

長距離MMSデータを用いた2時期堤防比較について

国際航業株式会社 正会員 ○井上浩一，藤木三智成

国際航業株式会社 堀川毅信，鳥田英司，阿部亮吾，徳岡杜香

1. はじめに

平成27年9月に関東東部を襲った「気象の極端化」に伴う豪雨は、築堤を越水し破堤させ、広範囲に及ぶ洪水被害を生じさせた。通常の堤防は、土で築造される場合が多く、越水に対して脆いことから土堤の天端高の維持管理の重要性を改めて認識させられた。

本稿は、軟弱地盤上に築造される堤防において発生が懸念される「沈下」「陥没」「不陸」等の把握に対して、MMSで取得した画像データやレーザデータの活用方法について検証した結果を報告するものである。

2. 検証の概要

検証に使用したMMSは図1及び表1のとおりである。MMSにより、堤防天端からの計測による死角軽減対策や堤防天端データの二時期比較により、効率的な河川堤防管理の実施可否について検証した。

3. MMSによる死角軽減対策について

河川堤防は形状や植生の影響から計測上の死角が生じ、MMSで堤防全体を捉えることは容易ではない。

3.1 画像データによる死角軽減対策

往路及び復路計測で取得した画像データで死角について確認した。計測位置にもよるが、カメラ画像から確認された死角の発生は、写真1のような状況であった。特に堤防パラペット（特殊堤）付近で法面に死角が発生しやすいが、法肩部からの計測で死角発生が減少する状況が確認できた。

3.2 レーザデータによる死角軽減対策

法尻、天端往復走行や高所からの計測で取得したレーザデータによる死角軽減対策は、表2のとおりである。

表2 レーザデータによる死角軽減対策

低減対策	低減効果	検証結果
法尻走行 (天端走行併用)	点群密度が減少する小段や法尻等のデータ密度を補完	堤防法面の点群密度を増加させ、植生や照射角度による死角軽減効果は確認できたが、植生部のデータは植生表面と地盤面が混在し、堤防法面形状を精度良く再現することはできなかった。
堤防天端の 往復走行	法肩・法尻等で発生する死角に対し、法肩部の往復走行で死角発生範囲を縮小	点群密度は増加するが植生の死角軽減効果は確認できなかった。これは、植生上面の点群密度は増加したが、植生を透過しておらず、地盤面の点群密度が増加しなかったためである。
高所からの 計測	高所MMSでレーザの入射角を大きくすることで、植生の透過範囲を拡大	通常MMSに比べ植生を透過しやすくなることが確認できた。法尻部からの計測は、さらに透過しやすい結果となった。レーザの照射位置を高くすることで、植生による死角軽減には有効であるが、植生の繁茂状態によって死角領域（レーザの未透過部）が残る結果となった。



図1 使用したMMS 外観

表1 使用したMMSの機器諸元

	通常MMS	高所MMS
レーザスキャナ	最大30万点/秒×2台	最大101万点/秒×1台
スチルカメラ	500万画素×4台	—
全方位カメラ	解像度1600×1200	—

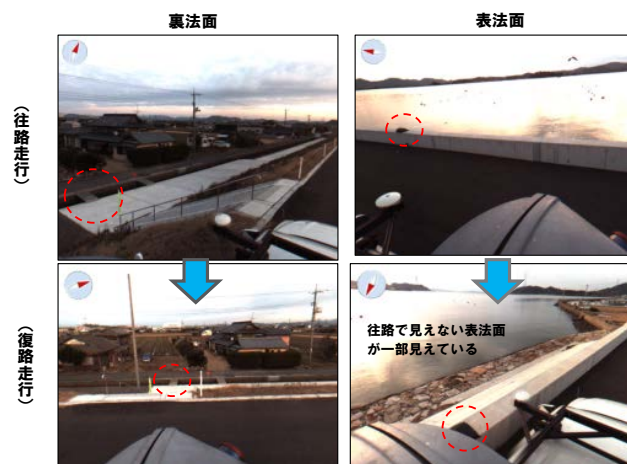


写真1 全方位カメラ画像

キーワード レーザ計測，MMS，河川堤防，3次元地形モデル

連絡先 〒660-0805 兵庫県尼崎市西長洲町1丁目1-15 国際航業株式会社 TEL 06-6487-1280

4. MMS計測の2時期比較について

河川堤防の天端は、圧密に伴う沈下だけでなく車両通行による不陸や轍でも変形し、局所的に雨水が集中し堤体肩部の浸食、内部浸透による堤防の弱体化を引き起こす原因ともなる。

このため、軟弱な地盤上に築造されることが多い堤防地形（天端）の経時変化を把握することは、異常出水による越水防止を図る上でも有効である。

4.1 MMS データによる DEM 作成

レーザデータを DEM 化して作成した2時期の堤防天端縦横断面図の比較から得られた結果をもとに、MMSデータの活用と精度について検証を行った。

図2は、検証を行った河口から1.4km～2.0km区間の右岸部堤防平面図で、2時期DEMから得られた差分解析結果（着色部）を示したものである。図3はDEMから作成した3次元地形モデルである。堤防天端は全体的に薄橙～薄緑（0～±2.0cm）の区分であり、堤防天端でデータ差分値が小さいことが確認できる。

4.2 堤防天端の縦断比較検証について

MMS計測を行った堤防断面形状及び、堤防天端と2車線道路の取合い、縦断面図2時期比較の検証位置（6測線）を図4に示した。

堤防天端中央部（C）、C+1.5m、C+3.0mの法線を設定し、2時期縦断重図を作成した（図5）。MMSレーザで計測された堤防天端中央（C）、C+1.5mの2測線で、の包括的縦断勾配は1/3,500と想定される。図中矢印部では、縦断地形の凹状況が確認できる。また、表3のとおり2時期の差分では、堤防天端（C）とC+1.5mの測線上で数mm単位の偏差で、最大偏差で2cm以下、標準偏差2～3mmとなった。C+3.0mの測線で偏差の大きな箇所は、堤防法面位置であることが確認できる。

4.3 比較検証の結果

- 1) MMSデータによるDEMの2時期比較では、縦断重図や差分値の標準偏差から縦断地形の再現性は高く、堤防天端の計測データによるDEM差分比較で堤防沈下の確認が可能と判断される。
- 2) 2時期差分の大きい区間は、法面区間の地形誤差に起因しており、植生やレーザの照射角度の影響により、誤差が生じたと考えられる。
- 3) MMS計測による死角低減対策としては、堤防法面における植生の影響に対して課題が残った。

5. おわりに

本稿では、軟弱地盤上に築堤された堤防の点検手法として、2時期DEMの3次元地形モデルから作成した縦横断面図により判断できる計測精度や計測データの経年変化について、効果的に比較する手法を検討・整理したものである。将来の維持管理はMMSの特徴を生かしながら従来手法と組合せて活用することが有効である。

参考文献

- [1] 藤原博行他、2012.11、MMSから作成したレーザ点群オルソ画像の精度検証、日本写真測量学会秋季学術講演会
- [2] 島野宗太他、2013.11、長距離型MMSシステム（MX-8）による精度検証、日本測量学会

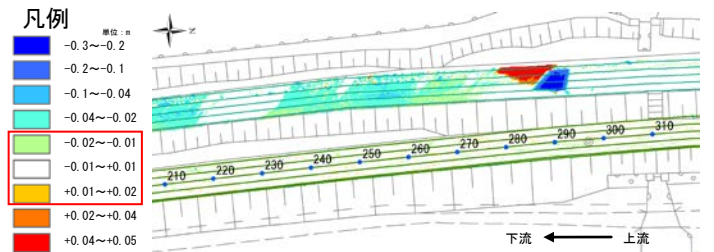


図2 2時期差分平面図

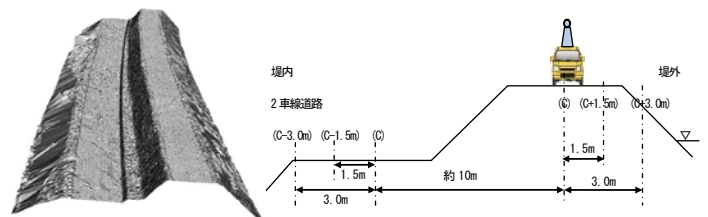


図3 3次元地形モデル

図4 検証箇所の堤防形状

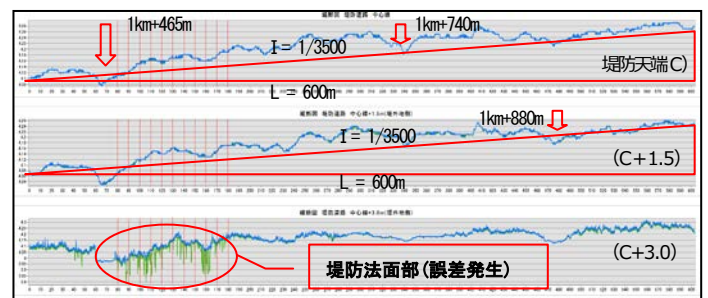


図5 堤防天端の2時期（青：H25、緑：H26）縦断重図

表3 2時期の差分検証結果

検証項目	中央 (C)	C+1.5m	C+3.0m
偏差 (+)	0.010m	0.010m	0.010m
偏差 (-)	-0.013m	-0.014m	-0.237m
平均値	0.000m	-0.001m	-0.011m
標準偏差	0.002m	0.003m	0.024m