

舗装路面の新たな点検手法の動向と土木研究所の取組み

渡邊一弘・久保和幸

1. はじめに

わが国の舗装ストックは道路延長ベースで100万kmを超え、膨大なストック量となっている。舗装も供用直後から車両の通行や雨水、紫外線などの影響によってひび割れやわだち掘れ等が発生し、健全性の低下や劣化が進行する構造物である。一方で、道路施設の中でも舗装は、「道路のサービスレベルに直結」、「交通荷重が直接作用する」等の特徴を有しており、それらを踏まえた「メンテナンスサイクル」の構築が求められている。特に、「メンテナンスサイクル」上の点検において、道路の性格・役割を踏まえた技術の活用が求められる構造物であると言える。土木研究所では、道路の性格・役割に応じた舗装の点検手法の提案に向け、民間各社と共同研究を実施しており、既報¹⁾にてその進捗を報告したところである。

本稿では、舗装の点検技術に関する最近の技術開発動向を概観すると共に、既報で報告した土木研究所と民間各社との共同研究事例に関してその後の展開を報告するものである。

2. 従来の点検技術と課題

舗装の点検は、ポットホールが発見といった日常点検（道路巡回）とひび割れ・わだち掘れといった路面性状を把握する定期点検、さらにはコア抜き等補修に際して舗装の構造的健全度を把握する詳細点検に大別される。路面の評価指標としては、「舗装調査・試験法便覧」（(公社)日本道路協会）で定義されるひび割れ率、わだち掘れ深さ及び平坦性（ σ ）が主要な3指標である。このうち、わだち掘れは路面の横断方向の凹凸を、平坦性は縦断方向の凹凸の度合いを表す指標となる。定期点検においては、これらの指標に関する情報が走行しながら取得できる路面性状測定車を用いた調査が行われている。また、局所的な調査としては、路面の凹凸を測定する手押し型の機器

（例えば、MRP（Multi Road Profiler：多機能路面測定器））を用いた機器調査等によりこれらの指標に関する情報を得る場合もある。

一方で、路面の従来の点検技術に関しては以下のような課題も存在している。

- ・路面性状測定車が比較的大型で幹線道路以外での活用には不向きである
- ・わだち掘れ量及び平坦性については測線上の調査であり、局所的な損傷を検出できない場合がある
- ・ひび割れ率の算出は調査後人力での画像判別が通常必要であり、時間・コストがかかる

これらの課題に対して、新たな測定手法や評価指標の検討等が様々な機関にて進められている。

3. 点検手法に関する民間の技術開発動向

3.1 従来手法の高度化

路面性状測定車に赤外線や高精度センサを活用し、そこから得られる大量のデータの処理技術を向上させることで、従来検知できなかった損傷の検知に取り組んでいる事例がある。例えば、高密度な路面の高さ情報の経時的な変化の把握を通じ、局所的な損傷の代表事例であるポットホール発生の予備軍を予防的に検知できないか、という取り組みが進められている²⁾。

3.2 国際標準への対応

国内では縦断凹凸に関する指標として平坦性（ σ ）が採用されてきた。一方で、1989年に世界銀行が縦断凹凸に関する路面のラフネス指標としてIRI（International Roughness Index：国際ラフネス指数）を提案して各国で指標として採用されているが、国内でも平成25年2月の「総点検実施要領（案）」にて採用されたところである³⁾。IRIの測定方法としては、水準測量による方法からパトロールカーに乗車した調査員の体感や目視による方法まで4クラスが存在する。国内においても上記の動きに対応して多様な計測技術が開発されている。路面の凹凸を検出するレーザセンサによる路面の縦断プロファイラの計測を通じて



図-1 スマートフォンを用いたIRIの簡易計測例

IRIを算出する手法や、車体バネ上とバネ下に設置した加速度センサの情報から縦断凹凸を推定してIRIを算出するシステム等は既に開発され、また、車軸に設置した加速度センサからの情報のみでIRIを推定する検討などが進められている。

3.3 スマートフォンを用いた簡易な点検手法

スマートフォンが急速に普及し、それら多くの機種で加速度計が内蔵されていることに着目し、スマートフォンをセンサとして活用して簡易に路面を評価する取組みが進んでいる。一例としては、自動車のバネ上（ダッシュボード上など）にスマートフォンを設置し、スマートフォン内蔵の加速度センサとGPSの情報だけを用いて、路面縦断プロファイルを推定（車両のバネ定数等の特性は得られたデータから自動補正）してIRI等を簡易に計測する手法が提案されている³⁾（図-1）。

3.4 自動蓄積される画像情報を活かした点検手法

道路管理者は安全で円滑な交通の確保に向け道路巡回を行っているが、落下物がないか、植栽により視距を妨げていないか等道路巡回時に求められる要素は多く、舗装の状態把握のみをしているわけではない。そのため、道路巡回という貴重な活動を最大限に活用する（支援する）技術が求められるが、その一つとして前節で述べたIRI計測技術の適用に加え、車両走行に伴い等間隔で連続静止画を撮影して蓄積していく技術の適用が提案されている⁴⁾。路面画像という記録を自動的に残しておき、かつ例えば図-2に示すようパソコン上で事後に手軽に取り扱うことができれば、損傷の予

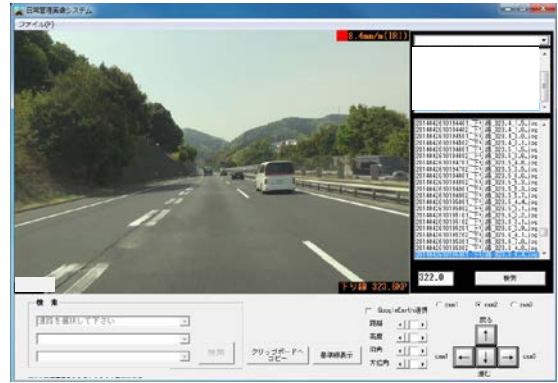


図-2 IRIと道路管理画像の出力例



写真-1 FWD（重錘落下式たわみ測定装置）

兆はどのように出ていたかを振り返ることが可能となり、現場レベルで管理行為におけるPDCAサイクルの構築に非常に役立つものとなる。

3.5 非破壊検査（構造診断）技術の普及

前節までで定期点検に活用する技術や日常巡回を支援する技術の動向を紹介したが、現場で補修を実施しようとする際は、補修工法を選定する上で既設舗装を適切に診断する技術が求められる。従前は、既設舗装の診断手法としてコア抜き調査や開削調査といった破壊調査が主体であったが、近年は非破壊での構造診断技術としてFWD（Falling Weight Deflectometer：重錘落下式たわみ測定装置）（写真-1）の普及が著しい。載荷点直下の路面たわみ量だけでなく、載荷点直下からのたわみ形状をもとに舗装各層の弾性係数を推定する手法や、たわみの時系列推移をもとに高度に解析する手法も提案⁵⁾されている。また、「FWD研究会」を前身とし、舗装診断技術の向上と普及を目指すNPO法人「舗装診断研究会」⁶⁾も2006年に設立されて活動しており、舗装の非破壊検査・構造診断に関する関心も高くなっている。

4. 土木研究所における共同研究

4.1 路面の三次元形状の把握に関する取組み

路面を測線上でなく面的に評価することにより、

局所的な損傷が検知できる。例えば、路面の高さを標高のようにコンターで図示できれば、局所的な沈下や凹みを検出することが可能となる。現在、路面の各点の三次元座標を取得可能なMMS (Mobile Mapping System : モービル・マッピング・システム) 技術に着目し、路面の三次元形状の把握を通じた点検手法のあり方について研究を進めている。既報¹⁾にて、路面を対象に高精度な三次元点群データが取得できるようMMSを改良(改良型MMS、写真-2)し、舗装走行実験場内の路面の経時的な変化を路面の高さコンター図で追うことが出来ることを報告している。

路面高さコンターは路面性状を分かりやすく表現しているが、数百、数千kmに及ぶ膨大な管理延長に対して舗装の状態を効率的に把握することは困難である。そこで、何らかの指標で定量化することが必要と考え、その後の検討にて、路面の凹凸体積量に着目することとした。路面の凹凸体積量は、路面に対して仮想的な平面(仮想平面)を設定し、仮想平面からの凹凸の体積量を縦断方向で5m毎に算出するものである(図-3参照)。

舗装走行実験場内で、改良型MMSの点群データから得られた路面の凹凸体積量と路面高さコンターを上下に重ねる形で示したものを図-4に示す。わだち掘れが進行して車輪通過部が沈下しているほど路面高さコンターは赤系統の色を示すこととなる。図-4において、路面凹凸体積量は路面高さコンターが赤系統の色を示す(わだち掘れが進行している)程大きい値を示しており、この路面凹

凸体積量という指標は、路面の変状を定量化しうることを示している。このように、改良型MMSの点群データを基にした路面の変状の面的把握手法は、例えば局所的な路面損傷や排水性舗装における骨材飛散のように、従前の手法では把握できなかった路面の損傷を合理的に検出しうるものと考えている。

4.2 わだち掘れ形状の簡易測定の実組み

膨大なストックである生活道路の点検手法として、路面性状測定車のような専用車両を用いた手法ではなく、一般車両の活用を想定した簡易測定車を用いた簡易な点検・評価手法を検討している。既報¹⁾にて、車軸に取り付けた振動加速度から路面性状(縦断凹凸)の評価を試みており、振動加速度の二乗平均平方根RMS (Root Mean Square) と平坦性およびIRIの関係は相関性が高く、振動加速度から縦断凹凸を評価しうることを報告している。

一方で、路面の3要素の一つであるわだち掘れの評価には至っておらず、またわだち掘れ評価に対するニーズも依然として高いことから、その後の検討にて、わだち掘れ評価システムを後付けシステムとして開発することとした。わだち掘れ評価システムの概要と設置状況の外観を図-5および写真-3に示す。このシステムの概要は以下のとおりである。

- ①計測装置は、車両のルーフキャリアを使用し、車両後部にレーザスキャナを設置。
- ②レーザスキャナは走行距離データと連動して



写真-2 改良型MMS

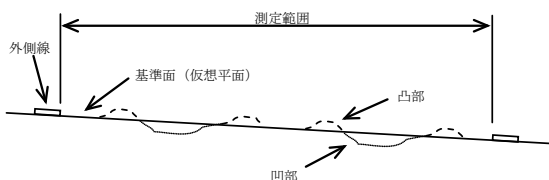


図-3 仮想平面と路面の凹凸の関係

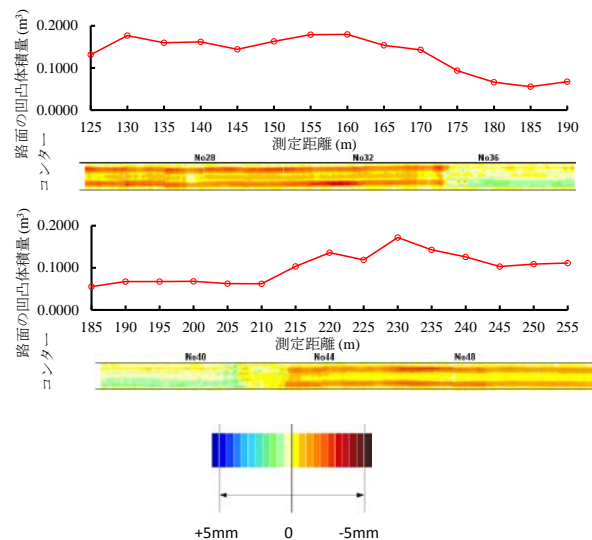


図-4 路面のコンターと凹凸体積量の関係

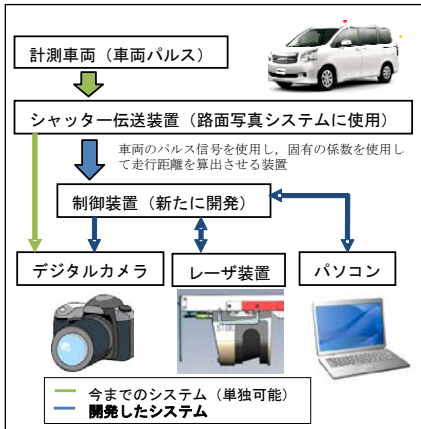


図-5 わだち掘れ評価システムの概要



写真-3 測定車に搭載したわだち掘れレーザ装置

制御（既存の路面写真自動撮影システムと同時制御）。

③パソコン画面でわだち掘れ形状のモニタリングが可能。

舗装走行実験場内で、開発したわだち掘れ評価システムにより様々な走行速度で計測したわだち掘れ深さとMRPにより計測したものの比較を図-6に示す。開発システムのみわだち掘れ形状は若干ノイズによる値の乱れはあるものの、走行速度によらずわだち形状をよく捉えていることが分かる。

5. 今後の技術開発の方向性

平成26年4月の社会資本整備審議会道路分科会建議「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」において、舗装は、経年的な劣化に基づき適切な更新年数を設定し、点検・更新することを検討することが提言され、舗装の管理における取組みも新たな局面に入っていくことが想定される。適切な更新年数を設定するという事は、その年数まで打換え・修繕をせずに維持していくことを求められると考えられ、予防保全型の管理の実現に向けて、今まで以上に日常巡回時の点検の重要性が増すと想定される。あわせて、日常巡回の記録を現場の職員の過度な負担のない形で適切に残していくことで、どの段階でのどの措置が効果的

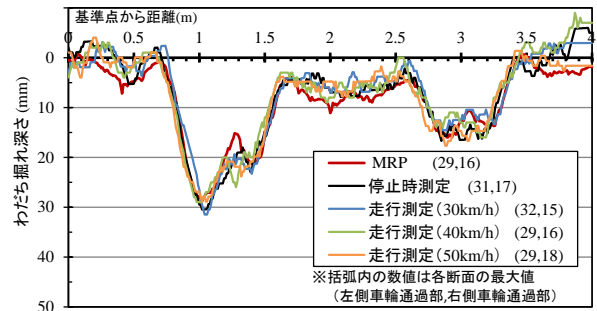


図-6 測定したわだち掘れ形状の精度確認

であったのか、損傷に進行が進み始めるのはどのような舗装の状態であるか、といった事後評価に活用することも重要であろう。また、修繕時には更新年数まで確実に延命化させるような設計に向け、既設舗装を適切に評価することの重要性が増すことも考えられる。

今後も、このような新たな舗装管理の考え方の実現に資するような技術開発を進めていきたいと考えている。

参考文献

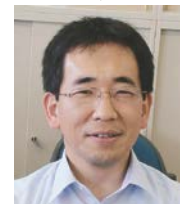
- 1) 渡邊一弘、堀内智司、久保和幸：道路の性格・役割を踏まえた舗装の点検技術の開発、土木技術資料、Vol.55、No.3、pp.26～29、2013.8
- 2) 野並健斗、橋本和明、明石行雄：基層以下の混合物損傷が原因で発生するポットホール対策の一考察、土木学会第69回年次学術講演会、V-569、2014.9
- 3) 八木浩一：自動車のばね上観測加速度からの路面縦断プロファイルの推定とその精度検証、土木学会論文集E1（舗装工学）、Vol.69、No.3（舗装工学論文集第18巻）、pp.I_1～I_7、2013.12
- 4) 橋高武、奥谷敏雄、大丸浩志：IRIと道路管理画像を用いた路面管理システム、アスファルト、Vol.56、No.229、pp29～33、2013.12
- 5) 菊田征勇、James Maina、松井邦人、董勤喜：複数の時系列データを用いた舗装構造の動的逆解析、土木学会論文集、No.760、V-63、pp. 223～230、2004.5
- 6) NPO法人舗装診断研究会（Pavement Diagnosis Researchers Group）：<http://pdr.org/pdr.php>

渡邊一弘



国立研究開発法人土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 主任研究員
Kazuhiro WATANABE

久保和幸



国立研究開発法人土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 上席研究員
Kazuyuki KUBO