

天然ダム形成時の規模の把握手法についての提案

国土交通省 中部地方整備局 多治見砂防国道事務所 今井一之^{*1}, 有澤俊治
 一般財団法人 砂防フロンティア整備推進機構 森 俊勇, 坂口 哲夫, 渡部 文人, 〇河合 水城
 (現所属 ^{*1}: 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 砂防計画調整官)

1 はじめに

平成23年5月に「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」が一部改正（以下、「改正土砂法」という）されたことにより、豪雨や地震に伴って天然ダムが形成された場合には、規模や保全対象の有無によって国土交通省が緊急調査を実施することになる。

「土砂災害防止法に基づく緊急調査の実施の手引き（河道閉塞による土砂災害対策編）：H23.4」によると、初動期における被害の生じるおそれのある区域および時期の想定に関する調査（以下、初動期緊急調査という）時の天然ダム比高などの調査手法は「レーザー距離計を用いて計測することを基本とする」としている。ヘリからレーザー距離計（以下、「ベクター」という）を用いて天然ダムの高さ等を計測することが台風12号時に行われているが、同手法では計測ポイントが固定しづらく再現性が低いこと、計測誤差が出やすいこと、計測精度の向上には訓練による経験や慣れが必要なが分かっている¹⁾。

本研究では、多治見砂防国道事務所（以下、事務所という）の職員の初動期緊急調査（ベクターによる計測）の計測機械になれること、経験値を上げることが目的に、阿木川ダム等を仮想天然ダムとして実施したベクターによる計測訓練の取り組み結果を報告する。

また、初動期緊急調査における天然ダム規模（高さなど）を迅速かつ精度良く計測し、ベクターによる計測結果をチェックする手法を確立することを目的に、平成23年の台風12号に伴って形成した天然ダムを対象に、ヘリ調査写真等を用いた解析手法（以下、「クラベス」という）の適用性について検討した結果を報告する。

2 計測概要

初動期緊急調査において迅速に計測すべき天然ダム規模のデータ項目を図-1に示す。

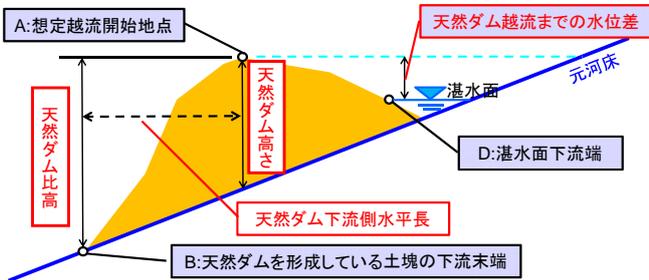


図-1 天然ダム規模の計測項目

3 ベクターによる天然ダム規模の把握

平成23年12月19日に事務所職員（11名）がヘリと地上から阿木川ダム（岐阜県恵那市）を天然ダムと想定してベクターによる計測を実施した。

阿木川ダムの計測ポイントの位置関係を図-2に示し、計測結果を表-1にとりまとめた。



図-2 阿木川ダム（岐阜県恵那市）

地上調査では、手ぶれの影響を考慮して「三脚固定」、「手持ち」の違いによる計測を行ったが、大きな差は見られなかった。また、ヘリ調査では座席位置の影響（対象の見やすさの違い）による差は見られず、全体的には計測条件に関係なく、個人（慣れや経験）による差が見られた。

今回の計測結果は、計測ポイントが特定しやすかったことから、計測精度（誤差10m程度）はいいと言える。以下に、計測結果の傾向をとりまとめた。

- 「越流開始点」、「下流末端」は、それぞれの真値標高より高めの計測値（標高）となった。
- 地上よりヘリからの計測精度がよいことが伺えた。

表-1 阿木川ダムのベクター計測結果

調査種類	番号	計測者	地上調査 三脚有無		計測値 (平均値)		誤差 (計測値-真値)		天然ダム 高さ (計測A -計測B)	天然ダム 高さ誤差 (真値 -計測値)
			ヘリ調査 座席	三脚	A (越流点)	B (下流端)	A (越流点)	B (下流端)		
真値	—	—	—	—	417	330	—	—	87	—
地上調査	1	1班 A	手持ち		427.3	356.0	10.3	26.0	71.3	15.7
	2	1班 B	手持ち		415.7	340.3	*1.3	10.3	75.3	11.7
	3	2班 C	三脚		437.7	354.3	20.7	24.3	83.3	3.7
	4	2班 D	三脚		437.7	363.7	20.7	33.7	74.0	13.0
	5	3班 E	手持ち		434.0	356.0	17.0	26.0	78.0	9.0
	6	3班 F	手持ち		440.0	355.3	23.0	25.3	84.7	2.3
	7	4班 G	手持ち		436.3	351.0	19.3	21.0	85.3	1.7
	8	6班 J	手持ち		436.7	352.0	19.7	22.0	84.7	2.3
	9	5班 H	三脚		431.3	349.3	14.3	19.3	82.0	5.0
	10	5班 I	三脚		430.0	351.3	13.0	21.3	78.7	8.3
				平均値	432.7	352.9	15.9	22.9	79.7	7.3
ヘリ調査	11	1班 B	前②		420.3	343.0	3.3	13.0	77.3	9.7
	12	1班 A	前①		432.0	346.0	15.0	16.0	86.0	1.0
	13	2班 D	中①		406.0	342.0	*11.0	12.0	64.0	23.0
	14	2班 C	中②		419.3	341.0	2.3	11.0	78.3	8.7
	15	3班 F	窓②		435.0	360.0	18.0	30.0	75.0	12.0
	16	3班 E	窓①		431.0	349.0	14.0	19.0	82.0	5.0
	17	4班 G	前①		423.7	346.0	6.7	16.0	77.7	9.3
	18	5班 H	中①		412.0	326.0	*5.0	*4.0	86.0	1.0
	19	5班 I	中②		415.0	343.0	*2.0	13.0	72.0	15.0
	20	6班 K	窓①		437.0	340.7	20.0	10.7	96.3	*9.3
	21	6班 J	窓②		418.0	354.7	1.0	24.7	63.3	23.7
				平均値	422.7	344.7	8.9	15.4	78.0	10.7

誤差は絶対値を表示している。 数値は真値よりマイナスの誤差を示す。

4 クラベスによる天然ダム規模の把握

平成23年9月6日に奈良県五條市大塔町赤谷において、ヘリコプターから撮影した写真を用いて解析を行った。

本研究では、写真解析ソフトは市販の「Kuraves-MD（倉敷紡績株式会社）」、カメラは一眼レフ「Canon EOS 5D」を用いている。

赤谷の河道閉塞（天然ダム）状況と計測ポイントを図-3に、クラベスによる計測結果を図-4に示す。

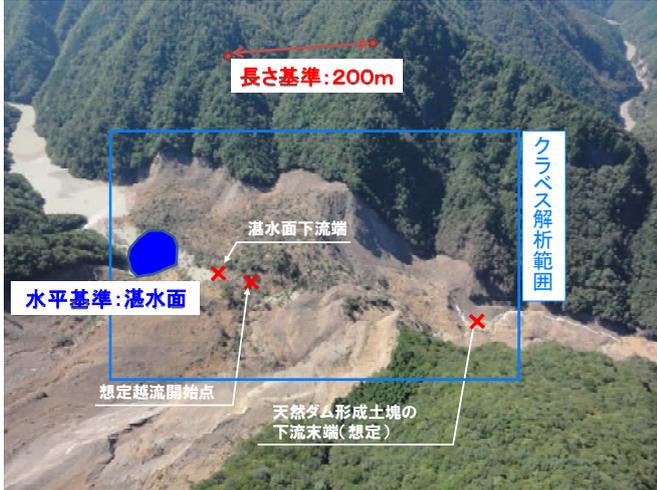


図-3 河道閉塞状況と計測ポイント（赤谷）

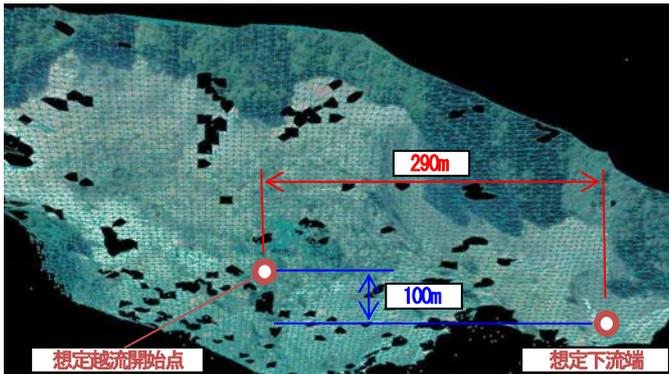


図-4 クラベスによる計測結果（3次元網図）

クラベスによる計測には写真内に、長さの基準と水平もしくは垂直と定義できる指標が必要となる。

台風12号時のように中山間地に形成される天然ダム現場周辺には、長さの基準や垂直もしくは水平面の軸となるもの（例えば、道路や建物等）が無い場合が想定されるため、本研究では図-3に示すように、長さの基準として、電子国土の等高線から地形の変化点間の距離200mを長さの基準、水平面の基準として、天然ダム上流側の湛水面を指標とすることを試みた。

この写真計測結果から横断データを作成し、各断面の最低標高箇所を特定し、越流開始点を想定した。また、天然ダムを形成している土塊の下流端を想定し、天然ダム比高、下流側水平長を算出した（図-4参照）。

また、クラベスによる写真計測作業（写真入手後の天然ダム比高の算出まで）は、概ね1時間程度になるように努め、迅速性の確保を図った。

近畿地方整備局が実施した初動期緊急調査において計測または算出した諸元データと比較した結果を表-2に示す。

本研究では天然ダム下流端の標高を電子国土の等高線から420mと読み取り、天然ダム比高100m（計測結果）を加えて想定越流開始点の標高を520mとした。天然ダムの高さは想定越流開始点の元河床高が430m（電子国土の等高線）と読み取れることから、天然ダム高さは90mとなった。

また、満水時の湛水量 V は、電子国土情報から標高520mの等高線を囲んだ面積 A （150,233 m^2 ）に天然ダム高さ $H=90m$ の三角錐として算出した（ $V=1/3 \times A \times H$ ）。

表-2 初動期における天然ダム（赤谷）の計測値の比較

計測手法		天然ダム高さ (m)	満水時湛水量参考 (m)	越流点標高 (m)	備考
近畿地整	9/6ベクターによる計測値(へ調査)	120	1300万	530	9/8 記者発表
	9/10航空写真撮影による算出値(国土地理院)	85	550万	510	9/12 記者発表
本研究	クラベスによる計測	90	450万*	520*	*: 電子国土

これらの結果から、天然ダム高は国土地理院の算出値とは5mの差であり、ベクター計測に対し、精度が30m良好であったこと、満水時の標高（越流開始点標高）も比較的良好な精度になったことから、クラベスによる計測手法は初動期緊急調査時にベクターの計測結果である天然ダムの規模をチェックする手法として有効であると考えられる。

なお、満水時の湛水量は、算出方式が不明なため、本稿では参考値として載せている。

5 おわりに

本研究ではベクターによる計測結果の傾向を把握するとともに、台風12号時に形成した天然ダムを対象に、クラベスによる計測の適用性を検討し、その手法がベクターの計測結果をチェックするのに有効であることを確認した。

また、ベクターやクラベスによる計測（写真撮影含む）には注意事項（ヘリの窓は開閉が出来ない場合が多く、ガラス面での反射やヘリ機体の一部が入らないように計測するなど）がいくつかあることも分かった。

今後は、ベクターによる計測時の注意事項（窓の開閉が可能ならヘリの選択等）を踏まえた計測手順に加えて、クラベスによる計測手順（写真撮影、解析手順等）も合わせてとりまとめるとともに、分かりやすい手順書を作成する。さらに、初動期緊急調査時における計測手法の訓練（レーザー距離計やクラベスによる計測手法を併用）の実施により、実効性のある手法にしていくことも必要である。

謝辞

中日本航空株式会社から、クラベスによる計測手法の検討に使用した写真を提供いただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 内田太郎、吉野弘祐、清水武志、石塚忠範、小竹利明：長距離レーザー距離計を用いた天然ダム形状の計測、土木技術資料、第53巻、第5号、PP.22~25、2011