

(29-2)

様式1-4-2

平成 29 年度研究開発成果概要書

採 択 番 号 : 178A14

課 題 名 : ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発

個別課題名 : 課題A: ソーシャル・ビッグデータ利活用アプリケーションの研究開発

副 題 : 構造物監視センサー活用実証実験

(1) 研究開発の目的

本研究開発では、道路橋の変状を把握する効果的な手法の確立と点検員では発見できない損傷の発生、進行を把握する手法を確立することを目的として、JOSE（大規模スマートICT サービス基盤テストベッド）各種センサー（貸与型）設備 ⑩構造物監視センサーネットワーク設備を利用し、構造形式が異なる3カ所の橋梁に設置された振動センサー、温湿度センサー等から得られるデータを基に道路橋の応答（振動等）から構造物の振動特性等をモニタリングする技術を開発する。また、構造物の共振周波数や共振先鋭度の変化を指標として、振動特性の定量評価を行い、予防保全による構造物の長寿命化や維持管理水準の向上に繋がるサービスの実現化を視野に実証実験を実施する。さらに、道路橋の損傷による社会リスクを評価するリスク評価手法により、構造物監視センサーシステムを設置すべき橋梁の選定、センサー配置計画につなげ、普及促進を図る。

(2) 研究開発期間

平成 26 年度から平成 29 年度（4 年間）

(3) 実施機関

日本電気株式会社<代表研究者>
一般財団法人首都高速道路技術センター

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 120百万円（平成 29年度 30百万円）※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

課題 A-1-1：構造物監視センサーによる構造物の計測データの検証
（日本電気株式会社）

課題 A-1-2：構造物監視センサーの高度化の研究開発
（日本電気株式会社）

課題 A-1-3：構造物監視センサーのデータ分析手法の研究開発
（一般財団法人首都高速道路技術センター）

課題 A-1-4：センサー設置計画のためのリスク評価手法の研究開発
（一般財団法人首都高速道路技術センター）

(29-2)

(6) 特許出願、論文発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	0	0
	その他研究発表	2	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

課題A-1-1 構造物監視センサーによる構造物の計測データの検証

目標：

道路橋の応答（振動）から構造物の振動特性をモニタリングする技術を開発するために、車両の通行荷重の加振による構造物の振動に対して、共振周波数や共振先鋭度といった振動特性データを分析するためのデータ処理技術の研究開発。

実施内容：

橋梁の健全性劣化判断のための特徴量として第1、第2、第3卓越振動数の相互の関連性及びQ値との関連性を分析することでノイズ除去の可能性を検討した。

収束性を向上させた卓越振動数と温度の関連性を分析し、温度依存性の補正手法を検討した。

また、振動特性データからの特徴量抽出及び統計処理等の分析手法を自動化し、簡易な操作で特徴量の推移等を確認できるようにした。

成果：

大量に蓄積された振動データから振動特性を抽出し、分析に適した振動区間の検討や、橋梁ごとに設置したセンサーの内、低次振動モードの挙動把握に適した位置の検討を行った。それらの知見を基に、提案手法である正規化Q値を使用した最尤推定による混合正規分布の近似を、一定量の振動特性データ（卓越振動数）に対して行った。これによって得られた各分布の中心周波数を採用することで、振動特性の抽出精度を定量的に評価可能とした。

その結果、目標としていた10%以下の誤差を達成し、ほぼ全ての評価対象センサーで5%未満の誤差で振動特性を抽出できることを確認した。さらに、この手法によって得られた振動特性と気温の依存関係を分析し、温度補正によって標準偏差が平均で12%、最大で67.7%の精度改善が見込めることを確認した。

さらに、サービス化を念頭に、本分析システムを容易に利用できるよう、システム構築後は自動的にデータ収集から分析まで行う自動実行化と、分析結果を容易に確認できるGUIアプリケーションを開発した。

課題A-1-2 構造物監視センサーの高度化の研究開発

目標：

振動センサーによる検証の有効性を確認し、かつ道路橋の応答をより詳細に把握するための振動センサーと他センサーとの並行運用を想定した構造物モニタリングシステムの高度化の研究開発

実施内容：

構造物監視センサーネットワーク設備で設置した道路橋に対して橋梁支承部に変位センサーを併設することで支承部の変位データを取得し、振動データとの関連性を分析した。変位と振動の関連性について更なる分析を行うため、より多くのデータを短期間で収集が可能な、有線接続測定器を別途設置し、振動センサー及び変位センサーを活用し、計測を行った。

成果：

変位センサーを3か所の支承の橋軸方向に設置することで、車両通過時の橋梁の挙動をより明確に把握できることを確認した。

本システムが異なるセンサーを併設し、同時運用可能であることを確認した。また、変位データと振動データの関連から振動特性を抽出するにあたって課題となる有効区間の抽出には課題が残る結果となった。しかし、変位データのみを分析したところ、複数個所に設置した変位データは橋梁の動きをよく表しており、地震等の突発的な変化によって橋梁に大きな変化があった際は変位データから異常を検知できる可能性を確認した。

課題A-1-3 構造物監視センサーのデータ分析手法の研究開発

目標：

実証実験箇所で得られた計測データの分析結果を得て、橋梁損傷検知のための、解析的アプローチと統計的アプローチを組み合わせたデータ分析手法の研究開発

実施内容：

実証実験箇所で得られた計測データの分析結果（研究開発項目 A-1-1，研究開発項目 A-1-2）を得て、橋梁損傷検知のための、解析的アプローチと統計的アプローチを組み合わせたデータ分析手法を研究開発した。

以下のA)～D)に示す実施内容に基づいて、振動センサーのデータ分析手法を検討した。

- A) 計測対象橋梁（3 橋梁）についての 3 次元 FEM モデルによる健全時の振動特性（固有振動数他）と想定される損傷での振動特性の分析
- B) 計測値のサンプリング手法と評価値の算出方法（統計値）
- C) 計測値の温度依存性の把握（3 橋梁）
- D) 3 次元 FEM モデルによる振動特性と計測値（統計値）との比較分析とキャリブレーション手法の検討（3 橋梁）

成果：

- 3 次元 FEM 解析による健全時と損傷時の振動特性（固有振動数他）の比較分析により、損傷が橋梁全体の振動特性に及ぼす影響を検証した。
- 計測データのサンプリング手法の案を作成した。
- 計測データ及び 3 次元 FEM 解析により、卓越振動数の温度依存性を検証した。
- 計測データの卓越振動数と 3 次元 FEM 解析での値を比較し、概ね整合することを確認した。

課題A-1-4 センサー設置計画のためのリスク評価手法の研究開発

目標：

センサーシステム設置対象橋梁選定のためのリスク評価手法の研究開発

実施内容：

- 定期点検結果における重大損傷の進行状況及び地方公共団体における通行規制橋梁の損傷状況を調査した。
- センサーシステムを広く普及させるためには標準化が必要であることから、標準化項目を「センサー端末」「通信機器」「データ」別に定めた。
- 定期点検結果での評価と連携した重大損傷に着目したモニタリング対象橋梁選定、センサー設置箇所選定の手法及び橋梁損傷検知システム設置・運用マニュアルの案を検討した。

成果：

- モニタリング対象橋梁選定のための橋梁損傷による被害規模（安全性、機能性、交通量）を評価したリスクマトリックスの案を作成した。
- センサー設置箇所選定手法の案を作成した。
- 長期モニタリングにおけるセンサーシステムの標準化項目を抽出した。
- 橋梁損傷検知システム設置・運用マニュアルの案を作成した。