

供用中の高速道路における移動計測車両の路面高さ測定の精度向上への取組み

株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北 正会員 澤野 幸輝
 正会員 ○山家 信幸, 正会員 村山 暢, 正会員 松崎 孝汰
 クモノスコーポレーション株式会社 亀井 志郎
 東日本高速道路株式会社 山形管理事務所 木村 桂

1. はじめに

高速道路は地域間を結ぶ巨大な線状の構造物で、観光などの人流・物資の輸送および緊急時の経路など多くの社会的な役割を担っている。広域に発達した高速道路網は、氾濫平野・自然堤防・湿地や丘陵地など様々な地盤環境下において、切土・盛土や橋梁など構造形態が異なる区間を繋ぎ建設しており、基礎地盤状況や構造形態の変化点付近などでは不同沈下が発生しやすい（写真-1）。高速道路の性能維持では、道路利用者の安全性や利便性を保つために路面の平坦性の確保も重要な項目の一つである。しかしながら、前述した不同沈下や、舗装面のわだち掘れ・



写真-1 軟弱地盤上における不同沈下の例

段差などにより、路面の平坦性は低下する。特に軟弱地盤上に建設された盛土区間では、供用開始後の残留沈下の長期化、大きな残留沈下量により縦断線形や路面の排水勾配に異常が生じるなど、高速道路の性能維持で問題となり、通常のオーバーレイ工による補修よりも大規模な補修工事が必要となる。計画的に高速道路の補修工事を行うためには、縦断線形の異常区間の抽出、沈下速度と将来的な沈下量の推定を行うことが重要であり、継続的な路面計測が必要である。本稿は、供用中の高速道路で行った移動計測車両による路面計測結果から、鉛直方向の測定値のバラツキを補正し、路面高さ測定結果の精度を高める取り組みについてまとめたものである。

2. 路面縦断測量の問題点

一般的に路面の縦断測量は水準測量で行われており、本線交通への影響を抑えるため路肩部で測量を行うことが多い（図-1）。また、道路利用者の安全確保から舗装面に計測ピンを設置しないことも多く、その場合は測定に先立ち測定位置を復元する必要がある。本線上の測量は、走行車線との非常に近い位置で作業を行う（写真-2）ため、交通規制を行い作業員と道路利用者の安全を確保する必要がある。しかし、多くの路線では高速道路の維持管理に関わる他工事も行われているため、交通規制を行える期間に制限がされる場合がある。

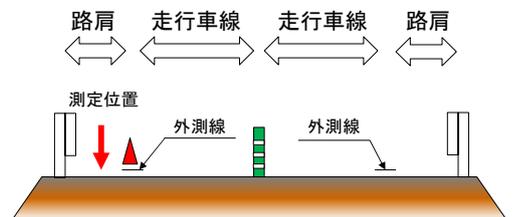


図-1 路面縦断測量の測定位置の例

一方、近年はMMSに代表される移動計測車両による路面計測も行われてきている。この方法は、計測機器類を搭載した車両が本線上を法定速度で走行しながら路面を計測するため、交通規制が不要・現地計測時間が少ない・対象物を三次元的に測定・成果は高い汎用性を有するが、データ数が多く処理作業は煩雑などの特徴がある。ただし、この測定結果は水準測量と比べ許容誤差が大きく、変位速度が数cm/年と小さいと測定値のバラツキの方が大きくなる場合があり、データの整理には十分な注意が必要である。



写真-2 本線上での測量の作業状況

3. 基準高さと計測高との比較

移動計測車両による測量とは、車両に搭載した各種の計測機器により地形・地物等を移動しながら計測し、数値

キーワード 路面測量, 高速道路, GPS, 誤差

連絡先 〒980-0013 宮城県仙台市青葉区花京院 2-1-65 花京院プラザ 14F TEL : 022-713-7290

地形図データを作成するものである。基本的構成は GNSS 測量機, IMU, 走行距離計, デジタルカメラ, レーザ測距装置からなる。移動計測車により標高点を測定する場合, その許容偏差は 0.25m (地図情報レベル 500) ~ 0.66m (地図情報レベル 2500) りと比較的大きい。表-1 は今回使用した計測機器の諸元をまとめたもので, 計測機器自体の精度が高く, 法定速度 (70km/h) の走行でも地図情報レベル 500 に対応できる。今回の計測は, 東北中央自動車道の山形上山 IC~東根 IC 間, 米沢北 IC~南陽高島 IC 間の総延長 35.9km で実施した (図-2)。なお, 各 IC でキャリブレーションを行い, 計測誤差の累積が最大となる各 IC 中間付近の上下線に標定点を設置した。計測値の抽出は 100m 間隔とし, 計測値のバラツキの程度を確認する目的で各 IC 間を 10 回測定した。また, 各評定点で行った基準点測量結果と移動計測車両での測定値との比較を行った。

表-1 測定機器の諸元

項目	ペガサス II
レーザー スキャン密度	約100万点/秒
回転数	200 rps
レーザー 距離計測精度	0.2 mm
レーザー到達距離	119 m
IMU (慣性観測装置)	200 Hz
絶対位置精度	15 mm以内

図-3 は, 各評定点における基準測量による測定値 (以下, 基準高という) と移動計測車両による測定値 (以下, 測定値という) との差と, 延長 2.5km (天童 IC~東根 IC 間の 1/2) の 4 級水準測量と 1 級水準測量の許容誤差範囲をまとめたものである。測定値の大半は 1 級水準測量の許容誤差範囲内であるが, 4 級水準測量の許容誤差を超過する値もみられる。今回の計測は全区間を 6 日間 (各 IC 間は 2~3 日間) で計測しており, 計測値に残留沈下などの経時変化の影響は極めて小さく, この値のバラツキは偶発的に発生したものと考えられる。確率曲線の特徴から測定値の真値は偏差範囲 ($\pm\sigma$) に存在すると考えられ, この偏差範囲内の平均値を採用値とした。

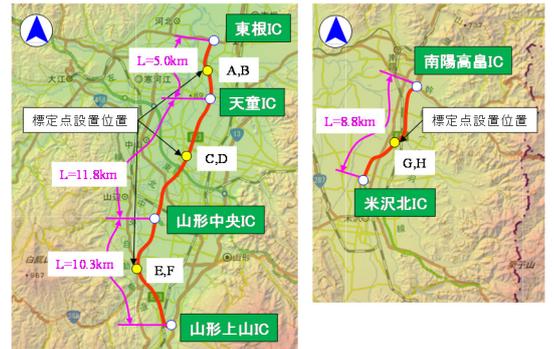


図-2 路面計測区間 (電子国土 WEB に加筆)

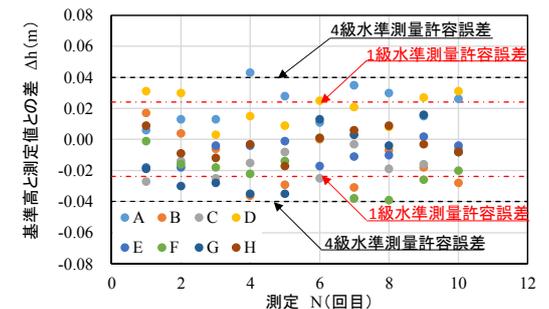


図-3 各評定点における基準高と測定値の差

4. 採用値についての考察

図-4 は, 測定回数が N 回目と N-1 回目の採用値の差をまとめたもので, 事前計測とは今回の計測に先立ち日本海東北自動車道の酒田 IC~酒田みなと IC 間で行った試験計測結果, 路面高さは評定点の位置から $\pm 100m$ 地点の路肩部 (外側線からの離隔 0.5m) での測定結果である。この図より, 測定回数を増やすと採用値の“バラツキ”が収束し, 包括線 ($y = \pm 0.00674 \times e^{-0.263x}$) の値は測定回数 28 回目で概ねゼロとなり, 28 回目以降の採用値は概ね一定値となると考えられる。包括線の近似式で測定回数 10 回目から 28 回目までを積分した値は ± 0.018 となり, 測定回数 10 回の誤差範囲は $-0.02 \sim 0.02m$ 程度と考えられる。なお, 各評定点で 10 回目の採用値と基準高との差は D 地点を除き $\pm 0.019m$ 以内 (D 地点は 0.024m) で前述の誤差範囲と概ね一致する。また, 上下線の路肩部での測定点 (100m 間隔) 711 地点のうち, 640 地点 (約 90%) で計測回数 10 回目と 9 回目の採用値の差は包括線の範囲内となった。

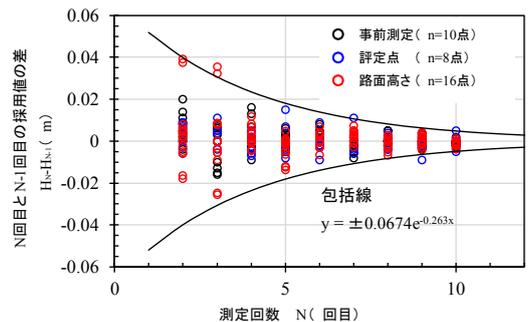


図-4 N 回目と N-1 回目の採用値の差

5. まとめ

長い区間の路面計測を短時間で行える移動計測車両の特徴を生かし, 同一区間を数日以内に複数回の計測を行い経時変化による影響を小さくすることで, 採用値の“バラツキ”を低減することができた。ただし, 単純に水準測量と移動計測車両による路面計測を比較すると, 後者はデータ利用の拡張性が高いが, 経済性は前者の方が有利となるため道路利用状況や計測区間の延長などの作業条件を考慮し, 測定方法を判断することが必要である。

参考文献

1) 国土交通省 国土地理院; 移動計測車両による測量システムを用いる数値地形図データ作成マニュアル (案), pp. 8-pp. 9, 2013. 6