

河川堤防を対象とした 3D レーザ計測による危険区間の設定手法に関する提案

建設技術研究所 正会員 上山 高史

建設技術研究所 正会員 宗行 正則

建設技術研究所 正会員 岡嶋 義行

建設技術研究所 吉川 智勝, 丸岡雄一郎, 齊藤 智隆

1. はじめに

本文は、3D レーザ計測結果を活用して堤防の陥没危険区間を抽出するにあたり、堤防の陥没に関連する変状抽出に着目したその計測仕様と抽出方法、抽出した変状の危険度を評価するための重回帰分析を用いた数値評価方法、変状の進行性に関する時系列分析方法に関する提案を行うものである。

2. 対象とした河川堤防の概要と課題

2.1 河川堤防の概要

一級河川 A 川の河川堤防を対象とした。延長約 17km, 堤防延長約 33km で、河口までセグメント 2 に区分される急流河川である。地形はおおむね氾濫平野に区分される。堤体ならびに基礎地盤は砂礫主体であり、上流部では玉石を多く含む。昭和 21 年以降、旧堤防に対する嵩上げ盛土が行われ、昭和 40 年頃におおむね現在の堤防形状となった。堤防の標準断面は図 1 に示すとおりであり、旧堤防に対して川表側に嵩上げ盛土を行っている箇所が多い。

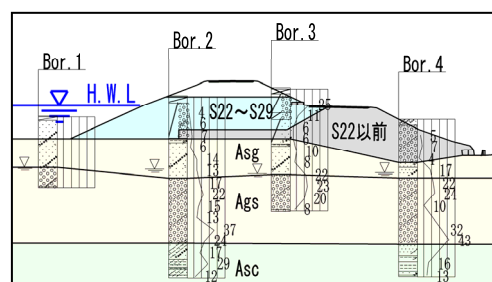


図 1 堤防標準断面

2.2 陥没の発生

平成 27 年以降毎年のように陥没が発生し、天端道路の交通規制など、日常利用に支障が生じるようになった。陥没の要因は、写真 1 に示すような試掘調査の結果から旧堤防や腐食した樹木などの異物であるとされ、出水時にはこれらがみずみちとなり、破堤要因となることが懸念された。これらの異物は、昭和 21 年以降の旧堤防への嵩上げ盛土の際、異物となるものを残置した状態で施工されたものと推定される。

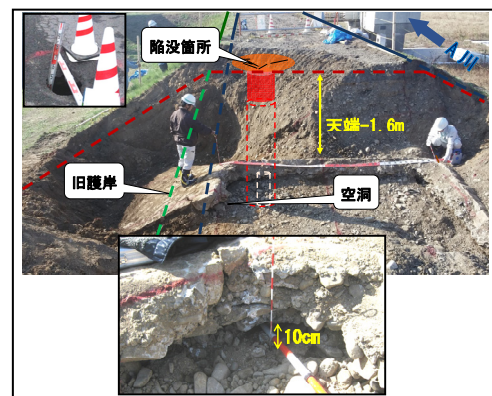


写真 1 陥没履歴箇所試掘結果

2.3 課題

陥没要因である旧護岸や残置された樹木の分布を、工事履歴や昭和 20 年頃の空中写真より確認した結果、対象河川の約 60%程度の範囲に分布する可能性があることを確認した。治水安全面においては、これらを除去することが望ましいと考えられるが、多大な延長であることから、維持管理の立場から対応方針を策定する必要があった。

3. 危険区間の抽出方針

陥没履歴箇所において陥没の前兆として微小な地盤変状が発生していたため、堤防全川において微小な変状を把握する方針とした。微小な変状を効率的に把握するため、MMS 搭載型 3D レーザ計測を採用した。抽出過程では客観性確保のため、統計学的手法の一つである重回帰分析を用い、危険性を数値化する方針とした。抽出された危険区間の対応は、変状の進行性を考慮したうえで、詳細調査を実施する区間、モニタリングを行う区間、経過観察を行う区間に区分し、維持管理を行っていく方針とした。

4. 3D レーザ計測の実施

4.1 堤防の変状把握

陥没履歴から前兆となる地盤変状は、直径 1m 沈下量 10cm 程度の規模とした。この規模の変状を全区間にわたって効率的に抽出する方法として、MMS 搭載型 3D レーザ計測を選定した。

キーワード 河川堤防 陥没 3D レーザ計測 MMS 重回帰分析 数値化 変状

(株) 建設技術研究所大阪本社水工部 (〒541-0045 大阪府中央区道修町 1-6-7 TEL: 06-6206-5555(大代表))

変状の抽出は、図2に示すとおり段彩図を用いて諧調の乱れを読み取る方法を採用した。結果的に、堤防法面では10cm程度、舗装面では4cm程度の変状を把握できた。

計測は、堤防法面における植生の影響を低減するため、除草工程に合わせて年度内に2回に分けて実施した。なお、変状の抽出にあたっては、植生データ除去アルゴリズムを適用し、地表面データを抽出した。以上より、対象区間で約340箇所の変状を抽出した。

4.2 変状の進行性把握

変状の進行性は、二時期における3Dレーザ計測結果を比較することにより把握した。比較の方法は、過去データよりサーフェスモデル（面）を作成し、新しい計測データ（点）とサーフェス（面）との離隔により判定するものとした。比較の結果、舗装面において二時期で約2cm程度以上の変状が進行している箇所を16箇所抽出することができた。

5. 統計的手法を用いた危険区間の算出

3Dレーザ計測により抽出した変状箇所には、陥没以外の要因のものも含まれると考えられた。そのため、旧堤防などの異物の分布のほか、陥没に影響がある地盤条件や浸透条件、堤防利用などを影響項目とし、重回帰分析を用いて危険区間を抽出する方針とした。

重回帰分析では、河川堤防を縦断方向50m間隔、横断方向3区分（堤内・天端・堤外）に分割し、影響項目の項目区分を行った。項目区分は、樹木の分布割合などによる数値区分を基本としたが、旧護岸など数値評価が困難なものは、可能性の大小で区分する数量化手法を用いた。なお、3Dレーザ計測で抽出した変状箇所は、変状度として数値評価した。

次に陥没履歴箇所の目的関数（得点）が高得点となるような各項目区分の重みを重回帰分析により求め、各区分の得点を算出し、この値をその区間の危険度とした。

危険箇所とする区間の危険度の閾値は、陥没履歴箇所の危険度を参考として設定した。危険区間は、この危険度以上となる区間を含む一連区間として、河川堤防の維持管理に即した範囲を設定した。

6. 危険区間に対する対応

以上より抽出した危険区間は、堤防延長約33kmのうち4.9km区間であった。この区間は、陥没が発生する要因の度数が高い区間と言えることからモニタリング対象箇所とし、今後定期的に3Dレーザ計測を行い変状の進行を監視する予定である。また、危険区間で変状進行が確認された箇所では、陥没発生が恐れがあるため、ボーリング調査や試掘などの詳細調査を行い、異物などの陥没要因の確認と計画的な撤去工事を行う予定である。

7. まとめ

CIMの一環として、3Dレーザ計測の仕様が規定されている¹⁾が、本文は具体的な堤防を対象として実施した結果から、仕様を提案したものである。そのため、除草工程との調整、変状抽出方法と数値評価手法、危険区間抽出における統計学的手法の適用など、具体性のある提案となっている。3Dレーザ計測と重回帰分析による危険性評価（リスクアセスメント）は、河川堤防の効率的な維持管理と状態監視保全による堤防の長寿命化に資するものであり、他の河川でも提案した手法は適用可能であると考えている。

参考文献：1) 国土交通省 国土地理院：地上レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案），平成30年3月

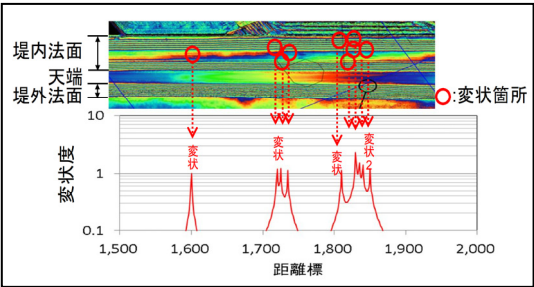


図2 段彩図による変状把握と変状度

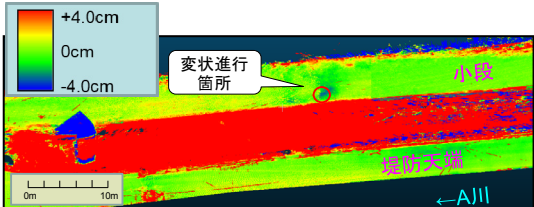


図3 二時期の比較結果

表1 影響項目と項目区分の重み

変状度		堤防点検報告		築堤履歴		樹木割合		治水地形状		土層構成		被覆土層の土質	
項目区分	重み	項目区分	重み	項目区分	重み	項目区分	重み	項目区分	重み	項目区分	重み	項目区分	重み
(好2/9)		(好2/9)		(好2/9)		(好2/9)		(好2/9)		(好2/9)		(好2/9)	
10.0以上	0.25	あり	0.74	可能性高い	0.32	80%以上	1.59	微高地	0.11	Ag層5m以上	0.05	砂質土	0.79
7.5-10.0	0.25	なし	-0.04	可能性あり	0.32	20-80%	-0.08	旧河床	-0.11	Ag層5m以下	-0.44	粘性土	-0.17
5.0-7.5	0.25			可能性低い	-0.06	20%以下	-0.17	埋立地	-0.72	Ac層含む	0.28	礫質土	-0.11
2.5-5.0	0.25							汎濫平野	0.00				

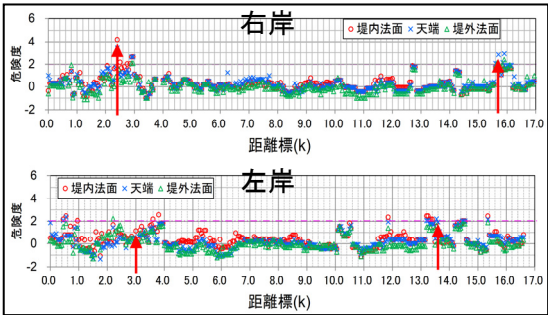


図4 堤防危険度縦断



図5 設定した堤防危険区間