

新技術を活用した構造物周辺堤防における拔上がり量の計測試験について

国土交通省東北技術事務所 正会員 高田 浩穂 法人会員 千葉 孝寿 安倍 徹
株式会社パスコ東北事業部 正会員 中川 玉美 法人会員 近 政英 山崎 崇徳

1. はじめに

樋門樋管など横断構造物のある構造物周辺堤防では、杭で支持された構造物と堤防との間に空洞が生じ、高水時には水みちとなる恐れがあり、河川管理上、特に注意が必要な現象である。この現象は構造物周辺堤防が拔上った様に盛り上がるため(以後、「拔上がり」と称す)、点検時には拔上がり箇所を水準測量又は棒尺を使った簡易測量で周辺堤防との高さの差分を計測しているが、構造物周辺堤防は数多くあり、定期点検や地震後の緊急点検等では把握に時間が掛かっている。

そのため、構造物周辺堤防の拔上がり量の計測について、新技術を活用して迅速かつ安価に把握する方法について検討を行った。



図1 構造物周辺堤防における拔け上がり現象の例

2. 拔上がり計測への新技術の活用について

近年、道路管理や台帳作成等の測量技術として、車輻にカメラやレーザースキャナ、GPS、IMUを搭載(図2)して、道路を移動しながら連続して計測するモバイルマッピングシステム(以下、「MMS」と称す)が活躍している。特徴は、GPSやIMUによる計測精度を確保しながら、走行上の路面形状などを連続して計測できる点である。計測対象物を3次元として把握が可能となる。



図2 MMS搭載の機器

3. 構造物周辺堤防での拔上がり計測試験

実際に拔上がりが発生している構造物周辺堤防を使い、MMSが拔上がり区間の堤防天端上を走行して、拔上りを的確に把握できるか計測試験を実施した。

(1) 試験地状況、及び試験条件

24 cmの拔上がりが発生している鳴瀬川水系吉田川の樋管の堤防を試験地とし、拔上がりの堤防天端上をMMSが走行し、表1に示す車速とレーザ照射数を変化させて計測を行った。レーザ照射数は、近距離・低密度レーザ搭載機器(以下「ショートレンジMMS」と)、高密度なデータ取得が可能な遠距離・高密度レーザ搭載機器(以下、「ロングレンジMMS」)の2種類のMMS機器を使用した。また精度検証として、4級水準による堤防縦断測量(縦断間隔50 cm)も行なった。

計測速度	レーザ照射数			
	ショートレンジMMS 近距離・低密度 照射距離:20m	ロングレンジMMS 遠距離・高密度 照射距離:180m		
10 km/h	1.5 万発/秒	15 万発/秒	30 万発/秒	55 万発/秒
20 km/h				
30 km/h				

表1 MMSによる拔上がり計測試験の条件

(2) 拔上がりの計測測線の設定について

計測試験を行った堤防天端を図3に示す。図中の横断方向の破線は拔上がり最も高い位置である。天端幅員は約5 mあり、MMSは天端中央付近を走行して天端幅全幅をレーザ計測した。また天端両端にはガードレールや轍掘れ、草が繁茂しておりレーザが的確に地盤面を把握できないため、アスファルト面の天端中心部分を拔上がり計測の縦断測線として設定した。



図3 拔上がりのある試験地の天端状況

(3) 拔上がり計測の結果

堤防縦断方向に樋管を中心として上下流へ各35mの計70m区間でレーザ計測し、堤防縦断を作成したものを図4(標高段彩図)と図5(堤防縦断図)に示す。

キーワード 新技術、MMS、樋門樋管、拔上がり、堤防点検

連絡先 国土交通省東北技術事務所 〒985-0842 宮城県多賀城市桜木3-6-1 TEL022-365-8211 (代)

拔上がり箇所は、図4の標高段彩図（高さ 1 cm 間隔で色階調として表示）や、図5の縦断面図でも明瞭に判別でき、MMS レーザー点群による連続した計測の長所が示されたものである。

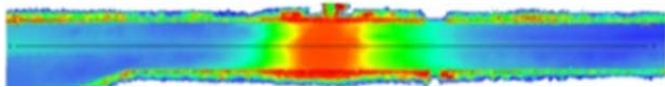


図4 拔上がり箇所の標高段彩図（図5の高さを色階調で表示）

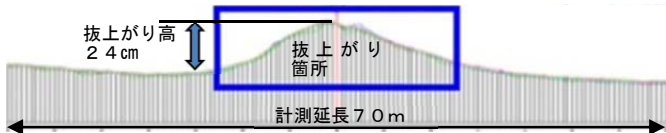


図5 拔上がり箇所の堤防縦断面図（枠線は図6のエリア）

表1の各試験条件で計測した縦断面図を図6に示す。MMSは縦断面図の左から右側方向へ向かって走行し、道路凸部である拔上がり箇所では車速が早いと車がバウンドし、拔上がり箇所通過時の前後でレーザー計測に影響があることがわかった。最も影響が大きかったのは、ショートレンジMMSの車速 20 km/s と 30 km/s であり、計測値が水準測量と比較して乖離が大きくなった（図7）。ロングレンジMMSでは走行速度によらず安定した精度が確保でき、ショートレンジMMSでも 10 km/s では拔上がり走行によるブレが抑制されている。

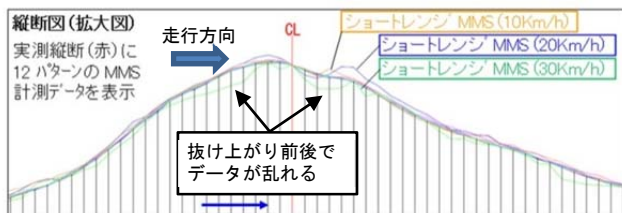


図6 試験条件別の拔上がり箇所の堤防縦断面図

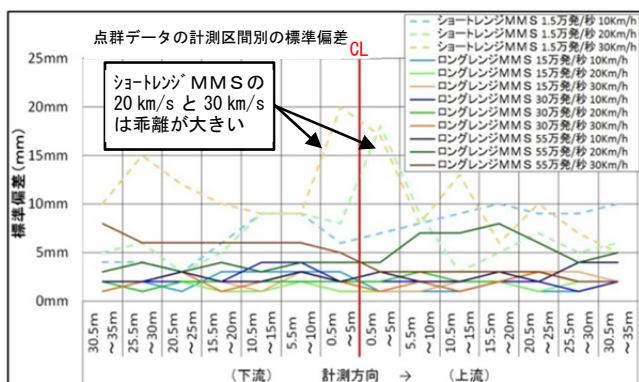


図7 計測点群データと水準測量値との偏差

4. 計測データの解析時間

計測したレーザー点群のデータを解析して、いち早く拔上がりを表示するためには、解析時間も重要であり、表2に試験条件別に解析時間を整理した。外業となるMMS計測時間は全て1時間であるが、内業時間はロングレンジMMSでは4～8時間を要し、ショートレンジM

MSでは唯一精度が確保できた 10 km/s のみを示したが4時間を要した。

このため精度が確保できた計測の中で、最も解析時間が短いのは、ショートレンジMMS 10 km/s とロングレンジMMS 30 km/s（15万発/秒）であった。

計測速度	レーザー照射数							
	ショートレンジ MMS				ロングレンジ MMS			
	1.5 万発/秒		15 万発/秒		30 万発/秒		55 万発/秒	
	外業	内業	外業	内業	外業	内業	外業	内業
10Km/h	約 1.0h	約 4.0h	約 1.0h	約 6.0h	約 1.0h	約 7.0h	約 1.0h	約 8.0h
20Km/h	—	—	約 1.0h	約 5.0h	約 1.0h	約 6.0h	約 1.0h	約 7.0h
30Km/h	—	—	約 1.0h	約 4.0h	約 1.0h	約 5.0h	約 1.0h	約 6.0h

注) 外業はMMS計測(堤防天端50mの区間)と現地データ確認の作業時間(移動等含まず)。内業は、計測データの処理から縦断面図作成までに要した時間。

表2 試験条件別のレーザー点群データ解析時間

5. 拔上がり計測方法の総合評価

試験地でのMMS計測の検討結果から得られた知見をもとに、精度と速度との相関図を図8に作成した。この図から、精度と迅速性はそれぞれ相反し、精度を重視すると点群密度及びデータ容量は増大することから解析に多くの時間を要し、結果として迅速性に欠け、コスト高を招くこととなる。一方、低いコストで計測速度を上げることにより、点群ブレの発生や点密度が低くなり的確性を欠く結果となることがわかった。

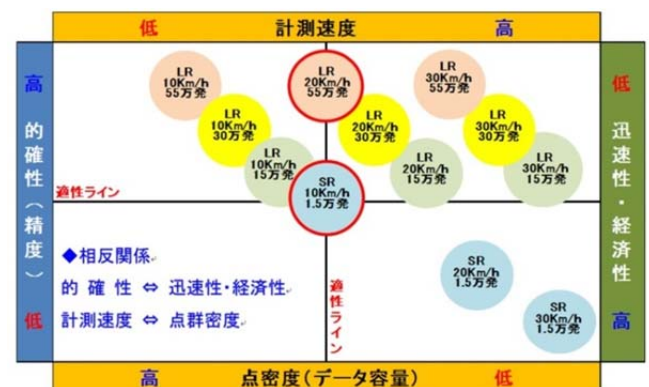


図8 MMSによる拔上がり計測における精度と速度との相関図

6. まとめ

国内で最も導入台数が多いのはショートレンジMMSであるが、拔上がり計測では低速度 10 km/s でなければ精度確保が厳しいという結果となった。一方、レーザー照射密度が高いロングレンジMMSは 30 km/s の速い計測も可能であるが、導入台数は少ないというデメリットがある。そのため、両機種をどのように運用していくか、今後検討する必要がある。

また、MMSで得られた精度の高い計測値をもとに、構造物周辺堤防における変状や空洞の有無判定についても、今後、知見を高めていく必要がある。