

道路高速診察システム（VIMS）の実用化に向けた研究

○東京大学大学院（学生） 河野 整
 東京大学大学院（フェロー） 藤野 陽三
 東京大学大学院（正会員） 阿部 雅人
 (財)首都高速道路技術センター 平林 望

1. はじめに

物資や人の流れである交通は社会レベルの維持と発展のために必要不可欠な要素であり、道路は陸上交通を支える大切な社会資本である。しかし、一般的に道路は屋外にあり、常に風雨や車両荷重などの厳しい環境にさらされているため、最も劣化しやすいインフラストラクチャーのひとつであるといえる。

首都圏の首都高速道路（以下首都高速）を例にとってみれば、全長が281kmでその約85%が高架構造であり、約55%が経年20年以上である。特に建設初期の高架構造物は25mほどの単純桁構造で伸縮継ぎ目が多く存在する。さらに、首都高速は朝夕のラッシュ時以外にも大型の貨物トラックなどの超重量車両が1日に約112万台昼夜を問わず頻繁に通過する。そのため伸縮継ぎ目の損傷等、道路としての性能低下が進行する。このような性能低下は、周囲の騒音・振動や車両の走行安定性の悪化ばかりでなく、高架構造物自体の劣化という深刻な事態にもつながりかねない。したがって高い頻度で路面の凹凸を計測し、適時補修を行う維持管理体系が必須である。この問題を解決するために、路面状態と車両の振動の関連に注目し、車両の床振動を計測する加速度計とGPS受信機を用いた計測システムを開発した¹⁾。このシステムは車両を走らせるだけで伸縮継ぎ目などの路面凹凸を計測し、GPS受信機で劣化場所を特定できるという特徴がある。本研究ではこのシステムを実際の道路維持管理の現場に適用しうるシステムに再構築し、首都高速の路面点検において実用化することを目的として研究開発を行った。

2. 首都高速道路の点検体系の現状

現在の首都高速の維持補修管理の方法と頻度を表1に示す。これら3つの点検体系の中で、構造物の維持管理に大きく影響する点検が定期点検である。定期点検は費用と時間を要するため、日常点検に比べ点検頻度が低い。

しかし、前述したような老朽化やオーバーワークという問題を抱えている首都高速道路の現状で、今後も現在の点検体系を維持していく事は大変難しい。なぜならば、定期点検はデータの分析・位置の特定に時間がかかり、供用年数が20、30年を超える路線の劣化速度が今後ますます加速し、年1回の頻度で行う定期点検体制では維持管理が追いつかなくなる可能性があるからである。将来的には定期点検の単価コストと時間サイクルを短縮することで、頻繁に構造物の状態をモニタリングし劣化状況を正確に把握でき、かつ経済的なシステムが必要になるが、現在そのようなシステムがない。

点検頻度が多い日常点検は点検手法が主に目視や打音検査などで行われていることから、検査する人の判断に依存し、点検結果の信頼性・客観性に欠けると共に、そのデータベース化は難しい。

以上の事実をふまえると現在の首都高速の点検体系は、常時劣化状況の的確な把握と迅速な補修という要求を満たすことは困難になりつつある。このような現状の中、廉価で時間のかからない容易な計測手法で、日常的に道路状態を点検する計測システムの研究開発はインフラ維持管理の分野では重要な課題である。

表1 点検体系と頻度（日常点検・臨時点検・定期点検）

	定期点検	日常点検
接近点検(トンネル)	1年に1回	-
接近点検(その他)	5年に1回	-
機器点検(路面)	1年に1回	-
巡回車路上目視	-	毎日1回
徒歩路上目視	-	毎年1回
巡回車高架下目視	-	毎月2回
徒歩高架下目視	-	毎年1.2回

臨時点検：事故・災害発生時に適時

3. 計測システムの概要

開発するシステムの要求性能は以下の通りである。
 走行するだけで路面凹凸の計測が可能
 計測地点の位置が特定できる
 システム単価が安価である
 計測操作が容易である
 効率的なデータの保存

これらの条件を踏まえて計測システムを構築した。本システムの特徴は、車両を走行させるだけで路面の状態を定量的にモニタリングでき、不具合な路面凹凸がある位置を特定できることである。車両を用いて計測することから、このシステムを Vehicle Intelligent Monitoring System(VIMS)と呼ぶ。VIMSは車両に特別な改造をせず搭載でき、データを自動的に記録する。本研究では、首都高速巡回車による日常点検での計測を目標に、公団所有のパトロールカーに機器を搭載した。車両の鉛直振動を計測する加速度計には圧電式センサを用い、A/Dコンバータを介してパソコンに接続した。加速度センサは図1のように、車両運転席と助手席の間にボルトで絶縁取付けした。GPS受信機は図2のように、車両天井にマグネットで取り付け、USB端子を介してパソコンに接続した。図3に計測機器の車内設置図を示す。

Keywords：道路維持管理 自動計測システム VIMS 加速度 GPS

連絡先：東京都文京区本郷7-3-1 東京大学大学院社会基盤専攻 交通研究室 TEL:03-5841-6118 FAX:03-5841-8507



図1 加速度センサ



図2 GPS受信機

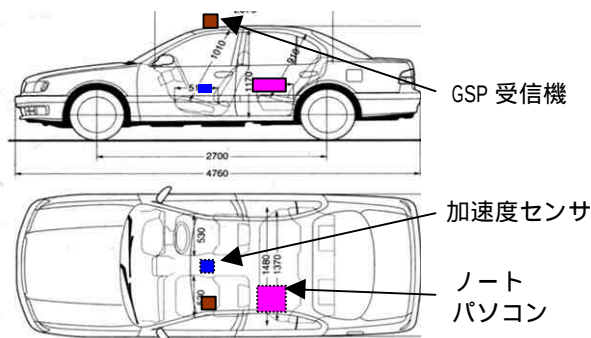


図3 計測機器設置図

計測するデータのサンプリング数は、加速度データが200Hz、位置データが1Hzである。位置データのサンプリング数は、GPS受信機の性能上、これ以上大きくすることができない。

保存するデータ形式は、前述の条件を満たす必要がある。前回の研究では、位置データから速度を算出し、時系列の振動計測データに距離を内挿する方法で、振動データと位置の同期を行った²⁾。しかし、この手法では位置から速度を算出する際や内挿の際に若干の誤差が出ることや、同期の作業が煩わしい等の問題があった。そこで、本研究では計測時に位置データに振動データを同じファイルに保存する手法を用い、計測後に記録データに手を加えることなく位置と振動記録が関連したデータが得られるようにした。データの形式はテキスト形式であり、表2にそのサンプルを示す。

表2 保存データのサンプル

0.02	\$GPGLL, 3538.8672, N, 13950.2646, E
0.005	\$GPGLL, 3538.8672, N, 13950.2646, E
0.046	\$GPGLL, 3538.8672, N, 13950.2646, E
0.186	\$GPGLL, 3538.8672, N, 13950.2646, E
0.154	\$GPGLL, 3538.8672, N, 13950.2646, E

このデータは、左が加速度センサから出力される200Hzの信号を1Hz毎にRMS平均したRMS値、右がGPS受信機から出力される1Hzの信号で、緯度・経度の座標を含んでいる。加速度センサからの出力値をGPS受信出力値と同じ1HzのRMS平均値にすることで、振動データと位置データが直接関連付けられ、計測後の記録データの処理が簡素化された。また、ファイルの容量も縮減でき、長時間の計測にも対応できる。

4. 計測システムの適用

構築したシステムを用いて、計測試験を行った。計測に用いた路線は、首都高速湾岸線新木場 - 9号線箱崎までの約6.5Kmの距離である。計測は交通流に沿った時速60Km前後で行った。計測は12月と1月の2ヶ月間で5回行った。計測開始当初は加速度センサのノイズが大きな問題となり、データの再現性に大きな影響が出た。そこで計測を重ねる中で計測機器の取り付け手法を試行錯誤し、センサーを車体から完全に絶縁固定し、電源アンブとセンサーを離して設置することでノイズの影響を最小限にすることができた。

得られた計測データを用いて、振動データを地図上に表示する処理を行った。この操作により、どの地点でどのくらいのRMS値が得られたかを視覚的に容易に把握できる。得られたRMS値の中から、1m/ss以上の値を示した場所を地図上にプロットしたものを以下に示す。



図4 12月計測結果

図5 1月計測結果

図4は12月、図5は1月に計測したものであり、赤い矢印が1m/ss以上のRMS値を示した地点である。両者を比較すると、12月に計測された地点は1月でもほぼ同じ位置で計測されており、さらに1ヶ月経過してRMS値が大きくなる箇所が増加していることが分かる。この要領で計測回数をより多くし、大きなRMS値を何度も示す地点を重点的に点検するなどの点検手法が提案できる。

5. 結論と今後の課題

今回の研究では、VIMSの実用化に対応すべく、データの記録方法の改良や計測データ処理の効率化を行い、前述のような成果が得られた。ただ、1HzのRMS平均値を用いることが必ずしも最適なデータ収録方法とは言えず、本研究の今後の課題として残る。また、振動データの閾値を設定することも今後の重要な課題である。

謝辞.

本研究に関し、首都高速道路公団の植木氏・木下氏には、計測機器の準備や計測で惜しみないご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

参考文献：

- 1) 藤野陽三, 阿部雅人, 河野整 : 道路高速診察システム (VIMS) の開発 2002.3
- 2) 同上

Keywords : データの同期 RMS 平均値 マッピング 閾値

連絡先：東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学大学院社会基盤工学専攻 交通研究室 TEL:03-5841-6118 FAX:03-5841-8507