

ISSN 1346-7328

國總研資料 第807號
2014年 9月

國土技術政策總合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.807

September 2014

大規模崩塌對策技術之基本事項

蒲原 潤一・内田 太郎

Technical guideline for countermeasures against
deep-seated catastrophic (rapid) landslide

Jun'ichi KAMBARA Taro UCHIDA

國土交通省 國土技術政策總合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

大規模崩塌對策技術之基本事項

蒲原潤一* 内田太郎**

Technical guideline for countermeasures against deep-seated catastrophic (rapid) landslide

Jun'ichi KAMBARA* Taro UCHIDA**

概要

本資料，係為了有助於今後大規模崩塌對策之參考，乃針對①設施整備之硬體對策，②預測迫切性相關資訊之軟體對策，③劃設土地危險性相關資訊(防災地圖)之軟體對策，相關技術之基本事項整理成冊。

關鍵字 大規模崩塌，硬體對策，防災地圖

Synopsis

This report presents technical guideline for countermeasures against deep-seated catastrophic (rapid) landslide. Here we showed techniques about 1) structural countermeasures, 2) non-structural countermeasures based on prediction of the timing of landslide occurrence and 3) non-structural countermeasures using hazard mapping against deep-seated catastrophic (rapid) landslide.

Key Words; deep-seated catastrophic (rapid) landslide, structural countermeasures, hazard map

*土砂災害研究部 砂防研究室長 Head, SABO Planning Division, SABO Department

**土砂災害研究部 砂防研究室 SABO Planning Division, SABO Department

大規模崩塌對策技術之基本事項

國土技術政策總合研究所
土砂災害研究部 砂防研究室

2014年9月

大規模崩塌對策技術之基本事項

目 次

前言	1
1. 基本事項	
1.1 大規模崩塌	3
1.2 大規模崩塌災害分類	3
1.2.1 依崩塌土石運動機制・形態分類	3
1.2.2 依崩塌發生要因分類	4
2. 研擬對策基本方針	
2.1 概論	6
2.2 選定危險地區	6
2.3 預測災害情景	7
2.3.1 區域內危險度評估	7
2.3.2 概略推測受災情形	7
2.4 對策之基本方針	11
3. 硬體對策	
3.1 概論	12
3.1.1 基本思維	12
(1) 因應現象之對策	12
(2) 規劃規模之設定	12
(3) 與既有計畫之關係	12
(4) 有效應用既存設施	13
(5) 應對巨大規模崩塌現象	13
3.1.2 定位	13
3.2 事前硬體對策	15
3.2.1 堰塞湖型	15
(1) 堰塞湖型之硬體對策特徵	15
(2) 堰塞湖型之硬體對策種類與功能	15
(3) 設施配置之考量及成效評估	17
(4) 外力估計及設施設計之考量	19

3.2.2	土石流型	21
(1)	土石流型之硬體對策特徵	21
(2)	土石流型之硬體對策種類與機能	21
(3)	設施配置之考量及成效評估	23
(4)	外力估計及設施設計之考量	24
3.2.3	重力堆積型	26
(1)	重力堆積型之特徵與對策之基本思維	26
(2)	重力堆積型之硬體對策種類與功能	26
3.3	長時間存續型堰塞湖之硬體對策	27
3.4	對策設施之維持管理	28
4.	迫切性相關資訊預警的軟體對策	
4.1	概要	29
4.1.1	基本思維	29
(1)	因應現象之對策	29
(2)	監測・觀測儀器之設置及監測基準值之設定	29
4.1.2	定位	29
4.2	迫切性相關資訊取得方法	30
4.2.1	地下水水位急遽上昇誘發之大規模崩塌	30
4.2.2	地盤振動誘發之大規模崩塌	33
4.2.3	重力變形作用產生之大規模崩塌	33
4.3	長時間存續型堰塞湖潰決迫切性相關資訊取得方法	34
5.	可能影響範圍相關資訊(防災地圖)劃設之軟體對策	
5.1	概論	36
5.1.1	基本思維	36
(1)	因應現象之對策	36
(2)	對象規模之設定	36
5.1.2	定位	36
5.2	可能影響範圍相關資訊(防災地圖)劃設方法	38
5.2.1	堰塞湖型	38
5.2.2	土石流型	38
5.2.3	重力堆積型	39
5.3	長時間存續型堰塞湖可能影響範圍相關資訊(防災地圖)劃設方法	40

前言

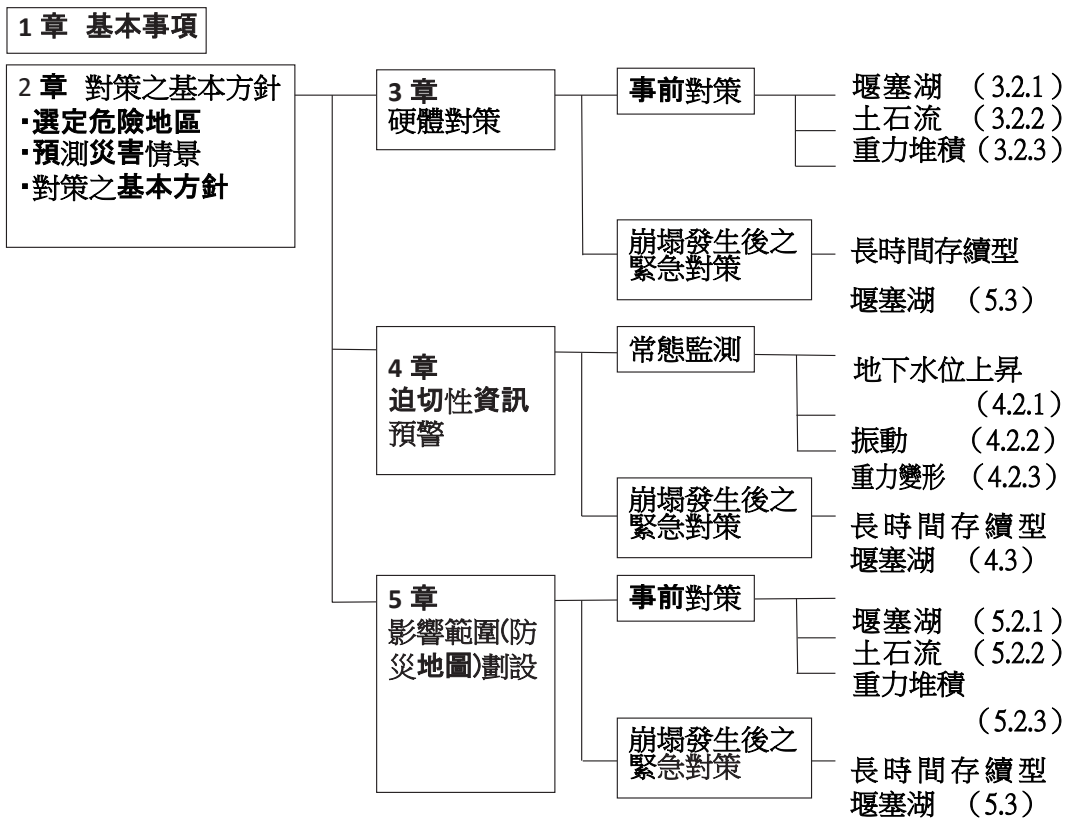
大規模崩塌，雖然發生頻率較一般土砂災害低，但是其規模卻相當大，常會造成莫大災害。對於大規模崩塌或大規模崩塌所形成的堰塞湖，傳統的防砂工程設施能否足以對付，尚難以定論。此外，根據日本「土砂災害防止法」規定的「基礎調查」完成之土砂災害危險性資訊(防災地圖)，亦未充分涵蓋大規模崩塌的有關資訊。亦即，傳統的土砂災害對策技術，尚難以充分防範大規模崩塌災害的侵襲。

欲減輕大規模崩塌所造成之災害，除了要整備工程設施的硬體對策、發佈大規模崩塌發生之迫切性相關資訊之避難系統、及劃設大規模崩塌災害影響範圍資訊(防災地圖)的防災計畫(避難場所或防災據點之適切性等)等對策之外，更必須總動員前述各對策。大規模崩塌釀成的災害當中，財物損失是絕對無法避免。既然無法避免財物損失，但至少也希望能夠保護人命安全，因此，應該要總動員前述對策，檢討減輕受災策略。

本資料就下述各對策相關技術之基本事項整理成冊，提供今後大規模崩塌對策之參考：

- ① 整備工程設施之硬體對策
- ② 迫切性相關資訊預警之軟體對策
- ③ 可能影響範圍相關資訊(防災地圖)劃設之軟體對策

本資料全文架構如圖－1 所示。



圖一 1 本資料之架構

1. 基本事項

1.1 大規模崩塌

本文件探討對象為大規模崩塌。所謂「大規模崩塌」，係指包括表土層與風化岩盤同時崩落之崩塌現象。

【參考文獻】

關於大規模崩塌之基本事項，可參考下列文獻：

- 1) 砂防学会（2012）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
- 2) 千木良雅弘（2013）深層崩壊，近未来社

1.2 大規模崩塌災害分類

1.2.1 依崩塌土石運動機制・形態分類

大規模崩塌造成之土石災害，可依土石之運動機制・形態，分類如下：

① 堰塞湖型

大規模崩塌產生之土石，先暫時形成堰塞湖，爾後，堰塞湖潰決造成急遽水流及大量土石所致之災害。堰塞湖型者，亦可能因迴水而於壩體上游區造成災害。

② 土石流型

大規模崩塌產生之土石形成土石流，直接遭受土石流侵害之災害類型。

③ 重力堆積型

大規模崩塌而產生之土石移動，直接受到崩塌土石衝擊之災害類型。

【解說】

各類型之具體案例，列舉如下：

- | | |
|-------|---------------------|
| ①堰塞湖型 | 金剛寺（和歌山縣舊花園村：1953年） |
| | 東竹沢（新潟縣舊山古志村：2004年） |
| ②土石流型 | 集川（熊本縣水俣：2003年） |

裏澤（宮城縣栗原市：2008 年）

- ③重力堆積型 大西山（長野縣大鹿村：1961 年），滝谷（三重縣宮川村：2004 年），宇井（奈良縣五條市：2011 年）

另外，堰塞湖型，依堰塞湖形成至潰決之時間長短，可分為：一，堰塞湖在形成當時的降雨期間，或該降雨停歇後即潰決者，稱為「短時間潰決型堰塞湖」；另一，堰塞湖在形成後，經過一段相當時間才發生溢流，因此河道也會持續一段相當時間呈閉鎖狀態者，稱為「長時間存續型堰塞湖」。地震造成的堰塞湖當中，以「長時間存續型堰塞湖」居多。

發生在河岸的大規模崩塌，有時其崩塌土石可能會堆積至河流對岸。若崩塌土石衝入水位高漲的河川，不但阻礙河水流通，亦可能使對岸、上下游受災。

【參考文獻】

關於大規模崩塌之案例及災害狀況，可參考以下文獻：

- 1) 土木研究所 火山・土石流チーム（2010）歴史的大規模崩壊の実態，土木研究所資料 No.4169
- 2) 土木研究所 火山・土石流チーム（2012）過去の深層崩壊事例について，http://www.pwri.go.jp/team/volcano/deep_seated_landslides/deep_seated_landslides.htm
- 3) 蒲原潤一・内田太郎・佐藤敏明・泉山寛明（2014）深層崩壊による土砂災害の被害形態について 平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集 B 212-213

1.2.2 依崩塌發生要因分類

依大規模崩塌的發生要因，可將其造成的土砂災害，可分類如下：

- ① 地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌
- ② 地盤振動誘發之大規模崩塌
- ③ 重力變形作用產生之大規模崩塌

一件大規模崩塌之發生，亦可能是受到數種要因的影響。

【解説】

- ・地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌

所謂「地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌」，係指坡面並未發現明顯的變形徵兆(岩盤潛移(Creep)等較小規模坡面變形現象除外)，卻因豪雨・融雪而發生大規模崩塌。豪雨・融雪，係使地下水位急遽上昇而引起大規模崩塌的誘因。

- 地盤振動誘發之大規模崩塌

所謂「地盤振動誘發之大規模崩塌」，係指坡面並未發現明顯的變形徵兆，卻因地震・火山活動等之影響，而發生大規模崩塌。

- 重力變形作用產生之大規模崩塌

有的坡地，即使沒有大量降雨・融雪或地震等作用，亦可能發生大規模崩塌。此類型之大規模崩塌，其發生機制為岩層因經年累積的重力變形，破壞土層及岩盤的力學平衡而發生崩塌，故該重力變形作用可視為大規模崩塌的主要原因之一。例如，大規模崩塌的一部分為地滑滑動塊體的末端，或是地滑滑動塊體本身，由平常的緩慢運動，突然轉變為急遽崩落者，可視為本類型大規模崩塌。

其實在「地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌」或「地盤振動誘發之大規模崩塌」發生前，坡地也多已發生重力變形。雖然如此，本文所指的「地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌」、「地盤振動引起之大規模崩塌」，係依崩塌發生當時的直接誘因為「地下水位急遽上昇」或「地盤振動」，而分別歸類為「地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌」或「地盤振動誘發之大規模崩塌」。

坡地在重力變形作用過程中，也多會有地下水等其他因素伴隨相互影響。然而，地下水對於「重力變形產生之大規模崩塌」與「地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌」兩者的影響機制不一樣，前者在崩塌發生當時，並無明確的大量降雨或融雪促使「地下水位急遽上昇」的現象。

各類型之具體案例，列舉如下：

- ① 地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌

- 2011 年颱風12 號引起之紀伊半島大規模崩塌
- 濁澤（山形縣舊立川町：1993 年）

- ② 地盤振動誘發之大規模崩塌

- 2008 年岩手・宮城內陸地震引起之大規模崩塌

- ③ 重力變形作用(地滑)產生之大規模崩塌

- 宇井（奈良縣舊大塔村：2004 年）

2. 研擬對策基本方針

2.1 概論

各地區應分別針對自己區內的大規模崩塌高潛感坡面，推測將來可能發生的大規模崩塌災害情景，組合有效的硬體及軟體對策，並研擬其基本方針，以進行防災對策。

2.2 選定危險地區

根據過去大規模崩塌的發生狀況，圈繪大規模崩塌高潛感區。

【解說】

大規模崩塌高潛感區，可參考下列資料圈繪：

- ・大規模崩塌推定頻率地圖
- ・大規模崩塌遺跡密度地圖

【參考文獻】

有關大規模崩塌推定頻率地圖，參考下述資料：

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部（2010）深層崩壊推定頻度マップ
<http://www.mlit.go.jp/common/000121614.pdf>

有關大規模崩塌遺跡密度地圖，參考下述資料：

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部（2012）深層崩壊跡地密度 マップ，
<http://www.mlit.go.jp/common/000223656.pdf>

2.3 推測災害情景

2.3.1 區域內危險度評估

評估對象區域時，應先瞭解該區域內大規模崩塌高潛感區及流域分布情形。

【解說】

可根據「具發生大規模崩塌可能性之溪流選定手冊(草案)」、「深層崩壞の恐れのある溪流抽出マニュアル(案)」，判釋大規模崩塌高潛感處所及流域。

【參考文獻】

- 1) 土木研究所 火山・土石流チーム（2008）深層崩壞の発生の恐れのある溪流抽出マニュアル(案)，土木研究所資料，第 4115 号

2.3.2 概略推測受災情形

對於前項評估為大規模崩塌高潛感區、流域，預測大規模崩塌發生時的現象與受災狀況。

若在非常大量降雨等情形下，於同一地區內可能發生數處大規模崩塌。本資料「1.2.1 依崩塌土石運動機制・形態分類」所述①～③三種類型現象中，可能會有數種類型同時出現在同一區域內。再者，數處大規模崩塌同時發生的話，災情擴大的可能性也高。因此，概估災情時，亦須考慮到數處大規模崩塌同時發生的災害情況。

【解說】

- ・探討歷史事件

對於未來發生大規模崩塌時的現象與災情，目前尚未無準確的推測方法，故只能從探討歷史事件著手。此時，最好參考與目標區地形、地質、氣候條件相同之周邊區域，且規模相近的案例，推測未來大規模崩塌發生時之土石運動現象。

探討歷史事件時，基本上，要根據下述方法或資料:

- ・文獻調查
- ・以往多期航空照片判釋
- ・根據航空照片判釋之大規模崩場地遺跡及相關調查結果。

瞭解以下 a.~f.各事項:

- a. 大規模崩塌發生之時期
- b. 大規模崩塌發生之場所
- c. 大規模崩塌之規模
- d. 大規模崩塌之發生要因（參照 1.2.2 節所述歸類）
- e. 運動・受災形態（參照 1.2.1 節所述歸類）
- f. 災害影響範圍

在 d. 項當中，若大規模崩塌係豪雨誘發者，則應探討誘發該大規模崩塌之豪雨規模。在 e. 項當中，若是屬於堰塞湖型時，則最好能檢討該堰塞湖的持續存在多久（為長時間持續型或短時間潰決型）。至於 f. 項，則可應用數值計算推估。

希望由 a.~f. 的結果，能從以往大規模崩塌案例中，瞭解各個規模、各個受災形態的大規模崩塌發生頻率，提供推測下述兩類大規模崩塌發生時的情景：

- ① 很可能發生的現象及受災狀況
- ② 或許會發生的現象及受災狀況

雖然②較①之發生頻率低，但推估其受災現象會較①嚴重。具體而言，①係以該區域過去約 100 年內發生過之同等規模的災害現象進行推估，②則以該區域及其周邊區域既往發生過最大規模現象進行推估。根據文獻等資訊推估②之情況時，通常以過去約千年單位期間內所發生災害之同等規模現象為目標進行推估，地質年代（數萬年或更早以前）所發生之現象不列入考慮。

・歷史事件調查

關於「過去約 100 年內所發生之災害」之調查方法，除了文獻調查之外，舊地形圖及多期航空照片判釋，也是調查古崩塌發生時期及規模的有效方法。有關「過去約千年單位期間內所發生災害」之調查，以文獻調查，加上航空照片判釋崩塌地遺跡、火山碎屑物層序年代學(Tephra chronology)等方法，可瞭解古崩塌的發生年代。

・歷史事件調查注意事項

根據歷史事件調查結果預測災害情境時，若目標區之航空照片拍攝時期、文獻撰寫時期，碰巧並無大規模降雨或地震發生的話，則無法瞭解該區域內舊大規模崩塌發生時的實際狀況。即便如此，日後發生大規模降雨・地震時，仍可能發生大規模崩塌。況且，即使發生了大規模崩塌，卻也可能因某種理由而未在文獻上留下任何紀錄。因此，根據歷史事件調查結果預測災害情境時，並不能僅限於調查對象所在之流域・區域的狹小範圍，須將調查範圍擴大至地形、地質、隆起量、氣候等相類似的其他區域。

• 航空照片判釋大規模崩塌遺跡成果應用的注意事項

對於在尚未建置有航空照片或舊地形圖之前的 100 年至千年單位期間所發生之歷史事件，以航空照片判釋古大規模崩塌遺跡，被認為是一個有效的方法。尤其是對於大規模崩塌之規模或潛感區位、流動形態(有無形成堰塞湖、是否土石流化等等)，調查區域內的大規模崩塌之特徵，透過航空照片判釋可獲得有用的資訊；至於是在多久以前發生的古大規模崩場地之遺跡，則無法從航空照片判釋結果得到充分的解答，因為它可能也包含了數千年以前發生之古大規模崩塌，所以應用航空照片判釋古大規模崩塌遺跡的結果時，應稍加小心留意。

• 詳細調查

不理歷史事件，若詳細調查即可探知大規模崩塌潛感坡面之位置與規模的話，則希望能進行詳細調查。以下為近年來被建議之詳細調查的方法：

- ① 航空照片、光達等判釋有關小規模的坡面變形調查
- ② 地質鑽探、空中電磁探查等有關地盤構造調查
- ③ 水質水文調查地下水理構造、地下水流動之相關調查

至於這些方法的精度、通用性等，還有些地方留待進一步驗證。

【參考文獻】

關於以歷史事件調查之方法，可進一步參考下述文獻，其中，1)為以文獻調查為主之研究案例，2)為應用舊地形圖，多期航照判釋發生時期之調查案例，3)為以火山碎屑物層序年代學為主之調查案例：

- 1) 今村隆正・内田太郎・山越隆雄・武澤永純・横山修・彌富涼子（2012）十津川災害（明治 22 年）と吉野郡水災誌, 平成 24 年度砂防学会研究発表概要集, p.456-457
- 2) 内田太郎・泉山寛明・林真一郎・丹羽諭・井戸清雄・佐藤敏明・若林栄一・蒲原潤一（2014）深層崩壊の発生確率評価手法に関する検討, 砂防学会誌平成 26 年度砂防学会研究発表概要集, p.456-457
- 3) 五味高志・平岡真合乃・横山修・山越隆雄・石塚忠範・内田太郎・南光一樹（2012）深層崩壊の発生頻度の推定方法検討：鱈塚山の事例, 平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集, p.328-329

關於詳細調查之案例，參考以下文獻:

- 1) 千木良雅弘（2013）深層崩壊，近未来社
- 2) 千木良雅弘（2006）地すべり・崩壊の発生場所予測—地質と地形からみた技術の現状と今後の展開—. 土木学会論文集 C, 62(4), 722-735.
- 3) 横山修・内田太郎・中野陽子・石塚忠範・笠井美青・鈴木隆司（2012）レーザー測量データを用いた岩盤クリープ斜面の表面形状把握，砂防学会誌，64(6)，13-24
- 4) 地頭菌隆・下川悦郎・寺本行芳（2006）：深層崩壊発生場予測法の提案，砂防学会誌, 59(2), 5-12
- 5) 鈴木隆司・内田太郎・田村圭司（2009）：深層崩壊発生斜面の特定に向けた地盤構造調査法，土木技術資料，51(7), 8-13.
- 6) 砂防学会（2014）深層崩壊の発生危険斜面抽出手法および避難基準策定手法の開発，河川砂防技術研究開発報告書
- 7) 地頭菌隆（2014）渓流水の電気伝導度を用いた深層崩壊発生場の予測，砂防学会誌, 66(6), 56-59.

2.4 對策之基本方針

對於前項推測之災害情景，組合有效的硬體及軟體對策，制定大規模崩塌對策之基本方針。

【解說】

針對前項所推測之大規模崩塌發生時的兩種情景：

- ① 較可能發生的現象及受災狀況
- ② 或許會發生的現象及受災狀況

針對前二種災害情境，應整合有效的硬體與軟體對策，檢討大規模崩塌對策之基本方針。參考「砂防事業經濟效益分析手冊(案)」(「砂防事業の費用便益分析マニュアル(案)」)，基本上，硬體對策，係針對①之情景，規劃工程設施之規模及配置；軟體對策，係對付包含①及②在內所有大規模崩塌土砂災害的對策。

制定基本方針時，應檢討下列事項：

- a. 保全對象之位置、重要性
- b. 提升全區域之防災能力
- c. 既有設備之設置狀況
- d. 硬體對策之可行性及附加性
- e. 緊急對策之可能性
- f. 軟體對策(避難)之實效性

目前對於大規模崩塌之規模尚難以精確地預測，故 c. 項是考量到萬一不幸發生②之大規模崩塌災害情況時，希望避免既有設施反而使災害擴大。另外，d. 項中所謂具附加性之硬體對策，是指針對①的狀況所設置之工程設施，在遭遇到②之災害狀況時，雖然無法完全防止災害衝擊，但是可以減輕災害程度之設施；亦即，所規劃的硬體對策，最好是具附加性的設施配置與構造，希望對②之災害狀況也能多少發揮功效。再者，長時間存續型堰塞湖，由於它在堰塞湖形成後，尚有些時間可供緊急應對作業，故長時間存續型堰塞湖的對策，仍以緊急對策(硬體及軟體對策)為主，必要時，可組合事前硬體對策。

【相關通知等】

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部(2012)砂防事業の費用便益分析マニュアル(案)

3. 硬體對策

3.1 概論

3.1.1 基本思維

(1) 因應現象之對策

規劃大規模崩塌土砂災害硬體對策時，應依大規模崩塌土石之運動機制與形態，設定硬體設施之功能及其抵抗外力的方式。亦即，先將預訂應對的現象，依「1.2.1 依崩塌土石運動機制・形態分類」所述加以歸類後，再據以選用適當對策手段。

硬體對策，應該是綜合考慮現地之地形、區域計畫、景觀、環境等條件之合理且有效的工程設施。事實上，欲判定大規模崩塌土石災害是屬於那一特定運動機制・形態類型的現象，並不是那麼容易；因此，規劃出來的工程設施，希望能夠應付數種不同類型的災害現象。此外，即使是在大規模崩塌潛感區內，也可能發生其他非大規模崩塌誘發的土石災害，因此希望該工程設施對於非大規模崩塌誘發的土石災害，也能發揮功效。

(2) 規劃規模之設定

事前之硬體對策之規劃規模(設計規模)，基本上，是以目標區過去 100 年內發生過之災害現象的同等規模為依據。若現地調查即可瞭解高潛感大規模崩塌的規模時，則以現地調查結果為依據。

(3) 與既有計畫之關係

根據砂防基本計畫(水系砂防、土石流、漂流木對策)，規劃完成的工程設施配置計畫，稱為「既往設施配置計畫」。若對象流域・溪流內已有「既往設施配置計畫」所完成的設施時，即先推測規劃對象規模之大規模崩塌土砂災害狀況，如果既有的「既往設施配置計畫」設施不足以應付該土砂災害狀況的話，則應重新檢討追加設施配置及設施的規模。

【解說】

對於已具有「既往設施配置計畫」設施的對象區域，推測規劃對象規模之大規模崩塌土砂災害狀況的有關方法，請參考下一節說明。

(4) 有效應用既有設施

若對象流域・溪流內已設有砂防設施時，就要有效地利用該既有設施。在利用既有設施時，應先檢討以下事項：

- ① 該設施可發揮什麼程度的功能與效果？
- ② 該設施能否抵擋得住大規模崩塌土石運動的外力？

若認為該設施仍具備相當高的功能與效果，但尚不足以抵抗大規模崩塌土石運動的外力時，則要再檢討如何補強。

【解說】

關於既存設施的功能與效果(對照①)及對抗外力的穩定性(對照②)之檢討方法，可參考下一節說明。

(5) 應對巨大規模崩塌現象

有些大規模崩塌的土砂災害規模相當巨大，假設遭遇到這種狀況，希望完成的工程設施與配置，即使無法完全倖免於災害衝擊，但仍能減少受災程度。規劃能夠減災的工程設施與配置時，必要的話，可考慮結合軟體對策，更進一步減輕受災程度。

此外，在超大豪雨等情形時，可能會在同一區域內誘發數處大規模崩塌，甚至於「1.2.1 依崩塌土石運動機制・形態分類」所示①～③土石災害現象，會在同一降雨事件中出現。

【解說】

對於規模巨大的大規模崩塌土砂災害，雖然無法完全倖免於其衝擊，但仍能減災的設施，有待進一步的研究與技術開發。

3.1.2 定位

有關大規模崩塌之硬體對策，可參考「河川砂防技術基準」內「砂防基本計畫」章所述之大規模崩塌・堰塞湖等異常土砂對策，進行規劃。

【解説】

「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）」内，並未將大規模崩塌誘發之土石流列入討論對象内。

【相關文獻資料】

- 1) 国土交通省 河川局 監修（2005）河川砂防技術基準及び同解説・計画編
- 2) 国土交通省 水管理・国土保全局（2014）河川砂防技術基準（調査編）
http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/chousa/pdf/00.pdf
- 3) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2007）砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説，国土技術政策総合研究所資料第 364 号.

3.2 事前硬體對策

3.2.1 堰塞湖型

(1) 堰塞湖型之硬體對策特徵

堰塞湖型土石災害，因其潰決時，大量之土石挾著水，會快速向下運動・堆積，所以在大规模崩塌的正下方所受的外力會變得相當大，且影響範圍也常較「重力堆積型」及「土石流型」大得多。

因為堰塞湖潰決流出之土石，通常其土石濃度低，所以控制堰塞湖潰決產生之土石流及洪流的設施，除了必須要能攔阻土石之外，更必須要能處理泥水。尤其是對於下游地區，在進行對策工作時，處理泥水常列為主要對策事項。堰塞湖潰決時，在緊鄰堰塞湖下側之處，短時間內會見到洪峰流量大的土石流(洪水)波形，但隨著長距離的流動，洪峰流量會逐漸減小。

另外，堰塞湖型，有短時間潰決型與長時間存續型兩種，因此，有關對策方面，有大规模崩塌發生前施作的事前對策，與堰塞湖形成後實施的緊急對策兩種。緊急對策的相關說明，請參考 3.3。

【解說】

如 2.4 所示，長時間存續型堰塞湖，由於它在堰塞湖形成後，尚有些時間可供緊急應對作業，故長時間存續型堰塞湖的對策，仍以緊急對策(硬體及軟體對策)為主，必要時，可結合事前硬體對策。

【參考文獻】

關於堰塞湖的詳細說明，可參考以下文獻:

- 1) 田畑茂清・水山高久・井上公夫著(2002)天然ダムと災害，古今書院
- 2) 森 俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著(2011)日本の天然ダムと対応策，古今書院

(2) 堰塞湖型之硬體對策種類與功能

堰塞湖型之事前硬體對策，大致分類如下:

- 1) 抑制・抑止大规模崩塌發生的設施
- 2) 降低大规模崩塌造成之堰塞湖深度的設施
- 3) 堰塞湖形成後，抑制急遽潰決的設施
- 4) 堰塞湖潰決產生土石流・洪水流時，控制土石・泥水流出的設施
- 5) 堰塞湖形成後，有助於快速執行緊急對策作業之設施

【解說】

1) 抑制・抑止大規模崩塌發生的設施

除了重力變形作用產生之大規模崩塌之外，直接在坡面施作工程以抑制・抑止大規模崩塌發生之有關技術，目前尚未成熟。重力變形引起之大規模崩塌的防範工程設施，請參考「3.2.3.(2) 重力堆積型硬體對策之種類與功能」。

另外，河岸邊坡若有大規模崩塌潛感坡面時，施作防砂壩可防止河岸侵蝕、穩定坡腳。

2) 降低大規模崩塌造成之堰塞湖深度的設施

大規模崩塌造成之堰塞湖，有河岸邊坡崩塌土石堵塞河道而形成的堰塞湖(例如，東竹澤(年新瀨縣舊山古志村：2004))，也有因支流發生大規模崩塌形成的土石流，流入主流河道而形成的堰塞湖(例如，橫手谷(熊本縣五木村：1963年))；此時，若在支流配置相關設施，攔阻該支流內大規模崩塌引起之土石流等，可有效降低堰塞湖深度。

另外，在可能形成堰塞湖的河道區間，提升河床高度而使河道寬度擴大，亦可降低大規模崩塌形成之堰塞湖深度。代表的作法，就是配置非透過型防砂壩。

3) 抑制堰塞湖急遽潰決的設施

抑制堰塞湖急遽潰決的設施，可考慮事前對策與緊急對策之設施。

在事前對策設施方面，就是當堰塞湖發生溢流而被侵蝕時，能讓土石堆積在緊鄰堰塞湖下側之處，以減緩侵蝕之設施。代表性的設施，為能攔阻・堆積土砂的防砂壩。

4) 堰塞湖潰決產生土石流・洪水流時，控制土石・泥水流出之設施

關於堰塞湖潰決產生土石流・洪水流時，控制土砂・泥水流出之設施，目的是要減小洪峰流量，使下游河道能夠消化洪峰流量。代表性的設施，為能調整洪水流之透過型防砂壩。

5) 堰塞湖形成後，有助於快速執行緊急對策作業的設施

關於堰塞湖形成後，有助於快速執行緊急對策之設施: ①有助於快速搬運挖掘等相關器材的設施，例如，工程車輛的臨時道路、渡河設施、搬運器材用的直升機起降場地等；②有助於快速施作排水以延緩迴水・潰決的設施，例如，隧道形式的排水渠道、護岸等。

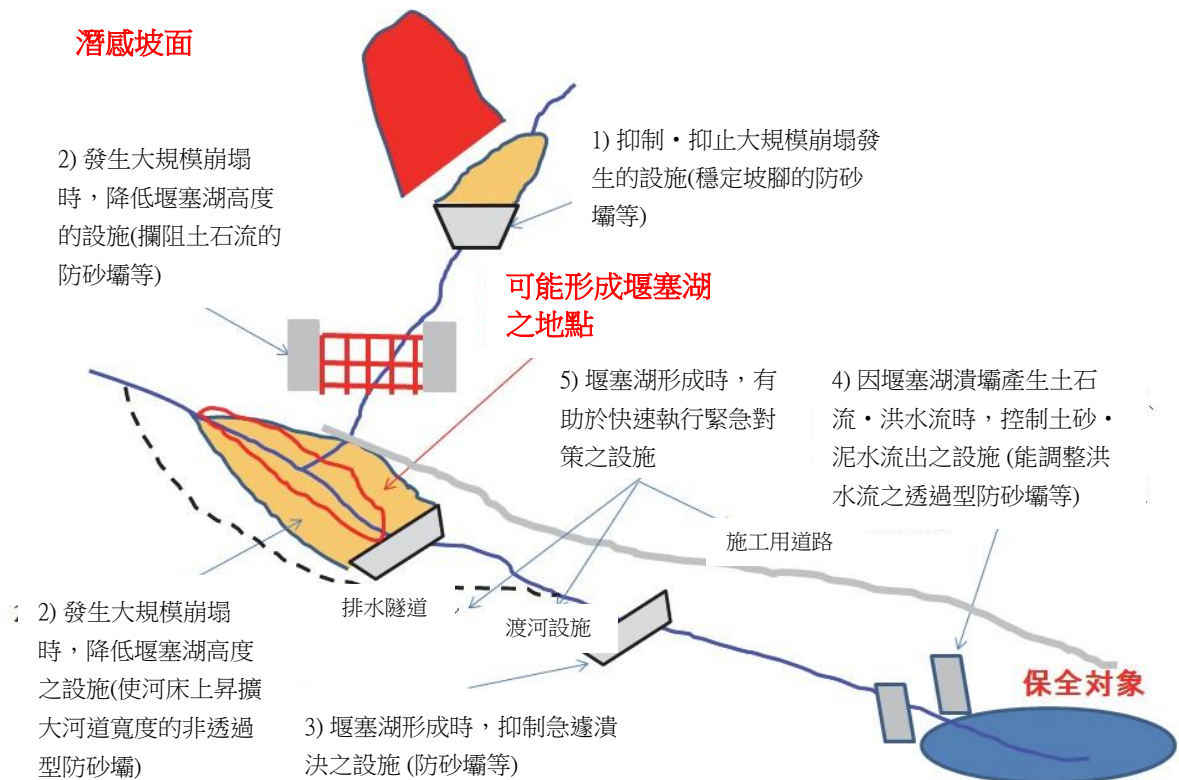


圖-2 堰塞湖型土石災害之硬體對策示意圖

(3) 設施配置之考量及成效評估

堰塞湖型土石災害硬體對策的設施配置與成效評估，是指適當地配置 3.2.1.(2)之 1)~5)各種設施，並利用數值計算等方法，檢討設施配置工程是否妥當。

【解說】

1) 堰塞湖潰決產生土石流・洪水流時，控制土石・泥水流出之設施配置

在一條具有數處大規模崩塌潛感坡面之溪流，若在保全對象上游之處(如圖-2 所示)，發生堰塞湖潰決造成土石流・洪水流的話，只要能夠設置控制土砂・泥水流出的設施，不管那一處潛感坡面發生大規模崩塌，多可得到防減災效果。因此，對於流域面積廣，具有數處大規模崩塌潛感坡面的流域，若無法確認何者為高潛感坡面時，設置控制土石・泥水流出之設施，多可有效地防範堰塞湖潰決產生之土石流・洪水流侵襲。

2) 降低大規模崩塌造成之堰塞湖深度的設施・抑制堰塞湖急遽潰決的設施配置

預測堰塞湖潰壩產生之土石流・洪水流規模相當大，難以全面控制，此時，可檢討有關減小堰塞湖規模及抑制堰塞湖急遽潰決的設施配置。尤其是在大規模崩塌高發生潛勢的坡面及支流，若已大致掌握到容易形成堰塞湖之區段時，則配置該等設施可有效發揮功能。

3) 抑制・抑止大規模崩塌發生之設施配置

若河岸的某坡面可大致被認定為大規模崩塌高潛感坡面時，則在該坡面下方配置防砂壩等可穩定坡腳的設施，能夠有效抑制・抑止大規模崩塌的發生。

4) 堰塞湖形成後，有助於快速執行緊急對策之設施

堰塞湖形成後，有助於快速執行緊急對策的各種設施當中，對於快速搬運挖掘作業相關器材之運輸設施的配置位置，必須是縱使受到豪大雨或大地震侵襲，仍能發揮其機能之處。

5) 設施配置檢討及成效評估

下列的堰塞湖型土石災害對策設施:

- ・發生大規模崩塌時，降低堰塞湖深度之設施
- ・堰塞湖形成時，抑制急遽潰決之設施
- ・因堰塞湖潰決產生土石流・洪水流時，控制土石・泥水流出之設施

可依以下 a.~c.之過程及數值計算，檢討上述設施之配置規劃與成效評估:

- a. 崩塌土石及土石流的運動・堆積而形成堰塞湖過程
- b. 溢流侵蝕而致堰塞湖潰決過程
- c. 堰塞湖潰決所產生土石流・洪水流的流出過程

可呈現 a 之過程的數值計算方法，有大規模崩塌引發土石流相關之數值計算方法（參照 3.2.2(3)），或是崩塌土石運動狀態相關之數值計算方法（參照 5.2.3）。若只限於評估 b 及 c 之過程時，則可參考歷史事件，設定堰塞湖形狀。

另外，關於

- ・抑制・抑止大規模崩塌發生的設施
- ・有助於快速執行堰塞湖形成後之緊急對策的設施

雖可期待減少受災之發生頻率與程度，但要定量地評估成效，仍有待進一步研究與技術開發。

【參考文獻】

關於“ b. 溢流侵蝕而致堰塞湖潰決過程”及“ c. 堰塞湖潰決所產生土石流・洪水流的流出過程”之數值計算方法，可參考下列文獻:

- 1) 高橋保・匡尚富（1988）天然ダムの決壊による土石流の規模に関する研究，京都大学防災研究所年報，31(B-2)，601-615.
- 2) 里深好文・吉野弘祐・水山高久・小川紀一郎・内川龍男・森俊勇（2007）天然ダムの決壊に伴う洪水流出の予測手法に関する研究，水工学論文集，51, 901-906.
- 3) 田村圭司・内田太郎・吉野弘祐・森俊勇・里深好文（2010）岩手宮城内陸地震で発生した天然ダムの越流侵食状況の数値シミュレーション，土木技術資料，52 (2), 6-9.
- 4) 森俊勇・坂口哲夫・井上公夫編著（2011）日本の天然ダムと対応策，古今書院
- 5) 吉野弘祐（2012）天然ダムの越流侵食の予測手法に関する研究，京都大学学位論文

(4) 外力推估及設施設計之考量

堰塞湖型土石災害硬體對策的設施設計，是指設計出可發揮預期功能的設施。尤其是在「發生了大規模崩塌時，降低堰塞湖深度的設施」當中，對於可能直接受到崩塌土石・土石流作用的設施，必須要經得起大規模崩塌土石・土石流的外力衝擊。有關大規模崩塌土石・土石流的外力，可用數值計算檢討。

另外，設計「堰塞湖潰決產生土石流・洪水流時，控制土石・泥水流出之設施」時，應考慮到堰塞湖潰決產生之洪水流外力不會危及設施的穩定性。關於洪水流的外力，可用數值計算檢討。

【解說】

1) 大規模崩塌產生之土石流的外力不損及設施穩定的設計

有關大規模崩塌產生之土石流的外力不損及設施穩定的設計，可參考 3.2.2(4)。

2) 堰塞湖潰決產生之洪水流外力不損及設施穩定的設計

堰塞湖潰決產生之洪水流外力不損及設施穩定的設計，基本上，以砂防基本計畫之水系砂防的設施設計規定為依據。若自大規模崩塌地到該對策設施間，尚有充分的距離時，則設計對象之洪水流規模，可以採用同程度或略小於砂防基本計畫之水系砂防的規劃規模。但是，當根據河床坡度推測結果，發現對象設施之位置在土石流區間內，則應以砂防基本計畫之土石流・漂流木對策的設施設計相關規定為依據。

堰塞湖潰決產生之洪水流外力不損及設施穩定的設計，該外力的計算，與前項堰塞湖型對策設施配置檢討，均使用相同的數值計算方法。

另外，設計對象所需承受之外力規模，可能會大於砂防基本計畫的水系砂防或是土石流・漂流木對策的規劃規模。對於此種狀況的設施設計方法，尚待進一步研究與技術開發。

【參考文獻】

有關砂防基本計畫之水系砂防相關設施之設計，請參考 1)之文獻；有關土石流・漂流木對策，請參考 2)之文獻:

- 1) 河川砂防技術基準（設計編）
- 2) 土石流・流木對策施設設計指針及び同解説（2007）国土技術政策総合研究所資料第 365 号.

3.2.2 土石流型

(1) 土石流型之硬體對策特徵

土石流型土石災害，因有大量土石會流出・堆積，故在大規模崩塌的正下方所受的外力會變得相當大；而且，其影響範圍較「重力堆積型」者大，但比「堰塞湖型」者小。

崩塌土石直接形成土石流時，土石流的土石濃度極高，只要坡度減緩，土砂隨即堆積。結果，在上游地區，土石流的外力相當大，即使設置了工程設施亦難以抵擋得住，但是到了下游地區，外力可能會變小。亦即，我們可善用大規模崩塌地與保全對象間的距離，規劃有效的硬體對策。

【參考文獻】

有關近年土石流類型之實態，可參考以下文獻:

- 1) 武澤永純・内田太郎・鈴木隆司・田村圭司（2009）鹿兒島県船石川で発生した深層崩壊に起因する土石流の推定，砂防学会誌，65（6），22-29.
- 2) Nishiguchi, Y., Uchida, T., Takezawa, N., Ishizuka, T., Mizuyama, T. (2012) Runout characteristics and grain size distribution of large-scale debris flows triggered by deep catastrophic landslides, International Journal of Erosion Control Engineering, 5, 19-26
- 3) 内田太郎・岡本敦（2013）崩壊土砂の流動化量に関する一考察，土木技術資料，55(7), 32-35

(2) 土石流型之硬體對策種類與功能

土石流型土石災害之硬體對策，大致可分為以下三類:

- 1) 抑制・抑止大規模崩塌發生的設施
- 2) 大規模崩塌產生土石流時，攔阻土石流的設施
- 3) 大規模崩塌產生土石流時，減小土石流規模的設施

【解說】

- 1) 抑制・抑止大規模崩塌發生的設施
參照 3.2.1(2)所述。
- 2) 大規模崩塌產生土石流時，攔阻土石流的設施
大規模崩塌產生土石流時，攔阻土石流的設施，與一般的土石流對策設施相同，設置防砂壩，並時常確保壩體上游之儲砂空間。代表性之作法為透過型防砂壩。

3) 大規模崩塌產生土石流時，減小土石流規模的設施

大規模崩塌產生之土石流，一般其土石濃度高，在坡度緩的區段，土石會急遽堆積，土石流規模也會變小。因此，大規模崩塌產生土石流時，減小土石流規模的設施，就是讓河床坡度變緩的設施，以非透過型防砂壩最具代表性。但是，即使設置了非透過型防砂壩，在河床陡坡處堆積了土石後，就必須清淤，希望該處河床能再堆積新的土石，而使坡度變緩。

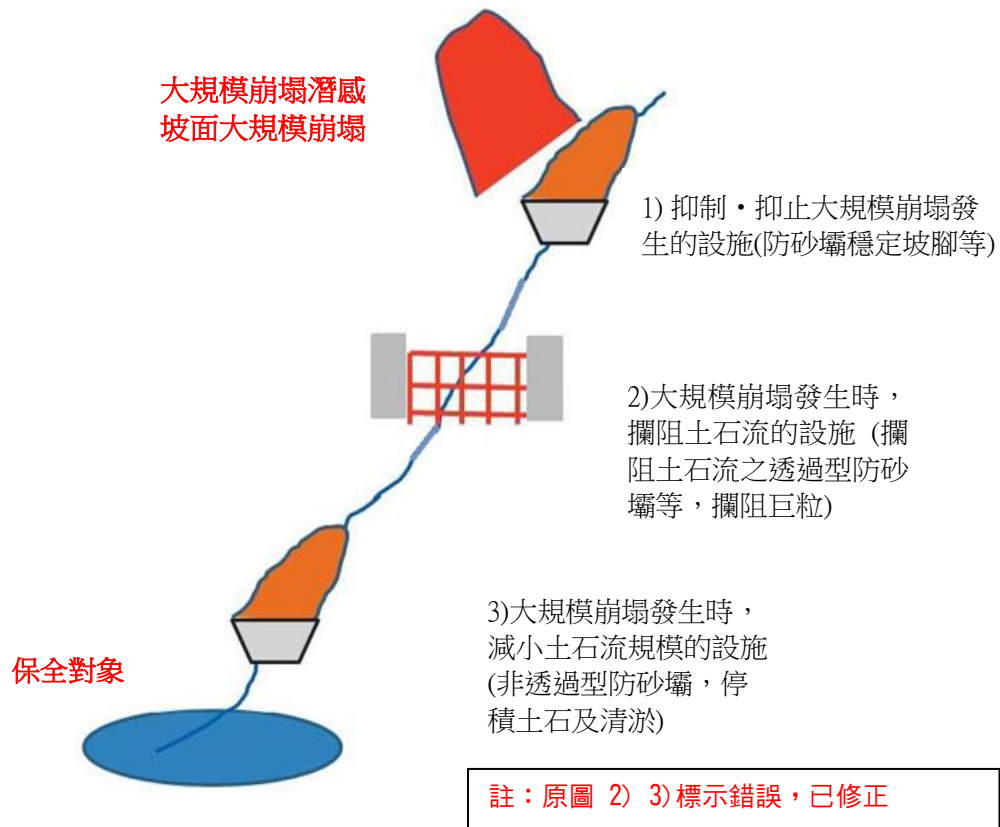


圖-3 土石流型之硬體對策示意圖

(3) 設施配置之考量及成效評估

有關土石流型土石災害之硬體設施配置及成效評估，詳如 3.2.2.(2)節的 1)~3)所述，適當地配置設施，利用數值計算等，檢討設施配置之妥當性。

【解說】

1) 大規模崩塌產生土石流時，攔阻土石流的設施配置

對於具有數處大規模崩塌潛感坡面之溪流，若在保全對象的上游設置攔阻土石流的設施(如圖-3 所示)，則不管哪一處潛感坡面發生大規模崩塌，都能得到防災效果。因此，對於流域面積廣，具有數處大規模崩塌潛感坡面的流域，若無法確認何者為高潛感坡面時，則在保全對象的上游，設置攔阻大規模崩塌產生的土石流之設施，是有效率的硬體對策。

此外，從大規模崩塌地到對策設施還有段距離時，若能讓大量土石在流出途中就堆積下來，即可減小土石流規模，降低外力。

2) 施設配置之考量

若預估的土石流規模龐大，難以完全攔阻，此時就要考慮能夠減小土石流規模的施設配置。縱使保全對象的上游已設置了攔阻土石流施設，若能再配置減小土石流規模的工程，則可降低衝擊攔阻土石流施設的外力。再者，河岸的坡面，若已可認定為大規模崩塌高潛感坡面時，則配置能保護坡腳穩定的防砂壩等施設，可有效抑制・抑止大規模崩塌之發生。

3) 施設配置之考量及成效評估

關於下列兩種對策施設の配置規劃檢討與成效評估，可用數值計算方法來檢討評估，該方法可呈現土石流之流動・堆積過程的狀態及對策施設の功效。

- ・大規模崩塌產生土石流時，攔阻土石流的施設
- ・大規模崩塌產生土石流時，減小土石流規模的施設

至於抑制・抑止大規模崩塌發生的施設，雖可減少保全對象受害頻率，但是定量的成效評估，仍有待進一步研究與技術開發。

【參考文獻】

有關檢討土石流型之對策施設配置之數值計算方法，可參考以下文獻:

- 1) 土木研究所 火山・土石流チーム（2012）深層崩壊に起因する土石流の流下・氾濫計算マニュアル（案），土木研究所資料，第 4240 号

有關對策設施成效評估之數值計算方法，可參考以下文獻：

- 1) 里深好文・水山高久（2005）砂防ダムが設置された領域における土石流の流動・堆積に関する数値計算，砂防学会誌，58(1)，14-19

有關土石流類型之數值計算方法，可參考下列文獻：

- 1) 西口幸希・内田太郎・石塚忠範・里深好文・中谷加奈（2011）細粒土砂の挙動に着目した大規模土石流の流下過程に関する数値シミュレーション-深層崩壊に起因する土石流への適用-，砂防学会誌，64(3)，11-20
- 2) Uchida, T., Nishiguchi, Y., Nakatani, K., Satofuka, Y., Yamakoshi, T., Mizuyama, T. (2013) New numerical simulation procedure for large-scale debris flows (Kanakano-LS), International Journal of Erosion Control Engineering, 6, 58-67.
- 3) 内田太郎・丹羽諭・西口幸希・村上正人・蒲原潤一・岡本 敦（2014）大規模な土石流の流下・堆積に関する数値計算プログラム作成の留意点，土木技術資料，56(9)，22-25 蒲原潤一・岡本 敦（2014）大規模土石流之流動・堆積相關數值計算程式設計之注意點，土木技術資料，56(9) ,22-25

(4) 外力推估及設施設計之考量

土石流型之硬體對策設施設計，是指設計出可發揮預期功能的設施。尤其是設計「攔阻土石流之設施」及「減小土石流規模之設施」時，應考慮大規模崩塌產生的土石流外力不能損及該等設施的穩定。有關大規模崩塌所產生之土石流外力，可利用數值計算檢討。

【解說】

大規模崩塌產生土石流時，「攔阻土石流之設施」及「減小土石流規模之設施」的設計，基本上，以砂防基本計畫之土石流・漂流木對策設施的設計規定為依據。自大規模崩塌地到該對策設施的距離足夠時，則設計對象之土石流規模，不大於砂防基本計畫之土石流・漂流木對策的規劃規模。

若自大規模崩塌地至該對策設施的距離不足時，設計對象之土石流規模，可能會大於砂防基本計畫之土石流・漂流木之規劃規模。對於這種狀況的設施設計方法，有待進一步研究與技術開發。

針對大規模崩塌所產生土石流，設計「攔阻土石流之設施」及「減小土石流規模設施」所採用的外力，其數值計算方法與前項（3.2.2(3)）者相同。

【參考文獻】

有關砂防基本計畫之土石流・漂流木對策之設施設計，可參考以下文獻:

- 1) 土石流・流木對策施設設計指針及び同解説（2007）国土技術政策総合研究所資料第 365 号.

3.2.3 重力堆積型

(1) 重力堆積型之特徵與對策之基本思維

重力堆積型土石災害的影響範圍，通常小於土石流型與堰塞湖型兩者。為了減輕此類型的受災程度，必須在大規模崩塌至保全對象間的有限範圍內進行對策措施。因此，防範此類型的災害，分別針對各個大規模崩塌潛感坡面，施作對策設施有其必要性。

此種類型的土石災害，作用在其對策設施之外力相當大。

(2) 重力堆積型硬體對策之種類與機能

重力堆積型土石災害硬體對策，可大致有下列兩種設施：

- 1) 抑制・抑止大規模崩塌發生的設施
- 2) 減輕大規模崩塌受災的設施

【解說】

1) 抑制・抑止大規模崩塌發生之設施

關於抑制・抑止大規模崩塌發生的設施，除了重力變形作用產生的大規模崩塌之外，目前此方面之技術尚未成熟。

重力變形作用產生之大規模崩塌，係地滑塊體末端或地滑塊體本身，從一般的緩慢運動轉變為急遽運動而崩落的狀況。於此情況下，抑止・抑制重力性變形發展的設施，可有效抑制大規模崩塌之發生。亦即，利用地滑的對策工程，抑止・抑制重力性變形發展，可有效地防範重力變形誘發的大規模崩塌。

2) 減輕大規模崩塌受災之設施

發生重力堆積型之大規模崩塌時，而能減輕受災之有關設施，目前此方面的技術尚未成熟，仍有待進一步調查・研究・技術開發。

【參考文獻】

於抑制・抑止大規模崩塌發生之設施中，關於抑制・抑止重力變形發展之設施，可參考以下文獻：

- 1) 土木研究所 地すべりチーム（2007）地すべり防止技術指針及び同解説（提案），土木研究所資料第 4077 号

3.3 長時間存續型堰塞湖之硬體對策

對於長時間存續型之堰塞湖，在堰塞湖形成後，應緊急進行下列硬體對策：

- 1) 改變堰塞湖形狀之對策
- 2) 工程設施之對策

【解說】

關於改變堰塞湖形狀之對策，有降低堰塞湖高度、回填堰塞湖等方式。

關於緊急對策時施作之工程設施方面，包括在造成堰塞湖之土體施作排水工程(包括暗渠)、造成堰塞湖之土體的下游處設置防砂壩等。另外，若距堰塞湖潰決還有充分的時間，則可就堰塞湖下游側且靠近堰塞湖之區段，若有淤滿砂石的既有防砂壩的話，只要在堰塞湖潰決前能取得足夠的時間，既有防砂壩的清淤工程也是一個有效的對策。

3.4 對策設施之維持管理

大規模崩塌對策之設施，與其他設施一樣，都須要持續維持管理。尤其是大規模崩塌誘發了土石災害，而工程設施也已發揮了防災功能，則後續還是要確認該設施之狀況，進行檢查、清淤、修繕等工作，希望下次再發生災害時，該設施仍能充分發揮防災功能。

4. 迫切性相關資訊預警的軟體對策

4.1 概要

4.1.1 基本思維

(1) 因應現象之對策

大規模崩塌發生的迫切性資訊預警，是為了減輕受災；該迫切性的評估方法，隨大規模崩塌發生要因的不同而異。因此，先依「1.2.2 依崩塌發生要因分類」所述，將評估對象之現象加以歸類後，再據以擇取適當的對策方法。至於長時間存續型堰塞湖，則須評估大規模崩塌發生與堰塞湖潰決的迫切性。

(2) 監測・觀測儀器之設置及監測基準值之設定

大規模崩塌發生之迫切性相關資訊的各種軟體對策，除了長期間存續型堰塞湖的對策之外，平時多以儀器等進行監測・觀測。當監測・觀測結果達到預設之基準值時，即認為大規模崩塌發生之迫切性已升高，隨即發佈發生大規模崩塌的迫切性相關資訊。

長時間存續型堰塞湖方面，平時進行有助於察覺堰塞湖形成與否的監測・觀測；若獲知堰塞湖形成了，則應構築可評估堰塞湖潰決迫切性的監測・觀測體制。

4.1.2 定位

大規模崩塌發生・堰塞湖潰決迫切性相關資訊預警的軟體對策當中，對於滿足一定條件之長時間存續型堰塞湖，應實施「土砂災害防止法」規定的“緊急調查”。

【相關參考資料】

- 1) 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（最終改正：平成 22 年 11 月 25 日法律第 52 号）。
- 2) 土砂災害防止対策基本指針（平成 23 年 4 月 28 日 国土交通省告示第 439 号）

4.2 迫切性相關資訊取得方法

4.2.1 地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌

對於地下水位急遽上昇誘發之大規模崩塌，取得其迫切性相關資訊的方法，有以下四種：

- 1) 降雨量監測
- 2) 大規模崩塌前兆有關之小規模土石運動監測
- 3) 大規模崩塌有關之地下水位・河川流量監測
- 4) 根據大規模崩塌發生資訊推測

【解說】

1) 降雨量監測

現行之「土砂災害警戒情報」所發佈的基準值，在設定該基準值當時的對象，雖然多被認為並未排除豪雨誘發之大規模崩塌，其實很可能是針對發生頻率高的非大規模崩塌而設定。因此，從「土砂災害警戒情報」的發佈，到大規模崩塌的發生，可能還有一段較長之時間差，難以掌握迫切性。一般而言，相較於短時間之降雨強度，長時間累積雨量對大規模崩塌的影響較大。另外，大規模崩塌多半發生在尖峰降雨之後。因此，將土砂災害警戒資訊加上過去之實績，設定大規模崩塌特別之雨量基準值，是較可行的方法。

大規模崩塌案例當中，在尖峰降雨或降雨結束後，延遲些時間才發生者，亦有之；因此，對於解除警報之時機，也必須要特別小心。

2) 大規模崩塌前兆有關之小規模土石運動監測

地下水位急遽上昇而誘發的大規模崩塌，通常在崩塌前，多會先出現小規模的崩塌、土砂流出或土石流等前兆。因此，若能獲取這些大規模崩塌的前兆，則有助於瞭解大規模崩塌迫切性的相關資訊。土砂流出、土石流的監測，可藉由濁度計、推移質流量計、及其他各種土石流感測器等器材量測。至於，出現何種程度的土砂流出、土石流，即可判斷為很可能會發生大規模崩塌等，仍有待進一步研究與技術開發。

3) 大規模崩塌發生有關之地下水位・河川流量監測

地下水位急遽上昇而誘發的大規模崩塌，多係風化岩盤內之地下水位、孔隙水壓上昇所致。因此，風化岩盤內地下水位、孔隙水壓的監測，或是與地下水位、孔隙水壓相關之河川流量等水文資訊的監測，可能有助於掌握大規模崩塌發生的迫切性資訊。然而，何種程度之地下水位、河川流量時，可判斷為很可能促發大規模崩塌等，仍有待進一步研究與技術開發。

4) 根據大規模崩塌發生資訊推測

豪雨致使地下水位急遽上昇而誘發的大規模崩塌，有可能在同一場降雨內，就發生數處大規模崩塌（例如，2011 年 12 號颱風事件）；此種狀況下，若能得知初期發生的大規模崩塌，則可認定其周邊是大規模崩塌高潛感區。另外，地震儀亦為監測大規模崩塌發生的手段。若因大規模崩塌而形成了堰塞湖時，則堰塞湖地下游的水流量會驟減；因此，監測流量變化亦可獲得大規模崩塌發生的資訊。

【參考文獻】

關於土砂災害警戒資訊之避難警戒基準雨量的設定方法，可參考以下文獻：

- 1) 国土交通省 河川局 砂防部，氣象庁 予報部（2005）都道府県と氣象庁が共同して土砂災害警戒情報を作成・発表するための手引き。
- 2) 国土交通省 河川局 砂防部，氣象庁 予報部，国土技術政策総合研究所（2005）国土交通省河川局砂防部と氣象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法案

關於同一場豪雨事件誘發數處大規模崩塌的案例，及事前發生土砂流出的案例，可參考以下文獻：

- 1) 藤田正治（2012）2011 年台風 12 号による大規模土砂災害・第 6 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 35-40.
- 2) Okamoto, A., Uchida, T., Hayashi, S., Suzuki, T., Yamashita, S., Tagata, S., Fukumoto, A., Kanbara, J.(2013) Possibility of early-warning for large-scale landslide using hydrological and sediment transport observations, Italian Journal of Engineering Geology and Environment - Book Series 6, 361-369.

關於引起大規模崩塌之降雨特徵，可參考以下文獻：

- 1) 八反地剛（2002）降雨を起因とする深層崩壊の特徴—崩壊土量と遅れ時間の関係—・砂防学会誌, 55(6), 74-77
- 2) 内田太郎・岡本敦（2012）深層崩壊を引き起こした降雨の特徴，土木技術資料，54(11)，32-35
- 3) 木下篤彦・北川眞一・内田太郎・海原荘一・竹本大昭・只熊典子（20¹³）深層崩壊が集中的に発生する降雨条件—平成 23 年台風 12 号の降雨分析—，砂防学会誌, 66(3), 24-32

關於土石流・土砂流出之監測、水文觀測手法，可參考以下文獻:

- 1) 土木研究所 火山・土石流チーム（2005）振動検知式土石流センサー設置マニュアル（案），土木研究所資料，No.3974
- 2) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2012）山地河道における流砂水文観測の手引き(案)，国土技術政策総合研究所資料，No.686
- 3) 武澤永純・山越隆雄・石塚忠範・中谷洋明（2013）山地河川における洪水時の地盤振動特性に関する一考察，土木技術資料，55(7)，10-15

關於豪雨、融雪誘發得大規模崩壊與水文資訊之關係，可參考以下文獻:

- 1) 坂野弘太郎・杉本宏之・武士俊也（2013）流量指標を用いた大規模土砂災害発生ポテンシャル評価の試み—平成23年台風12号の分析事例—，平成25年度砂防学会研究発表会概要集，A.152-A.153
- 2) 中谷洋明・向井啓司（2005）甚ノ助谷地すべりの挙動と手取川ダム流入量の関係・地すべり，42(1)・74-79
- 3) 小杉賢一郎・三道義己・藤本将光・山川陽祐・正岡直也・水山高久・平松晋也・福山泰治郎・地頭藺隆（2014）関数モデルを用いた深層崩壊の要因となる基岩地下水水位変動の解析，砂防学会誌，66(6)，3-14.

有關振動計、流量監測大規模崩壊發生之方法，可參考以下文獻:

- 1) 土木研究所 火山・土石流チーム（2012）大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル（案），土木研究所資料，No.4229
- 2) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2013）流量観測データを用いた河道閉塞（天然ダム形成）覚知に関するデータの整理・分析の手引き（案），国土技術政策総合研究所資料，No.767

關於利用流量監測評估大規模崩壊發生之迫切性的案例，可參考以下文獻:

- 1) 地頭藺隆・石塚忠範・能和幸範・柳町年輝（2014）深層崩壊警戒対応の湧水センサーの開発，砂防学会誌，66(5)，49-52

4.2.2 地盤振動誘發之大規模崩塌

對於地盤振動誘發之大規模崩塌，若要發佈其發生的迫切性相關資訊，則必須先預測地震等，但目前尚有些困難。

4.2.3 重力變形作用產生之大規模崩塌

重力變形作用產生之大規模崩塌，在崩塌發生之前，坡面、道路、民宅等多會出現變形現象。因此，監測・觀測出現變形現象之坡面的移動量與變位量，即可預測大規模崩塌的發生時刻。

【解說】

坡面的移動量與變位量等之量測，係以地盤伸縮計等儀器，隨變動狀況，擇取適切測定間隔進行量測。必要時，對於變位量增大、危險度增高等，而無法接近現場的狀況，預先檢討相關量測方法。

近年來，以人造衛星等的合成孔徑雷達(SAR)，量測坡面微小變形等的技術，亦正在開發中。

【參考文獻】

移動量・變位量等之量測方法、以監測・觀測重力變形預測發生時間之方法、預測相關之案例等，可參考以下文獻:

- 1) 土木研究所 地すべりチーム (2007) 地すべり防止技術指針及び同解説 (提案)，土木研究所資料，No.4077

關於人工衛星合成孔徑雷達(SAR)量測坡面微小變形之技術，可參考下列文獻:

- 1) 国土地理院 (2014) 干涉 SAR ホームページ，
<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/index.html>
- 2) 吉川知弘・水野正樹・林真一郎・佐藤匠・吉川和男・藤本亮・松本定一 (2012) 干涉 SAR を用いた土砂災害予兆監視手法の検討，平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集, 180-181
- 3) 佐藤浩・岡谷隆基・小荒井衛・鈴木啓・飛田幹男・矢来博司・関口辰夫 (2012) SAR 干涉画像を用いた地すべり地表変動の検出について—山形県月山周辺を事例にして—，日本地すべり学会誌，49(2)，61-67

4.3 長時間存續型堰塞湖潰決迫切性相關資訊取得方法

長時間存續型堰塞湖形成後，取得災害發生之迫切性相關資訊的方法，是指堰塞湖形成之初即被發現，隨即觀測堰塞湖之蓄水量、流入水量、及流出水量等，預測堰塞湖上游流域降雨量及分析滲流量等，並評估堰塞湖潰決造成災害的迫切性。

【解說】

為了即時得知堰塞湖發生地點，利用①地震儀探知大規模崩塌的發生，②監測河川水流量變化探知堰塞湖的形成，③從人工衛星影像辨認堰塞湖的地點等。

堰塞湖形成之初，可能還無法接近現地，此時，若要監測・觀測堰塞湖蓄水量的話，可使用空投式水位觀測儀。

為了防備溢流侵蝕(管湧侵蝕等)，可利用監測攝影機，監測堰塞湖周邊水的流出情形、土砂移動狀況等。

【參考文獻】

預測堰塞湖潰決時間的相關調查資料，可參考下列文獻:

- 1) 国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ（2011）土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（河道閉塞による土砂災害対策編）
- 2) 独立行政法人土木研究所（2008）天然ダム監視技術マニュアル(案)，土木研究所資料，No.4121

即時察覺堰塞湖的形成與地點之方法，可參考下列文獻:

- 1) 土木研究所 火山・土石流チーム（2012）大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル（案），土木研究所資料，No.4229
- 2) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2013）流量観測データを用いた河道閉塞（天然ダム形成）覚知に関するデータの整理・分析の手引き(案)，国土技術政策総合研究所資料，No.767
- 3) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2013）単偏波 SAR 画像による河道閉塞箇所判読調査手法（案），国土技術政策総合研究所資料，No.760
- 4) 国土技術政策総合研究所 砂防研究室（2014）2 偏波の高分解能 SAR 画像による河道閉塞箇所判読調査手法（案），国土技術政策総合研究所資料，No.791

空投式水位観測浮標監視・観測堰塞湖水位の相關資料，可參考以下文獻:

- 1) 山越隆雄・石塚忠範・伊藤洋輔・大坂誠一・中込 淳（2013）2011 年台風 12 号による紀伊半島における天然ダム災害への投下型水位観測ブイの適用事例について，砂防学会誌, 65(5), 45-49

5. 可能影響範圍相關資訊(防災地圖)劃設之軟體對策

5.1 概論

5.1.1 基本思維

(1) 因應現象之對策

關於劃設大規模崩塌可能影響範圍之軟體對策，其可能受災區域之預測方法，隨大規模崩塌所生產土石的不同運動機制・形態而異。因此，先根據「1.2.1 依崩塌土石運動機制・形態分類」所述，將預測對象之現象加以歸類後，再據以擇取適當方法設定可能影響範圍。

(2) 對象規模之設定

大規模崩塌受災區域之預測對象規模，依「2.4 對策之基本方針」所示，基本上，係該當區域內發生大規模崩塌時，被認為可能發生之現象及受災狀況全列為考慮對象。

【解說】

如第2章所述之預想大規模崩塌發生時的兩種情景:

- ① 較可能發生的現象及受災狀況
- ② 或許會發生的現象及受災狀況

基本上，軟體對策的對象，包括①及②兩種情景的所有大規模崩塌土石災害，因此，預測的大規模崩塌可能影響範圍，亦應涵蓋①、②兩情景者。

5.1.2 定位

大規模崩塌・堰塞湖潰決的影響範圍相關資訊(防災地圖)劃設的軟體對策中，對於滿足一定條件之長時間存續型堰塞湖，應進行「土砂災害防止法」規定的“緊急調查”。

【解說】

日本「土砂災害防止法」內之基礎調查的對象當中，並未包括大規模崩塌與堰塞湖潰決。

【相關參考資料】

- 1) 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（最終改正：平成 22 年 11 月 25 日法律第 52 号）.
- 2) 土砂災害防止対策基本指針（平成 23 年 4 月 28 日 国土交通省告示第 439 号）..

5.2 可能影響範圍(防災地圖)劃設方法

5.2.1 堰塞湖型

堰塞湖型規模崩塌之可能影響範圍的劃設，分為

- 1) 堰塞湖形成後，緊急劃設之狀況
- 2) 堰塞湖形成以前劃設之狀況

有關堰塞湖形成以前劃設之狀況，預想堰塞湖之形成地點、規模、形狀，以數值計算方法，劃設不同類型堰塞湖的可能影響範圍。堰塞湖形成後，緊急劃設之狀況，參照 5.3 節。

【解說】

堰塞湖型的可能影響範圍，可依據預測的大規模崩塌位置及規模、堰塞湖地點與形狀，以數值計算劃設可能影響範圍。該數值計算方法與 3.2.1(3)相同。

就目前的技術而言，還很難精確地預測大規模崩塌發生的位置與規模。因此，最好將對象流域內所有大規模崩塌潛感區均列為對象，劃設該流域內各類型堰塞湖災害之可能影響範圍。大規模崩塌規模的預測，基本上，可依據對象溪流及其周邊地區之歷史事件決定之；但是依詳細調查結果，獲得更精確的資訊時，則以該資訊為準。大規模崩塌規模之相關詳細調查方法，參照「2.3.2 概略推測受災情形」。

5.2.2 土石流型

土石流型大規模崩塌之可能影響範圍，可認為是發生在土石流潛勢溪流的情況，但是，縱使是在土石流潛勢溪流發生的大規模崩塌，其影響範圍可能較一般土石流者更廣。土石流型之可能影響範圍，可用數值計算劃設。

【解說】

土石流型大規模崩塌之可能影響範圍，可依據預測的大規模崩塌位置及規模，以數值計算劃設可能影響範圍。該數值計算手法與 3.2.2(3)相同。

就目前的技術，還很難精確地預測大規模崩塌發生的位置與規模。因此，大規模崩塌發生的位置，最好將對象溪流內所有大規模崩塌潛感區均列為對象，劃設該溪流之土石流型大規模崩塌的可能影響範圍。至於大規模崩塌發生的規模，如前項所述，基本上，可依據對象溪流及其周邊地區之歷史事件決定之；但是依詳細調查結果，獲得更精確的資訊時，則以該資訊為準。大規模崩塌規模之相關詳細調查方法，參照「2.3.2 概略推測受災情形」。

再者，若土石流流入水位高漲之河川時，應留意災害範圍可能擴及對岸地區。

5.2.3 重力堆積型

重力堆積型大規模崩塌，雖然可認為是發生在山崩或地滑潛感區，但是其影響範圍較一般山崩或地滑者更廣。

【解說】

如果能預測出大規模崩塌之發生位置及規模的話，則可利用能呈現崩塌土石運動狀態的數值計算方法，劃設重力堆積型大規模崩塌之可能影響範圍。能呈現崩塌土石運動狀態的數值計算方法，有①將崩塌土石視為連續體之方法，及②將崩塌土石以各個別要素呈現之方法。

發生於河岸的大規模崩塌，在某些情況下，其崩塌土石可能會衝到對岸，須加留意。若崩塌土石衝入水位高漲之河川時，甚至於會使受災範圍擴及對岸、上下游等地區。

就目前的技術，還很難精確地預測大規模崩塌發生的位置與規模。因此，大規模崩塌的發生規模，可依據對象溪流及其周邊地區之歷史事件決定之。預測發生位置的方法，可參考「2.3.2 概略推測受災情形」節“詳細調查”說明，但是該等方法之精度、通用性等，目前尚待更進一步的驗證。

【參考文獻】

能呈現崩塌土石運動狀態之數值計算方法，可參考下列文獻:

- 1) 吉松弘行・近藤觀慈・石濱茂・綱木亮介・小嶋伸一・中村浩之（1992）準三次元地すべり運動解析プログラムによる地すべり性崩壊の被害範囲の予測，土木研究所資料第3057号
- 2) 宮本邦明（2002）土塊の運動の2次元数値シミュレーション，砂防学会誌 55(2), 5-13
- 3) 武蔵由育・山崎美穂・水山高久・小杉賢一郎（2011）崩壊土砂の運動のシミュレーション手法に関する研究，砂防学会誌 64(3), 37-45

5.3 長時間存續型堰塞湖可能影響範圍相關資訊(防災地圖)劃設方法

長時間存續型堰塞湖型之受災可能區域，若係於堰塞湖形成後才緊急劃設時，則須儘早察覺堰塞湖形成，確認堰塞湖位置，並量測其規模與形狀，利用數值計算，劃設堰塞湖型之可能影響範圍。

【解說】

及早察覺堰塞湖形成與確認發生地點等的方法，參照 4.3 所述。

【參考文獻】

堰塞湖形成後，緊急劃設其可能影響範圍的方法，可參考以下文獻：

- 1) 国土交通省河川局砂防部砂防計画課，国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター，独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ（2011）土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き（河道閉塞による土砂災害対策編）。
- 2) 内田太郎・山越隆雄・清水武志・吉野弘祐・石塚忠範（2011）河道閉塞(天然ダム)及び火山の噴火を原因とする土石流による被害範囲を速やかに推定する手法，土木技術資料, 53(7), 18-23

國土技術政策總合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 807 September 2014

編集・發行 國土技術政策總合研究所

本資料之轉載・複寫請洽

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675

編譯：水土保持局技術研究發展小組

Research and Technology Development Team, SWCB, COA

December 2017

本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。