

センサ技術を活用したインフラ施設のアセットマネジメントに関する研究

落合 努* 朱牟田 善治**

Research on Asset Management of Infrastructure Facilities Using Sensor Technology

Tsutomu OCHIAI* Yoshiharu SHUMUTA**

1. はじめに

本報告は、既投稿済みの第 14 回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム（2024）¹⁾の一部（主に道路橋に関する内容）を抜粋、要約したものである。

日本の道路等のインフラ施設は高度経済成長期に整備され、現在、老朽施設の維持管理・更新に関わる費用が増加することが懸念されている。たとえば、神奈川県においては、平成 22 年 3 月に「神奈川県橋りょう長寿命化修繕計画」を策定し、予防保全型の維持管理を指向しながら、橋りょうの長寿命化を図れるようなアセットマネジメントの検討を強化している²⁾。

これに対し筆者らは、社会インフラのアセットマネジメントに寄与する基盤技術として、構造物の周辺環境とその状態をリアルタイムでモニタリングして、災害時にはその被災状況を推定し、常時には、構造物の状態変化を把握して劣化診断等を行うことを可能とする汎用的なセンシング技術の構築に取り組んでいる³⁾。このうち、本研究では、構造物の劣化診断に寄与するセンサネットワークシステムを設計・試作することを目的とする。まず、道路橋を対象としたセンシングシステムの具体的ニーズを例示する。次に、社会的ニーズをふまえ、構造物の劣化や被害を引き起こす気象環境と構造物の挙動（振動等）を同時にモニタリングして、通信ネットワークを確保しながら、遠隔で監視・収集できるセンシングデバイスを試作し、実道路橋に設置した例を示す。最後に、センシングにより得られたデータの分析事例を例示し、今後の課題について考察する。

2. アセットマネジメントからのニーズ

現状で、老朽化によって社会インフラ施設の健全性が低下し、維持管理・更新に要する費用が増加することが懸念されている。これら社会インフラ施設の維持管理上の課題として、たとえば神奈川県では、以下を指摘している¹⁾。

- (1)老朽化による事故等が発生するリスクの増加
- (2)必要な維持管理・更新を実施する予算の不足

図 1 は、神奈川県が公表している道路施設の保全の考え方²⁾を示す。神奈川県では、予防保全型、早期措置型、時間計画型、および

事後保全型と管理区分を道路施設ごとに設定し、5 年に一度の詳細点検（目視点検）により、道路施設の健全度を判定し、維持管理を行っている。この健全度が低下していく過程を示した曲線が図 1 に示している劣化曲線である。この劣化曲線を目視点検だけで定量的に精度よく評価することは、一般に困難である。加えて、補修などによりどの程度健全度が回復し、劣化の進行がどの程度抑制できるのかを精緻に定量化することはさらに困難となる。このため、これら劣化曲線の評価技術を、センシング技術を応用して確立することが課題となっている。

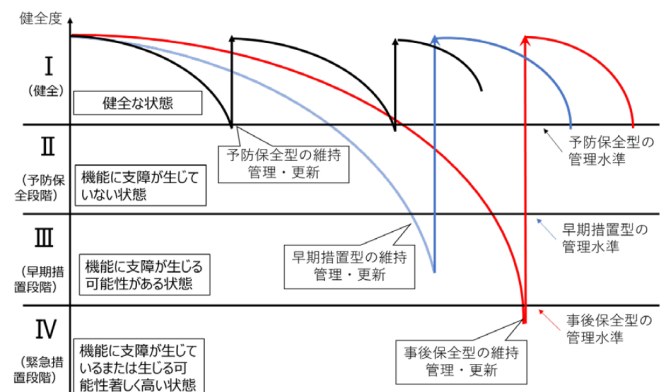


図 1 道路施設の維持管理の基本的な考え方²⁾

3. センサネットワークシステムの概要

筆者らの研究グループでは、社会インフラ施設に加え、重要文化財や老朽構造物をセンシングの主な対象としている。これら人工物の劣化診断にとって有益な物理量として、気象環境、腐食環境および振動特性に着目している。このうち、本研究では道路橋を対象としたセンサネットワークシステムを構築するために、まずは、振動と気象環境のモニタリングに注力したシステムを試作した。

気象環境の測定のために、ミツミ電機社製の環境センサユニット (ENV DVT-2-WR：試作品)を選定した。本ユニットは、I2C の通信方式を採用し、8 つの物理量（レイン、照度、UV、気流（風向、風速）、温度、湿度、気圧、加速度）を同時計測することが可能である。

加えて、道路橋の振動特性を計測するために、EPSON 社製の加速度センサである M-A352AD10⁵⁾と Netplus 社製の高精度 MEMS 加速度計「検震くん」を採用した。

図 2 に神奈川県内の実道路橋（PC 単純 T 桁）に振動センサと環

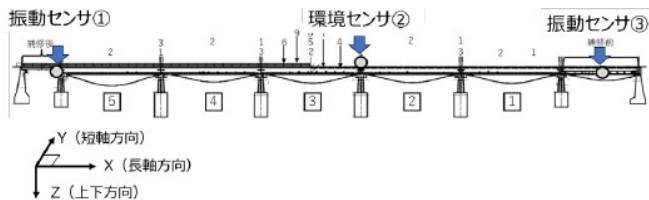
*助教 建築学部建築学科

Assistant Professor, Dept. of Architecture and Building Engineering

**教授 建築学部建築学科

Professor, Dept. of Architecture and Building Engineering

境センサの設置位置を示す。対象とした道路橋は、2023 年度に、振動センサ③を設置した径間に補修工事（床板補強工事）を行う予定である。このため、補修の有無で振動特性の変化をモニタリングすることを主な狙いとして同図のような配置にセンサを設置し、2023 年 9 月から長期モニタリングを開始した。



実道路橋上のセンサ設置位置



振動センサ①③ (MA-352)



振動センサ③ (検震くん)



環境センサ② (左: 本体, 右: 電源BOX)

図2 試作したセンサネットワークシステムの設置概要

4. 事例検討

図3は、2023年9月～12月にわたる約4ヶ月間の気温の異なる11時期のX方向（長橋方向）の平均卓越振動数（Hz）を、気温の低い順に左から並べて比較して示す。同図は、図2で示した振動センサ③で記録された ALLX（平均）、30AmaxX（平均）、30AminX（平均）を併記して示している。振動センサ③の地点は、今後床板補修工事を実施する予定の地点であり、補修が必要な地点と判断された径間である。同図は、気温上昇とともに、高振動数成分が卓越してくることを示唆しており、結果として、平均卓越振動数が高くなっている。このような傾向は、短軸方向（Y方向）やZ軸（上下）方向にも同地点ではみられており、振動センサ③の地点には、平均卓越振動数に温度依存性が確認できる。

図3のような温度依存性がある特性は、同一道路橋のなかでも、特に補修が必要であると判断される部位に顕著に認められたことから、床板補修後の振動特性も今後継続的に計測することにより、このような現象のメカニズム解明が期待できる。

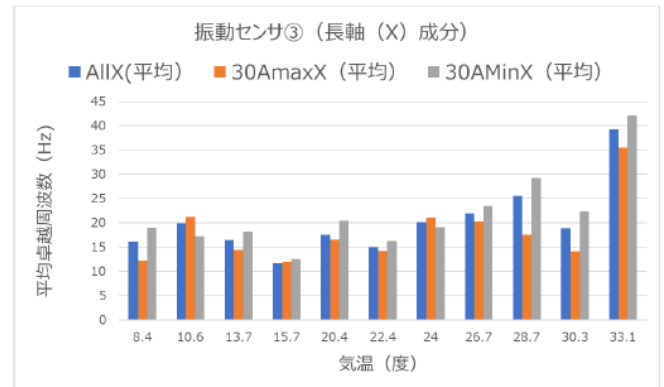


図3 気温による平均卓越振動数の変化事例（振動センサ③）

5. まとめ

本論では、社会インフラ施設のアセットマネジメントに寄与するセンサネットワークを試作し、その社会的ニーズも含めて道路橋に適用した事例を紹介した。本研究から得られた知見を以下に示す。

- (1)道路や電力流通設備などの都市に膨大な数が敷設されている社会インフラ施設は、老朽化が急速に進み、より精度の良い劣化診断、余寿命評価、およびリスク評価技術が求められている。
- (2)社会インフラ施設に適用可能なセンサネットワークシステムを試作し、神奈川県内の道路橋に設置して、長期モニタリングを開始した。その結果、補修が必要と判断されている部位の卓越振動数が、気温により高振動数成分が卓越する温度依存性の兆候を計測した。

このような温度依存性の現象のメカニズム解明と一般性を確認できれば補修の要否判断にも応用することが期待できる。今後は、補修予定の道路橋の振動特性が補修後にどう変化するのか分析し、補修の効果の定量化やセンシング技術を用いた余寿命評価の方法論について検討していく予定である。

参考文献

- [1] 朱牟田善治, 落合努, 道路橋の振動特性を把握するセンサネットワークシステムの試作と計測, 第14回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演論文集, 122-127 (2024).
- [2] 神奈川県県土整備局道路部道路管理課, 神奈川県道路施設留意寿命化計画 (2022.3).
- [3] 朱牟田善治, 落合努, 構造物の劣化診断と災害復旧迅速化に寄与するセンシングデバイスの試作, 2023年電気学会 電子・情報・システム部門大会予稿集, OS8 防災保全分野における予測・情報・センシング応用技術, OS8-9, 1066-1070 (2023).
- [4] 朱牟田善治, 村田颯也, 落合努, 道路橋の定期点検記録に基づく劣化要因の特定, 土木学会全国年次学術講演会, 78, VI-499 (2023).
- [5] SEIKO EPSON CORPORATION:M-A352AD10 データシート (2022).