
天然ダム危険度レベルの分類基準

(条文説明 (解説) との合冊版)

(インターネット上のアドレスは「20090227164147577497.pdf」)

20xx-xx-xx 公布

20xx-xx-xx 施行

中華人民共和国水利部 公布

目次

序文	3
1 総 則	4
2 用語	6
3 基礎資料	7
4 天然ダム危険度レベル	8
4.1 堤体危険性の判別	8
4.2 天然ダムの決壊による損失の判別	9
4.3 天然ダム危険度レベルの分類	9
5 洪水基準	14
6 堤体の安全基準	16
6.1 天端の安全裕度	16
6.2 堤体全体の安定基準	16
附属書 A 天然ダム危険度レベルを評価する数値解析手法	18
条文説明	エラー! ブックマークが定義されていません。
1 総 則	エラー! ブックマークが定義されていません。
2 用語	エラー! ブックマークが定義されていません。
3 基礎資料	エラー! ブックマークが定義されていません。
4 天然ダム危険度レベル	エラー! ブックマークが定義されていません。
5 洪水基準	エラー! ブックマークが定義されていません。
6 堤体の安全基準	エラー! ブックマークが定義されていません。
添付 1 数値解析手法による天然ダム危険度レベルの分類算出例	エラー! ブックマークが定義されていません。

序文

水利部水利水電規画設計総院通知（水総科【2008】794号）及び『水利技術基準作成規定』（SL1-2002）の要求事項に基づき、業界規格『天然ダム危険度レベルの分類基準』（SLxxx-2009）を策定する。

この基準は、6章9節46条と附属書1件から成り、次に掲げる事項が主な内容である。

- － 基準の適用範囲、引用規格及びレベルの分類に必要な基礎資料を明確化した。
- － 天然ダム危険度レベルの分類の原則及び方法、並びに洪水設計基準、堤体の安全基準を規定した。

この基準には強制条文があり、ゴシック体で示しているため、これを厳格に実施するものとする。

この基準の主管機関：水利部国際合作・科技司

この基準の解釈団体：水利部水利水電規画設計総院

この基準の編集責任団体：水利部水利水電規画設計総院

長江水利委員会 長江勘测規画設計

この基準の承認部門：中華人民共和国水利部研究院

この基準の編集参加団体：中国水利水電科学研究院 四川省水利水電勘测設計研究院

この基準の出版・発行団体：中国水利水電出版社

この基準の主な起草者：

この基準の審査会議の技術責任者：

この基準の形式・様式の審査者：

1 総 則

- 1.0.1 天然ダム影響域における人民の生命と財産の安全を保障し、天然ダムにより生じる恐れのある二次災害を軽減し、天然ダム危険度レベルの分類基準の統一を図ることによって、天然ダムの応急対策業務を迅速、科学的、安全に行うため、この基準を制定する。

(解説)

地震、豪雨及び融雪等の自然災害によって発生する天然ダムの堤体と人工的な転圧式フィルダムを比較した場合、明らかな差がある。堤体は主に急速な堆積によって生じたものであるため、その構成物質は複雑かつ多様で、堤体構造は比較的ルーズな状態であり、その多くが一時的に湖沼の形態を呈する。

天然ダム区域内の水位上昇に伴い、浸透圧が徐々に増大し、ルーズな状態の堆積物中にパイピングが形成され、堤体を決壊させる恐れがある。また、水流が満水状態になることによって決壊し、天然ダム上下流において二次洪水災害を引き起こすこともある。

これまでは、天然ダムの危険な状態を解消する場合、主に、『水利・水力発電工事のレベル分類及び洪水基準』（SL252）、『転圧式フィルダムの設計規範』（SL274）を参照していたが、統一された危険度レベルの分類基準が不足していた。

そこで、天然ダム危険度レベルの分類基準の統一を図るため、四川大地震で形成された唐家山等、104カ所の天然ダムに対する危険性レベルの分類及び応急対策業務での経験を総括し、この基準を制定した。

- 1.0.2 この基準は、地震、豪雨及び融雪等の自然災害によって発生する天然ダムに対する応急対策業務に適用し、氷河堆積物によって形成された天然ダムに対する対策業務には適用しない。

(解説)

この基準の作成に当たっては、主に地震により形成される天然ダムの危険な状態を解消した経験を分析し、総括した。氷河堆積物により形成される天然ダム対策に関する資料は、ほとんど収集していない。氷河堆積物により形成される天然ダムの決壊に関する研究成果や対策に関する経験及び総括はさらに乏しい。従って、この基準における技術関連条項は、氷河堆積物により形成される天然ダムの対策には適用しない。

- 1.0.3 堤体の危険性、天然ダムの決壊による損失等の要因を総合的に勘案して、天然ダム危険度レベルを総合的に分析し、かつ決定するものとする。

(解説)

河道を閉塞して形成された堤体のダム高さは、数メートルから数百メートルにも及び、最大のものは、世界中の既設又は建設中のフィルダムよりも高くなるほどである。天然ダムが存続する期間は、数時間から数百年である。

天然ダムの湛水容量は、数十万立方メートルから百億立方メートルにまで及ぶ。従って、天然ダムの規模は、主に天然ダムの湛水容量によって決定づけられるのである。堤体の安定性に影響を与える主な要因は、堤体材料の構成、堤体高さ及び天然ダムの規模等である。天然ダムの決壊による損失の重大性については、危険が及ぶ上下流の危険人口、重要都市部、公共又は重要施設を主に考慮する。

規模が巨大又は特別重要防御対象（重要都市、重要施設、ダム等）に危険が及ぶ恐れがある天然ダムについては、必要な場合には、その危険度レベルに関して専門的な論証を行うことができる。

- 1.0.4 規模が巨大又は決壊の被害が特に著しい天然ダム危険度レベル基準については、専門的な論証を行うことができる。
- 1.0.5 この基準は、次に掲げる規格を引用している。
 - 1、『洪水調節基準』（GB50201）
 - 2、『水利・水力発電工事のレベルの分類及び洪水基準』（SL252）
- 1.0.6 天然ダム危険度レベルの分類は、この基準に適合するほか、国の現行の関連規格の規定にも適合するものとする。

2 用語

- 2.0.1 天然ダム Dammed lake, checked-up lake
地震、降雨及び融雪等に起因する大規模な地すべりや土石流が河道を閉塞した後、湛水によって形成された湖。
- 2.0.2 堤体 Dammed block
一定の遮水能力を有する、河道を閉塞している地すべり土塊の堆積物。
- 2.0.3 危険度レベル Risk degree
天然ダムの崩壊が起こる可能性及びその被害の重大性を反映させた度合い。
- 2.0.4 導流溝 Diversion-flush trough
人工的に形成され、かつ、一定の放水・越流能力を有し、水位の変化又は洗掘に伴い、断面を拡大させることにより、越流能力を急速に増大させる放水・越流のための構築物。
- 2.0.5 応急対策期間 Emergency disposal period
天然ダムに対して応急対策を行うか、又は上・下流において非構造物的手段を講じることにより、天然ダム危険度レベルを許容可能な状態に引き下げるまでの期間。
- 2.0.6 応急対策後 Emergency disposing afterwards
天然ダムの応急対策が完了してから恒久対策までの所要期間。

3 基礎資料

3.0.1 天然ダム区域の気温、降水、風速及び霧等の気象資料を収集する。

(解説)

天然ダムの突発性及びダム水位の上昇速度が急速であるという特性を踏まえ、気温、降水等の基本的な気象資料を可能な限り速やかに収集するものとする。

3.0.2 流域の自然・地理の概況、流域及び河道の特性、堤体より上流の集水面積、流域又は区域内の水文観測所の分布及び関連の水文資料等を収集する。

3.0.3 天然ダム所在区域の地体構造及び主要な断裂構造の活動の特性を把握する。

3.0.4 地形、地層の岩性、地質構造、水文地質学的条件、物理地質学的現象及びダム湖岸の安定状態を含む、天然ダム区域の基本的な地質条件を把握する。

(解説)

収集する資料には、航空写真、衛星写真、航空観察及び実測等の資料も含むものとする。

3.0.5 堤体及び堤体基盤の構造、物質構成、物理的性質・力学的性質、水文地質学的特性を含む、堤体区域の土木地質条件を調査する。

3.0.6 堤体高さ、長さ、体積、形態、天然ダムの水深、水量、ダム水位の上昇状況、堤体の浸水状況等を含む、天然ダムの特性の情報を収集する。

3.0.7 天然ダム（堤体）所在区域の社会的・経済的状況（人口及び鉱工業企業、重要施設等を含む）及び上・下流における防御対象の洪水調節基準等の情報を収集する。

3.0.8 天然ダム形成前の交通条件（主要な都市部や場鎮（市場町）までの距離、道路の基準等を含む）、天然ダム形成後の交通の現状の情報を収集する。

4 天然ダム危険度レベル

4.1 堤体危険性の判別

- 4.1.1 表4.1.1の天然ダムの湛水容量に応じて、天然ダムの規模を大型、中型、小（1）型及び小（2）型に分けることができる。

表4.1.1 天然ダム規模分類

天然ダムの規模	天然ダムの湛水容量V (10 ⁸ m ³)
大型	$V \geq 1.0$
中型	$1.0 > V \geq 0.1$
小（1）型	$0.1 > V \geq 0.01$
小（2）型	$V < 0.01$

(解説)

天然ダムの規模は、ダムの規模の分類基準を参考にして分類を行う。

- 4.1.2 堤体の危険性は、天然ダムの規模、堤体材料の構成及び堤体高さに応じて、表4.1.2により、超高危険、高危険、中危険及び低危険に分けることができる。
- 1、同一の危険性レベルの3つのレベル分け指標のうち、2つ以上を満たす場合には、堤体の危険性は当該レベルに該当する。
 - 2、3つのレベル分け指標がそれぞれ異なる危険性レベルに該当する場合には、該当する最も高いレベルのレベル分け指標を1レベル引き下げて、それに対応する危険性レベルを堤体の危険性レベルとすることができる。

表4.1.2 堤体危険性の判別

危険性レベル	レベル分け指標		
	天然ダムの規模	堤体材料の構成	堤体高さ (m)
超高危険	大型	主に土質	>70
高危険	中型	大型粗石混じり土	30~70
中危険	小（1）型	土混じり大型粗石	15~30
低危険	小（2）型	主に大型粗石	<15

(解説)

堤体危険性の判別方法は数多くあり、中国国内では通常、複数指標総合評価体系が採用されている。指標の選択・使用時に若干の違いがあるだけで、堤体材料の特性、堤体高さ及び天然ダムの規模等、いくつかの主な指標はどの方法においても認められている。

- 4.1.3 天然ダムの応急対策状況及び堤体に、異常な浸透流等の潜在的危険性が存在している場合には、表4.1.2に基づき、堤体の危険性レベルを適宜調整することができる。

(解説)

堤体形成の成因の複雑性により、異なる成因の堤体材料の構成、構造的特徴等には、明らかな差が存在する。従って、堤体の危険性を判別するに当たっては、現場検査の状況や堤体の災害が発生する潜在的な可能性、異常な外観及び対策工事の難易度に基づき、堤体の危険性レベルを適宜引き上げ又は引き下げることができる。

4.2 天然ダムの決壊による損失の判別

- 4.2.1 天然ダム影響域の危険人口、重要な都市部、公共又は重要施設等の状況に基づき、表4.2.1を用いて、天然ダムの決壊による損失の重大性を、極めて重大、重大、比較的的重大及び中程度に分けることができる。

(解説)

天然ダム影響域の危険人口、重要都市部、公共又は危険施設とは、ダムの決壊・洪水の計算により決定した、天然ダムの決壊・洪水の影響範囲内における人口、重要都市部、公共又は危険施設の分布状況をいう。

- 4.2.2 天然ダムの決壊による損失の重大性判定には、単一指標による制御を採用することができる。3つのレベル分け指標が異なる決壊損失レベルに該当する場合には、該当する最も高いレベルの指標により決壊損失の重大性レベルを決定する。

表4.2.1 天然ダムの決壊による損失の判別

決壊損失の重大性	レベル分け指標		
	危険人口	重要都市部	公共又は重要施設
極めて重大	$\geq 10^6$	地級市政府又は市街地以上	国の重要な交通、送電、オイル・ガスパイプライン及び工場・鉱山企業、並びにインフラストラクチャー
重大	$10^5 \sim 10^6$	県級市政府又は市街地	省レベルの重要な交通、送電、オイル・ガスパイプライン及び工場・鉱山企業、大型水利施設又は大規模な工場、農薬工場及び猛毒化学工業工場
比較的的重大	$10^4 \sim 10^5$	郷鎮政府の所在地	市レベルの重要な交通、送電、オイル・ガスパイプライン及び工場・鉱山企業、中型水利施設又は大規模な工場、農薬工場
中程度	$< 10^4$	郷村（農村）以下の住宅地	一般的な重要施設、小型水利施設、一般的な工場及び農薬工場及びそれ以下の施設

4.3 天然ダム危険度レベルの分類

- 4.3.1 天然ダム危険度レベルは、堤体の危険性及び決壊損失の重大性に基づき、超高危険、高危険、中危険及び低危険に分けることができ、それぞれレベルⅠ、レベルⅡ、レベルⅢ、レベルⅣと表す。

(解説)

堤体の危険性レベル及び天然ダムの決壊による損失レベルに基づき、対応する天然ダム危険度レベルを、I、II、III、IVという4つのレベルに分ける。それぞれ、超高危険、高危険、中危険及び低危険という4つのレベルと対応する。

- 4.3.2 天然ダム危険度レベルは、ルックアップテーブルと数値解析という2種類の方法によって分類することができる。

(解説)

天然ダム危険度レベルの分類とは、主に危険の理念に基づき、天然ダムをレベル分けすることをいう。基準の実行可能性の向上を図るため、この基準では、2種類のレベル分類方法を提供している。

- 4.3.3 ルックアップテーブル法とは、表4.1.2及び表4.2.1の評価結果を総合し、表4.3.1によって天然ダム危険度レベルを決定する方法である。

表4.3.1 天然ダム危険度レベルの分類基準

天然ダム危険度レベル		決壊損失の重大性			
		極めて重大	重大	比較的重大	中程度
堤体の危険性	超高危険	レベル I	レベル I	レベル II	レベル II
	高危険	レベル I	レベル II	レベル II	レベル III
	中危険	レベル I	レベル II	レベル III	レベル III
	低危険	レベル II	レベル II	レベル III	レベル IV

(解説)

ルックアップテーブル法は、堤体の危険性と天然ダムの決壊による損失の重大性という二つの事項に基づき、天然ダム危険度レベルを評価するものである。そのうち、堤体の危険性レベルは、堤体の物質構成、高さ及び天然ダム湛水容量という3つの指標によって判別する。天然ダムの崩壊による被害の重大性は、天然ダムの下流影響域における危険人口、重要都市部及び公共又は危険施設の状況に基づいて判別する。

表4.3.3.1から表4.3.3.3は、2008年5月12日に発生した四川大地震で形成された天然ダムの一部の事例を示したものであり、ルックアップテーブル法を採用して危険度レベルの分類を行った結果である。表のデータは地震発生初期に収集した資料であり、実例見本としてのみ供し、公式に発表されたデータを代表するものではない。

表4.3.3.1 2008年5月12日の四川大地震で形成された一部の天然ダムの危険性の判別

天然ダム名称	天然ダム規模	物質構成	ダム高さ (m)	危険性レベル
老鷹岩	中型	主に砕石・粗石	130	高危険
唐家山	大型	土混じり粗石	82	超高危険
小崗剣発電所上流	中型	土混じり粗石	92	高危険
石板溝	中型	主に粗石	80	高危険
肖家橋	中型	主に砕石・粗石	65	高危険

罐灘	小(1)型	土混じり粗石	60	中危険
苦竹ダム下流	小(1)型	主に粗石	60	中危険
黒洞崖	小(1)型	土混じり粗石	50	中危険
岩羊灘	小(1)型	粗石混じり土	50	高危険
南壩	小(1)型	主に砕石・粗石	25	中危険
唐家湾	中型	主に砕石・粗石	40	高危険
紅松発電所建屋	小(1)型	土混じり粗石	40	中危険
馬槽灘中流	小(1)型	土混じり粗石	40	中危険
馬槽灘上流	小(1)型	土混じり粗石	40	中危険
馬槽灘下流	小(1)型	土混じり粗石	30	中危険
木瓜坪	小(2)型	土混じり粗石	15	中危険

表4.3.3.2 2008年5月12日の四川大地震で形成された一部の天然ダムの決壊による損失の重大性の判別

天然ダム名称	危険人口	重要都市部	公共又は重要施設	重大性レベル
老鷹岩	60000	郷鎮	軍事施設	極めて重大
唐家山	1303500	北川県、江油市、涪城区、科学城、游仙区、農科区、三台县		極めて重大
小崗剣発電所上流	47188	漢旺、拱星、綿遠、興隆、富新、什地、羅江県略坪	漢清公路	比較的重大
石板溝	150000	県城（訳注：県人民政府の所在地）1カ所、鎮5カ所、郷3カ所		重大
肖家橋	114000	安県：曉壩（総装備部5カ所を含む）、桑棗、安昌、黄土、花菱、界牌等、郷鎮6カ所、村45カ所、コミュニティ7カ所	重点企業6社、総装備部5カ所を含む	極めて重大
罐灘	4366	睢水鎮、秀水鎮、河清鎮	銀河集団	比較的重大
苦竹ダム下流	1300000	川県、江油市、涪城区、科学城、游仙区、農科区、三台县		極めて重大
黒洞崖	70000	漢旺、拱星、綿遠、興隆、富新、什地、羅江県略坪		重大
岩羊灘	2000	場鎮3カ所	発電所2カ所	比較的重大
南壩	5000	南壩鎮、響岩鎮等	宝靈寺発電所	重大
唐家湾	2000	場鎮（市場町）3カ所		比較的重大
紅松発電所建屋	2000	紅白鎮、鑿華鎮		比較的重大

馬槽灘中流	4500	紅白鎮、鑿華鎮		比較的重大
馬槽灘上流	5000	紅白鎮、鑿華鎮		比較的重大
馬槽灘下流	4000	紅白鎮、鑿華鎮		比較的重大
木瓜坪	2000			比較的重大

表 4.3.3.3 2008年5月12日の四川大地震で形成された一部の天然ダム危険度レベルの判別

天然ダム名称	危険性レベル	重大性レベル	危険度レベル
老鷹岩	高危険	極めて重大	レベルI
唐家山	超高危険	極めて重大	レベルI
小崗剣発電所上流	高危険	比較的重大	レベルII
石板溝	高危険	重大	レベルII
肖家橋	高危険	極めて重大	レベルI
罐灘	中危険	比較的重大	レベルIII
苦竹ダム下流	中危険	極めて重大	レベルI
黒洞崖	中危険	重大	レベルII
岩羊灘	高危険	比較的重大	レベルII
南壩	中危険	重大	レベルII
唐家湾	高危険	比較的重大	レベルII
紅松発電所建屋	中危険	比較的重大	レベルIII
馬槽灘中流	中危険	比較的重大	レベルIII
馬槽灘上流	中危険	比較的重大	レベルIII
馬槽灘下流	中危険	比較的重大	レベルIII
木瓜坪	中危険	比較的重大	レベルIII

4.3.4 数値解析手法の場合には、主に堤体の内因と外因という両方の要因を考慮する。堤体の崩壊が起こる可能性と崩壊による被害の重大性という両方の指標を選択して、附属書A(18頁)に基づき天然ダム危険度レベルを分類することができる。

(解説)

天然ダムに関する問題の複雑さと天然ダムの安全性リスク影響要因の不確定性により、天然ダム危険度レベルの評価過程では、指標に対応する重要性に変化が生じることがある。また、堤体物質の構成、高さ、天然ダムの湛水容量、天然ダム下流影響域における危険人口、重要都市部及び公共又は危険施設といった6項目の静的指標にのみ基づくことから、天然ダム危険度レベルを十分に反映させられないこともある。そのため、天然ダム対策の現時点での外部条件、すなわち強い余震の有無、地すべりの有無等や天然ダムの湛水容量、水位上昇速度といった要因を考慮する必要があり、数値解析手法を採用して、堤体の危険性レベルを評価することができる。数値解析手法による天然ダム危険度レベルの分類の算出事例は、添付1(22頁)を参照のこと。

- 4.3.5 天然ダム危険度レベル影響指標の相対的な重要性に応じて、各レベル分け指標の重要性係数を合理的に決定するものとする。

(解説)

天然ダム危険度レベルの分類の数値解析手法における指標の重要性係数は、個別指標個体のレベル評価全体に対する影響を反映する。各指標の重要性係数は、経験豊かな多数の専門家が、自らの経験と個体の特徴に基づいて指標の相対的な重要性に対して下した総合的評価を反映するものとする。具体的な数値の決定に当たっては、状況に応じて臨機応変に、デルファイ法、調査統計法、階層分析法といった、さまざまな方法を選択することができる

- 4.3.6 数値解析手法を採用して決定した天然ダム危険度レベルが隣接するいくつかのレベルに等しく該当する場合には、そのうちの最も高いレベルを天然ダム危険度レベルとするものとする。

(解説)

堤体の危険性レベル評価指標には、定量指標も定性指標もある。2種類の指標を総合して、堤体の危険性レベルは、ファジィ数学的手法を採用して評価を行う。その最終的なレベルの決定には、所属度最大値の原則を採用する。算出した隣接するレベルの所属度がほぼ等しい（すなわち、算出した隣接するレベルの所属度の差が非常に小さく、当該差分が主に計算の誤差によって生じている）場合には、そのうちの最も高い危険度レベルを取るものとする。

5 洪水基準

5.0.1 天然ダム応急対策の洪水基準には、応急対策期間及び応急対策後の洪水基準が含まれる。

(解説)

天然ダム応急対策の目標とは、一定期間内に河道の疎通を図る等、河川の閉塞によって生じた危険な状態を可能な限り速やかに解消することである。天然ダムの水位が上昇し続けると、堤体決壊の危険はそれにつれて高まっていく。従って、実情に応じ、天然ダムに対して段階的な応急対策を行っても良い。応急対策の各段階における洪水基準は、上下流における保全対象の重要度、施工可能な期間、利用可能な建設資源及び交通・輸送条件等の具体的な状況に基づいて決定する必要がある。決定した洪水基準は、実現可能な目標であるものとする。

5.0.2 天然ダム応急対策の洪水基準は、天然ダム形成時の季節、影響対象の重要度、施工可能な期間、利用可能な建設資源、交通・輸送条件等の具体的な状況を総合的に勘案して決定するものとする。

5.0.3 天然ダム応急対策期間の洪水基準は、表5.0.3により決定することができる。条件が許す場合には、実情に応じて洪水基準を引き上げることができる。

表5.0.3 天然ダム応急対策期間の洪水基準

危険度レベル	洪水再現期間（年）
レベルⅠ	≥5
レベルⅡ	3～5
レベルⅢ	2～3
レベルⅣ	≤2

5.0.4 堤体の上流に重要施設がある場合には、応急対策期間の洪水基準は、保全対象の洪水基準に基づいて決定するものとする。

5.0.5 天然ダム応急対策を実施した後、堤体の恒久対策を行うまでの残留堤体の洪水基準は表5.0.5に基づいて決定することができる。

表5.0.5 天然ダム応急対策後の洪水基準

危険度レベル	洪水再現期間（年）
レベルⅠ	≥20
レベルⅡ	20～10
レベルⅢ	10～5
レベルⅣ	≤5

(解説)

危険回避のための応急対策を実施した後、残留堤体を処理する必要がある場合には、下流の安全を確保するため、恒久対策を行うまでは、水利・水力発電工事の放流工洪水基準を参照して恒久対策前の洪水基準を制定する。

- 5.0.6 堤体の上・下流における保全対象には、主に重要なインフラストラクチャー及び都市部が含まれる。その洪水基準は、実際に水没する恐れのある区域により決定するものとする。
- 5.0.7 天然ダムの恒久対策の施工規模、洪水基準及び構築物のレベルは、『洪水調節基準』（GB50201）及び『水利・水力発電工事のレベルの分類及び洪水基準』（SL252）の関連規定により決定することができる。

(解説)

天然ダムの恒久対策プランは、ダムとして改造し長期的な運用を行う等、多面的な論証を行う必要がある。改造後の総湛水容量及び洪水調節、灌漑、冠水防止、給水、発電等に関する効果・利益の指標に基づき、施工の規模、洪水基準及び構築物レベルを決定するものとする。

6 堤体の安全基準

6.1 天端の安全裕度

- 6.1.1 天然ダム区域に流れが分岐する山間部（流域分割した区域）又はその他の洪水吐がある場合には、堤体の遮水区間頂部の高さ、それに対応する洪水基準時の静水位に最大波高、安全裕度（余裕高）及び堤体の沈下量を加えて確認するものとする。

（解説）

天然ダム区域に流れが分岐する山間部又はその他の洪水吐がある場合には、一定の洪水基準下での天端越流を防止し、堤体及び堤体で応急対策を行っている要員の安全を確保するため、堤体遮水区間頂部の最低高さを確認するものとする。

- 6.1.2 堤体の沈下量は、堤体の岩石や土壌の成分及び密実の状態に基づき検討して決定するものとする。初期には、ダム高さの1%～3%で見積ることができる。天端の安全裕度は、天然ダム危険度レベルに応じて、表6.1.2に基づき決定することができる。

表6.1.2 天端の安全裕度

天然ダム危険度レベル	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ	レベルⅣ
天端の安全裕度（m）	1.5	1.0	0.7	0.5

（解説）

堤体は通常、比較的ルーズな状態であるため、沈下量を見積もる際には、一般的な転圧式フィルダムより大きく取るものとする。天端の安全裕度については、『転圧式フィルダムの設計規範』（SL274）に記載の、安全性のために天端を嵩上げする際の数値取得を参考とする。

- 6.1.3 天然ダム堤体内に地すべり土塊が存在する場合には、地すべりによる滑動の影響も考慮するものとする。

6.2 堤体全体の安定基準

- 6.2.1 堤体に応急対策を施した後、簡易ビンョップ法を採用して堤体の法面全体の安定解析を行う場合には、そのすべり抵抗安全率は、表6.2.1に定める数値を下回らないものとする。

表6.2.1 堤体全体のすべり抵抗安定最小安全率

運用条件	天然ダム危険度レベル			
	レベルⅠ	レベルⅡ	レベルⅢ	レベルⅣ
正常時	1.30	1.25	1.20	1.15
非常時	1.20	1.15	1.15	1.10

正常時：設計洪水位により形成した安定的な浸透流の状態。

非常時：1) 天然ダム水位の異常な低下。2) 正常時に地震が発生した場合。

（解説）

本条は、堤体に応急対策を行った後に、到達する必要がある堤体のすべり抵抗安定安全率について要求事項を提示している。堤体に設計洪水位が出現する期間は、一般的に比較的短いため、すべり抵抗安定安全率はフィルダム全体よりも1レベル低くなる。地震によって形成された堤体については、主震後には通常、余震があるため、すべり抵抗安定計算の際には、地震発生時の状況について考慮する必要がある。

- 6.2.2 スウェーデン法を採用して堤体法面のすべり抵抗安定安全率を算出する場合には、最小安全率は、表6.2.1に定める数値よりも8%減少させるものとする。

附属書 A 天然ダム危険度レベルを評価する数値解析手法

A.0.1 天然ダム危険度レベルの分類の数値解析手法とは、危険の理念に基づき、ファジィ数学的手法を採用して天然ダム危険度レベルを評価するものである。

A.0.2 天然ダム危険度レベルの分類における数値解析の具体的な手順は、次のとおりである。

- 1、天然ダム危険度レベル評価指標体系を決定する。
- 2、天然ダム危険度レベルの各レベル分け指標の定量又は定性範囲を決定する。
- 3、天然ダム危険度レベルの各レベル分け指標の重要性係数 α_i ($i=1, 2, \dots, n$, n は指標数)を決定する。
- 4、天然ダム危険度レベルの各レベル分け指標の値域。一つの定量指標の異なるレベル指標値域とは、すなわち、当該指標を4つのレベルに分けたときに対応するレベルの上下限値のことである。定性指標の異なるレベル指標値域は、数の上では、(0, 25)、[25, 50)、[50, 75)、[75, 100]に統一する。

表A.0.2 天然ダム危険度レベル及びレベル分け指標値域表

危険度レベル	レベルIV	レベルIII	レベルII	レベルI
指標値域	(a,b)	[b,c)	[c,d)	[d,e]

- 5、選定したメンバーシップ関数に基づき、公式 (A.0.2-1)、(A.0.2-2)、(A.0.2-3) 及び (A.0.2-4) により、個別のレベル分け指標に対応する危険度レベルのメンバーシップ関数を算出する。公式 (A.0.2-5) により、個別のレベル分け指標の評価マトリックスRを算出する。

$$r_{11}(x_i) = \begin{cases} 0 & x_i \geq e \\ \frac{e - x_i}{e - d} & d < x_i < e \\ 1 & x_i = d \\ \frac{x_i - c}{d - c} & d < x_i < d \\ 0 & x_i \leq e \end{cases} \quad (\text{A.0.2-1})$$

$$r_{12}(x_i) = \begin{cases} 0 & x_i \geq d \\ \frac{d - x_i}{d - c} & c < x_i < d \\ 1 & x_i = c \\ \frac{x_i - b}{c - b} & b < x_i < c \\ 0 & x_i \leq b \end{cases} \quad (\text{A.0.2-2})$$

$$r_{13}(x_i) = \begin{cases} 0 & x_i \geq c \\ \frac{c-x_i}{c-b} & b < x_i < c \\ 1 & x_i = b \\ \frac{x_i-a}{b-a} & a < x_i < b \\ 0 & x_i \leq a \end{cases} \quad (\text{A.0.2-3})$$

$$r_{14}(x_i) = \begin{cases} 0 & x_i \geq b \\ \frac{b-x_i}{b-a} & a < x_i < b \\ 1 & x_i = a \\ \frac{x_i}{a} & 0 < x_i < a \\ a & \end{cases} \quad (\text{A.0.2-4})$$

ここに、 x_i —第*i*項のレベル分け指標値

a、b、c、d、e—第*i*項の指標に対応する危険度レベルの上下限值。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & r_{n4} \end{bmatrix} \quad (\text{A.0.2-5})$$

ここに、 n は天然ダム危険度レベルの評価指標数を表す。

- 6、決定した各レベル分け指標の重要性係数及び算出した個別のレベル分け指標の評価マトリックスに基づき、公式 (A.0.2-6) により、線形変換方法を採用して、天然ダムの危険性レベル分けの総合的な決定ベクトル、 $B=AoR$ を算定することができる。

$$[B_1, B_2, B_3, B_4] = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n] \circ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & r_{n4} \end{bmatrix} \quad (\text{A.0.2-6})$$

ここに、ベクトル $A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ であり、このうち $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ は指標の重要性係数である。

所属度最大値の原則を採用し、公式 (A.0.2-7)、公式 (A.0.2-8) を参照して、 B ベクトルから成分が最大のものを探し、それに対応する評価セットの評語をファジィ包括評価の結果とする。

$$G = i \quad \text{if} \quad B_i = \max(B_1, B_2, B_3, B_4) \quad (\text{A.0.2-7})$$

ベクトル B において2つの同じ最大成分の B_i と B_j が出現した場合には、

$$B_i = B_j = \max(B_1, B_2, B_3, B_4)、\text{かつ、} j > i \text{である。} \quad (\text{A.0.2-8})$$

そこで $G = i$ を取る。

ここに、 G は天然ダム危険性レベルである。

A.0.3 天然ダムの湛水容量、堤体高さ、堤体材料及び天然ダム影響域の危険人口、重要都市部、公共又は重要施設の状況といった6つの項目の指標だけでは、天然ダム危険度レベルを評価するには不十分な場合には、天然ダム危険度レベルのレベル分け指標を適宜調整することができる。

基準の用語に関する説明

この基準を実施するに当たっては、基準の用語は下表の規定を遵守するものとする。

基準の用語	特別な状況下での等価な表現	要求事項の厳格度
～するものとする、～べき	必要がある、求める、～しなければならない、～の場合のみ～と認める	要求
～しないものとする	認めない、許可しない、～してはならない	
望ましい	推奨する、提案する	推奨
望ましくない	推奨しない、提案しない	
～することができる、～しても良い	承認する、許可する、許諾する	許可
必要はない	不必要である、求めない	

添付 1 数値解析手法による天然ダム危険度レベルの分類算出例

ある天然ダム堤体は、平均高さが82m、最大湛水容量（最大湛水容量）31600万 m^3 、堤体堆積体の体積が2037万 m^3 であり、堤体は岩盤の押し出し又は崩壊によって形成された破碎岩、残積土・碎石及び苦竹ダム区域に沈積するシルト混じり細砂によって構成されている。上流の水没地区には、漩坪鎮、禹里郷があり、影響人口は3500人、ダム決壊時の洪水影響域には北川県、江油市、涪城区、科学城、游仙区、農科区、三台县があり、流動人口を合わせると総計130万人である。湛水容量は既に13,650万 m^3 である。この天然ダムの危険度レベルを分析してみる。

評価手順は次のとおりである。

(1) 天然ダム危険度レベル評価指標体系を決定する。

天然ダム危険度レベル評価のルックアップテーブル法における6項目の指標、すなわち天然ダムの物質構成、堤体高さ、天然ダム湛水容量、影響域の危険人口、重要都市部及び公共又は危険施設を選択して用い、数値解析手法を採用して天然ダム危険度レベルの評価を行う。他のより多くの要因による影響を考慮するレベル評価に当たり、参照することができる。

(2) 各指標それぞれのレベル値域を決定する。

各指標それぞれのレベル値域表

値域	a	b	c	d	e
堤体材料の構成	0	25	50	75	100
堤体高 (m)	1	15	30	70	150
天然ダム湛水容量 (万 m^3)	1	100	1000	10000	1000000
危険人口	1	10000	100000	1000000	1E+08
重要都市部	0	25	50	75	100
公共又は重要施設	0	25	50	75	100

(3) 重要性係数を決定する。

専門家が調査した上で、階層分析法を採用して重要性係数を決定する。各指標の重要性係数については、下表を参照のこと。

各指標の重要性係数表

指標	堤体材料の構成	堤体高 (m)	天然ダム湛水容量 (万 m^3)	危険人口	重要都市部	公共又は重要施設
重み	0.4	0.21	0.09	0.19	0.04	0.07

- (4) 個別の評価指標数値、所属範囲及びそのレベルの決定に当たっては、下表を参照のこと。

個別の評価指標数値、所属範囲及びそのレベル表

指標	堤体材料の構成	堤体高 (m)	天然ダム湛水容量 (万m ³)	危険人口	重要都市部	公共又は重要施設
指標番号	1	3	4	5	6	7
数値	40	82	31600	1303500	72	48
数値決定方法	堤体の構成成分中の土、石の含有量及びその石塊の大きさに基づいて総合的に決定する。	調査により入手	調査により入手	調査により入手	影響域における都市部の重要性、数量及び天然ダムとの距離に基づき、総合的に評価、判定する。	影響範囲内における水利施設、鉱工業企業、ライフラインシステム、軍事施設の分布状況、天然ダムとの距離及び影響域の通信状況に基づき、総合的に評価、判定する。
所属範囲	[b,c)	[d,e]	[d,e]	[d,e]	[c,d)	[b,c)

- (5) メンバーシップ関数を利用、選定し、単一要因を決定してマトリックスを評価する。

$$R = \begin{bmatrix} 0 & r_{12} & r_{13} & 0 \\ r_{21} & 0 & 0 & 0 \\ r_{31} & 0 & 0 & 0 \\ r_{41} & 0 & 0 & 0 \\ r_{51} & r_{52} & 0 & 0 \\ 0 & r_{62} & r_{63} & 0 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 0.6000 & 0.4000 & 0 \\ 0.8500 & 0 & 0 & 0 \\ 0.9782 & 0 & 0 & 0 \\ 0.9969 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8800 & 0.1200 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9200 & 0.0800 & 0 \end{bmatrix}$$

- (6) 評価対象の危険性レベルの総合的な決定ベクトルBを算出し、所属度最大値の原則に基づき、その所属レベルを決定する。

$$\begin{aligned}
& [B_1, B_2, B_3, B_4] = \\
& [\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6] \circ \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} \\ r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} \\ r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} \\ r_{61} & r_{62} & r_{63} & r_{64} \end{bmatrix} \\
& = [0.4, 0.21, 0.09, 0.19, 0.04, 0.07] \circ \begin{bmatrix} 0 & 0.6000 & 0.4000 & 0 \\ 0.8500 & 0 & 0 & 0 \\ 0.9782 & 0 & 0 & 0 \\ 0.9969 & 0 & 0 & 0 \\ 0.8800 & 0.1200 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9200 & 0.0800 & 0 \end{bmatrix} \\
& \mathbf{B} = [\mathbf{B}_1 \quad \mathbf{B}_2 \quad \mathbf{B}_3 \quad \mathbf{B}_4] \\
& = [0.4912 \quad 0.3092 \quad 0.1656 \quad 0]
\end{aligned}$$

B₁は、B₂、B₃、B₄よりも明らかに大きいことが分かる。従って、この天然ダムの危険度レベルGは1に相当し、超高危険度レベルに該当し、レベルIとなる。