

# LP で取得した堤体表面 DEM データ精度に与える植生の影響について

愛媛大学 正会員 ○陣内 尚子  
愛媛大学 正会員 岡村 未対

## 1. はじめに

河川堤防は古くから徐々に築堤されたため、内部の材料や構造が不明である。また、堤体や基盤に比較的透水性の良い土質が存在すると、降雨や高水の繰り返し作用により、パイピングが進行し、洪水時の破堤に結びつく可能性がある。これに対し、現存の堤防に関する主なデータは、およそ延長 1km 毎のボーリング調査結果である。堤体の不均一性が極めて高く、状態が経時的に変化し、さらに堤体のごく局所的な欠陥が破堤に繋がる被災の特徴からして、この調査頻度で危険箇所を精度よく抽出するのは現状では不可能といって良い。一方、近年では UAV 等からの高精度の写真やレーザー測定により取得した、高密度・高精度のリアルタイム地表面形状情報から堤防内部の損傷度を評価する技術の研究が行われている(岡村ら, 2017)。そこでは、堤体表面の DEM データの精度が特に重要である。今日では DEM を LP (レーザープロファイラー) で取得することができるが、河川堤防の場合には植生の影響が懸念される。特に LP を搭載した MMS では、路肩走行の自動車から斜め下方に向けてレーザーを照射するため、堤体表面への入射角は小さくなり、植生の影響を強く受けることが想定される。そこで本研究では、MMS に搭載した LP で測定した堤体形状データを用い、堤体表面形状データの精度に及ぼす法面への入射角の影響が漏水が発生した被災箇所と無被災箇所と比較検討した。

表 1 調査対象区間と計測方法

| 区間      | 被災有無 | 堤内側比高 | 法面勾配  | 計測方法と計測日                |
|---------|------|-------|-------|-------------------------|
| 左岸3.0k  | 無    | 5.5m  | 1:2.6 | MMS(H29.9.4, H29.11.16) |
| 左岸3.2k  | 漏水   | 5.7m  | 1:2.6 | MMS(H29.9.4, H29.11.16) |
| 右岸14.6k | 無    | 1.4m  | 1:3   | MMSとUAV(H29.9.4~9.7)    |

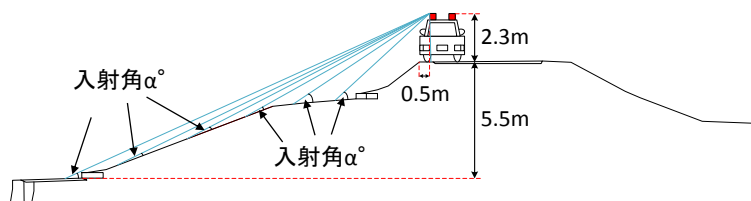


図 1 重信川左岸 3.0k 地点横断面図と車両走行位置

表 2 MMS 及び UAV の仕様

|     | 計測Rate | Shot数    | 走行速度       |
|-----|--------|----------|------------|
| MMS | 100Hz  | 300,000数 | 10~20km/hr |
| UAV | 200Hz  | 500,000数 | 20km/hr    |

## 2. 調査方法とデータの処理

平成 29 年 9 月の台風による高水で漏水が発生した重信川の堤防(左岸 3.2k)と無被災の堤防(左岸 3.0k, 右岸 14.6k)の堤内川堤防法面を調査対象とした。対象区間及び計測方法を表 1 に示す。計測は、LP を搭載した MMS 車両で天端を走行し、あるいは LP を搭載した UAV に堤体直上を飛行させて行った。例として左岸 3.0k 区間の場合の堤体の横断面図と調査に使用した車両の走行位置を図 1 に MMS 及び UAV の仕様を表 2 に示す。また、植生の影響を低減するため計測の数日~30 日前に除草を行った。

取得した DEM データの処理方法は次の通りである。まず GIS 解析ソフト(ArcGISDesktop10.5)を用い、MMS 及び UAV の点群データを読み込んだ。点群データを TIN を用いてラスター変換し、左岸 3.0k 及び 3.2k 区間の高水前後の MMS と右岸 14.6k 区間の UAV と MMS の標高差を取り水平間隔 5cm メッシュの標高差データを作成した。これらのデータから堤防縦断方向側線上のデータを抽出した。左岸 3.0k 区間の場合の 7 本の側線(法尻道路上の Line0 から天端に向かって Line6 まで)を図 2 に示す。

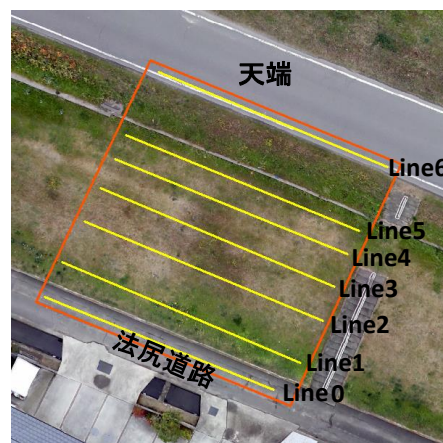


図 2 重信川左岸 3.0k 区間と側線位置

キーワード 河川堤防, 沈下, MMS

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 番 愛媛大学工学部 TEL 089-927-9820

### 3. 結果と考察

図3は、無被災であった左岸3.0k区間の7側線上の標高差である。法尻道路上のLine0と天端のアスファルト舗装上のLine6とでは標高差はほぼ0である。入射角 $\alpha > 30^\circ$ のLine4, 5では、凸凹は小さく、

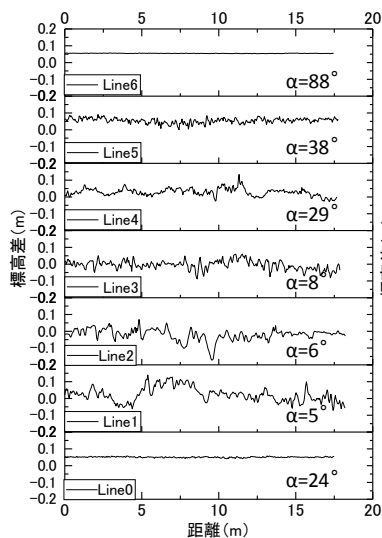


図3 左岸3.0k側線と標高差

$\alpha < 10^\circ$  以下のLine1, 2, 3は凸凹が大きいがわかる。この区間は、無被災で堤体表面変化はなかったが、除草をしても入射角に応じた凸凹が生じてしまうことがわかる。図4は、無被災であった左岸3.0k区間と右岸14.6k区間における距離10m毎の標高の最大値と最小値の差を $\alpha$ に対してプロットしたものである。道路上の側線では $\alpha$ によらず2cm以下である。植生のある法面でも $\alpha > 40^\circ$ であれば最大値と最小値の差、すなわち植生による見かけの凸凹は6cm以下と比較的小さい。一方、 $\alpha < 40^\circ$ では見かけの凸凹が大きくなる

ことがわかる。次に法尻部で漏水があった左岸3.2k区間の8

側線上的の見かけの凸凹を図5に示す。この区間では高水中の観察により、法尻付近で数十cm間隔に多くの個所で小さな漏水が見られたが、法面に顕著な陥没やすべりはなく、噴砂もなかった。図5のLine7は天端のアスファルト舗装上で標高差はほぼ0であるが、Line7以外の側線は全体的に凸凹が大きいがわかる。図6はL3.2k区間の見かけの凸凹と入射角との関係である。法肩に近い測線Line6 ( $\alpha = 35^\circ$ )では見かけの凸凹が10cmから25cmで、無被災地点(図4)と同程度かやや大きめだった。これは、パイピングやすべりなどの大きな変状がない区間であったが、この区間では特に堤体が柔らかく、雨

水が入りやすい箇所であったり水防活動によって表面が踏み荒らされたことなどが原因として考えられる。なお、入射角が小さくなると差分が大きくなる傾向は、無被災箇所と同様であった。

### 4. まとめ

本研究では、LPで取得した堤体形状データを用い、データの精度に及ぼす法面への入射角の影響を高水前後の被災無被災箇所と比較検討した。重信川の無被災箇所と漏水箇所の堤防で、二時期に取得したDEMデータの差分を分析した。無被災箇所でも入射角が小さいと測定誤差が大きくなり、数cm程度以下の誤差で表面の沈下分布を計測するためには除草後でもレーザーの入射角をおよそ $40^\circ$ 以上とすることが必要であることがわかった。

**参考文献** ・岡村未対・平尾優太郎・前田健一(2017):パイピングにより堤体表面に現れる沈下分布の特徴, 河川技術論文集, 第23巻, pp. 399-404.

**謝辞** 本研究で利用したDEMデータは、国土交通省四国地方整備局松山河川国道事務所から提供を受けたものである。記して謝意を表する。

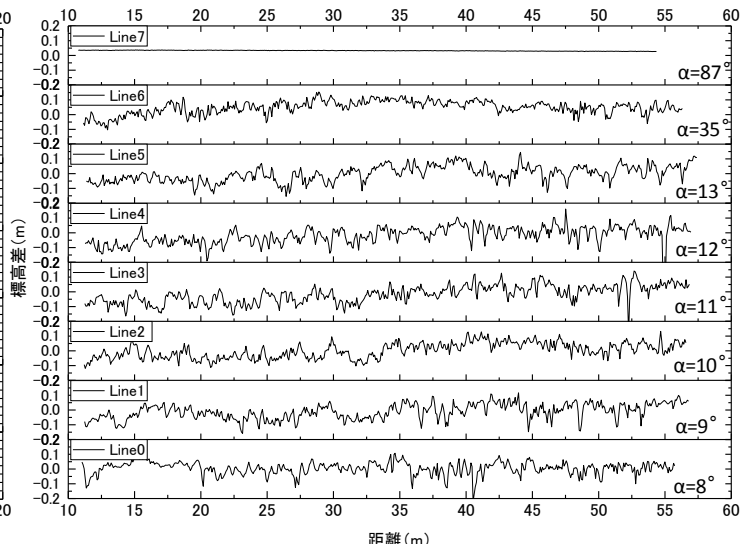


図5 左岸3.2k側線と標高差

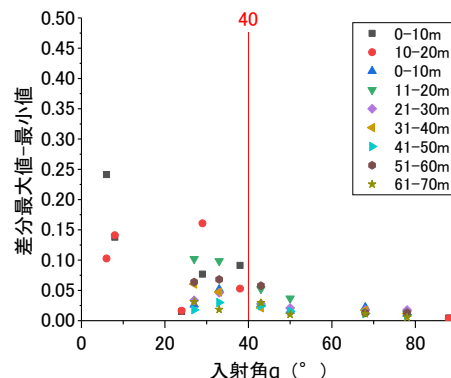


図4 左岸3.0k, 右岸14.6kの差分と入射角の関係

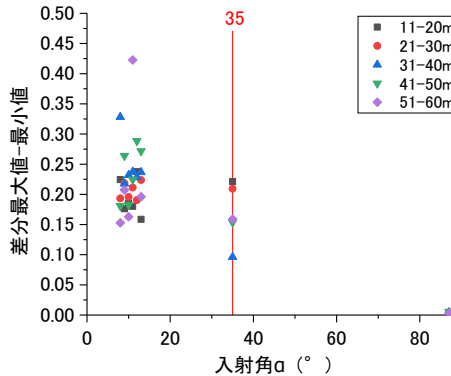


図6 左岸3.2kの差分と入射角の関係