

◆ 特集：大規模土砂災害対策 ◆

河道閉塞発生直後の応急監視手法

山越隆雄* 栗原淳一** 桜井 亘*** 柳町年輝**** 田方 智*****

1. はじめに

平成16年10月23日に、新潟県中越地方において、マグニチュード6.8の強い地震が発生した。震源地に近い信濃川水系魚野川の右支川である芋川（流域面積38km²）の流域において、崩壊が1,419箇所、地すべりが75箇所発生した¹⁾。その結果、河道内に大量の土砂が堆積し、流域内に河道閉塞が生じた。

河道が閉塞すると、流水が上流に貯留されて湛水部が形成される。その結果、上流部では浸水による被害、下流部では閉塞部の決壊による土石流、洪水、崩壊部の拡大崩壊など甚大な二次災害が発生する恐れが生じる。新潟県中越地震の際には河道閉塞が55箇所も形成され、それらの決壊の危険性に対し、その監視が必要となった。

「建設省総合技術開発プロジェクト災害情報システムの開発報告書」第Ⅲ巻第5編土砂災害復旧編（平成4年3月）²⁾では、河道閉塞に対する対応の流れが図-1のように示されている。本報では、これらの調査、判定によって監視すべき河道閉塞が選定された以降の応急的な監視について、その方法を述べるものである。

2. 河道閉塞形成時の監視方法の決定

河道閉塞が発見された場合、緊急的に二次災害防止のため概略調査、危険度概略判定がなされる。本報では、これらの調査、判定によって監視すべき河道閉塞が選定された以降の応急的な監視方法について述べる。

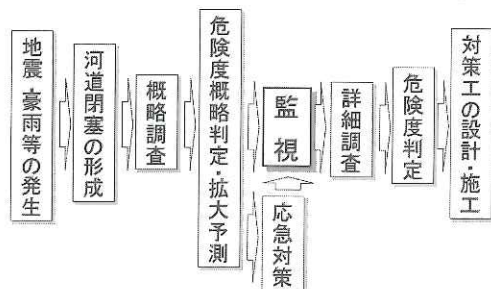


図-1 河道閉塞対応フロー

河道閉塞の監視手法を決定する場合、計測機器の精度よりも現地の状況を考慮してできるだけ早期に監視ができる観測体制をつくらなければならない。これは、地震によって河道閉塞が形成される状況下では、現地へのアクセス道路も寸断されて、観測機器の運搬に大きな制約を受けることが考えられる。一方で、河道閉塞は、満水して越流が始まると決壊になる可能性が大きいことから、可能な限り早期に監視体制を整える必要がある。

表-1に河道閉塞の監視に必要な主な観測機器の可搬性と設置に要する時間、電源等について示した。以下、個々の監視項目について留意事項を概説する。

3. 河道閉塞形成時の監視項目

以下においては、分かりやすく説明するために、河道閉塞を「崩壊部」「閉塞部」「湛水部」に分けて呼ぶこととする（図-2）。さらに、従来の取りまとめ結果や、平成16年の中越地震後に現場で対応した国土交通省職員へのヒアリング結果等を参考にすると、河道閉塞が形成された場合に必要とされる監視対象は、(1) 湛水位の状況、(2) 湛水部への流入水量、(3) 越流による堤体の侵食、(4) 閉塞部からの流出状況、(5) 崩壊部の状況、そして、(6) 土石流が発生した場合の検知の6項目であると考える。これらの内、特に重要なものは、(1)～(3)の3項目である。

3.1 湛水位

満水し、越流を開始するまでの時間や河道閉塞上流部の浸水被害発生までの時間を予測するために、湛水位を監視しなければならない。河道閉塞

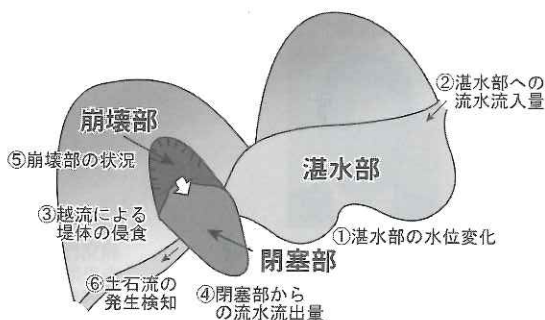


図-2 河道閉塞に関する主な監視内容

表-1 河道閉塞監視手法選定条件一覧

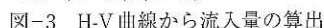
の監視の中で湛水位の計測が最も重要なものであり、優先的に行われる必要がある。湛水位は水圧式水位計による自動観測や水位標を設置して目視により観測する方法、測量機器を用いて基準面と水面の比高差を計測する方法等がある。なお、水圧式センサーは、土砂の流入が激しい場合には、埋没して、計測できなくなる恐れもあるので注意が必要である。また、河道閉塞発生後、決壊までの時間が極めて限られる場合には、測量用ポール等を標尺として設置して、それをもとに目視によって水位上昇を監視する。この場合、昼夜問わず計測が必要なので、夜間でも観測が可能なように人的体制を図るとともに、照明機器の配備も必要になる。

湛水位の監視とともに、満水し、越流を開始するまでの時間や上流部の浸水被害発生までの時間を予測するためには湛水部への流入量の把握が必要である。

直接的に流入量を把握するためには、流速計等の設置が考えられるが、緊急の場合、浮子やビデオカメラ等による流量観測が挙げられる。また、湛水部の水位変化と地形図を用いて単位時間当たりの湛水量の変化から間接的に流入量を求めることもできる(図-3)。

このようにして流入流量を把握することにより、越流までの時間を湛水部の空き容量を流入流量で除すことにより推定することができる。

ここで、湛水部の空き容量は、航空レーザー測量により地形図を作成し読み取ることで得られるが、この場合早期に図面の作成が完了することが



必要である。レーザー測量のためのヘリコプターの手配、解析などに時間を要する場合には、既存の地形図を利用して閉塞部の形状や高さを大まかに測量して空き容量を求めることができる。こちらの方が、精度の多少の問題はあるにせよ、時間的には前者よりも早く成果を得ることが多いと思われる。地形図の縮尺としては概ね1/5,000から1/10,000程度が望ましい。関係機関と情報を取り合いながら地形図の存在を確認することが求められる。

さらに、河道閉塞形成後に降雨等が予想されている場合には、決壊予測のための上流部からの流入量予測を行う。流入流量の予測を行う当該流域または周辺の類似流域において、ダム開発調査等が実施されて流出予測モデルがすでにある場合には、河道閉塞上流域の降雨量を把握することにより流入量を推定することができる。また、流域内に大量の積雪がある場合には、簡易な手法により融雪量を予測したたとえば³⁾、流入量を推定する。なお、流域が広い場合には、レーダー雨量計データを積極的に活用すべきである。

3.3 越流による堤体の侵食速度

閉塞部からの越流が始まると、越流により閉塞部の下流側では侵食が進み、決壊の可能性が高くなる。すなわち、越流による堤体の侵食速度を把握することは、閉塞部決壊の危険性を示す最も直接的な指標の一つである。したがって、堤体の侵食状況の監視が必要となる。侵食状況の監視には、地上レーザースキャナー等の測量機器による定量的な観測による。周囲の状況をあわせて監視する場合には、監視カメラによる補助的な観測等も実施する。観測機器の設置場所は、観測対象物の不可視域がなく全体形状を俯瞰できる場所を選定することが望ましい。

侵食状況の計測は、基本的に地形測量を行うことになるが、大変な危険を伴うため、通常の測量のように作業員が測量対象地域（この場合は閉塞部）に立ち入ることができない。そこで、閉塞部の下流側から測量機器を用いて、作業員が安全な場所で観測を行う方法に限定される。そのような測量機としては、①地上レーザースキャナー、②トータルステーション（ノンプリズム型）そして、③デジタルコンパス（簡易レーザー）がある。

地上レーザースキャナーは、遠隔地からレーザービームを照射し、その反射光を測定することにより、観測対象物の地形形状を表す3次元データが得られる。図-4は土木研究所の構内で河道閉塞を見立てて盛土をつくり、約160m離れた地点から地上レーザースキャナーを用いて計測した3次元データの例である。このように、侵食の進行が予測される面を経時的に連続観測することにより、侵食箇所、形状、侵食速度を定量的に把握することが可能である⁴⁾（図-4）。

観測条件としては昼夜間問わず観測が可能であるが、霧の場合は観測が困難となる。レーザーは

水を透過して計測することはできないので、水流下部分については正しく計測することはできない。また、観測対象物に対しレーザービームの入射角が低かったり、対象物が暗色系である場合、反射率が低下しデータ取得が困難になるなど、注意が必要である。

次にトータルステーション（ノンプリズム型）やデジタルコンパス（簡易レーザー）においては、一般に広く普及しているため、緊急に用意しやすく、手軽に利用できるが、3次元地形形状の観測ではなく地形変化点を標点として計測する方法であり、夜間も照明設備が必要である。また、トータルステーションは、レーザー測量と同等かそれ以上の精度を有するがデジタルコンパスは、精度が低く使用条件はある程度限定されるがより携帯性に優れている。

3.4 閉塞部からの流出流量

閉塞部の破壊原因は、主としてa) 越流に伴う侵食による破壊、b) 閉塞内部において浸透水によりパイプ状の水みちができて、これが拡大して破壊に至る場合が考えられる。過去の事例からは、ほとんどが閉塞部を流れが越流することにより決壊が発生している⁵⁾。したがって、閉塞部からの流出流量を注意深く監視する必要がある。流出流量が増大するようであれば、閉塞部の侵食による破壊を警戒しなければならない。平成16年10月23日に発生した中越地震後の芋川における対応では、閉塞部の天端にホース等を設置して排水していた。しかし、排水量が多くなり、排水路末端で侵食が発生し、問題となった¹⁾。

流出量は、閉塞箇所の下流部に水位計を設置し、別途H-Q曲線を作成しておき流量を求めることになる。水位計は前節で述べたように、水圧式のものが設置時間・電源の面からも有利である。設置場所としては護岸工などの河川構造物に取り付けると安定的に観測することができる。また、橋や砂防えん堤など横断構造物がある場合は、これらに非接触タイプの超音波水位計を取り付け計測することも可能である。

3.5 崩壊部の状況

河道閉塞形成直後には、救助活動、応急対策工事などが実施される。これらは崩壊地の直下や直近で実施されるため、作業の安全性を確保することが必要となる。斜面の拡大崩壊による安全対策を目的とし、前兆現象および崩壊斜面の変位状況を把握する。斜面変位は地表面の移動量を直接計測し、移動速度から危険度評価を行う地表伸縮計や地上測量で実施する。

3.6 土石流が発生した場合の検知

万が一河道閉塞が決壊して土石流が発生した場

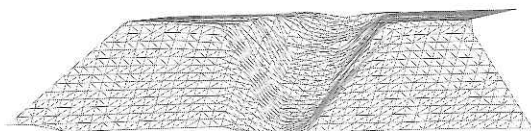


図-4 越流侵食部を模し、盛土（L:4m, B:4m, H:1m）に作成したV字地形（開口部寸法H:1m, B:1.5m, L:3.5m）（上）と地上レーザースキャナーを用いた3次元データ作成例（下）

合にその発生を検知するためにワイヤーセンサー等の土石流検知センサーを設置する。河道閉塞等が発生すると、河道閉塞地点から下流では、土砂供給がストップするため、河床が低下することが考えられる。ワイヤー設置後に河床が低下すると、土石流がワイヤーをくぐり抜けてしまう恐れもあるため、ワイヤーセンサーを設置する場合には、砂防えん堤等の横断構造物を利用して設置する必要がある。また、土石流の発生をなるべく早く検知できるように、ワイヤーセンサーはなるべく河道閉塞部に近い地点を選ぶものとする。

3.7 監視情報伝達システム

上記の各種観測結果については、災害対策本部等に随時伝達する必要がある。従って、観測機器の選定に当たっては、データの伝達も含めて検討すべきであるが、河道閉塞が発生するのは山間部であることが多く、電波状態をよく確認することが必要である。また、電源の問題も観測機器同様ポイントとなる。一般的には、河道閉塞発生直後で現場へのアクセスが困難な場合には、携帯電話やKu-Satが伝達システムになると思われるが、携帯電話は通信ネットワーク自体が地震によってダウンしていたり、電波状態が悪く通信が困難なことが予想される。従って、国土交通省が保有しているKu-Satの活用を早期の段階から視野に入れて検討を行った方がよいと思われる。新潟県中越地震の場合も、同システムを活用した経緯がある。

4. おわりに

本報では、河道閉塞が発生した場合の監視手法について概説した。河道閉塞後の対応は緊急を要し、その中でも、監視体制の整備は、災害後の混乱した状況の中であっても速やかに行われなければならない。本報で提示した監視手法選定条件一覧を用いて、現場毎のアクセスの困難さや河道閉塞が満水するまでの猶予時間の長さに応じて、適切な監視手法を選ぶことができる。なお、本報で

紹介した内容については、後日、土木研究所資料『河道閉塞監視マニュアル(案)』として公表する予定である。

河道閉塞監視手法を取りまとめるにあたり、国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所には、災害後の対応状況に関するヒアリングにご協力いただいた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) Yamaguchi et al: Management against Sediment Disasters in the Imogawa-River Basin Caused by the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004, Japan, Proceedings of the INTERPRAEVENT International Symposium, Niigata, 2006.9, Vol.2, pp.769-777, 2006
- 2) 建設省:『建設省総合技術開発プロジェクト災害情報システムの開発報告書』第III巻, pp.353-409, 1992
- 3) 栗原淳一、山越隆雄、井良沢道也、笹原克夫、高橋正昭、吉田真理夫: 芋川流域における融雪量の簡易な予測手法の適用性の検討、砂防学会誌, Vol.59, No.6, pp.47-54, 2007
- 4) 栗原淳一、桜井 亘、田方 智、森島成昭、村松広久: 天然ダム形成時の監視手法に関する検討、平成19年度砂防学会研究発表会概要集, pp.396-397, 2007
- 5) 水山高久、石川芳治、福本晃久: 天然ダムの破壊と対策、土木技術資料, Vol.31, No.11, pp.50-56, 1989

山越隆雄*



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム主任研究員、博(農)
Dr. Takao YAMAKOSHI

栗原淳一**



長野県土木部砂防課(前
独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム上席研究員)
Junichi KURIHARA

桜井 亘***



高知県防災砂防課(前 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム総括主任研究員)
Wataru SAKURAI

柳町年輝****



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム交流研究員
Toshiki YANAGIMACHI

田方 智*****



日本工営株式会社(前 独立行政法人土木研究所つくば中央研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム交流研究員)
Satoshi TAGATA