

中国における天然ダム対策の考え方

Way of thinking of countermeasures on landslide dams in China

森 俊 勇*

Toshio MORI

1. はじめに

2008年5月12日の汶川大地震により中国の四川省では34カ所で天然ダムが形成され、二次災害防止に向けて多彩な取り組みが展開された。それらの活動の一部は、インターネットで公開されたのでご覧になった方も多いのではないかと思います。

中華人民共和国水利部では、これらの経験を今後の対策に生かすべく、2009年3月に「天然ダム対策ガイドライン」¹⁾と「天然ダム危険度レベルの分類基準」²⁾の2つを取りまとめた。

当時、インターネットから入手したこれらの資料（意見募集の原稿、最終版ではない）をこの度翻訳してみたので、主に前者の資料の概要を紹介する。多くの天然ダム災害を経験している中国の取り組み方針が、我が国においても今後の参考になる部分があるのではないかと思います。

なお、後者の「天然ダム危険度レベルの分類基準」と、前者の付属資料である「天然ダム決壊洪水氾濫解析の考え方」については、別の機会に紹介させていただく予定である。

ガイドラインは、本文と解説に分かれているが、分かりやすくするため適宜解説文を引用して挿入した。また、中国語を翻訳した資料なので、文化の違いから分かりづらいところについては可能な範囲で意識した。従って、表現が原文と多少違う所もあるがご理解いただきたい。

2. 概要

「天然ダム対策ガイドライン」は、地震や豪雨等の自然災害に伴い発生する山体の地すべり・崩壊、土石流堆積物により、河川水が閉塞されて形成される天然ダムの応急対策に関するガイドラインである。

応急対策とは、限られた期間内に危険な状態を解消するための対策であり、決壊による二次的な災害を防止するために緊急に取り組むべき対策で、その対策を実施するために許容される期間は出水期との関係と形成された天然ダムの状況などにより決定されることになる。（基本的には次期出水期までの対策と考えて良いようである）

この応急対策が実施された後に安定性の評価を行い、恒久対策に向けた検討が改めて行われることになる。

また、応急対策の実施にあたっては現場が非常に危険性の高い状況にあることから、施工にあたる作業員の安全対策にも十分な配慮をすることが明記されている。

「天然ダム危険度レベルの分類基準」は、複数形成された天然ダムの危険度について四段階で評価するための基準であり、この評価結果（レベル）によって、応急対策の取り組みの仕方が決定されることになる。

評価は、①堤体の構成物質、②堤体の高さ、③最大湛水容量、④影響域における人口、⑤重要市街地、⑥公共または有害物等の危険施設数という6つの指標に基づき判断することになっている。

従って、上・下流に対する影響調査にあたっては、重要施設並びに有毒・有害、放射能等の危険物の製造・保管施設等に対する影響の有無についても行うことになる。

下流の影響区域は、天然ダムの決壊パターンに基づき、決壊した場合の洪水計算を行い、算出された各地点の洪水によるピーク流量から断面水位を算定して水没区域を決める。

決壊パターンとしては①越流未決壊、②1/10決壊、③1/5決壊、④1/3決壊、⑤1/2決壊、⑥全壊という6つのパターンがあり、この中から可能性のある複数のパターンを決めて計算を行うことになっている。

ガイドライン¹⁾の中では、簡易に天然ダム堤体の危険度判定を行う手法として、堤体の体積、流域面積、堤体の高さという3つのパラメーターから算出されるDBIという地形の無次元閉塞係数で危険度判定を行う考え方が紹介されている。これは、イタリアのフィレンツェ大学のエルミニ教授ら（Ermini, L. et. al）³⁾の提案している既往事例の分析結果に基づく経験的な考え方である。しかしながら、以下に示すように、この式では堤体の材料特性を反映することができないため、実情により不適切な場合があり、この式を適用するにあたっては十分に注意することという但し書きが付記されている。

$$DBI = \log \left(\frac{A_b \times H_d}{V_d} \right) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 V_d - 堤体体積 (m^3)、 A_b - 流域面積 (km^2)、 H_d - 堤体の最大天端高さ (m)。

$DBI < 2.75$ の場合、堤体は安定している。 $2.75 <$

* 正会員 一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 Member, Sabo Frontier Foundation (rijicyou@sff.or.jp)

$DBI < 3.08$ の場合、堤体は安定と不安定の間の過渡区域にある。 $DBI > 3.08$ の場合、堤体は不安定である。

また、一般的に天然ダム天端に開削され、早期に越流させるための放水路については、越流侵食を促すために設ける「導流溝」と、安定的な越流状態を保つことを前提とした「放流路」という2種類の考え方がある（詳細は、5.2「導流溝」と「放流路」を参照）。

3. 安定性の検討

天然ダムの安定性は、「浸透流破壊」、「地すべり」、「越流侵食」という3種類について検討することになっている。以下、ガイドライン¹⁾の記述内容を紹介する。

3.1 浸透流破壊の計算・解析

- 1) 浸透流計算では、天然ダムの異なる水位を組み合わせた条件下で、堤体内において安定した浸透流の浸潤線の位置および下流側法面の出口動水勾配を想定するものとする。
- 2) 浸透流計算に含まれるべき基本水位の組み合わせには、上流の想定最高水位、下流の実績水位の組み合わせも含まれる。堤体が不安定な場合には、緊急安全対策の最高水位の状況で検討するものとする。
- 3) 浸透流破壊の安定性の検討は、次に掲げる判断と計算を行うものとする。

堤体の浸透変形種類、堤体および地盤土体の浸透安定性、堤体の下流法面の浸透流の浸出区間の浸透安定性。

3.2 すべり抵抗安定計算

- 1) すべり抵抗安定計算は、地形・地質条件に基づき、堤体高さや材料特性等の要因を勘案して、代表性のある断面を選択して行うものとする。
- 2) すべり抵抗安定計算には、次に掲げる事項を含むものとする。
上流の最高水位で、安定浸透流を形成する時の下流法面の安定性。安定浸透流の状況で地震が発生した場合の、上・下流法面の安定性。応急安全対策計画の場合には、下流法面の安定性。
- 3) 天端が比較的広い堤体においては、下流側の局所的な地すべりによって堤体全体が崩れるとは限らない。従って、堤体下流側における連続する複数の漸進的な地すべりが安定化した後は、堤体天端の幅が要求事項（安定条件）を満たしているか検算するものとする。
- 4) すべり抵抗安定計算には、「簡易ビショップ法」と「スウェーデン法」を採用することができる。すべり抵抗安全率は、『天然ダム危険度レベルの分類基準』（別冊）に定める数値を下回らないものとする（天然ダムの危険度レベルにより異なり、1.10～1.30となっている）。
- 5) 土のせん断強度の指標は、類推またはインパージ

ョン解析によって算出する。条件が整っている場合には、地質探査試験の成果に応じて決定する。試験に採用する機器や試験方法は、関連規範の要求事項を満たすものとする。

- 6) 設計外力には基本外力と特殊外力の2種類があり、堤体の所在環境により選定するものとする。基本外力には、自重、静水圧および風浪圧、土圧、水圧およびその他発生する機会が比較的多い外力が含まれ、特殊外力には、地震時慣性力およびその他発生する機会が比較の少ない外力が含まれる。

3.3 洗掘力の評価（越流侵食）

- 1) 天然ダムの湛水位が堤体の天端高さを越え越流が始まることを想定し、洗掘力の評価を行うものとする。評価内容には、堤体材料の洗掘破壊抵抗力および（緊急）「放流路」が安定的な放流条件を保持できる最大流量が含まれる。
- 2) 洗掘力の評価に当たっては、堤体の形成メカニズムを考慮するものとする。一般的に、降雨や土石流によって形成された堤体は、越流時に洗掘破壊が生じやすい。
- 3) 堤体材料の構成、想定される最大洗掘力に基づき、（堤体材料の）許容流速を仮決定する。
- 4) 堤体材料の許容流速に基づき、「導流溝」または「放流路」の規模および洗掘防止対策を決定する。

4. 応急対策計画

ガイドライン¹⁾では、天然ダムの危険度により応急対策計画の実施組織が変わることになっている。

レベルⅠ：省級またはそれ以上の人民政府

レベルⅡ・Ⅲ：地級またはそれ以上の人民政府

レベルⅣ：県級またはそれ以上の人民政府

ちなみに、中国の地方組織は、省・地・県・郷・鎮・村・組・世帯という階層区分になっている。

我が国の場合は、国か県のどちらかが取り組むことになるが、中国の場合、人民政府は変わらないが、取り組む組織のレベルが変わるという仕組みのようである。

応急対策計画は、「構造物的手段」、「非構造物的手段」、「総合対策計画」という3つから構成されている。

「構造物的手段」には、堤体、水没区域の地すべり地、下流河道内の構造物等への対策が含まれ、「非構造物的手段」には、上・下流にいる人員の避難、危険回避等が含まれる。

「総合対策計画」には、流況・降水状況の予測・予報システム、安全モニタリングシステム、通信保全システムおよび想定される必要物資、輸送手段並びに協議・意思決定メカニズムが含まれる。

すべての応急対策の元となるデータを取得するため、適切な機器を配備して「水文緊急モニタリング」と「安全性チェックモニタリング」を行うことになっている。以下、ガイドラインの記述内容を引用する。

4.1 水文緊急モニタリング

水文緊急モニタリングとしては、以下の事項に取り組む。

1) 天然ダム緊急水文踏査・測定：

①天然ダムの背水長さ、水面の平均幅、平均水深、ダム前面の水面から天端までの高さなど。②天然ダム上・下流区域の代表的な断面の測定。③天然ダムへの流入量および測定時の水位、湛水量

2) 水文モニタリングステーションネットワークの敷設：

既存の流況予報システムおよび既存の水文・増水警報所ネットワークを活用し、不足する場合は適宜増設する。

3) 水文緊急モニタリングプラン：

測定する人員の安全確保を前提に、極力自動計測とする。一般的に使用される機器・設備は以下のとおり。

転倒桁型雨量計、圧力式水位計、気泡式水位計、ノンブリズムトータルステーション、赤外線距離計、電波流速計、レーザー流速計、高精度 GPS、衛星電話、リモートビデオ監視装置など

4) 水文情報の伝達：

一般的に通信が遮断されているため、衛星通信を優先的に利用する。

5) 流況予報：

降水予報に基づき、流況予報を行い、現場等の早期警戒体制に資する。

4.2 安全性チェックモニタリング

安全性チェックモニタリングとしては、巡視検査並びに機器によるモニタリングを実施する。

「巡視検査」としては、亀裂、滑動、崩壊、溶食、隆起、陥没穴、発泡、渦流、湧水、漏水穴、流土、パイピングその他についてチェックする。

「機器モニタリング」としては、堤体の変形、亀裂、地すべり、浸透流および堤体両岸および近隣区域の斜面の安定性、地下水等が対象となる。このうち、変形は必須項目とし、その他の項目は状況に応じて設定する。

また、堤体の法面や堤体両岸の斜面の安定は、天然ダムの安全性に影響を及ぼす重要な要因であり、そのため、表面の変形のみではなく、内部変形および地下水の状況についても可能な限りモニタリングする必要がある。

使用する機器の選定にあたっては、観測員の手間を極力減少させるためテレメーター化するとともに、独自の電源を持つ機器、地震等の影響を受けにくい機器を選定する。

一般的には、測定ロボット、トータルステーション、GPS、傾斜計、浸透圧計、亀裂計、ロッド式変位計、ワイヤ式変位計、オーバーフロー式沈下計等を使用する。

5. 構造物的手段

構造物的手段としては、一般に以下の手段が取られて

おり、原則的には、「導流溝方式」が検討される。このうち、④、⑤は流入量 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下の場合に、さらに⑤については落差 $H \leq 8 \text{ m}$ の場合に導入されることになっている。

①水路の開削による放流

②導流溝＋洗掘

③上流山間部からの（他流域への）放流

④ポンプによる吸い上げ、排水

⑤サイフォン管による吸い上げ、排水

⑥トンネル洪水吐からの放流

⑦補強または取り壊し等

5.1 構造物による対策の考え方

構造物による対策の考え方については、以下のような方針となっている。

- 1) ダム上流区域に他流域へ放流可能な場所がある場合には、放流先として利用の可能性を検討する。
- 2) ダム湛水容量と流量が比較的少ない天然ダムの応急対策では、ポンプによる吸い上げ・排水、サイフォン管による吸い上げ・排水等の措置を採用することができる。
- 3) 堤体体積が比較的大きく容易に取り壊せないが、その主たる構成物質が土と石の混合物であり、水力による急速な洗掘条件を備えている場合には、ダムに直接、導流溝を開削し、導流溝からの越水後の水流による洗掘を利用し、徐々に越流断面を拡大させ、放流能力を増大させて、天然ダムの水を安全な増水水位まで引き下げることが望ましい。
- 4) 堤体体積が比較的大きく容易に取り壊せないが、その主たる構成物質が大型粗石であり、越流水により洗掘されにくいと想定される場合には、堤体を越流する前に、機械または発破によって「放流路」を開削することによって、可能な限り越流する水位を低下させることを検討することができる。
- 5) 堤体体積が巨大であり、発破による取り壊し、機械による取り壊し、または導流・洗掘による取り壊しのいずれもが比較的困難な場合や、堤体の事後の利用価値が高く、堤体自体の安定性が良好であり、かつ、上流からの流入水を安全で信頼性の高い放流路で放流することを前提としている場合には、その長期的な安定性を確保するため、堤体に補強処理を行うことを検討することができる。
- 6) 堤体体積が比較的小さく、比較的短時間で取り壊せる可能性があり、取り壊し期間中に決壊した場合にも、下流に被害を与えないと考えられる場合には、機械または発破により堤体を取り壊し（除却）、河道断面を可能な限り復元することを検討することができる。
- 7) 以上のような堰体に直接施工する工事プランの実施は困難だが、比較的短い経路のトンネル洪水吐を設置するという選択肢があり、さらに、施工期

間に比較的余裕がある場合には、トンネル洪水吐を新設して放流することを検討することができる。トンネル洪水吐の流入・流出口は、堤体や土石流の影響範囲を避けて配置するものとする。

5.2 「導流溝」と「放流路」

天端に設けられる水路には「導流溝」と「放流路」の2種類がある。前者は、天然ダムの天端を開削し、越流により徐々に浸食させて、一定の安全性に導くという考え方の水路であり、後者は、天然ダムの状況判断から水路の洗掘が進まないことを前提に計画される放水路である。一般的には、前者の「導流溝」が計画される。

新潟県中越地震(2004)以降に取り組まれている、我が国の天然ダム対策事例では天端に開削される水路の侵食を防ぐ対策が必ず行われており、天端に放水路を設け、できるだけ早く越流させて、決壊を防ぐ、または決壊した場合の被害を最小限に抑えるという「放流路」的な考え方であり、越流水により徐々に浸食させるという「導

流溝」の考え方ではないようである。

中国では、汶川大地震で形成された最大規模の天然ダムである「唐家山」天然ダムについて導流溝が掘削され、決壊を防ぐことができたと評価されている。しかしながら、唐家山天然ダムの一連の推移を決壊と見る方もおられると思うし、我が国で許容されるのかどうかについては、疑義のあるところである。

5.2.1 「導流溝」および「放流路」の経路選定・配置

- 1) 「導流溝」は堤体で最も適切、かつ迅速な施工が行える部位を選択し、配置する。
- 2) 経路は可能な限り短く、直線状にする。
- 3) 「導流溝」の出口は、洗掘が生じやすいような場所とする。
- 4) 土石流により形成された堤体については、ダムおよび兩岸の接触域に「導流溝」を開削(3カ所)して、堤体全体の急速な崩壊を防ぐことが望ましい。「(解説)「導流溝」は、堤体上で最適な、速やかに施工することのできる脆弱な地質部位を選択して、設計する。可能な限り、元々の地形が低く、粒子の構成が細かい場所に配置することによって、開削工事量を減少させ、開削の難易度を低減させ、流水の掃流力を十分に発揮させて、開削断面の拡大を速める。「導流溝」の湾曲箇所は、スムーズな流れを確保するため、60度を超えることは望ましくない。

出口は、堆積が起こらず、「導流溝」の洗掘・拡大という目的を果たせるよう、洗掘が容易な場所に設置するものとする」

- 5) 「放流路」は、堤体または兩岸の洗掘抵抗力が比較強い部位に配置するものとし、(放流路)兩岸法面の安定性を確保しなければならない。

5.2.2 「導流溝」および「放流路」の断面設計

- 1) 「導流溝」の初期断面は、(施工可能と)想定される強度に基づき決定するものとする。同じ決壊線、同じ傾斜率(勾配)、異なる水路底高さの開削プランを複数立案し、実施段階でどの案にするのかを決める。その最低水路底高さは、緊急危険回避期間(6.非構造物手段参照)における設計洪水基準(天然ダムの危険度レベルに応じ、年超過確率 $1/2 \sim 1/5$ 超とされている)に求められている洪水の流下能力を満たさなければならない。
- 2) 「導流溝」の断面設計と施工設備はつり合いが取れており、単純な構造とする。
- 3) 設計断面は、施工段階並びに越流が始まるまで安定性が確保されていなければならない。
- 4) 「導流溝」の設計断面は、狭く深い形状を呈することが望ましい。
- 5) 「放流路」の断面は、可能な限り広く浅いタイプを採用し、単位幅当たりの流量を可能な限り減少させる。また、流入口の高さが変動しないように



写真-1 唐家山天然ダム。導流溝を越流し始めて3日後(2008年6月9日)の状況(新華社通信)

Photo 1 Image of 3 days passed from overflowing, Xinhua News,
http://newsxinhuanet.com/photo/2008-06109/content_8334693.htm, 参照 2008-06-10



写真-2 越流開始4日後の状況(新華社通信)

Photo 2 Image of 4 days passed from overflowing, Xinhua News
<http://www.flickr.com/photos/hzdk1/2566501495/>, 参照 2008-06-11

することが望ましい

5.2.3 「導流溝」および「放流路」の構造設計

- 1) 「導流溝」の縦断勾配は、地形を踏まえて決定するものとする。上流から下流までの縦断勾配は、流水を誘導して洗掘が進みやすいように、徐々に急峻になるようにする。
- 2) 「導流溝」の比較的脆弱な法面には、局所的な保護を行い、流量が少ない初期の越流時に法面が崩壊して「導流溝」が閉塞されるのを防ぐものとする。
- 3) 「放流路」の兩岸法面および底部は、一定の洗掘抵抗力を有し、放流路の越流に起因して突然、堤体が決壊することがないようにする。

5.3 堤体の補強策

堤体の補強策としては、

- 1) 堤体の補強および基礎部の漏水防止
- 2) 堤体の上・下流法面の安定性の向上
- 3) 堤体の嵩上げ

が検討される。1) としては粘土の投下、ジオテキスタイルの敷設、グラウチング（カーテン、フラクチャー、高圧ジェット）が、さらに恒久対策としてはコンクリート壁、鋼矢板による漏水防止対策などが、また2) としては斜面修復、押え盛土工、ダム下流法面の合成材料による排水対策などが取り組まれる。3) はフィルダム等に準じて取り組むことになっている。

我が国においては、嵩上げてまで利用することはまず考えられないのではないかと料する（明治22年の十津川災害で形成され、決壊せずに残存した「大畑瀦」は、伏流水が近隣集落の飲料水となっていた）。

5.4 堤体の取り壊し（除却）

堤体の取り壊しの考え方は以下のようにになっている。

- 1) 堤体の取り壊し（除却）方法の選択は、主に現場の施工・交通条件、堤体の構成物質および堤体の形状によって決定する。
- 2) 現場の施工・交通条件により大型施工機械の搬入が不可能な場合には、発破による取り壊し方式を採用することを検討する。
- 3) 堤体が、主に大型粗石と体積の大きい岩体によって構成されており、狭く痩せた形状の場合には、主に制御発破による取り壊しを検討することが望ましい。発破後の碎石は、水流に混入して流出させ、機械で除去作業を補っても良い。
- 4) 堤体が主に大型粗石と体積の大きい岩体で構成されており、幅が広く扁平な形状の場合には、発破および機械による開削を組み合わせた方式による取り壊しを検討することが望ましい。
- 5) 堤体が主に粗石・碎石または碎石土で構成されている場合には、主に機械による開削という手段での取り壊しを検討することが望ましい。

5.5 現場の安全対策

応急対策を行う現場の安全対策は、以下のような考

方になっている。

- 1) 安全対策計画を策定し、安全モニタリングを実施して、専門的な早期警戒制度を構築する。
- 2) 現場での非安全（危険）要因発現後の緊急危険回避・避難経路および安全危険回避の場所および行動方針を定着させる。
- 3) 導流・洗掘処理方式を採用し、導流溝の工事に従事している作業員は、警報が出た場合、ただちに安全な場所へ避難し、危険を回避するものとする。
- 4) 堤体の上流水位を測定して安全性をチェックするとともに、堤体の下流側の巡視点検を行い、大量のパイピング等の危険な状態を発見した場合には、速やかに警報を発令する。
- 5) 斜面の安全モニタリングを行い、崩壊・地すべりの可能性のある土塊の位置にセンサーを設置して、危険な状態が発生したら速やかに早期警戒を発令する。
- 6) 余震の発生、豪雨の到来に当たっては、施工の一時停止を検討し、人員を安全地帯に避難させ、危険を回避させるものとする。
- 7) 発破機材の輸送、保管、使用に当たっては、国の関連規定の基本的原則を遵守し、厳格な管理制度と専門的な仕組みを構築して、厳格に行うものとする。

6. 非構造物的手段

人民政府は危険回避案の策定、手配、実施の「責務」を負い、人民は危険を回避する「義務」を負うという基本的な考え方になっている。

天然ダムが形成された後の初期段階では、交通輸送の便が悪く、施工が困難であるといった客観的条件が制約となり、一定期間は非構造物的手段のみにより危険回避を行うことになる。

6.1 緊急危険回避対策

決壊する潜在的危険性があり、かつ、上・下流の人民の生命や財産の安全に脅威となるレベルⅠ（超高危険）およびレベルⅡ（高危険）の天然ダムについては、緊急危険回避対策を策定する。また、レベルⅢ（中危険）およびそれ以下の天然ダムについては、上・下流に極めて重要な施設、重要な機関・部門が分布している場合またはその他重大な二次災害を誘発する可能性がある等、具体的な状況に応じて、特例的な緊急危険回避対策を策定することになっている。

6.2 緊急危険回避指揮部

緊急危険回避措置の指揮をとる組織の編成は、原則的に地方の政府部門が実施を主導し、関連の職能部門や末端の郷・鎮の政府部門がこれに参加し、責任区分を明確化することになっている。例えば、汶川大地震時の安県肖家橋の天然ダム指揮部は、一元的な管理および調整を

行いやすいよう、政府・増水防止指揮部・水務局・公安局・人民武装部・財政局・民政局・建設局・交通局・衛生局・電力・通信等の部門によって共同で構成された。また、緊急危険回避突撃隊（例えば、緊急援助隊、災害救助隊のような活動を行う）という組織も編成された。

6.3 早期警戒

警戒体制は、①流況予報に基づく上流からの洪水ピーク流量の基準、②湛水池の所定警戒値までの上昇、③堤体の上下流法面の変形状況、④堤体の下流浸（透）水量等の指標を基に緊急対応レベルの基準を決定することになっている。緊急対応レベルは、黄色早期警戒、オレンジ色早期警戒、赤色早期警戒の3段階となっており、具体的な態勢は以下のとおりである。

- 1) 黄色早期警戒の発令時には、緊急危険回避範囲内（決壊洪水氾濫解析に基づき決定される）のすべての団体、部門、人員は、対応策の手順に従い防衛態勢に入る。
- 2) オレンジ色早期警戒の発令時には、緊急危険回避範囲内のすべての団体、郷・鎮、コミュニティ、学校は活動停止および休校になるものとする。重要設備・施設を移動、保護し、人員は対応策の手順に従い、避難準備態勢に入る。
- 3) 赤色早期警戒の発令時には、緊急危険回避範囲内のすべての人員は、対応策の手順に従って緊急退避、避難する。

指揮部は、早期警戒の発令内容を有線および無線通信を通じて、緊急危険回避範囲内における各事業所・学校・コミュニティ・郷・鎮の住民に発令するとともに、110指揮センター（110番で救急通報ができる行政機関）・ラジオ・テレビ・電話・ラッパ・ドラ等を用いて警報を発令する。

7. 応急対策実施後の安全性総合評価

天然ダムは、導流・洗掘・越流を経た後も、通常は一部の堤体が残留している。越流断面と元の河床形状には、依然として比較的大きな差があり、残留した堤体により湛水が継続している場合さえある。下流兩岸の人民の生命と財産の安全性を確保し、2度目のダム決壊によって生じる災害の影響を防ぐため、残留堤体に対しても、依然として持続的な変形モニタリングおよび浸透流モニタリングを実施する必要がある。

総合評価には、次に掲げる事項が含まれる。

- 1) 変形モニタリングおよび浸透流モニタリング資料の総合的な分析。
- 2) 物質構成および物理力学的特性。
- 3) 堤体および導流溝の兩岸斜面の安定性の分析。
- 4) 放流路の洗掘抵抗の安定性解析。
- 5) 崩壊した斜面の背後地の変動・破壊特性と安定性解析。
- 6) 堤体の下流河床変動解析には、決壊前後の堤体および下流河道の地形変化解析、将来的な下流河道の変動解析および新たな河道の洗掘抵抗・安定性解析が含まれる。
- 7) 恒久対策に関する提案。

天然ダムの決壊後、大量の土砂やベッドマテリアルロードが下流河道へ流下し、河道断面に大きな変化が発生する。また、天然ダム区域に新たに形成された河道は、短時間で比較的大きな洗掘による変化が発生する。そのため、下流河床と新たな河道の変動解析を行う必要がある。

8. あとがき

以上、中華人民共和国水利部の「天然ダム応急対策ガイドライン」¹⁾ (未定稿) を翻訳した結果の抜粋を引用しながら概要を紹介させていただいた。用語面で多少違和感のある方もおられると思うが、前後の文脈から解釈いただければありがたい。

ガイドラインと条文解説の翻訳結果を併記したPDFを、ウェブ²⁾に掲載してあるので、興味のある方は、ダウンロードしていただきたい。

参考文献

- 1) 中華人民共和国水利部 (2009.04.01 予定): 堰塞湖应急处置技术导则 (天然ダム応急対策ガイドライン) <http://www.giwp.org.cn/upload/file/2009/20090227161250269485.pdf>, 参照 2010-01-19
- 2) 中華人民共和国水利部 (2009): 堰塞湖风险等级划分标准 (天然ダム危険度レベルの分類基準), <http://www.giwp.org.cn/upload/file/2009/20090227164147577497.pdf>, 参照 2010-01-19
- 3) Ermini, L. and Casagli, N. (2003): Prediction of the behavior of landslide dams using a geo-morphological dimensionless index, *Earth Surface Processes and Landforms*, 28, p. 31-47
- 4) <http://www.sff.or.jp/content/uploads/cyugoku-tennendam-gaidorain.pdf>, 参照 2015-04-09

(Received 27 January 2015)