

# 動的たわみ計測装置 (Moving Wheel Deflectometer) の開発と舗装の健全度評価に関する研究 ～たわみ評価法概要と特殊車両での計測結果～

東京農業大学 正会員 竹内康, 川名太  
東京農業大学 学生会員 渡辺晃志  
東京電機大学 フェロー 松井邦人

## 1. はじめに

総延長約100万kmにおよぶ膨大な量に達した舗装道路ストックを限られた予算および人員の制約条件下で適切に維持管理していくためには、従来の事後保全的な維持管理から計画的な維持管理へ早急に移行する必要がある。また、舗装を計画的に維持管理していくためには、ネットワークレベルで舗装の構造的欠陥を迅速かつ的確に把握するとともに、舗装の健全度を適切に評価する手法が求められている。このようなことから、平成24年度～平成26年度の3ヶ年にわたり、車両制限令に抵触しない車両を用いて走行しながら舗装路面のたわみを評価する動的たわみ測定装置 (Moving Wheel Deflectometer, MWD) を試作するとともに、FWD との計測精度の比較を行ってきた。

平成24年度～平成25年度には、(独)土木研究所・舗装チーム所有の促進载荷用特殊車両を用い、国総研外周路において検討を行ったが、一般道での計測を行うために平成25年度～平成26年度には中型車両を整備し、国総研外周路および一般道での検討を行った。本報告では、MWD でのたわみ評価法の概要を述べるとともに、促進载荷用特殊車両を用いて得られた研究成果について述べるものである。

## 2. MWDの計測システム

MWD では、計測車両後軸上の車体に図-1、図-2に示すように3台のドップラー振動計を設置し、走行に伴う路面のたわみ速度を計測している。使用したドップラー振動計はドイツ・ポリテック社製のセンサヘッド OFV-503 およびコントローラ OFV-5000 から成る3組の計測システムである。

路面が理想的に平たんな場合、ドップラー振動計のレーザ光を路面に照射して計測される速度は瞬時のたわみ速度である。しかし実際には、ドップラー振動計では路面凹凸に起因する走行時にタイヤおよびサスペンション等の振動速度もあわせて計測している。本研究では、タイヤおよびサスペンション等

の振動速度を除去するために、平成24年度は移動平均処理、平成25年度は Daubechies のマザーウェーブレットを使用した離散ウェーブレット解析によるフィルタリングで車両振動成分を除去した。なお、離散ウェーブレット解析では、センサ架台に設置した加速度計の振動波形が概ね平たんになるレベルのフィルタを試行錯誤的に決定し、ドップラー振動計の計測結果に適用した。

また、本研究では、式(1)に示すようにガウス関数にてたわみ形状を近似することとした。

$$w = a \cdot e^{-b(x-d)^2} \tag{1}$$



図-1 载荷用車両に設置したドップラー振動計

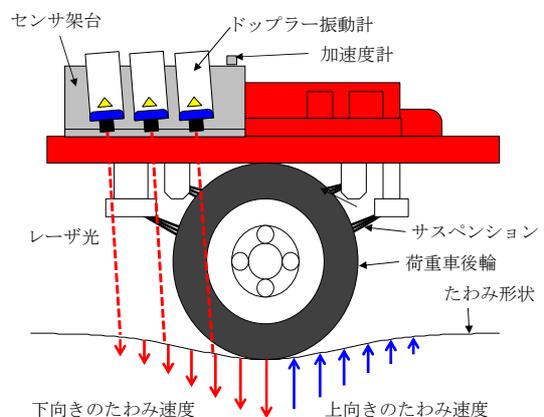


図-2 ドップラー振動計によるたわみ速度計測

キーワード 動的たわみ計測装置, ドップラー振動計, 舗装の健全度評価, FWD

連絡先 〒156-8502 東京都世田谷区桜ヶ丘 1-1-1 TEL : 03-5477-2334

ここに、 $a$ ：最大たわみ、 $b$ ：たわみ形状に関する係数、 $d$ ：最大たわみの発生位置、 $x$ ：距離である。

式(1)より求まるたわみ角( $dw/dx$ )は、車両走行速度を  $V$  とした場合、たわみ速度( $dw/dt$ )と式(2)に示す関係がある。

$$\frac{d}{dx}w = -\frac{1}{V} \cdot \frac{d}{dt}w \quad (2)$$

本研究では、式(2)に最小自乗法を適用しフィルタリング後のたわみ速度から  $a, b, d$  の値を算出した。

### 3. 国総研外周路でのたわみ計測精度の検討

平成 24, 25 年度の研究では、試験時の安全性等の観点から図-3 に示す国総研外周路西側の直線部、南端の橋梁部アンダーパスから北端の車両駐車スペースまでの外周路直線部約 1400m 区間を選定し、MWD 走行試験および FWD 載荷試験を行った。なお、図-1 のドップラー振動計設置位置は、後軸車輪中心から 26.6, 45.2, 68.2cm であり、走行試験時の走行速度は 10, 30, 50km/h とした。

MWD 走行試験結果と FWD 載荷試験の関係は図-4 ~ 図-6 に示す通りである。なお、各図の凡例 2012 は平成 24 年度に計測した MWD たわみ、2013(1)、2013(2)は平成 25 年度の MWD たわみを示している。

これらの結果を比較すると、分散ウェーブレット解析によってノイズを除去することによって、昨年度よりも最大たわみの推定精度が遙かに向上しており、FWD たわみと MWD たわみが概ね一致していること、走行実験の再現性も高いことがわかる。特に、500m 付近と 1350m 付近の、比較的広範囲にわたって支持力が低下している箇所、つまり FWD たわみが大きくなっている箇所は、走行速度にかかわらず FWD と同程度の値となっていることがわかる。

一方で、走行速度が速くなると、全体として MWD たわみの感度が低下し、FWD たわみとの一致度が低下しているのがわかる。例えば、10km/h のときには検出していたような 980m 付近の局所的なたわみの増加が検出できていないことがわかる。これは、走行試験は、サンプリング周波数を 2000Hz で固定して

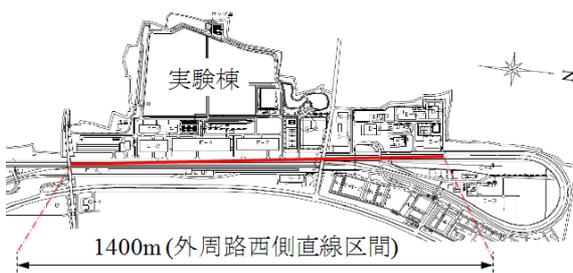


図-3 MWD 走行試験, FWD 試験実施箇所

いるため、走行速度によって単位距離あたりのデータ数が変化したためであると考えられる。そのため、今後は走行速度に応じてサンプリング周波数を変化させ、データ密度をあわせた場合の検討が必要になるものと考えられる。しかし、使用した促進載荷用車両のエンジン型式が古く一般道で走行できない可能性が高いため、我々の研究グループが所有する中型トラックを改良し、ドップラー振動計を含む計測システムを移設した。また、路面凹凸による走行中の輪荷重変化や路面温度の変化が計測たわみに影響を及ぼす可能性があることから、路面温度と輪荷重の計測システムをあわせて設置することとした。

4. 謝辞：本研究は、国土交通省の新道路技術会議で採択され、国土技術政策総合研究所から委託された「舗装路面の動的たわみ計測装置の開発と健全度評価に関する研究」により得られた委託研究成果の一部である。また、FWD データは(独)土木研究所舗装チームのご協力を得て計測したものである。ここに感謝の意を表するものである。

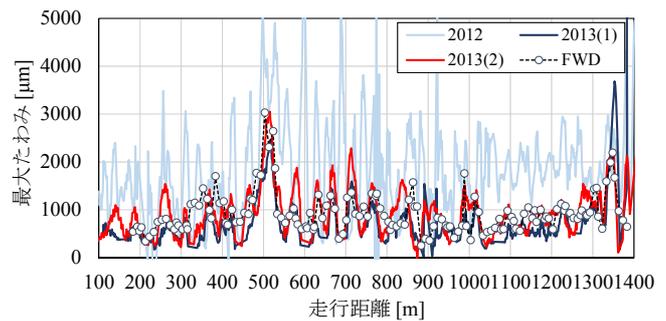


図-4 MWD と FWD のたわみ計測結果(10km/h)

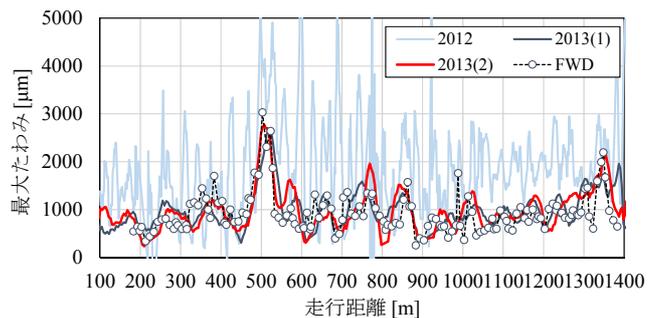


図-5 MWD と FWD のたわみ計測結果(30km/h)

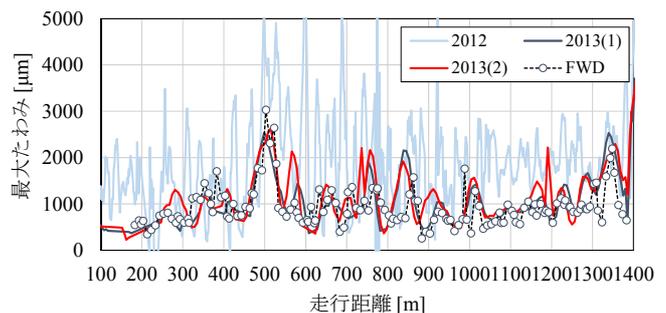


図-6 MWD と FWD のたわみ計測結果(50km/h)