

重信川における維持管理高度化の積極的な取組

松山河川国道事務所 河川管理課

山沖 呼対^{ああつ}

松山河川国道事務所 河川管理課長

石川 洋

松山河川国道事務所 河川管理課河川管理係長

小田 友之

重信川では、H27・H28・H29年と3年連続で堤防変状(陥没・沈下)が発生するなど、河川利用者の安全性確保について課題が出ているほか、樋門・樋管の河川管理施設について操作員の高齢化、後継者不足が大きな課題となっている。このような中、維持管理高度化の積極的な取り組みとして、3Dレーザ計測を搭載したMMSを用いて河川堤防における危険区間を抽出するための検討や簡易な監視カメラを用いて樋門操作の負担軽減、自動化に取り組んでいる。

以上2点について報告する。

キーワード 維持管理、MMS、3Dレーザ計測、CCTVカメラ

1. はじめに

重信川流域には四国最大の都市である松山市をはじめとした3市2町があり、人口約64万人で愛媛県全体の約5割と集中している。重信川の下流平野部は、1600年前後の河道改修によって現在に近いものとなっている。その後、昭和20年に国が河川改修事業に着手し、築堤履歴を重ね、現在にいたっている。当河川の堤防は地域の安全安心・経済を支える重要な施設であるが、平成27・28・29年に変状(陥没・沈下)が連続して発生した。

昨年度までの現況調査で判明した、三次元データを用いた段彩図だけでは堤防変状箇所の判定はできなかったという課題に対する、解決に向けた取り組みを紹介する。

また、樋門操作員については年々、高齢化、後継者不足が大きな課題となっているが、抜本的な対策は、なかなか見つからないことが現実である。そうした中で、安価なCCTVカメラを用い、樋門操作員の負担軽減や樋門操作の自動化に向けての、取り組みを併せて報告する。

2. 新技術を用いた調査概要並びに調査結果

(1) 堤防に対する効率的な危険区間抽出手法の検討

3Dレーザ計測を搭載した、移動計測車両(以下MMS)にて、重信川堤防の堤防天端を走行することで天端ほか法面、小段の3Dレーザ計測を行った。(図-1) 法面での計測密度を向上させるため、堤防天端の川表側に沿った走行と、川裏側もしくは小段上の往

復走行を行い、それらを計測した点群データを用いて下記を実施した。

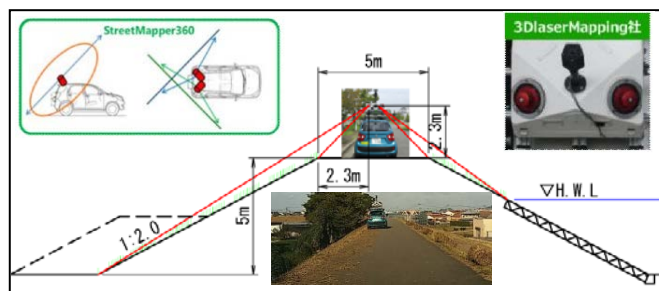


図-1 MMS搭載型3Dレーザ計測概要

1) 変状危険箇所の早期発見に向けた取り組み

これまでの河川堤防調査実績を基に、表-1のとおり要因ごとにまとめ、堤防50m区間ごとに危険度として数値化することで、客観的な要因分析を行った。

陥没箇所では、陥没が発生する前に3Dレーザ計測を行っており、3~4年間で沈下(図-2)が4cm程度進行していた。(連続的か、階段状かは不明) また、陥没事例の約半数が堤体内の異物が要因であった。

以上を踏まえ、陥没等の要因分析の結果より得られた堤防の危険度の高得点箇所において、最新の3Dレーザ計測結果とその直前の計測結果により二時期の比較を行い、陥没発生 の推測を行った。

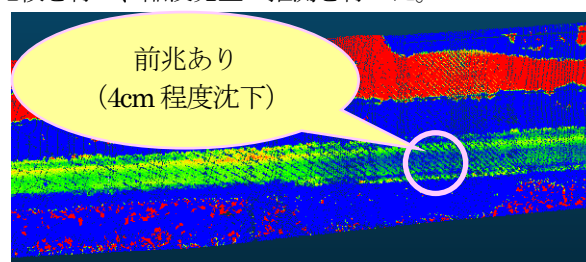


図-2 3~4年間で の沈下

2) 変状進行性の把握

3D レーザ計測は、点群データを採取することが出来る。このデータより、二時期における比較を行った際に高さが変化している箇所が分かりやすくなるために色彩図の作成を行った。(図-3)

次に、二時期における比較を行うため、H29・H30で計測した 3D レーザ計測結果を重ね、差分を階調表示することで変状進行性の把握をした。(図-4)

3) 危険区間の抽出

1) で抽出した危険度と 2) で把握した変状進行性を基に図-5 の距離標別危険区間を抽出した。

4) まとめ

河川堤防は、維持管理の対象延長が長大であるため、目視点検では効率が悪く、見落としも懸念される。

既往の三次元データと3Dレーザスキャナを搭載したMMSの計測結果により、二時期の比較を行うことで堤防の危険区間を効率的に抽出する方法を検討し、実用レベルなものとした。なお、この検討については過年度から継続して実施しており、節目ごとに学識者からの助言等をいただき実施した。

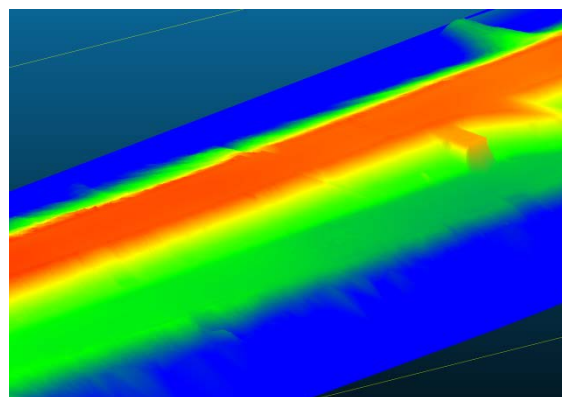


図-3 三次元データ立体色彩図

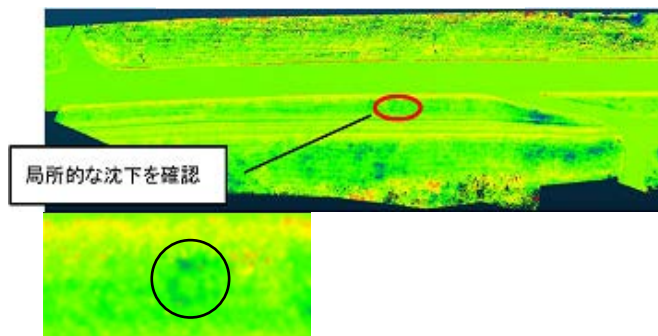


図-4 二時期差分色彩平面図

表 1 陥没箇所及び高危険度箇所の抽出表

		区間	変状度	変状報告	天端利用 状況	小段利用 状況	築堤履歴	水源地	土層構成 (Ags層)	基礎地盤 (Asc層)	盛土	空中写真 (昭和22 年)	改修計画 平面図 (昭和35 年)	堤防質の 評価結果	重要水防 箇所	平均動水 勾配	水頭差	危険度
被災・ 陥没	右岸 2k400	陥没	9.2	川表すべり	管理用通路 (一般車道)	通路	可能性あり	あり	5m以上	砂層	砂層あり	異物有	なし	OUT	あり	以上	以上	12.7
	右岸 2k500	被災(す べり)	6.1	漏水	管理用通路 (一般車道)	通路	可能性あり	あり	5m以上	砂層	砂層あり	なし	なし	OUT	あり	以上	以上	9.0
	右岸 15k700	陥没	0.0	なし	管理用通路	通路	可能性低い	あり	5m以上	なし	確	異物有	あり	OK	なし	以下	以下	3.2
	左岸 3k800	被災(陥 没)	0.0	漏水	管理用通路	小段あり	可能性あり	あり	5m以上	砂層	砂層あり	なし	なし	OK	あり	以上	以上	7.0
	左岸 13k650	陥没	0.0	川表護岸破 壊	管理用通路 (一般車道)	小段あり	可能性あり	あり	5m以上	粘性土層	確	なし	あり	OK	あり	以下	以下	3.3
高 危 険 度	右岸2k350		9.9	漏水	管理用通路 (一般車道)	通路	可能性あり	あり	5m以上	被覆土なし	確	なし	なし	OUT	あり	以上	以上	8.9
	右岸2k900		9.8	漏水	管理用通路 (一般車道)	通路	可能性低い	なし	Ac層含む	砂層	砂層あり	なし	なし	OUT	あり	以上	以上	7.7
	左岸1k850		27.1	漏水	兼用通路	小段あり	可能性低い	なし	5m以下	被覆土なし	砂層あり	なし	あり	OUT	あり	以上	以上	10.0
	左岸5k250		8.2	漏水	管理用通路	小段あり	可能性低い	なし	5m以上	被覆土なし	砂層あり	異物有	あり	OK	なし	以上	以上	9.2

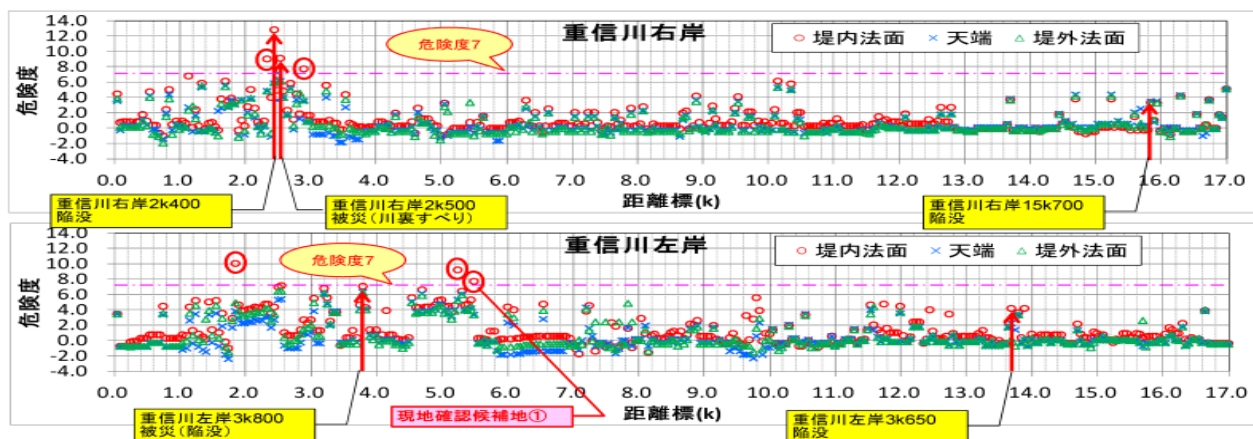


図-5 危険度縦断分布図

(2) 樋門操作の自動化に向けて

現在、樋門操作員は出水の早い段階から出動し、遅くまで待機しているほか、夜間や雨天時における現地確認も負担となっている。そこで、安価な監視カメラ（図-6）を整備し、映像鮮明化技術等の活用による動体検知や水位監視を使い、夜間・雨天時の樋門操作の負担軽減や安全性を確保することを目指している。

今回は歩行者、自転車の河川利用者が多い右岸6k200+90のかきつばた樋門に、簡易な監視カメラを設置し、樋門の開閉時に安全性を確保するべく人や物を区別することとした。

今回、整備を行った監視カメラの検知範囲は、昼間25m程度、夜間最大10m程度のものを試験的に採用した。（図-7）その結果、樋門を安全に操作出来る検知範囲では、人、自転車の検出が可能であった。図-8が実際の検知映像である。人物検知は赤囲いで、動体検知は青囲いで表示される。



図-6 安価な監視カメラ

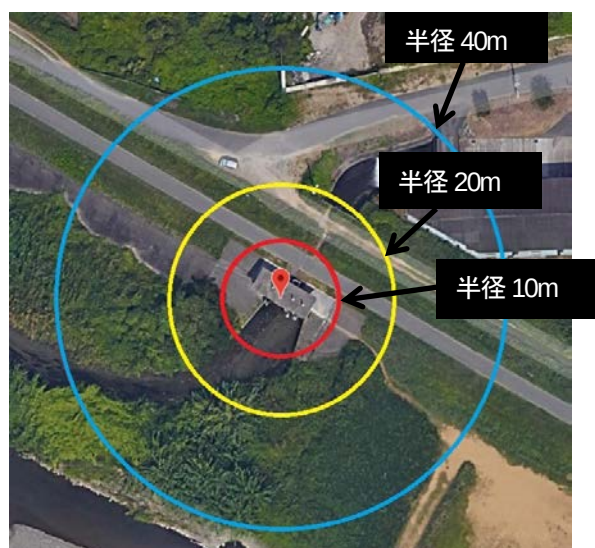


図-7 検知範囲



図-8 樋門監視カメラによる視認状況

3. さらなる発展に向けて

(1) 3Dレーザスキャナを搭載したMMSの計測

今回行った河川堤防での3Dレーザスキャナを搭載したMMSの計測は、車を走行させるだけで三次元データを計測できるという大きな利点がある。しかし、堤防に雑草が繁殖している箇所については、データのばらつきが出るといった課題もあった。（図-9）

入射角とグランドデータの取得精度について、高さ別の誤差を調査した結果、図-10の通りとなった。草丈15cm程度までは、0cm区間と地表面形状の相違は小さいが、草丈20cmを越えると、0cm区間との差のばらつきが大きくなる。

上記の課題について、除草を毎年同じ時期に行う等、工夫を行い草丈が伸びていないときに3Dレーザ計測を行う必要がある。

今後の技術革新により、容易に計測可能となる三次元データを定期的に取得し、二時期比較を行うことにより、変状の進行を取り入れた危険箇所のモニタリングを実施することが出来る。それにより、効率的な堤防の維持管理が行える。

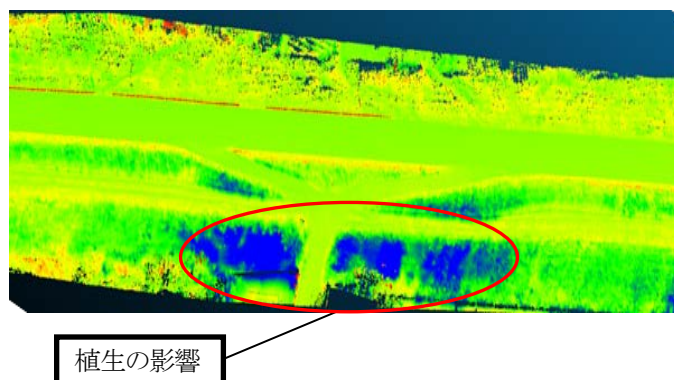
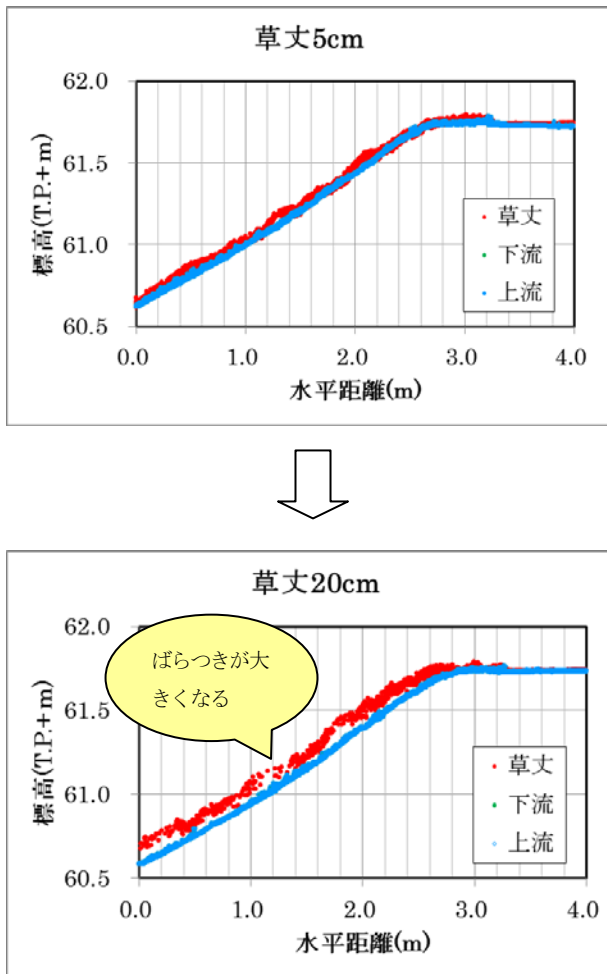


図-9 草丈によるばらつき



図ー10 草丈の高さによる変状値

4. おわりに

今回、新技術を活用して河川堤防の危険区間の抽出及び樋門に安価な監視カメラを設置し機械学習を用いた人物検知を行った。河川堤防の管理としてMMSを用いることにより、走行可能な場所であれば1度の走行で長距離の三次元データを取得できることが大きなメリットである。また、樋門の管理については操作員の高齢化、後継者不足に悩んでいるが、樋門操作の自動化が普及すれば大きな負担軽減策となる。

現在、新技術は格段に技術革新が進んできており、現場でドローンやMMSなど積極的に使用され始めている。

今回の調査は新技術を用いて、河川堤防での点検箇所を選別、樋門操作については負担軽減・自動化を目指し行った。

MMSなどを用いた河川堤防の管理の検証実績は、まだまだ少ないが、新技術を積極的に取り入れてコスト縮減並びに樋門操作の負担軽減、自動化を行えるよう検証していきたい。

(2) 簡易カメラによる人物検知

今回行った調査では機械学習を採用しており、大量のデータをプログラムに与えることで、プログラムは入力と出力の関係を学習している。しかし、機械学習は与えられたデータでしか予測をすることが出来ない。例えば、人が通っていたとしてもイレギュラーな動きをした場合に、人と検知出来ないといった検知率の問題がある。

上記の課題について対応するため、機械学習からディープラーニングに切り替え、イレギュラーな動きがあった場合でもAIが考え検知率を高めていく必要がある。

さらなる樋門の自動化に向けては、河川水位及び流向を考慮し、システム整備を進めていく必要がある。まずは、樋門操作員へ知らせる補助として、今回整備した監視カメラで一定の水位に達した場合にアラームが鳴るよう対応していく予定である。