

天ヶ瀬ダム貯水池崩壊地の現状について

唐松 雅司 1

1 近畿地方整備局 河川部 河川工事課 (〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前 1-5-44)

天ヶ瀬ダム貯水池の法面崩壊を含む重力変形の周辺地形について、過去の文献調査や現地踏査の結果を踏まえ高品質コア採取のため気泡式機械ボーリング、ポアホールスキャナー観測等の地質調査を行い、崩壊箇所周辺に観られる重力変形に対し、その性状・素因・構造等を考察した。また、水位観測、地震計測及び孔内傾斜計により観測を実施したのでその現状について報告するものである。

キーワード ダム貯水池, 法面崩壊, 重力変形, 高品質コア採取

1. はじめに

天ヶ瀬ダムは、淀川水系宇治川の上流域に位置し、琵琶湖から流出する瀬田川(京都府・滋賀県境付近で宇治川となる)の下流に建設されたドーム型アーチ式ダムである。

1953年(昭和28年)に台風13号が襲来し、宇治川向島の破堤や淀川に未曾有の大洪水をもたらしたことをきっかけとして、1954年(昭和29年)に淀川改修基本計画が決定され、1959年(昭和34年)に建設に着手し、1964年(昭和39年)に完成した、治水・利水・発電の3つの目的をもつ、多目的ダムである。

現在、天ヶ瀬ダムの放流量を増加させて、洪水調節容量の有効活用を図り、かつ上流琵琶湖の浸水被害を低減させる天ヶ瀬ダム再開発事業が琵琶湖河川事務所で実施されている。今回報告するダム貯水池の崩壊箇所周辺の斜面は、天ヶ瀬ダム再開発事業の調査段階で、地質の学識者から重力変形に伴う深層崩壊の可能性があることが指摘された。

近年、2011年(平成23年)9月の台風12号により、紀伊半島の広域で斜面崩壊が発生した紀伊半島大水害や、今年4月に大分県中津市で発生した大規模法面崩壊の事例は記憶に新しい。

対象斜面地で大規模な法面崩壊が、発生すると、その段波でダム本体や関連施設に大きな被害を受ける懸念があり、またダム貯水容量が崩壊土砂によって減少しダム機能を著しく失う可能性もある。

今回、学識者の指導を受けながら、ダム管理者の立場から崩壊地の地質調査を実施したので、その結果を報告する。(図-1 参照)

2. 貯水池法面崩壊地について

(1) 天ヶ瀬ダム周辺の地形

調査箇所は、京都府宇治市榎島町地先の天ヶ瀬ダム堤体上流約2kmの貯水池右岸斜面に位置し、

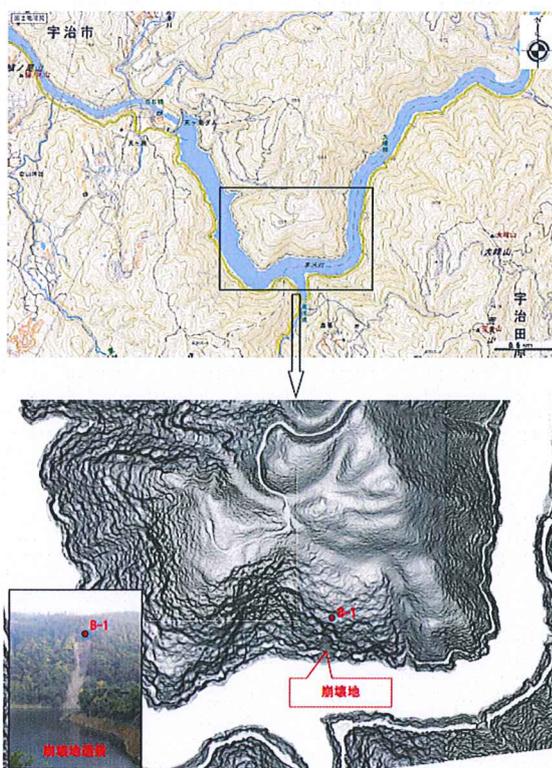


図-1 調査箇所の位置図及び地形図

対岸左岸には支川田原川が合流している。ダム貯水池周辺の醍醐山地は、南北に延びる標高約500m前後の山地で、西側外縁部には黄檗断層が、東側外縁部には膳所断層が分布している。瀬田川、田原川および志津川や、これらに合流する大小の沢により浸食を受け樹枝状の比較的密な谷系が発達し、河川や沢沿いは急峻な地形を形成している。

調査対象地付近では、宇治川は西へ流下しており、当該崩壊箇所以外には規模の大きい地すべり地形は認められないものの、貯水池の影響を受けない箇所に、緩傾斜面と馬蹄形急傾斜地形の組合せの

地すべり状地形が分布して表層崩壊の痕跡が認められる。

また、対象地周辺の地質は、主に砂岩と泥質岩(頁岩)からなる基盤である丹波帯Ⅱ型地層群と、それらを覆う第四系大阪層群と段丘堆積物によって構成されており、一般的な走向は北西-南東方向で、南西向きに傾斜する。

(図-2 及び 図-3 参照)

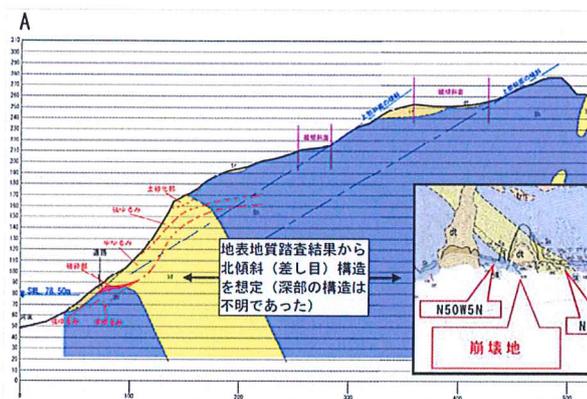


図-2 崩壊地の地質断面図

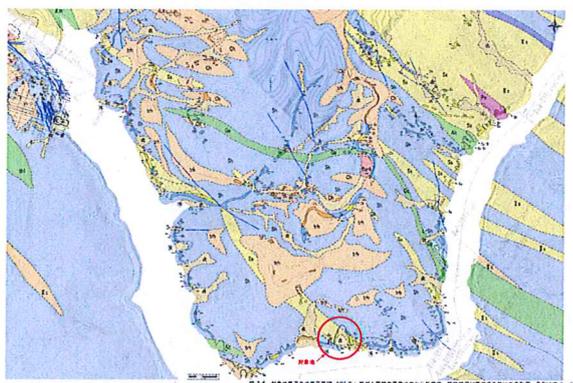


図-3 崩壊地周辺の地質平面図

(2) 既往調査における評価について

2015年度(平成27年度)迄の現地踏査等で、学識者から次のような主要な指摘を受けている。*1)

- a) ダム湛水前の支川田原川の水衝により、宇治川右岸部の対象地下流に位置する斜面が割裂され、斜面上部に表層崩壊が進行していると推測。
- b) 層理面の開口などのゆるみを示す事象は、山腹斜面全体に見られるが、沢内部では新鮮な岩盤が露出し、ゆるみが認められず、ゆるみの範囲は、斜面表層部に限られるものと推察される。
- c) 崩壊地は、層理面の走向が斜面に平行な箇所、泥岩(頁岩)分布域で、地山内に強ゆるみ部が

形成され、降雨を誘因とし発生したと推察される。

- d) 地形判読の結果、重力変形を疑わせる箇所が存在し、地表踏査では地山深部の状況が明確にできず、規模および変形機構が不明である。

3. 地質調査について

(1) ボーリングコア観察・解析

今回、機械ボーリングφ86mmの気泡ボーリング(B-1)について、現況河川河床高を目標に、高品質コアを141m採取した。なお、コアの整理に際しては、「ボーリング柱状図作成要領(案)改訂版」に準拠し、学識者の指導を受けながら表土・頁岩・砂岩の3区分に整理した。*2)

- a) 0.00~1.20m; 表土、崖錐堆積物
 - ・表土は茶褐色を呈する腐葉土。
 - ・崖錐堆積物中には木根混じる。円礫はなし。

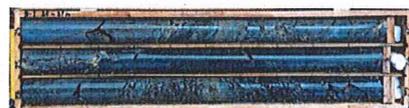


(写真-1) 表土(0.00~1.20m) 代表コア

- b) 1.20~33.45m; 頁岩
 - ・主に丹波帯Ⅱ型地層群の頁岩で構成される。
 - ・砂岩岩片は概ね硬質だが、頁岩の一部が破碎され角礫ないし粘土化している。風化は全般に認められる。



頁岩の健全部分(深度18~18.25m)



砂岩ブロックを混在する頁岩(深度24~27m)

(写真-2) 頁岩(1.20~33.45m) 代表コア

- c) 33.45~141.00m; 砂岩
 - ・主に丹波帯Ⅱ型地層群の砂岩で構成される。
 - ・砂岩岩相は含礫、粗粒、中粒、細粒、砂岩頁岩互層に細分される。



砂岩中の層状頁岩(深度42.45~42.75m)

(写真-3) 左岸(33.45~141.00m) 代表コア

(2) 岩級及び破碎度

(B-1)孔についての、岩級区分及び破碎度については、既往業務に準拠して区分を行った。*1)

なお、「Cl~Cr1a」は重力変形に伴う破碎を示し、「-」は破碎が無いことを示す。また「Sh」については重力変形ではなく造構運動に伴う破碎を示している。(表-1 及び 表-2 参照)

岩級	代表的な細区分組合せ	代表的コア写真
CH	AIIa, AIIb	 深度139~140m付近
CM	BIIb, BIIBb	 深度74~75m付近
CL	BIVb CIVc	 深度72~73m付近
D	DVd	 深度20~21m付近

表-1 (B-1)各岩級区分の代表コア

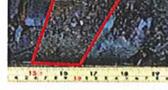
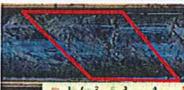
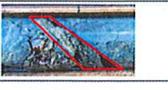
区分	イメージ	性状・コア写真
Cl		粘土~砂状。  代表的な破碎度Cl (深度31.65~31.75m)
Cr-1		角礫岩状。角礫の中央径は2-5 mm。基質の量は60%以上。 Cr-1に該当するコアなし
Cr3		角礫岩状。角礫の中央径は5-15 mm。基質の量は30-60%。  代表的な破碎度Cr3 (深度6.45~6.5m)
Cr2		角礫岩状。角礫の中央径は15 mm以上。基質の量は30%未満。  代表的な破碎度Cr2 (深度30.35~30.60m)
Cr1b		細粒物が開口割れ目を充填。  代表的な破碎度Cr1b (深度10.5~10.6m)
Cr1a		開口割れ目。  代表的な破碎度Cr1a (深度76~78m)
-		密着割れ目。
Sh		剪断による破碎。  代表的な破碎度Sh (深度107~108m)

表-2 (B-1)孔 コア破碎度区分

(3) 観測及び解析について

a) ボアホールスキャナー観測

(B-1)孔においてボアホールスキャナー観測により深度6.7m~141mまでの孔壁展開図を取得し、密着および開口割れ目、層理、破碎度境界、剪断境界、石英脈を面として識別し、採取コアとともに法面崩壊性状・素因の解析の基礎資料とした。(表-3 参照)

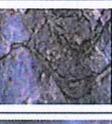
面区分	定義	コア	ボアホールスキャナー
割れ目	割れ目 (密着または開口)	 76.7 76.8 76.9	 76.7 76.8 76.9
層理	層理面	 45.5 45.6 45.7	 45.5 45.6 45.7
破碎度境界	破碎度区分 Cr2, Cr3, Cl の境界	 30.6 30.7	 30.6 30.7 30.8
剪断境界	破碎度区分Shの境界	 107.3 107.4	 107.3 107.4
石英脈	石英脈	 125.8 125.9	 125.8 125.9

表-3 B-1コアの識別面区分

b) 不連続面解析

ボーリング孔の下向きに取り付けられたカラー CCDカメラより下方映像を得ることができ、静止画像は、(図-4)のように北(真北)方向を中心に南方向を切り開いたかたちでモニタに表示される。

静止画像1画面の表示している深度は約25cmで、鉛直孔の場合、画面の向きは左から右に南・西・北・東・南の順となっている。

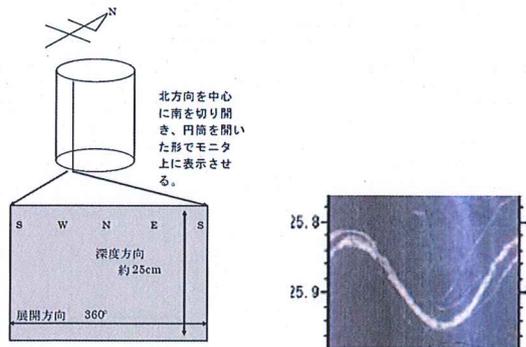


図-4 孔壁展開画像

孔壁展開画像の結果から、開口割れ目の分布や岩相の変化等について、孔内観測図および割れ目について整理を行った。割れ目や層理面などの走向・傾斜は以下のようにして得ることができる。

「北から θ° 西」の走向をもち、「南に α° 傾く」割れ目がボーリング孔を横切っている場合、(図-5)のように割れ目は展開図上で、周期関数(正弦・余弦)として表示される。鉛直なボーリング孔の場合、割れ目の走向は北から割れ目の最大傾斜と中央水平線

の交点までの角度(θ)と一致し、傾きは割れ目の最大傾斜と中央水平線のなす角度(α)と一致することになる。

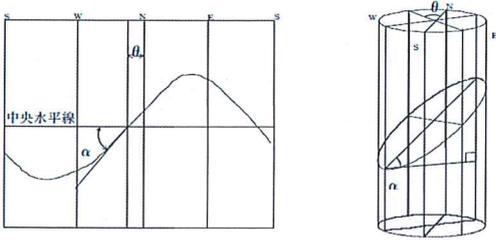


図-5 ステレオネット投影結果例

c) ステレオネット解析

不連続面解析によって得られた各不連続面の割れ目、層理面などの区分に応じた走向傾斜をステレオネットに投影し、卓越する走向傾斜から、調査箇所の地質構造や、ゆるみ構造の特性を「極」と呼ばれる点に変換し把握したデータをシュミットネット図という割れ目解析図を作成して対象地の地質構造やゆるみ構造の特性を把握する基礎資料を得る。

(図-6 参照)

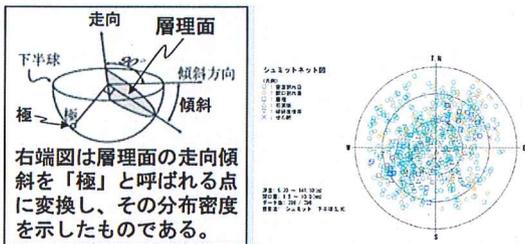


図-6 シュミットネット図

(4) 孔内傾斜計

孔内傾斜計は、ダム貯水池の横断方向(南北方向)にA軸、縦断報告(東西方向)にB軸として、毎月1回実施した観測結果を以下に示す。

A、B軸方向とも、0.5mm以内の変位であった。

(表-4 参照)

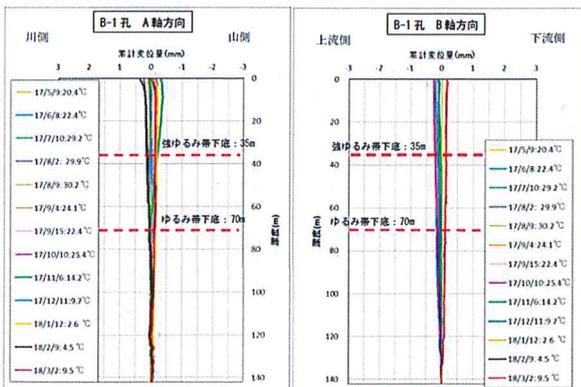


表-4 (B-1) 孔 孔内傾斜計観測結果

(5) 地下水位観測計

地下水位観測については、(B-1)孔の掘進時に孔内水位がほとんど確認されず、地下水供給が少ないと推察されるため、降雨時の表層部の水位を測る水深孔を15mとした。

なお、表層面の流水を遮蔽するためGL-2.5mをモルタル注入し、GL-2.5~14mに降水時の一時的な地下水上昇の有無を把握できるようストレーナを設置、最下端の1mは泥溜めの無孔部とした。

(図-7 参照)

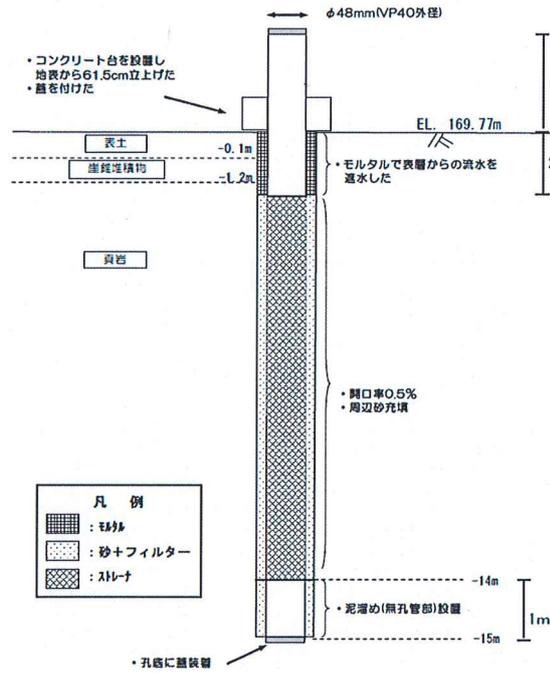


図-7 (B-2)孔(地下水観測井)の井戸構造

2017年(平成29年)の自記水位計での観測結果は、大雨時(台風21号:10月23日など)でも水位上昇は認められていない。(表-5 参照)

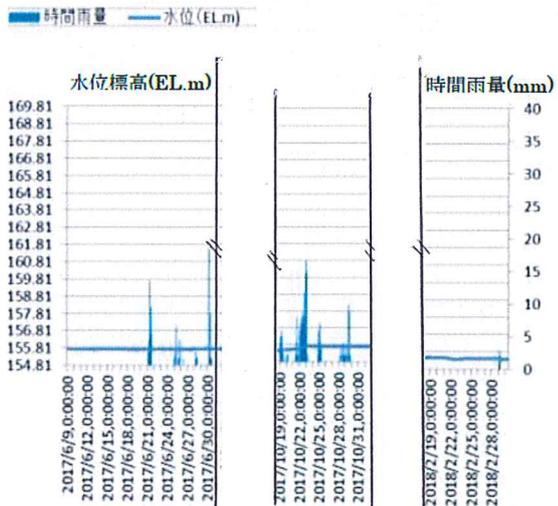


表-5 (B-2) 孔 降雨量及び水位観測結果

(6) 地震計

(B-1)近傍地点に地震計の南北方向をX成分、東西方向をY成分となるよう設置した。この計器は、微弱な揺れから震度6程度の揺れまで連続して記録できる。また、電源となるソーラーパネル(幅150cmのパネル1枚)も併せて設置した。

地震計は、一時電源不足で欠測したが、概ね正常に作動しており、観測期間中に検知した地震について下記のとおり記載する。(表-6 参照)

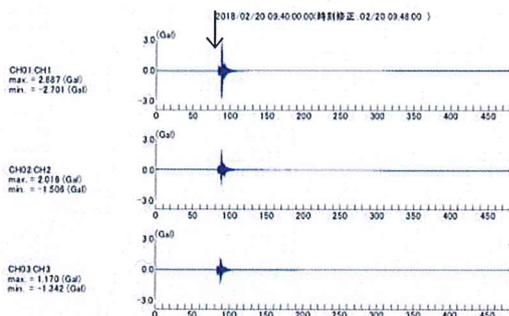


表-6 京都府南部H30.2.20 9:41 地震の記録

4 総合解析

地質解析及び観測結果から、天ヶ瀬ダム貯水池法面崩壊箇所における重力変形の性状・素因及び形成過程を考察し、現状を整理する。

(1) 地質構成と全体構造

深部における高品質地質調査で確認した結果、露頭と同様に、頁岩および砂岩が分布することが把握された。丹波層群に属する対象地周辺の一般走向傾斜が北西-南東走向、南西傾斜であることから、南斜面に位置する対象地においては、事前の想定どおり「曲げトッピング」の重力変形が生じたと考えられる。(図-10 参照 文末記載)

降雨による地下水位について、これまでの観測では、水位上昇が確認されておらず、崩壊箇所では、地山表面で排水されていると推測される。

(2) 深度方向の走向傾斜の変化

高品質コアによる直接的な岩質確認とボアホールスキャナー解析による層理面の特性から、3つの深度区分(深度35mまで、深度70mまで、深度141mまで)に区分して整理を行う。(図-8 参照)

a) 深度70mまでの層理面の走向は東北東下がり(対象地の東西斜面に対し差し目)であるのに対し、以深の走向は南南西下がり(流れ目)と異なるものの、概ね調査対象地周辺における丹波層群の一般走向傾斜(北西-南東方向)と調和的である。

b) 深度区分ごとのシュミットネット解析図においての見かけ傾斜からは、深部の南傾斜の地層が浅部で傾き、北傾斜となる変形構造が示唆される。

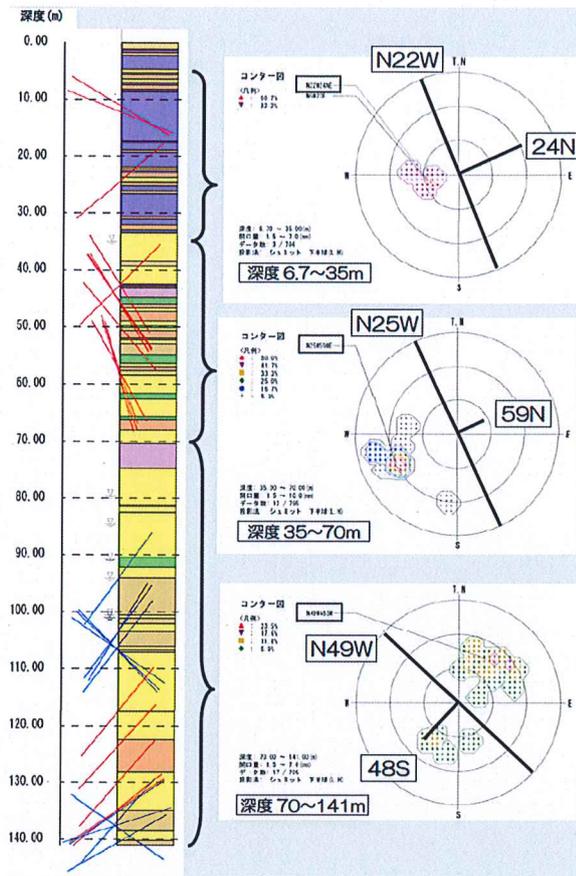


図-8 B-1深度別走向傾斜及びシュミットネット図

(3) ゆるみの変化と区分

割れ目本数は、深度による差異が少なく、深部から浅部に向けての累積勾配は一定で変化に乏しい。

よって、この項目から、B-1孔におけるゆるみ特性を把握するのは、現時では困難である。

(図-9 参照)

a) 強ゆるみ帯(深度35m以浅)

- ・非破砕は認められず、破砕度Cr1bを主体とし、破砕度Cr3とCr2が多く認められる。
- ・頁岩が割れやすく小片状・礫状をなすため開口として捉えられない。このため、割れ目累積分布図において、開口量の累積勾配は下位より緩やかになっている。
- ・しかしながら、破砕状況からゆるみ程度は下位より大きいと判断し、強ゆるみ帯と位置づけられる。

b) ゆるみ帯(深度35~70m)

- ・破砕度Cr3とCr2が散在し、それ以外も破砕度Cr1bまたはCr1aとわずかながら破砕されている。非破砕は下位に比べ少ない。

・開口量の累積勾配が下位に比べ急となることから、ゆるみが生じているものと判断し、ゆるみ帯と位置づけられる。

c) 非ゆるみ帯(深度70~141m)

・破砕度 Cr3 と Cr2 が散在するが、上位に比べ非破砕のゾーンが多く認められる。特に深度 117.4~117.5mmの Cr3 が本孔における最も深い重力変形に伴う破砕で、これより深部に重力変形を示唆する破砕は認められず、非ゆるみ帯と位置づけられる。

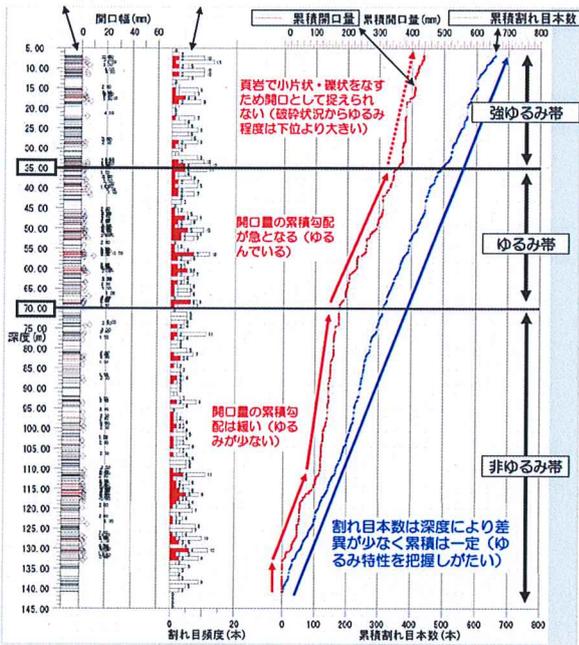


図-9 割れ目頻度(本数)とゆるみ区分

5. おわりに

現時点の調査及び観測において、深層崩壊が絶対に発生しないとは、断言できない状況である。

しかし、崩壊地深部の地質状況や孔内傾斜計を設置したことで、今後の大雨及び地震後の観測結果と比較し、崩壊原因解明の基礎になると考える。

完成後半世紀をこえる天ヶ瀬ダムが、今後も引き続き、治水・利水・発電及び地域の発展を支え続ける存在であるよう、日々精進しなければならない。

謝辞:

今回、現地踏査・コア検定・解析においてご指導頂きました学識者をはじめ、調査頂いたコンサルタントや調査協力を頂きました関係自治体・地権者、並びに発表の機会を与えて頂きました淀川ダム統合管理事務所職員の皆様に心から感謝致します。

異動に伴う対応:

元淀川ダム統合管理事務所管理課、現在河川部河川工事課に在席

参考文献

- 1) 琵琶湖河川事務所:平成27年度 天ヶ瀬ダム再開発事業地下水分析業務
- 2) 協坂ほか: 2012年 地すべり移動体を特徴づける破砕岩
- 3) (財)日本建設情報総合センター:平成11年5月ボーリング柱状図作成要領(案)改訂版

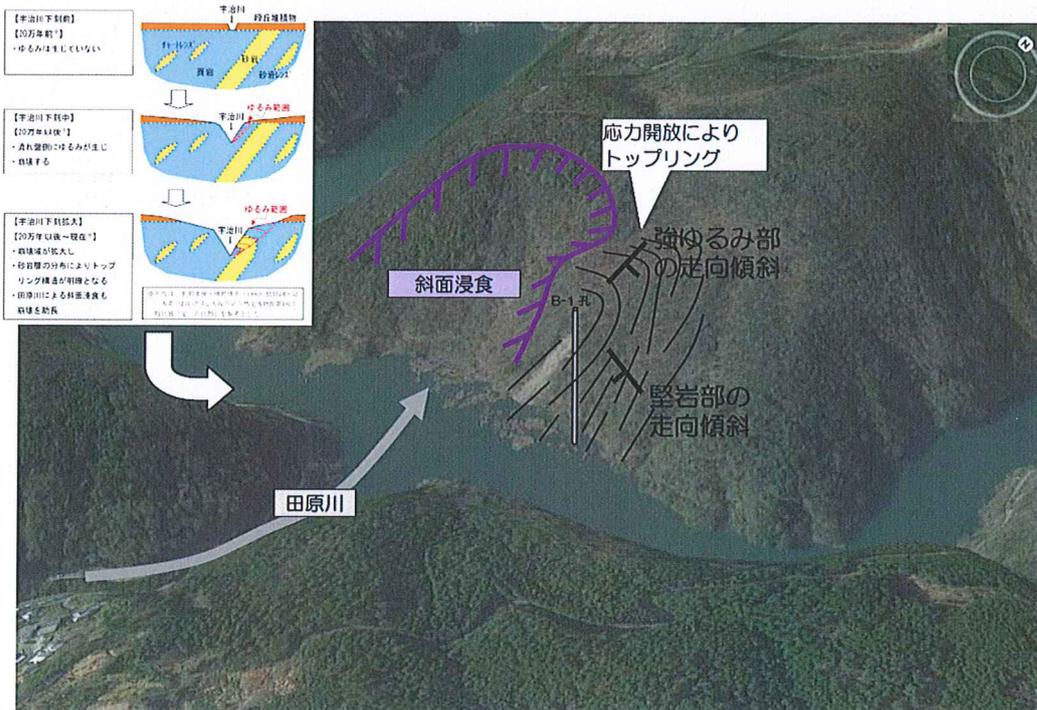


図-10 崩壊箇所周辺の重力変形全体像