

鬼怒川支流男鹿川で発生した1683年の大規模崩壊発生機構および 1723年の五十里洪水の原因となった河道閉塞について

国土防災技術株式会社 ○小川内良人・齋藤 博
国土交通省関東地方整備局日光砂防事務所 木下篤彦・工藤卓也・土田元気・横尾満沙也
栃木県砂防ボランティア協会 天尾 潔

1. はじめに

1683年10月マグニチュード7.0の日光地震により、日光市葛老山近くの斜面が崩壊して鬼怒川支流男鹿川を堰き止め、河道閉塞を形成した。このため、会津藩は水位を下げるための掘割工事を実施した。その後、40年間決壊しなかったが、1723年夏の豪雨で河道閉塞が決壊し洪水が茨城県まで達した。栃木県内で江戸時代最大規模の災害「五十里洪水」である。

河道閉塞の形成や決壊については、文献等を利用した詳細な報告がある(村松ほか, 2023)。本研究では、現地踏査, UAV空中電磁探査・レーザ測量, 表面波探査, 地中レーダー探査, 各種土質試験等を実施して、大規模崩壊の規模と素因, 河道閉塞の越流天端高, 会津藩掘割工事の掘削底面の標高, 40年間河道閉塞が維持された理由について考察したので報告する。

2. 1683年大規模崩壊の規模と素因

2.1 大規模崩壊が発生した斜面の地形と地質

1683年大規模崩壊の斜面は、男鹿川右岸側に位置し、比高約400m, 斜面傾斜約30°である。尾根部に近接して、落差30~50mの滑落崖が形成され、斜面下部には凸型斜面が幅400~450mで広がっている。尾根部では、尾根に平行した線状凹地が形成されている。この線状凹地は滑落崖で切断されており、1683年より以前に形成されていたと考えられる。

対象地および周辺に分布する地質は、新第三系後期中新統の鬼怒川流紋岩類である。滑落崖の岩盤には低角度で斜面に対して流れ盤を形成する節理や亀裂と高角度の節理や亀裂が発達する。節理系は、北西-南東方向(斜面と平行)で東傾斜を示す場合が多い。滑落崖の岩盤は岩塊状に小ブロック化しており、尾根部の岩盤は緩み岩盤で形成されている。

2.2 1683年大規模崩壊の規模の推定

(1) UAV空中電磁探査

崩壊地内外の地質や水文構造を把握するために、UAV空中電磁探査を実施した。斜面下部には高圧線が敷設されており、この影響を避けるために斜面中部から上部斜面にかけて、縦断5測線、横断2測線、測線長計4.1kmを実施した。崩壊地内と崩壊地に隣接する未崩壊斜面(図-1)で比抵抗分布を比較した結果、非崩壊斜面では尾根部直下の緩斜面部に層厚20~25mで $200\Omega \cdot m$ 以下の相対的に低比抵抗帯が形成され、その直下に $200\Omega \cdot m$ 以上の相対的に高比抵抗帯が形成されている。現地踏査でこの低比抵抗帯は土砂状の崩土から構成されていた。崩壊地内では、高比抵抗帯が地表面近くまで分布し、表層に低比抵抗帯が薄く形成され、崩土が薄く堆積していた。

(2) 既往調査のボーリングコアによる崩壊深度の推定および弾性波探査・ポアホールカメラ観測結果, X線回析等による地質状況の考察

国土交通省関東地方整備局宇都宮国道事務所のトンネル調査で、ボーリング調査やポアホールカメラ観測、弾性波探査が実施されていたので、これらの資料を借用して崩壊深度や斜面内の地質状況を空中電磁探査結果と比較した。ボーリングコアでは崩壊面が最大深度約60mで、主に斜面下部の凸型地形部に崩土が堆積し、崩土内には10~30m大の巨礫が多数含まれる。弾性波探査, ポアホールカメラ結果から、基岩内の岩盤には、斜面下方ほどせん断面が発達して脆弱であることが判った。崩壊面付近の細粒物のX線回析では石英, 長石が主要鉱物で、地すべりの要因となるような粘土鉱物は存在せず、土粒子の顕微鏡観察結果では粒子の円磨度が小さいことが判り、地すべりのように繰り返して滑動した堆積物ではなく、崩壊により形成された崩土であった。

調査結果から崩壊の規模は、斜面長約800m, 幅約400m, 崩壊の最大深度約60m, 崩壊土砂量約650万 m^3 と推定された(図-2)。

2.3 1683年の地震による大規模崩壊発生機構の素因

崩壊前の尾根部には、線状凹地があり岩盤クリープが形成され、崩壊



図-1 調査位置図
国土地理院数値地図データ利用



図-2 大規模崩発生時の崩土堆積イメージ図

前の斜面上部緩斜面には25m以上の崩土が硬質な岩盤の上に分布していた。崩壊前の斜面下部は、せん断面や亀裂が発達した脆弱な岩盤が流れ盤で分布し、男鹿川の攻撃斜面となり斜面が不安定化しやすい形状であった。地震時に尾根部で地震動が増幅されやすい地形形状であったこと、斜面上部では岩盤クリープや崩土が分布し、斜面下部では脆弱な岩盤が流れ盤を形成していたこと、男鹿川の攻撃斜面で斜面が不安定化していたことが、地震時の崩壊発生の素因と考えられる。

3. 河道閉塞の越流天端高と40年間維持できた理由

3.1 河道閉塞の越流天端高の推定

(1) 河道閉塞の崩土堆積状況

崩壊地の対岸にある布坂山は、五十里ダム施工時に骨材の洗浄が行われた施設があったため人工改変が著しい。そのため、改変の影響の少ない岬状の小尾根(図-1)を踏査した結果、標高599~607mの間に長径8m、短径4mの大転石が傾斜した砂礫上に堆積していた。この砂礫は固結しており人工的に盛土したものではなく、大転石は崩壊由来の岩塊と考えられる。この岩塊より高い位置には転石が無いことから、崩土が最低でも標高607m付近までは堆積していたと推定される。

また、布坂山(図-1)の北側斜面には、標高602~605m間にほぼ水平方向に小段が地形判読できる。現地踏査では、この位置に人が歩ける程度の幅の小段があり、「40年の水位が刻んだ波打ち際の跡は海拔602m」との文献りと合致する。そのため、河道閉塞形成後、40年間湛水していた際の汀線跡は、標高602~605m間と想定される。

(2) 物理探査を利用した河道閉塞天盤高の推定

河道閉塞形成後、直ちに会津藩による掘割工事が実施されたが、「硬岩盤の出現のため完成せず」と文献りに示されており、掘割が困難となっている。この掘割の位置と掘削底面の標高と1723年決壊時の水位から河道閉塞の天端高を推定することとし、地中レーダー探査と表面波探査を実施した。調査結果から掘割の位置での掘削底面は、標高600.5m~601.0mであることが判った。1723年の決壊時に「水位が6m~9m上昇した」記録(利根川治水史, 1943)から判断すると、河道閉塞天端は掘削底面の標高601m+6m=607m付近が越流天端高と考えられ、踏査結果と整合している。

3.2 河道閉塞が40年間維持できた理由

河道閉塞は1683年10月に形成され、「約133日で満水になった」との文献りがある。標高607mを天端高とすると、湛水量は5,400万m³と算出され、河道閉塞形成後の平均流入量は5,400万m³/133日=4.7m³/sである。五十里ダム管理支所の2012年~2021年の年平均流入量の観測結果から、少雨期(10月~3月)の平均流入量は7.2m³/sで、同程度の流入量があった場合と仮定し、少雨期の平均流入量7.2m³/sから1683年の流入量4.7m³/sを差し引くと、2.5m³/s(約35%)が漏水量となる。

崩壊堆積物に含まれる転石を利用してスレーキング試験を実施したところ、いずれの試料もスレーキングはほとんどしない結果が得られた。細粒物化しないので、目詰まりは少なかったと想定される。

河道閉塞は40年間維持され、1723年の決壊時には「水位が6m~9m上昇した」との文献りがある。掘削底面標高601m+6~9m=607~610mまで水位が上昇し、河道閉塞越流天端高の標高607mを超過する。会津藩の掘割工事により、1723年までは少々の豪雨(標高605mまでの水位程度)では決壊しないような効果を発揮した。また、崩壊土砂はほとんどスレーキングしない岩塊からなり透水性が良く(漏水率35%以上)、自然の排水効果もあったことから、40年間維持できたと考えられる。

4. おわりに

本研究では、1683年に発生した大規模崩壊と河道閉塞について、現地調査や物理探査等により崩壊規模や素因を明らかにし、河道閉塞が40年間維持できた理由を考察した。会津藩の掘割工事は、歴史上は失敗とされているが、掘割工事が冬場の降雨が少ない時期に短期間で施工され、現代の河道閉塞対策の仮排水路と同じ効果を発揮したと考えられる。

【引用文献】

- 1) 村松ほか(2023):天和三年(1683)天和日光地震に伴う天然ダム(五十里湖)形成と、享保八年(1723)の決壊(五十里洪水)について、2023年砂防学会研究発表会概要集、p.99-100



①古五十里湖形成と会津藩掘割のイメージ図



②1723年湛水位上昇(約6~9m)のイメージ



③河道閉塞越流のイメージ図

図-3 河道閉塞形成から越流のイメージ図