

紀伊半島大水害によって 120 年前に形成された 大畑瀨の土砂流出についての考察

勇川 邦浩¹

¹ 奈良県 五條土木事務所 十津川復旧復興課 (〒637-1113 奈良県吉野郡十津川村大字小原 225-1)

大畑瀨は 1889 年（明治 22 年）の明治十津川大水害によって形成された堰止湖を現在も有する溪流である。堰止湖の堤部分である河道閉塞部は脆弱であるため、形成されても直後に崩壊する例が多い。そのため、大畑瀨の堰止湖は稀な例である。

平成 23 年の紀伊半島大水害によって河道閉塞部の土砂が流出したことから、地質調査を行った。本稿では、平成 23 年から実施してきた地質調査の結果とその考察を述べるとともに、明治十津川大水害及び紀伊半島大水害による崩壊過程の考察を行う。また、大畑瀨の堰止湖の安定性についても考察を述べ、今後の安定を図る方法について報告する。

キーワード 紀伊半島大水害, 河道閉塞, 深層崩壊, 堰止湖

1. はじめに

奈良県十津川村にある大畑瀨は平成 23 年台風 12 号による豪雨によって、大規模な土石流が発生し、合流する西川は河道閉塞の状態になった。その崩壊では人的被害はなかったものの、下流部にある一般国道 425 号を破壊し、十津川村西部の集落を孤立集落になるなど大きな被害をもたらした。

そもそも大畑瀨の上流には明治十津川大水害による河道閉塞によって形成された堰止湖¹⁾があり（図-1）、今回の土砂流出では主に堰止湖の堤部分になっている河道閉塞部の土砂が崩壊した。河道閉塞は不安定な状態であり、堰止湖の残存期間が 50 年以上になるものは 10 件しか報告されていない²⁾。明治十津川大水害の際も 37 箇所³⁾の河道閉塞が形成されたが、堰止湖が維持された箇所は大畑瀨のみであり、報告された中でも日本で 8 番目の長さになる。

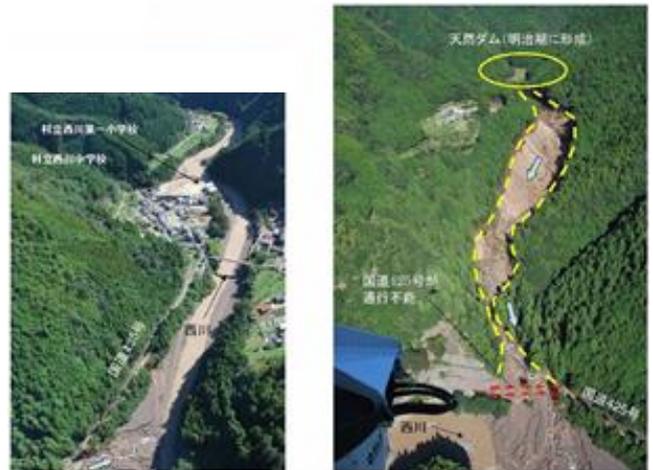


図-1 被災直後の様子

本稿では、地質調査の結果の考察を述べるとともに、明治十津川大水害及び紀伊半島大水害による崩壊過程の考察を行う。また、大畑瀨の堰止湖の安定性についても考察を述べ、今後の安定を図る方法について報告する。

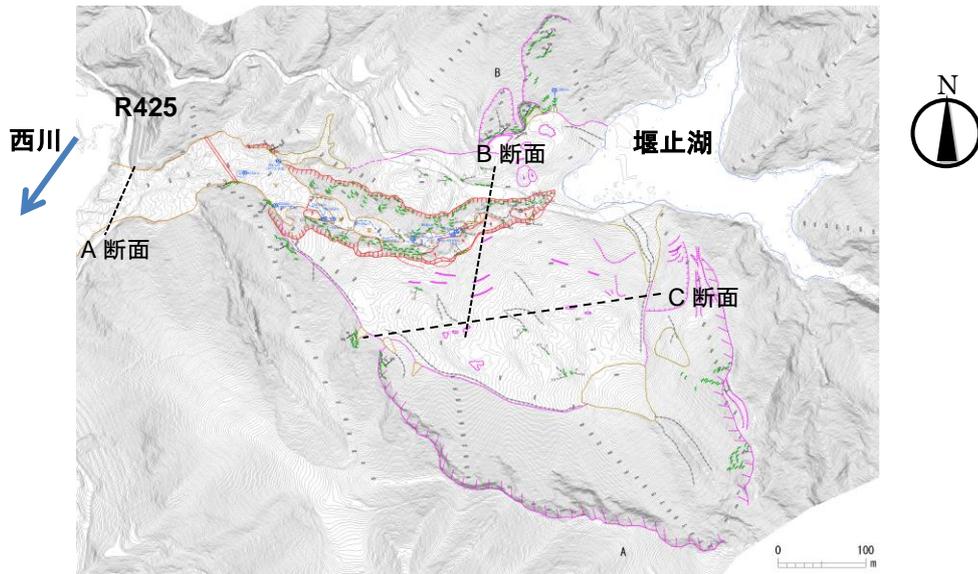


図-2 等高線図

2. 流域概要

大畑澗は、河道閉塞によって形成された堰止湖から西川までの流域面積が 1.02 km² の溪流である。

周辺は四万十帯日高川層群が分布する地域になる
 3). さらに溪流周辺には玉垣内断層が存在すると推定されている。

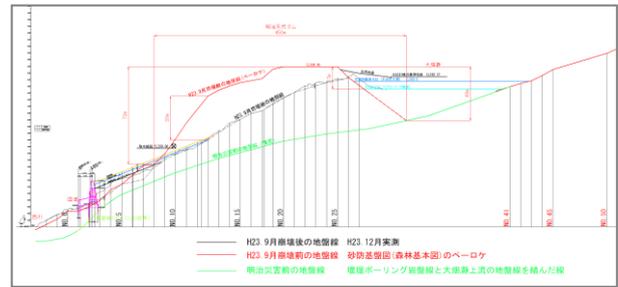


図-4 縦断面図

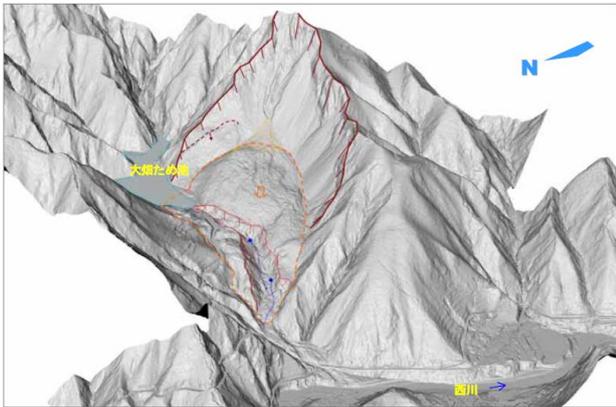


図-3 鳥瞰図 (高さ 2 倍)

LP 測量及び平板測量によって得た等高線図 (図-2) 及び図-3 の鳥瞰図から、左岸側には古い滑落崖斜面がみられ、大きな地すべりブロックと考えられる。右岸側にも左岸側と比較して小さな地すべりブロックが確認できる。また、溪流上流部は今回の土砂流出による幅約 400m、高さ約 50~150m の滑落崖斜

面が形成されている。

図-4 に縦断面図を示す。これらから堰止湖の堤部分の大きさは被災前に比べて小さくなっていることがわかる。

3. 調査結果

(1) 調査概要

大畑澗の現状を把握するために地質調査を行った。その概要を以下に示す。

- ボーリング調査 12 箇所
- 水質調査 10 箇所
- 移動変形調査・水位観測 8 箇所
- 弾性波探査 1.4 km
- 電気探査 0.6 km

(2) 下流側の推定断面

図-3は西川近くの下流側のA断面のボーリング結果であるが、これをみるとV字型に堆積物が多く溜まった地形であることがわかる。

紀伊半島大水害による崩土と思われる箇所は一部であることから、堆積物は明治十津川大水害やそれ以前の土石流によるものと考えられる。

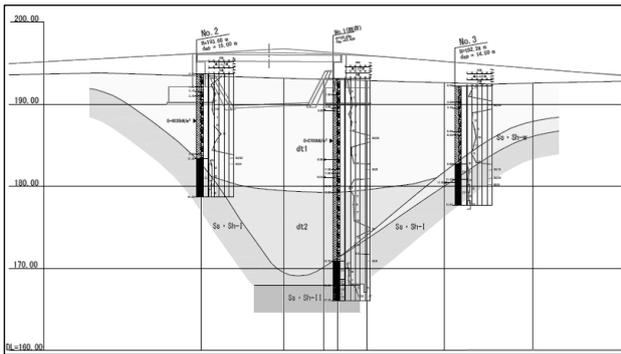


図-5 推定断面図（下流側，A断面）

(3) 上流側の推定断面

溪流上流側にあるB断面の結果を図-6に示す。

これより、明治十津川大水害の移動土塊は左岸側では約48mあり、非常に厚いことがわかった。また、岩塊部には木くずや植根は見られず、地盤がそのまますべり落ちたと推計される。右岸側は約25mと左岸側に比べると浅く、コアも全体に脆い。これらのことから、大きく崩壊したのは左岸側で、崩壊土塊が右岸側まで押したと推定される。

これらから、明治十津川大水害による崩壊は深層崩壊⁴⁾であったと判断した。

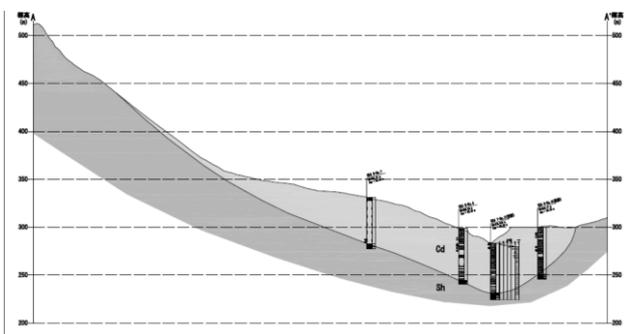


図-6 推定断面図（上流側，B断面）

(4) 移動変形調査

紀伊半島大水害によって移動土塊の末端部分が破壊されていることから、移動土塊の2次活動の可能性を把握するために、移動変形調査を実施した。

図-7に左岸側のもっとも大きな変位があったパイプ歪み計の変動図を示す。この図から、GL-2.5m付近とGL-26.5m付近にそれぞれ1ヶ月で、133μ、24μの変位が確認され、変動種別⁵⁾としてはGL-2.5m付近が潜在変動、GL-26.5m付近が潜在付近未満に区分される。

このうち、GL-2.5m付近は表層の変動を捉えたものであり、河道閉塞部の不安定化等に直接的に関係するものではないと考えられる。しかし、GL-26.5m付近の変位は、移動土塊と基盤との境界よりやや上位にあり、現時点では微少であるが右岸側斜面の挙動を表している可能性がある。また、GL-2.5m付近の変位については累積傾向があるものの、GL-26.5m付近の変位については明確な累積傾向は見られなかった。

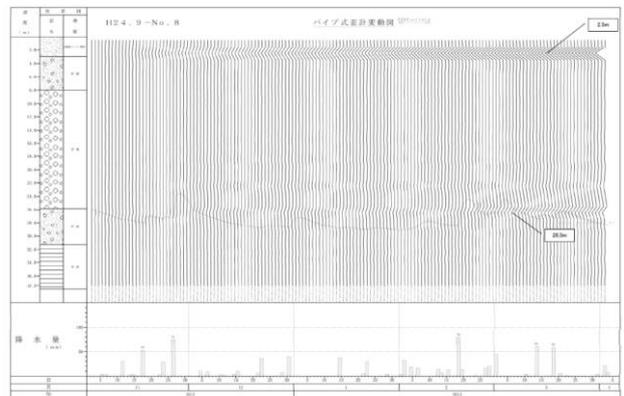


図-7 パイプ式歪計変動図

(5) 移動土塊調査

C断面の電気探査と弾性波探査の結果を図-6に示す。

これらからL=260mのところでは断層がみられる。この断層は玉垣内断層と命名されている推定断層とほぼ一致するものである。

現地踏査や電気探査から、左岸東側は強固な岩質である一方で、西側には滑落崖がみられる。そのた

め、この断層を逆断層と判定した。逆断層とは断層面の下盤より上位にずれてできた断層である。そのため、逆断層では経験から断層面の下盤で、より破碎度が激しいことが知られている。

また、現地踏査から、基盤岩が風化の影響を受けやすい頁岩を主体としていることがわかった。断層による影響の大きさについては不明な点があるが、断層が明治十津川大水害の際の深層崩壊の素因となった可能性があることがわかった。

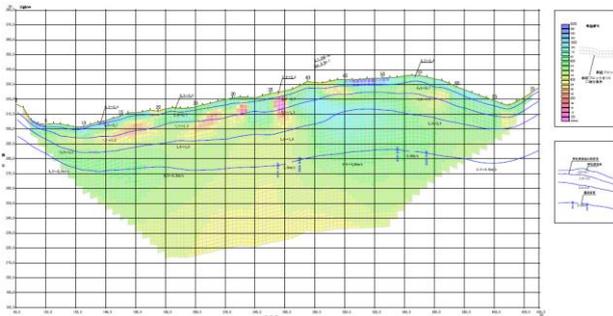


図-8 弾性波及び電気探査結果 (C断面)

4. 河道閉塞部の安定性

(1) 検討方法

大畑瀨は現在も河道閉塞部の一部が崩壊したものの、堰止湖としては大部分が残った状態にある。

そのため、今後の災害が発生する要因としては、台風等による豪雨による堰止湖の水位上昇に伴う浸透流破壊、すべり破壊、堤部分への水の越流に伴う破壊の3つの破壊が考えられる。越流については越流後の堤が脆弱化していることによる破壊が進みやすく、堤の高さが約3m低くなったことによる越流する危険性はあるもの、本稿では浸透流破壊とすべり破壊について解析を行った。また、河道閉塞部の安定解析については方法が確立されていないことから、堰止湖の堤としての機能を有していることから、河川堤防に用いられる方法を採用した。

(2) 浸透流解析の解析モデル

今までの調査結果を用いて浸透流解析モデルを構

築し、堤部分の安定性について検討を行った。

モデルは2次元定常解析を用いた。また、地質はFEMモデルとし、表層は5mメッシュとし、深くなるほど荒くなるものを採用した(図-10)。また、不飽和特性曲線には、現況再現性については良好であったことから、河川堤防の解析に用いるものを準用した。

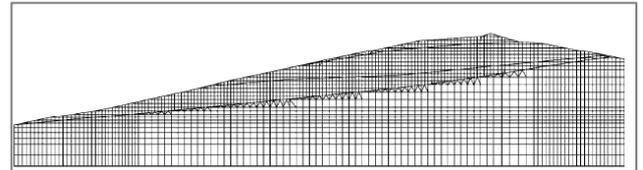


図-10 検討モデル (被災前)

(3) 浸透流解析結果 (台風12号被災前)

限界動水勾配の算定した結果、限界動水勾配 i_c は1.02となった。動水勾配は約0.5と限界動水勾配に比べると小さいため、浸透破壊の影響は小さかったと推定される。

しかし、堤防浸透安定解析で一般的に用いられる浸透破壊の許容値 ($i=0.5$)⁶⁾に対して、水平動水勾配は許容値に近い値を示すことから、崩壊の進み方によっては浸透破壊の影響は無視できないものとなった可能性があるとして推定される。

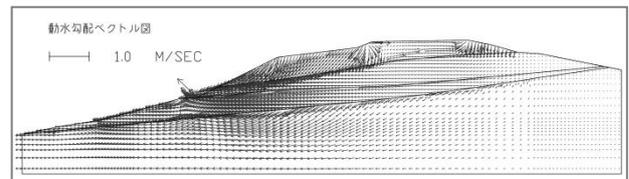


図-10 動水勾配ベクトル図 (被災前)

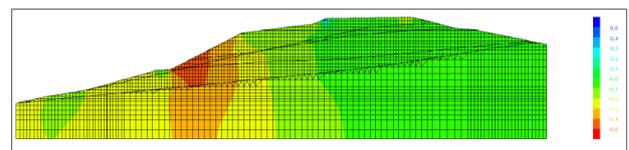


図-11 動水勾配コンター図 (水平方向、被災前)

(4) 浸透流解析結果 (台風12号被災後)

同様に紀伊半島大水害による被災後の状況につい

でも解析を行ったので、結果を図-12 及び図-13 に示す。

限界動水勾配は被災前と変わらず、1.02 となった。図-13 より法尻の動水勾配は約 0.2 と余裕があることがわかった。

よって、被災前に比べて被災後は浸透破壊による災害の可能性は低くなっていることがわかった。

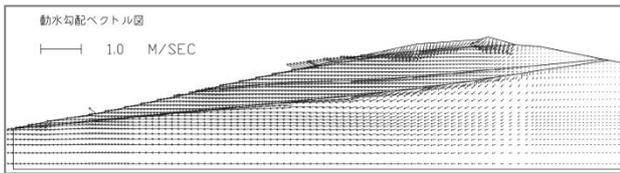


図-12 動水勾配ベクトル図 (被災後)

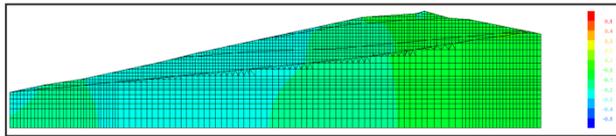


図-13 動水勾配コンター図 (水平方向、被災後)

(5) すべり破壊の検討モデル

被災前後の状況把握のために安定解析を実施した。計算の簡略化のために、崩壊土については同一と仮定した。

円弧すべりの安定計算の手法としては、修正フェレニウス法を用いた。

(6) 被災によるすべりの安定性の変化

被災時の安定解析の結果を図-14 に示す。被災時の水位については越流したという地元住民の証言があることから、越流したものとして計算を行った。

これをみると、勾配が最も急となる部分(約 30°) で最小安全率となる。最小安全率 F_s は 1.06 となり、ほぼ $F_s=1.00$ に近い値となった。この結果から、台風 12 号時は被災時の堤体部の円弧すべり発生しやすい状況にあったが、仮設構造物の最低安全率 η の 1.05 を満たしており、一定の安定状態にあったものと推定される。

次に、被災後の安定解析の結果を図-15 に示す。被災後の水位は浸透流解析の結果を用いた。崩壊前と

比べ現在の堰き止め湖の堤部分の斜面勾配は非常に緩くなっており (10~15°), 斜面形状としては安定化していると考えられる。このため、計算による安全率 F_s は 1.940 と約 88% の大きな増加となり、堤体のすべりに対する安定性は被災前に比べると大きく向上していると考えられる。

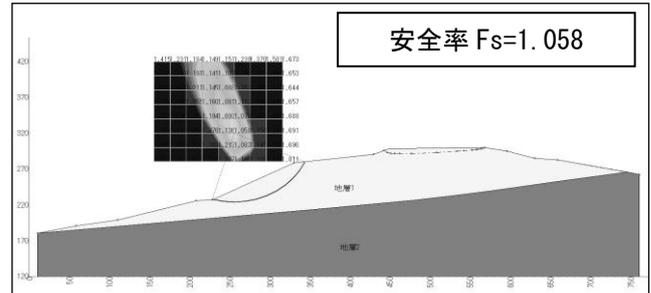


図-14 安定解析結果 (被災前)

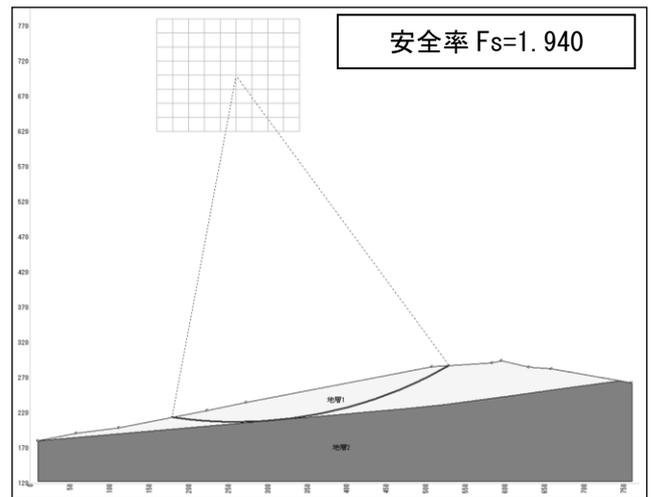


図-15 安定解析結果 (被災後)

5. まとめ

本稿では明治十津川大水害及び紀伊半島大水害による被災メカニズムの解明と紀伊半島大水害による今後の影響について把握を行った。

(1) 明治十津川大水害による被災メカニズム

- ・ 玉垣内断層及び風化しやすい地質要因が素因となった可能性がある。

- ・ 明治十津川大水害による崩壊は深層崩壊である。
- ・ 崩壊は左岸側が崩壊し、右岸側まで崩壊土砂がせり上がったと推測される。

(2) 紀伊半島大水害の破壊

- ・ 限界動水勾配に比べて動水勾配は小さいことから浸透破壊の影響は小さかった。
- ・ しかし、一般に用いられる浸透破壊の許容値付近の値が見られることから浸透破壊が発生する可能性は否定できない。
- ・ 被災前は滑り破壊の発生しやすい状況であった。

安定解析等の結果から、被災前の河道閉塞部は不安定な状態であったことがわかった。それが越流するほどの水位上昇とそれをもたらした豪雨によって、今回の災害がもたらされたと考えられる。

また、堰止湖が長期間維持された要因としては仮設構造物として最低安全率の1.05を満たしていることと、動水勾配が限界動水勾配よりも小さかったことが考えられる。このことは、大畑瀨のみではなく他の堰止湖でも類似の結果が示される可能性がある。

(3) 今後の崩壊による影響

- ・ 明治期の崩壊が深層崩壊であったことから土塊のブロックが大きく、土塊の安定性には現在のところ大きな影響はみられない。
- ・ 今回の被災による崩壊後の安定性についても被災前よりも安定化している。
- ・ 被災前に比べると浸透破壊の可能性は低下している。
- ・ 堰止湖の堤部分の高さが低くなっていることから、越流による破壊の可能性は高くなっている可能性がある。

(4) 今後の対策と課題

現在、緊急対策として、堰堤工及びそれに付属する溪流保全工の工事を行っている。

越流による破壊については、堤防部分の高さ低下が発生していることと、今回の災害による破壊の1

つであることから、堰止湖から越流した場合に水を安全に流すための、流路工を計画している。

また、歪み計の観測結果からは土塊は大きく動いている可能性は低いですが、表層については動きがみられることから、これ以上の表層崩壊を防止するための工法を検討中である。

また、移動土塊の観測については多雨期を含まない4ヶ月程度の観測であるため、今後の継続的な観測が必要である。

参考文献

- 1) 宇智吉野郡役所：吉野郡水災誌 卷ノ壺・卷ノ十一、1891(十津川村 1977-81 復刻)。
- 2) 森俊勇, 坂口哲夫, 井上公夫：日本の天然ダムと対応策, 古今書院, pp-6-11, 2011.
- 3) 徳岡隆夫ほか：龍神地域の地質, 1981.
- 4) 砂防学会：深層崩壊に関する基本事項に係わる検討委員会 報告・提言, pp-12-15, 2012.
- 5) (社)地すべり対策技術協会：地すべり観測便覧, pp-301, 1996.
- 6) (財)国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き(改訂版), pp-46-49, 2012.
- 7) (社)全国防災協会, 災害復旧事業における地すべり対策の手引き, pp-50, 2006.