治体管理のケーブル構造の特殊橋の長期モニタリング実施 今後の長期モニタリングにおける異常検知, 吊り橋を対象としたモニタリングと特徴量評価の活用を目的に, 吊り構造を有する小規模斜張橋に対して短期および長期モニタリングを実施し, 供用中の常時振動を用いたケーブル振動と張力の同定可能性および同定振動数と張力の季節変動について検討する.</p> <p>4) モニタリングデータと目視点検データとの相関検討 斜張橋の短期モニタリングデータと目視点検データとの相関検討を下記の事項に着目し検討する. ・ 有限要素解析によるケーブルの減肉がケーブル張力変化に及ぼす影響について検討する. ・ 振動モニタリングによる推定張力のばらつきを考慮した, ケーブル減肉によるケーブル張力変化の検知可能性について検討する.</p>	

図1 研究の全体像

※ 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) 橋梁定期点検の限界を補足できる条件の検討

- ほとんどの吊り橋は、架橋後 50 年以上経過しており、対象橋梁のほとんどで鋼部材およびケーブル類の腐食が顕著となっている。一部の吊り橋ではケーブル類の部分的な破断が確認されている。
- 人道橋のような小規模吊り橋の場合、ケーブル破断は、活荷重等の影響による直接的な破断ではなく、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、ケーブルやその定着部に対する入念な点検が重要と考える。また、点検に加え、モニタリングによる特徴量の変化に着目した「点検とモニタリングの融合」も今後有効な維持管理手段となると考える。

2) 長期計測における季節変動成分の除去法の構築

- 環境要因の情報 (入力情報) を必要としない方法として、過去のデータあるいは利用可能なデータを用いた事前学習で季節変動をモデル化する、深層学習 (ディープラーニング) による手法の検討を行った。その結果、長期モニタリングの時系列データのように長周期の季節変動を持つデータの効率的な学習のためには、ニューラルネットワークの改良型である「長・短期記憶ユニット (Long Short-Term Memory: LSTM)」が有効であることを確認した。
- 図 2 に示すように、入力情報を必要とする手法の予測誤差平均がゼロからずれる結果となっているが、深層学習法による予測誤差平均はほぼゼロであり、高い季節変動成分の除去能力を確認できた。

3) 自治体管理のケーブル構造の特殊橋の長期モニタリング実施

- 衝撃加振による推定ケーブル振動数と常時振動による推定ケーブル振動数の比較：常時振動を利用する場合、ケーブルの 1 次振動数は桁の振動などに影響されやすい傾向があることから、2 次モード以上の振動数に着目すれば、常時振動によるケーブル振動同定は有効であることが分かった。
- 無情報事前分布によるベイズ張力推定結果、常時振動による推定ケーブル張力の変動係数が 0.1%~0.7% に分布しており、常時振動によるケーブル張力同定も有効であることが分かった。

4) モニタリングデータと目視点検データとの相関検討

- 損傷によるケーブル張力の変動に着目した解析を実施、各ケーブルに対して、損傷として減肉を導入すると、その損傷ケーブルの張力は低下し、その隣接ケーブルの張力は増加することが確認できた。(図 3 参照：C-1 ケーブルに 5% の減肉を導入したときのケーブル張力変動量 (○印)；常時振動で推定した各ケーブル張力の変動係数を用いて求めた張力の標準偏差の 2 倍 (—印))
- 同定張力のばらつきを考慮しても、ケーブル減肉 (5%) によって生じるケーブル張力変化を検知する可能性が明らかになっており、損傷ケーブルと隣接ケーブルの張力変化の検知可能性が高いことが分かった。ただし、季節変動までを考慮する異常検知の可能性について、対象橋の今後の長期モニタリングデータから検討を行う必要がある。

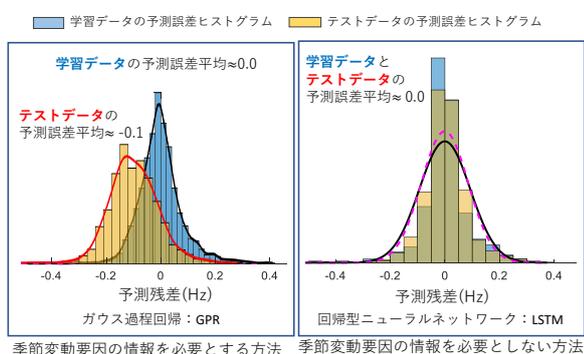


図 2 季節変動要因の情報を必要とする手法としない手法による予測誤差分布

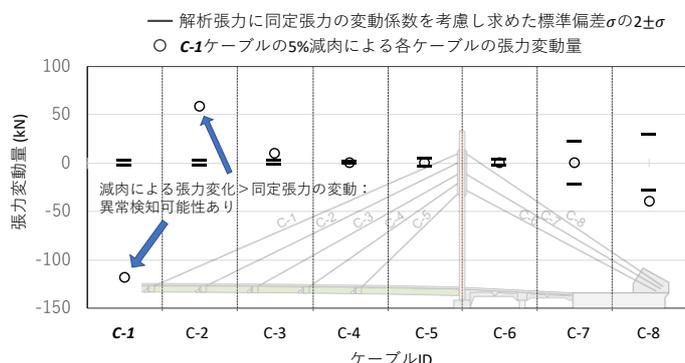


図 3 ケーブル減肉によるケーブル張力の変動量と同定張力の変動

※ 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。