

ISSN 1346-7328

國總研資料第 904 號

平成 28 年（2016 年）4 月

國土技術政策綜合研究所資料

TECHNICAL NOTE of

National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 904

April 2016

防砂基本計畫制定基準（土石流及漂流木對策篇）解説

土砂災害研究所砂防研究室

Manual of Technical Standard for establishing Sabo master plan
for debris flow and driftwood

Sabo Planning Division

Sabo Department

國土交通省國土技術政策綜合研究所

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

防砂基本計畫制定基準（土石流及漂流木對策篇）解說
土砂災害研究部 砂防研究室

Manual of Technical Standard for establishing Sabo master plan
for debris flow and driftwood

Sabo Planning Division
Sabo Department

概要

本資料為以迄今所得之土砂災害相關資料與防砂設施的相關知識為基礎，統整防砂基本計畫（土石流及漂流木對策）的制定方法。目的為防止土石流和伴隨其流出的漂流木所造成之土砂災害。

關鍵字：土石流、防砂設施、防砂基本計畫

Synopsis

This new technical standard summarizes establish methods of Sabo master plan for preventing sediment-related disasters caused by debris flow including driftwood.

Key Word: Debris flow, driftwood, Sabo master plan

本資料的定位

「防砂基本計畫制定基準（土石流及漂流木對策篇）」（以下略稱「基準」。）是於平成 28 年（2016 年）4 月 21 日進行修訂後，以水管理・國土保全局砂防部防砂計畫課長、保全課長名義發佈給各地方整備局河川部長與各都道府縣砂防主管部長等。

本資料以已發佈的基準加上解說及參考資料後，整合為國土技術政策綜合研究所資料所用。

※本資料中把原基準之部分加以註記，並將對應之解說資料加註在「解說部分」。再者，使用基準時所參考的資料則記載為「參考文獻」。

總則	1
1. 基準目的	1
2. 基準內容	2
3. 基準的運用	3
第 1 節 概 論	4
第 2 節 土石流及漂流木對策計畫的基本事項	6
2.1 制定計畫的基本方針	6
2.2 保全對象	7
2.3 計畫規模	8
2.4 計畫基準點等	9
2.5 計畫中所處理的土石及漂流木量等	10
2.5.1 計畫流出量	11
2.5.1.1 計畫土石流出量	11
2.5.1.2 計畫漂流木流出量	12
2.5.2 計畫容許流出量	13
2.5.2.1 計畫容許土石流出量	13
2.5.2.2 計畫容許漂流木流出量	13
2.5.3 計畫基準點的土石流洪峰流量	13
2.6 土石與漂流木量等的調查及計算方法	14
2.6.1 計畫土石流出量的計算方法	14
2.6.2 計畫漂流木流出量的計算方法	20
2.6.3 土石流洪峰流量的計算方法	25
2.6.4 清水流流量的計算方法	29
2.6.5 土石流流速與水深的計算方法	30
2.6.6 土石流單位體積重量的計算方法	33
2.6.7 土石流流體力的計算方法	34
2.6.8 最大礫徑的計算方法	35
2.6.9 漂流木最大長度與最大直徑的計算方法	36
2.6.10 漂流木平均長與平均直徑的計算方法	37
第 3 節 土石流及漂流木處理計畫	38
3.1 制定土石流及漂流木處理計畫的基本事項	39
3.2 計畫捕捉量	40

3.2.1	計畫土砂捕捉量.....	42
3.2.2	計畫漂流木捕捉量.....	43
3.3	計畫堆積量	47
3.3.1	計畫堆積土砂量.....	49
3.3.2	計畫堆積漂流木量.....	50
3.4	計畫發生（流出）抑制量.....	52
3.4.1	計畫土石流流出抑制量.....	53
3.4.2	計畫漂流木發生抑制量.....	55
第 4 節	土石流及漂流木對策設施配置計畫	56
4.1	概論	56
4.2	配置土石流及漂流木對策設施的基本方針.....	57
4.3	土石流及漂流木對策設施的功能及配置	58
4.3.1	土石流及漂流木捕捉工.....	59
4.3.1.1	防砂壩的型式與計畫中所處理的土砂及漂流木量等	60
4.3.1.2	選定防砂壩的型式（透過性、部分透過性、非透過性）	63
4.3.1.3	透過性及部分透過性防砂壩的種類與配置	64
4.3.2	土石流及漂流木發生抑制工.....	66
4.3.2.1	抑制土石流及漂流木發生之坡面保護工	67
4.3.2.2	溪床堆積土砂抑止工	68
4.3.3	土石流導流工.....	69
4.3.4	土石流堆積工.....	70
4.3.5	土石流緩衝樹林帶.....	72
4.3.6	土石流流向抑制工.....	73
第 5 節	土砂清淤（包含清除漂流木）計畫	74

總則

1. 基準目的

防砂基本計畫制定基準（土石流及漂流木對策篇）（以下略稱為基準）是為防止土石流和與土砂同時流出的漂流木等所造成之土砂災害，以「河川砂防技術基準 計畫篇」中所示之技術事項為基礎，說明土石流對策與漂流木對策的基本概念和在同計畫中必須將其作為準則的最低限度事項。本基準目的為維持土石流及漂流木對策相關之技術水準，並圖求精進。

2. 基準內容

本基準旨在敘述防砂基本計畫（土石流及漂流木對策）內與防砂設施的對策計畫相關的技術事項之標準。本基準在第 1 節中概略說明防砂基本計畫（土石流及漂流木對策）的基本概念；第 2 節敘述土石流及漂流木對策的基本事項；第 3 節敘述土石流及漂流木處理計畫；第 4 節敘述土石流及漂流木對策設施配置計畫的基本事項；第 5 節則針對土砂清淤計畫作說明。關於除砂工程設施之技術事項，另在「土石流及漂流木對策設計技術基準」中詳述。另外，因應技術水準的提升，本基準內容也會隨時進行修正。

3. 基準的運用

本基準雖為運用在與土石流及漂流木對策相關的防砂計畫立案上，但在一些無法合理運用的情況下也可不遵循此基準內容。另外，如果有更為適當的方法可以完全達到所預期的目的時，直接採用該方法也無妨。

第1節 概 論

為了守護自然環境，並防止土石流以及伴隨土砂所流出之漂流木等土砂災害危害到國民生命財產及生活環境，防砂基本計畫（土石流及漂流木對策）制定為用以維護國土及達到上述目的之計畫。

制定計劃時，必須要透過溪流現場調查，掌握溪流狀況、自然環境、維護目標地域的歷史及文化等特性與該流域的經濟性。

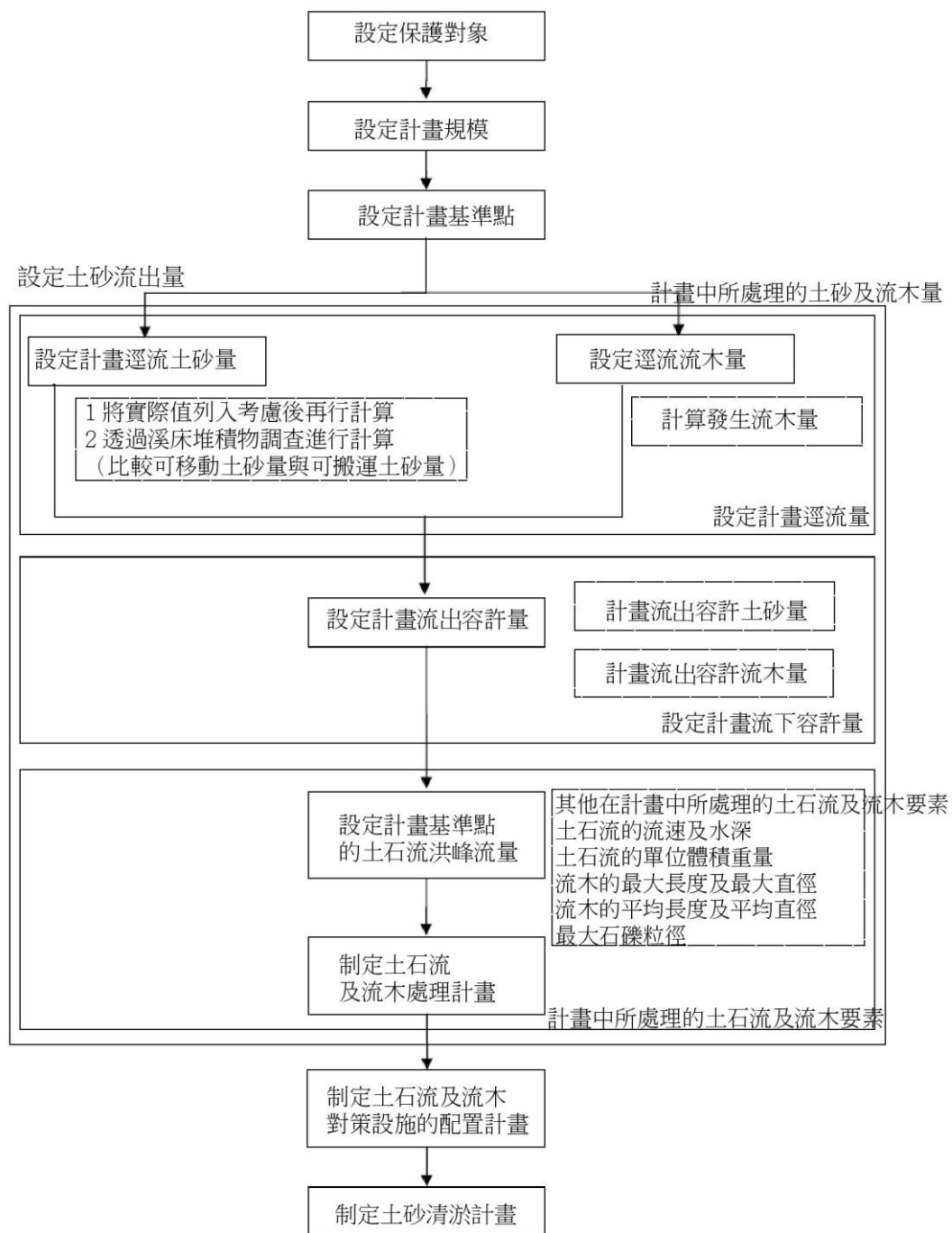
解說

防砂基本計畫（土石流及漂流木對策）為根據本基準所制定。再者，防砂基本計畫（土石流及漂流木對策）中除了必須要包含土石流危險溪流發生土石流與漂流木的紀錄外，也必須要針對流域的社會環境、自然環境、文化及歷史等地域特性與經濟性等進行綜合評估。

另外，除了土石流危險溪流外，本基準也可適用於發生土石流之地區或有可能造成氾濫的流域。但在這種情況下最重要的是要先精確地判斷該現場所預測的現象與其對策之目的是否可視為與一般土石流危險溪流中發生的情況相同後，再行應用。

要達到土石流的條件其溪床坡降大多要在 2° （約為 $1/30$ ）以上，而其到達區間會依據該流域過去的災害實態、溪床堆積土砂狀態、最大粒徑等來進行設定。

防砂基本計畫（土石流及漂流木對策）為參考以下圖－1 之流程所制定。



圖－1 制定土石流及漂流木對策與土石流及漂流木設施配置計畫、土砂清淤計畫的流程

第2節 土石流及漂流木對策計畫的基本事項

2.1 制定計畫的基本方針

土石流及漂流木對策計畫，是以防止因土石流以及與土砂同時流出的漂流木等因素所造成的土砂災害為目的，為了有效且合理地處理土石流以及與土砂同時流出的漂流木所制定而成。

解說

就土石流及漂流木對策而言，一但以計畫為參據之工程完成後，便可視為達到了對策目的。另一方面，如果從土石流以及與土砂同時流出的漂流木等所產生的破壞力，及因漂流木造成河道狹窄部或是橋梁堵塞所引起的土砂災害來看，便可輕易地了解到其會對於人命、住屋，及公共設施造成莫大影響。

因此為求保護人命、住屋及公共設施，避免其遭受到在工程完成之前所發生的土石流以及與土砂同時流出的漂流木等災害，也為了對超過計畫規模土石流¹的土砂移動進行對應，另外對警戒避難體制整備等軟體對策進行授課便也成為了必要措施。

另外，當在流域內由於大規模崩塌、發生土石流、地震及火山爆發所造成坡面不安定化等自然要因，或是因開發作業等人為要因而產生巨大變化，甚或是森林狀況有了劇烈變化時，便要對應這些狀況重新評估計畫處理之土砂與漂流木量，並重新改訂土石流及漂流木對策計畫。

2.2 保全對象

以計畫基準點為中心，將方向、距離、與溪床間的比高列入考量後，把在土石流危險溪流內的保全對象設定為在土石流危險區域內的住民、房屋，農田及公共設施等。

解說

保全對象是以土石流危險溪流與土石流危險區域調查要領（草案）為基礎來進行設定。再者，除了土石流危險溪流以外，在已發生土石流或有氾濫可能性的溪流進行防砂工程計畫時，也可適用於本基準。

2.3 計畫規模

土石流及漂流木對策計畫的計畫規模，係根據流域特性所產生的一般土砂流出量，或是降雨量的年迴歸週期來進行評估。

另外；當發生大規模邊坡崩塌土砂所直接產生的土石流、因崩塌或地滑所形成的天然水壩潰堤所產生的土石流，或因火山爆發導致融雪的火山泥流，及因火口湖潰堤所產生的火山泥流，均不屬於本基準的適用目標。

解說

原則上是以過往的經驗為依據，在理論上預測並計算計畫規模的年迴歸週期降雨量（原則上為 24 小時雨量或是日雨量的 100 年迴歸週期）而判斷為土石流發生可能性較高以及伴隨土砂流出的漂流木等流出量。

在土石流及漂流木對策計畫中，可以利用該溪流過去的土石流量等資料為依據，定出「計畫規模的土石流」和與土砂同時流出的漂流木等流量。

2.4 計畫基準點等

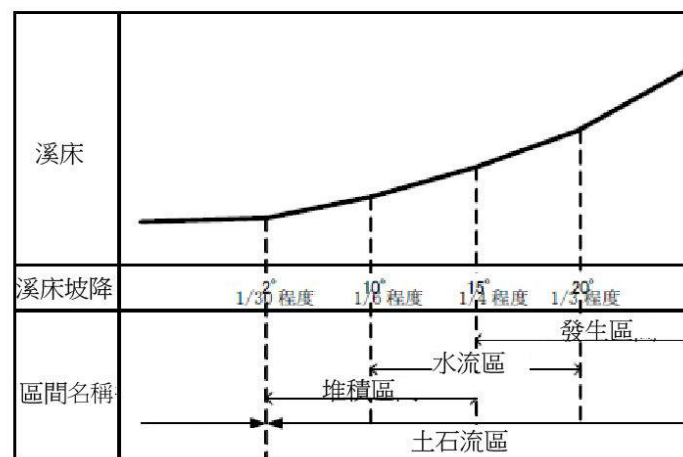
計畫基準點為決定計畫中處理之土砂及漂流木量的地點。基本上計畫基準點一般均會設置在保全對象的上游處。

另外，在土石流及漂流木對策設施的設置地點、土砂移動的形態會產生變化的地點、支溪的合流部等位置執行土石流及漂流木處理計畫時，也會在必要時設置輔助基準點。再者，在土石流區間會依據溪流狀況設定適當的發生、流下，以及堆積的區間。

解說

在土石流及漂流木對策計畫中，一般會將保全對象的上游溪谷出口以及土石流的流出區的下游端，設為計畫基準點。另外；當在土石流的堆積區間設置有土石流及漂流木對策設施時，基本上會將計畫基準點設在該土石流及漂流木對策設施的下游，而把土石流及漂流木對策設施的設置地點設為輔助基準點。

土砂移動型態會產生變化的地點，可參考圖－2。



圖－2 以溪床坡降為基準的土砂移動型態

2.5 計畫中所處理的土砂及漂流木量等

計畫中所處理的土砂及漂流木量等，即為計畫流出量（計畫土砂流出量及計畫漂流木流出量）、計畫容許流出量（計畫容許土砂流出量及計畫容許漂流木流出量）、土石流洪峰流量。

解說

為充分瞭解「計畫規模的土石流」以及伴隨土砂流出的漂流木，需要在計畫基準點算出計畫流出量、計畫容許流出量，以及土石流洪峰流量。計畫流出量為計畫土砂流出量與計畫漂流木流出量的總和。計畫容許流出量為計畫容許土砂量流出與計畫容許漂流木流出量的總和。

在計畫中處理的土砂量及漂流木等的計算方法是根據本基準所制定。另外，在輔助基準點、設置土石流及漂流木對策設施等地點計算土砂量及漂流木的方法也是以根據本基準 2.6 所制定。

再者，在此不將漂流木對於土石流洪峰流量、流速、水深、單位體積重量的影響考慮進去。

此外，這裡將河川砂防技術基準計畫篇基本計畫篇之用語和本基準的用語對照表，製成如表－1 所示。本基準所用的用語，目前暫定沿襲土石流對策技術基準（草案）的用語。

表－1 河川砂防技術基準計畫篇基本計畫篇與本基準的用語對照表

本基準	河川砂防技術基準 計畫篇 基本計畫篇
—※	計畫土砂生產量
計畫土砂流出量	計畫土砂流出量
計畫容許土砂流出量	計畫容許土砂流出量
計畫容許漂流木流出量	—
計畫土石流發生（流出）抑制量	計劃抑制土砂生產量
計畫漂流木發生抑制量	—
計畫堆積土砂量	計畫抑制土砂流出量
計畫堆積漂流木量	—
—	計畫調節土砂流出量
計畫土砂捕捉量	—
計畫漂流木捕捉量	—
計畫漂流木流出量	於計畫基準點等位置所流出的漂流木量

※包含計畫土砂流出量

2.5.1 計畫流出量

2.5.1.1 計畫土砂流出量

計畫土砂流出量為發生「計畫規模的土石流」時，至計畫基準點為止所流出的土砂量。在計算時均假設其為沒有土石流及漂流木對策設施之狀態。

解說

計畫土砂流出量是以本基準 2.6.1 所述之方法為根據所算出。計算中，在方程式 (2)、(4) 的 L_{dy11} 與 L_{dy12} 係指從計畫基準點到上游流域間，各自所屬之溪流或是流路長度。溪流的定義與 1 級溪流之集水區的判定方法均遵循土石流危險溪流與土石流危險區域調查要領 (草案)。

在計畫基準點所算出的計畫土砂流出量為 $1,000\text{m}^3$ 以下時，會直接將計畫土砂流出量視為 $1,000\text{m}^{32)}$ 。但此並不適用於在輔助基準點所算出的土砂流出量。在計算土石流洪峰量時也會加以應用。另在本基準的 2.6.3 章節中則會說明一波土石流與預測土砂量之處理。

在火山山麓，特別是火山還在活動中時，需要根據其活動狀況以及流域的變化狀況，重新評估計畫土砂流出量。

～～（參考）在小規模溪流中計畫土砂流出量的處理～～～～～～～～～～

在小規模溪流中，藉由進行簡易貫入試驗來量測可移動土砂厚度等詳細調查，有時可精確估計可能崩塌土砂量的可移動土砂量。只有在這種情況下，即使計畫土砂流出量低於 1000m^3 ，也可直接使用調查中所算出的土砂量。再者，該小規模溪流需要符合以下所有條件。

- 流路不明確且無常流水，一般情況下土砂不會有移動現象的溪流
- 基準點上游處的溪床坡度在 10° 以上，流域整體為土石流發生與流出區

～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～

2.5.1.2 計畫漂流木流出量

計畫漂流木流出量為包含「計畫規模土石流」，到計畫基準點為止所流出的漂流木量。在計算時均假設其為沒有土石流及漂流木對策設施之狀態。

解說

計畫漂流木流出量是以本基準 2.6.2 中所述之方法為根據所算出。計算時，將方程式（7）的 L_{dy13} 、 B_d 設為與本基準 2.5.1.1 中所求出之值相同。

2.5.2 計畫容許流出量

2.5.2.1 計畫容許土砂流出量

計畫容許土砂流出量為在不會發生災害的前提下可從計畫基準點往下游所流出之土砂量。

解說

原則上會將計畫容許土砂流出量會設為 0。

但如可透過土石流導流工使其流出在下游處不會發生災害的土砂量時，便可將該土砂量設為計畫容許土砂流出量。

2.5.2.2 計畫容許漂流木流出量

計畫容許漂流木流出量為在不會發生災害的前提下，可從計畫基準點往下游所流出之漂流木量。

解說

原則上會將計畫容許漂流木流出量設為 0。

2.5.3 計畫基準點的土石流洪峰流量

土石流洪峰流量為「計畫規模土石流」通過計畫基準點時的流量最大值。在計算時均假設其為沒有土石流及漂流木對策設施之狀態。

解說

土石流洪峰流量，是根據本基準 2.6.3 所述之方法所算出。

2.6 土砂與漂流木量等的調查及計算方法

2.6.1 計畫土砂流出量的計算方法

計畫土砂流出量為執行現場調查後，再將地形圖、過去的土石流記錄等要素進行綜合性評估後所決定。原則上，土砂流出量會將流域內的可移動土砂量與透過「計畫規模土石流」所搬運的土砂量做比較後，取較小數值使用。如在水系整體（包含土石流危險溪流）有實施更為縝密的崩塌地調查、生產土砂量調查，以及具有實際記錄的土砂流出量調查時，也可以這些調查為根據來決定土砂流出量。

解說

計畫土砂流出量為根據水源崩塌地調查、溪流調查等結果所算出。但如有土砂流出量的實際記錄值時，則會將實際值列入考量後再行計算。

(1) 流域內的可移動土砂量(V_{dy1}) |

$$V_{dy1} = V_{dy11} + V_{dy12} \quad \bullet \bullet \bullet (1)$$

$$V_{dy11} = A_{dy11} \times L_{dy11} \quad \bullet \bullet \bullet (2)$$

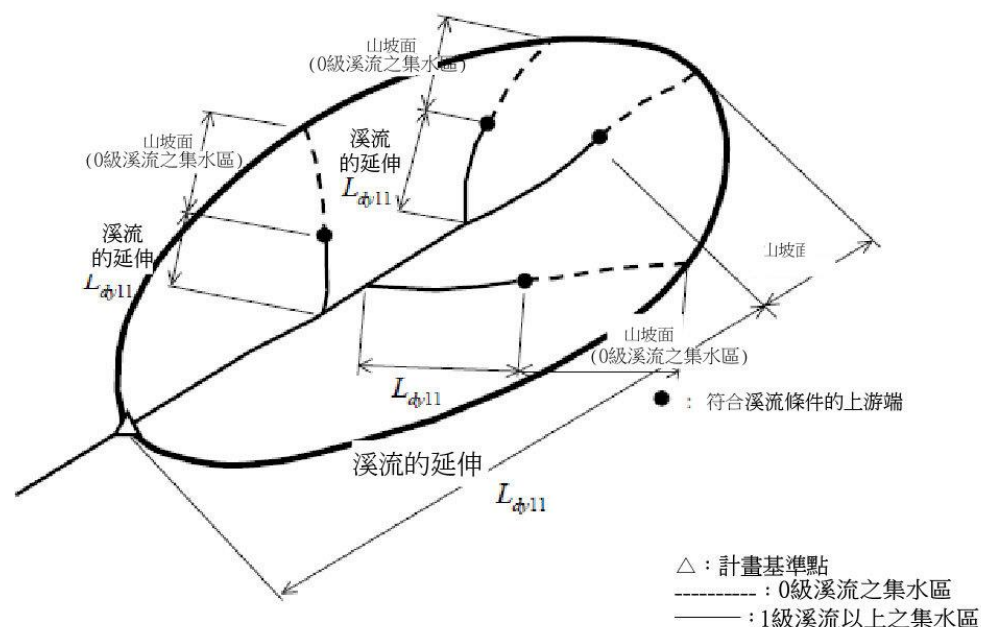
$$A_{dy11} = B_d + D_e \quad \bullet \bullet \bullet (3)$$

式中， V_{dy1} ：流域內的可移動土砂量 (m^3)； V_{dy11} ：從欲算出土砂流出量之地點、計畫基準點或是輔助基準點到 1 級溪流之集水區等最上游端的區間內的可移動溪床堆積土砂量 (m^3)； V_{dy12} ：可能崩塌土砂量 (m^3)； A_{dy11} ：可移動溪床堆積土砂的平均斷面積 (m^2)； L_{dy11} ：從欲算出土砂流出量之地點、計畫基準點或是輔助基準點到 1 級溪流之集水區等最上游端為止，沿著溪流所量測之距離 (m)； B_d ：土石流發生時產生侵蝕的平均溪床寬幅預測值 (m)； D_e ：發生土石流時產生侵蝕的溪床堆積土砂平均深度預測值 (m)。

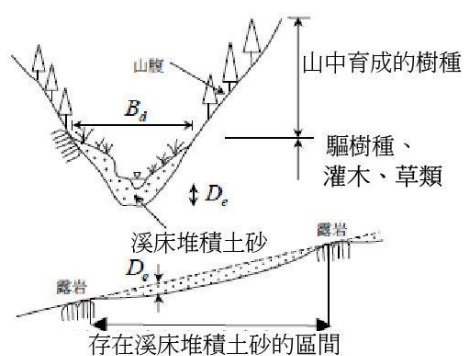
欲計算出可移動溪床堆積土砂量時所用的 B_d 、 D_e 是參考現場調查與鄰近溪流發生土石流的洗掘狀況所推定。當 B_d 、 D_e 是依據現場調查所推定出時會如圖－4（1）所示之，參考在溪流斷面的溪岸坡面角度變化，以及在土石流堆積物上長成的先驅樹種與在山坡地地山坡面長成的樹種差異等因素後，再對山坡地

與溪床堆積土砂進行區分。

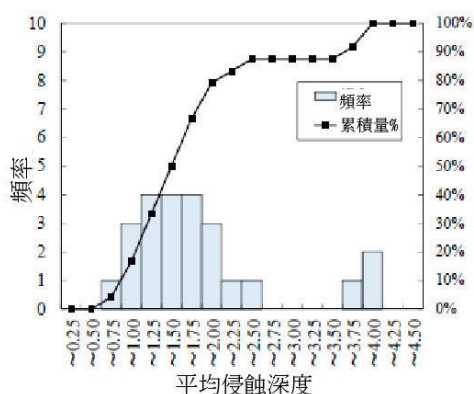
要推定 D_e 時不僅要考慮圖－4（1）的斷面形狀，也要調查位於上下游的溪床露岩，將縱斷面的基岩連續性也列入考量。此處將過去的土石流災害案例³⁾整理成圖－4（2），作為 D_e 的參考。



圖－3 L_{dy11} 的概念圖



圖－4（1） 侵蝕寬度、侵蝕深度之調查方法



圖－4（2） 平均侵蝕深度之分布

(参考) 平均侵蝕深度調査案例 (圖-4 (1)、(2) 的詳細案例)

地域	No.	発生日	月	都道府県	市町村	溪流名	集水面積 (km ²)	平均勾配 (%)	侵食幅		侵食深		土石流発生時の雨量	
									平均値 (m)	標準偏差 (m)	平均値 (m)	標準偏差 (m)	24時間雨量 (mm)	1時間雨量 (mm)
糸野川	1	2011	7	新潟県	南魚沼市	姥沢川 (登川支流)	4.78	19.8	31.8	20.1	2.2	1.7	328.0	62.0
	2	2011	7	新潟県	南魚沼市	二子沢川 (登川支流)	0.78	27.0	27.6	13.0	3.9	2.4	328.0	62.0
	3	2011	7	新潟県	南魚沼市	柄沢川 (登川支流)	1.60	22.4	10.0	5.9	1.1	0.7	328.0	62.0
	4	2011	7	新潟県	南魚沼市	高柳川	0.82	23.6	15.9	7.0	3.7	2.2	321.2	58.3
	5	2011	7	新潟県	南魚沼市	土沢	0.69	18.4	24.9	13.6	1.3	0.6	307.0	58.0
藤原岳	6	2012	9	三重県	いなべ市	西之貝戸川	0.21	34.6	13.8	7.3	1.6	2.0	435.0	70.0
	7	2012	9	三重県	いなべ市	小滝川	1.39	25.3	22.6	5.8	3.9	2.0	435.0	70.0
阿蘇	8	2012	7	熊本県	阿蘇市	大門川	0.33	13.4	14.5	7.1	1.2	0.7	517.0	124.0
	9	2012	7	熊本県	阿蘇市	坂梨地区	0.09	19.3	42.2	19.3	1.6	1.3	517.0	124.0
	10	2012	7	熊本県	阿蘇市	堀井川②	0.48	14.5	13.7	6.6	1.7	1.3	517.0	124.0
	11	2012	7	熊本県	阿蘇市	新所川⑧	0.07	28.2	16.9	6.9	1.0	0.6	417.0	83.0
	12	2012	7	熊本県	阿蘇市	土井川	0.28	19.5	21.2	9.9	2.4	1.1	517.0	124.0
防府	13	2011	7	山口県	防府市	阿部谷川	0.53	15.0	16.0	5.7	1.9	0.9	266.0	60.0
	14	2011	7	山口県	防府市	八幡谷溪溝	1.05	14.2	9.0	4.1	0.8	0.5	266.0	60.0
	15	2011	7	山口県	防府市	松ヶ谷川	2.13	7.1	12.4	5.8	0.7	0.4	266.0	60.0
	16	2011	7	山口県	防府市	神皇川	0.03	20.5	25.1	7.6	1.6	0.5	256.0	56.0
	17	2011	7	山口県	防府市	上田南川	1.10	12.2	15.9	8.0	1.1	0.6	266.0	60.0
八木・ 緑井	18	2014	7	長野県	南木曽町	梨子沢	2.27	18.4	25.6	11.6	1.8	1.2	143.0	76.0
	19	2014	8	秋田県	仙北市	供養湧沢	0.03	16.5	41.7	10.3	1.3	0.9	189.0	58.0
	20	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-299a	0.34	15.2	15.9	7.1	1.0	0.5	247.0	87.0
	21	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-303	0.22	18.9	18.1	6.1	1.3	0.7	247.0	87.0
	22	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-306	0.19	24.3	18.2	6.9	1.9	1.3	247.0	87.0
	23	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-1006	0.03	18.8	18.9	5.4	1.3	0.5	247.0	87.0
	24	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-1010隣1	0.04	26.1	12.9	10.0	0.8	0.6	290.0	115.0

可能崩塌土砂量 (V_{dy12}) 可用下述任一方法算出。

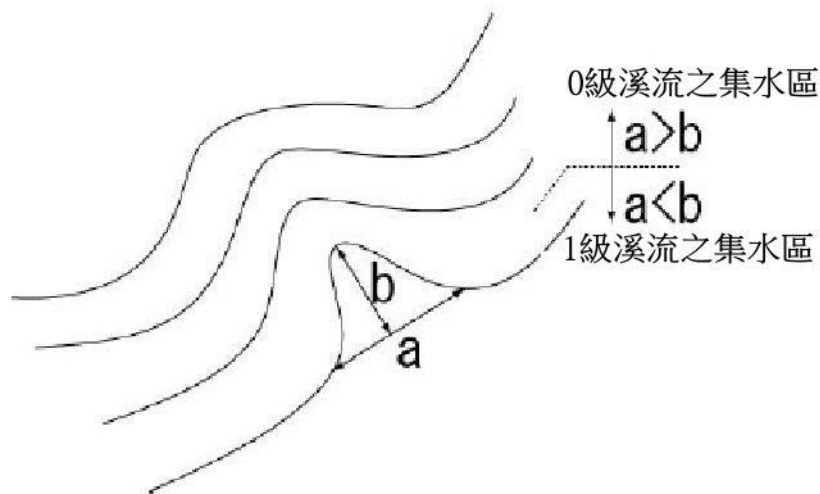
(1-1) 可準確推測出可能崩塌土砂量 (V_{dy12}) 時

方程式 (1) 中的 (V_{dy12}) 為 0 級溪流之集水區 (一般情況下沒有表面逕流的山谷) 與溪流山坡地的預測崩塌土砂量 (m^3)。

此處使用 1/25,000 地形圖、大規模地形圖，或是航空雷射測量結果，觀察等高線的凹凸狀況，凹陷的等高線群中，深度大於橫寬之地形，可設為 0 級溪流之集水區。

在計算可能崩塌土砂量時會參考地形及地質特性，以及既有崩塌分布與現場調查等因素，進以推測出具體發生位置、面積與崩塌深度。就計算可能崩塌土砂量之相關現場調查來看，目前已有實施現地勘查與簡易貫入試驗的實例⁴⁾。除此之外，其他也有像是鑽探測量等現場調查方法。

再者，原則上崩塌土砂量也不會再增加。



圖－5 0級溪流之集水區的地形

(1-2) 難以準確推測出可能崩塌土砂量 (V_{dy12}) 時

包含 0 級溪流之集水區崩塌，可透過下述方程式來推算可能崩塌土砂量。

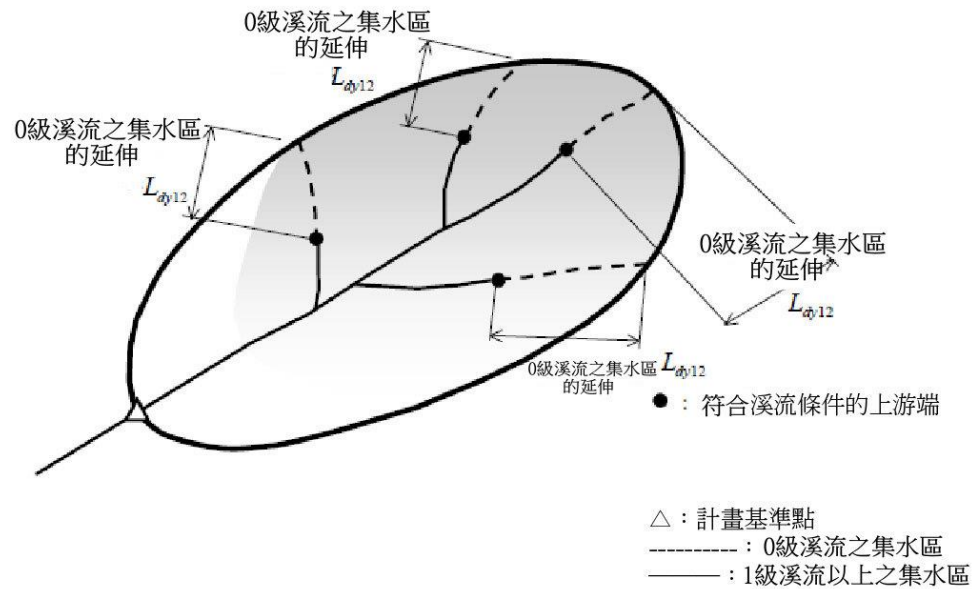
$$V_{dy12} \cong \sum A_{dy12} \times L_{dy12} \quad \dots (4)$$

$$A_{dy12} = B_d \times D_e \quad \dots (5)$$

式中， A_{dy12} ：位於 0 級溪流之集水區中可移動溪床堆積土砂的平均斷面積 (m^2)； L_{dy12} ：從欲算出土砂流出量之位置的上游流域 1 級溪流之集水區最上端到流域最遠端的分水嶺間，沿著流路所測得之距離 (m)。如有支溪時也會加上該支溪長度。

即使在土石流發生後，現存可移動土砂量較少的情況下，只要是在預測出山坡地或溪岸土砂生產會變得劇烈，可移動土砂量在不久後即會增加時，即會推算出此值並作累加。

(1-3) 以收集實測值相關資料為目的之調查



圖－6 V_{dy12} 的概念圖

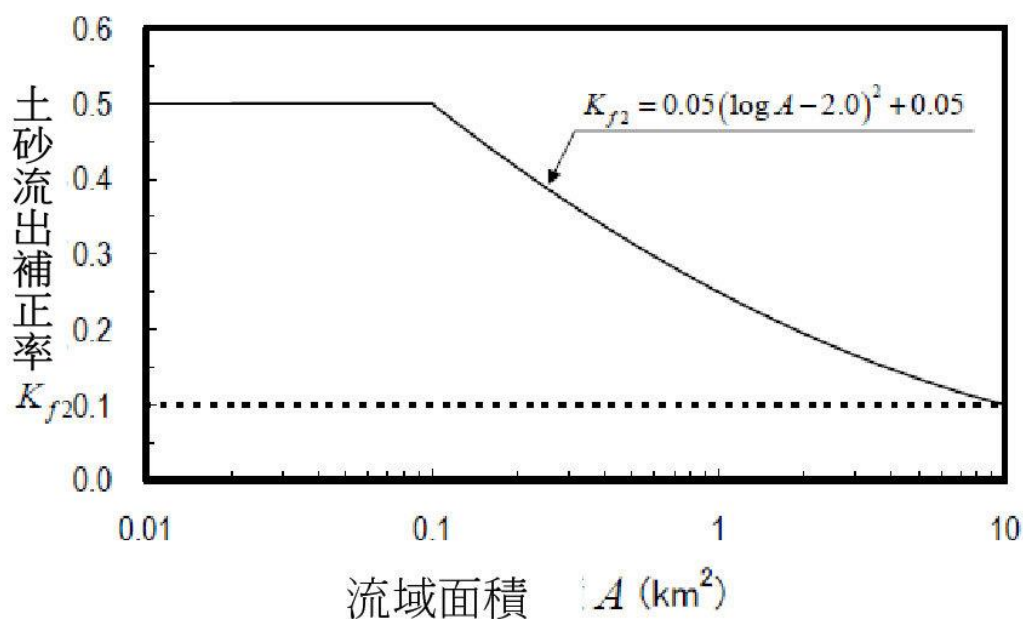
若要將土砂流出量的實測值列入考量再算出，需針對土石流發生時的淹沒狀況進行調查。除了現場調查外，有時也會利用航空遙測、無人飛行器（Drone 等）來進行與土石流所產生的土砂流出量相關之調查。特別要提到的是，當有辦法取得在土石流發生前後利用航空遙測調查之結果時，可以用比較前後的調查結果來求出土砂流出量⁶⁾。

(2) 「計畫規模之土石流」中可搬運的土砂量 (V_{dy2})

先利用計畫規模的年迴歸週期降雨量 (P_p (mm)) 乘上流域面積 (A (km^2)) 求出總水量，再乘以流動中的土石流濃度 (C_d) 後即可算出「計畫規模之土石流」所能搬運的土砂量。此時也會同時考慮到逕流補正率 (K_{f2})。

$$V_{dy2} = \frac{10^3 \cdot P_p \cdot A}{1 - K_v} \left(\frac{C_d}{1 - C_d} \right) K_{f12} \quad \dots (6)$$

C_d 的計算方法可參考本基準 2.6.3。再者，方程式 (12) 雖為範圍 $10^\circ \sim 20^\circ$ 內的高橋方程式，但也可適用在比其還要平緩的坡度範圍內。 P_p 為檢討區域降雨特性及災害特性後再行決定。 K_{f12} 為逕流補正率，如圖－7 所示，需根據流域面積來決定其數值。另外，雖然 K_{f12} 會因流域面積而有所差異，但基本上會將上限設為 0.5，下限設為 0.1。



圖－7 逕流補正率⁵⁾

2.6.2 計畫漂流木流出量的計算方法

將推測所得之發生漂流木量，乘以漂流木流出率後便可算出計畫漂流木流出量。

解說

有報告指出，當沒有土石流及漂流木對策設施時，計畫漂流木流出率（產生漂流木後往河谷出口的流出率）約為 0.8~0.9 左右⁷⁾。漂流木流出量是以實際體積的方式呈現，為假設流域內沒有土石流及漂流木對策設施的狀態下所算出。

為掌握漂流木流出量，需針對流域現況、發生原因、發生地點及發生量、漂流木長度及直徑等要素進行調查，另外也會對漂流木流出與漂流木所產生之災害進行預測調查。調查中，先擬調查流域之流域現況，瞭解林相等狀況後，再於綜合面上判斷流域現況調查的結果，以推測出漂流木的發生原因。

此外；也需進行推測出漂流木發生量、發生位置所需之調查，以及推測堆積漂流木數量、長度和直徑之調查。

藉由上述結果可推測出漂流木會造成的災害，並可確定目標漂流木的數量、長度與直徑等。

（1）流域現況調查

在欲算出漂流木流出量區位之上游流域，調查立木、植生和倒木（伐木及用材除外）。

（2）發生原因調查

依綜合面判斷流域現況調查結果，進而推測出漂流木的發生原因。

推測漂流木的發生原因，對於評估漂流木發生場所、漂流木數量、長度、直徑，以及漂流木所造成之災害時極為重要。在地形陡峻之脆弱地區，發生豪雨易引起土石流或是坡面崩塌，導致覆蓋地面的樹木流入溪流或河道中，即會形成漂流木。另外；利用過去發生過的漂流木災害案例來推斷漂流木發生原因，也是一種有效的方法。

漂流木的發生原因如表－2 所示。

表－2 漂流木的發生原因

漂流木的來源	漂流木的發生原因
立木流出	①坡面崩塌導致立木滑落 ②立木在土石流發生源處滑落、流下 ③因土石流流動所造成之溪岸、溪床侵蝕，導致立木流出
之前產生的倒木流出	④ 因病蟲害或颱風所產生之倒木，在土石流中流出 ⑤ 之前流出後堆積在河床上或是埋入河床堆積物中之漂流木，因為土石流的影響而再度移動 ⑥發生雪崩後所產生之倒木，因其後所發生的土石流而往下游流域流出

（3）調查漂流木的發生場所、發生量、長度、直徑等

以山坡地坡面的現場勘查、空照判讀和過去的災害實例紀錄等為根據，將漂流木發生原因列入考量後，調查漂流木的發生場所、發生數量、長度和直徑等。但因為伐木或是用材流出等人為因素所導致的倒木、伐木、堆積在溪床的漂流木等，此章節中不將其視為發生漂流木量討論。

（3-1）發生原因、場所

透過現場勘查、空照判讀，或是研究過去發生災害實例紀錄來推測漂流木的發生原因及發生地點。

（3-2）透過現況調查法算出發生漂流木量

推測漂流木的發生原因及場所，及依漂流木的長度與直徑資料為基礎調查，進而推算出發生漂流木量。

原則上，在預測可能發生漂流木的位置直接對位於該處的樹木、漂流木的數量、長度、直徑進行調查（以下稱「現況調查法」）。

此法亦可區分為兩種；其一為調查所有在發生漂流木目標範圍內的樹木及漂流木的方法（以下稱全數調查法）；其二為取數個代表位置為樣本進行調查（以下稱「取樣調查法」）。但因實際上在利用全數調查法時其調查範圍太過廣泛，一般多會採用取樣調查法。在使用現況調查法時，需要推測出會隨著崩塌及土石流發生漂流木的場所。原則上可利用本基準 2.6.1 作為推測土石流的發生及其氾濫範圍的方法。一旦使用此方法推測出降雨時所發生及土石流範圍後，接著便可對存在於發生崩塌或土石流範圍內的立木、倒木，以及過去堆積在溪床的漂流木量（株數、立積）及漂流木的長度與直徑進行調查，進而得到發生漂流木量以及漂流木的長度與直徑。對此進行調查時有現場勘查以及利用空拍照片來判斷等兩種方法，

通常會以兩者併用的方式進行。

首先運用地形圖及空拍照片來判斷所預測出崩塌及土石流的發生區間與氾濫區間內樹木的密度（概算）、樹高、樹種，再以此結果為依據，並以植生及林相作為區分條件，將土石流的發生及氾濫區域分割成數個地域。接著在每個地域內以取樣調查方法（ $10\text{m} \times 10\text{m}$ 的範圍）進行現場勘查，調查各地域內的樹木株數、樹種、樹高、胸高直徑。此時的現場勘查會針對以下項目進行調查。

- ① 密度或是株數：在 100m^2 內樹木、伐木、倒木、漂流木等株數
- ② 直徑：樹木的胸高直徑與伐木、倒木、漂流木的平均直徑
- ③ 長度：樹木高度與伐木、倒木、漂流木的長度

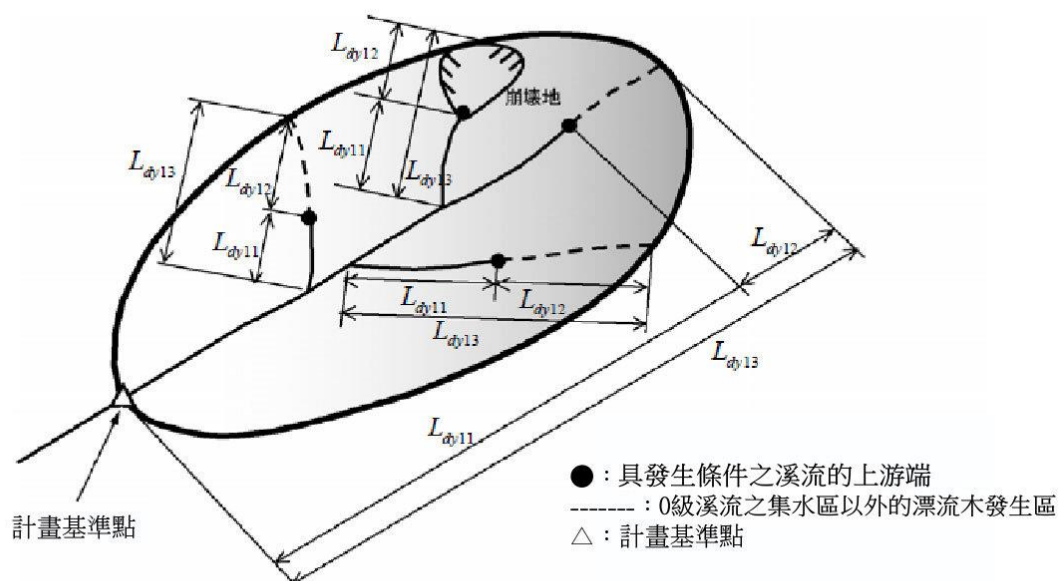
發生漂流木量可依下述順序以及方程式來算出。當在崩塌以及土石流的發生區及氾濫間內存在多種林相時，需在每個林相中個別算出發生漂流木量後再計算綜合。式中的 0 級溪流之集水區、崩塌地的寬幅與長度均以本基準 2.6.1 為基準。

$$V_{wy} = \frac{B_d \times L_{dy13}}{100} \times \sum V_{wy2} \quad \dots (7)$$

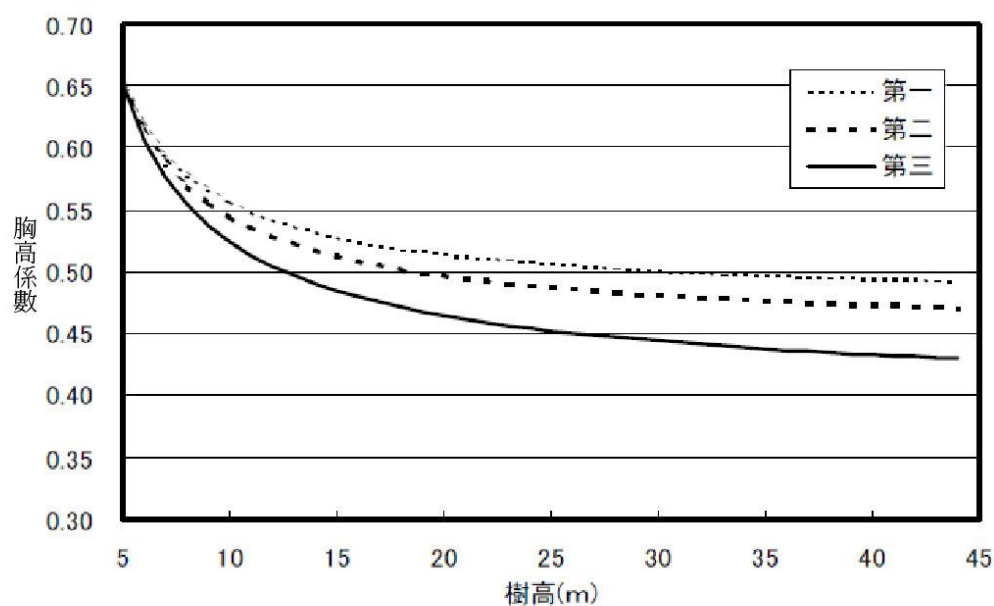
$$V_{wy2} = \pi \cdot H_w \cdot R_w^2 \frac{K_d}{4} \quad \dots (8)$$

式中， V_{wy} ：發生漂流木量（ m^3 ）； B_d ：發生土石流時預測會產生侵蝕的平均溪床寬度（m）； L_{dy13} ：從算出發生漂流木量地點到流域最遠端分水嶺間，沿著流路所測量出之距離（m）； V_{wy2} ：單木材積（ m^3 ）； $\sum V_{wy2}$ ：取樣調查 100m^2 範圍內的樹木材積（ $\text{m}^3 / 100\text{m}^2$ ）； H_w ：樹高（m）； R_w ：胸高直徑（m）； K_d ：胸高係數（參考圖－8（2））。

若調查對象為近年來曾利用航空雷射取得測量資料的流域時，便可應用該資料求出在計算發生漂流木量時所需用到的樹木高度與株數（密度）等數據。舉例來說，當調查範圍涵蓋廣闊範圍時，目前有活用 LP 資料算出林相區位或發生漂流木量等實例⁸⁾。



圖－8（1）漂流木發生區間長度（m）： L_{dy13}



圖－8（2）胸高係數9

（備註） 第一 魚鱗雲杉、庫頁島冷杉

第二 日本扁柏、日本花柏、羅漢柏、日本金松

第三 日本柳杉、松木、日本冷杉、日本鐵杉，以及其他針葉樹與闊葉樹

出處（嶺 一三（1958）：測樹、朝倉書店、146p.）以刊登資料為根據製成圖表

(3-3) 以實際值為根據計算發生漂流木量

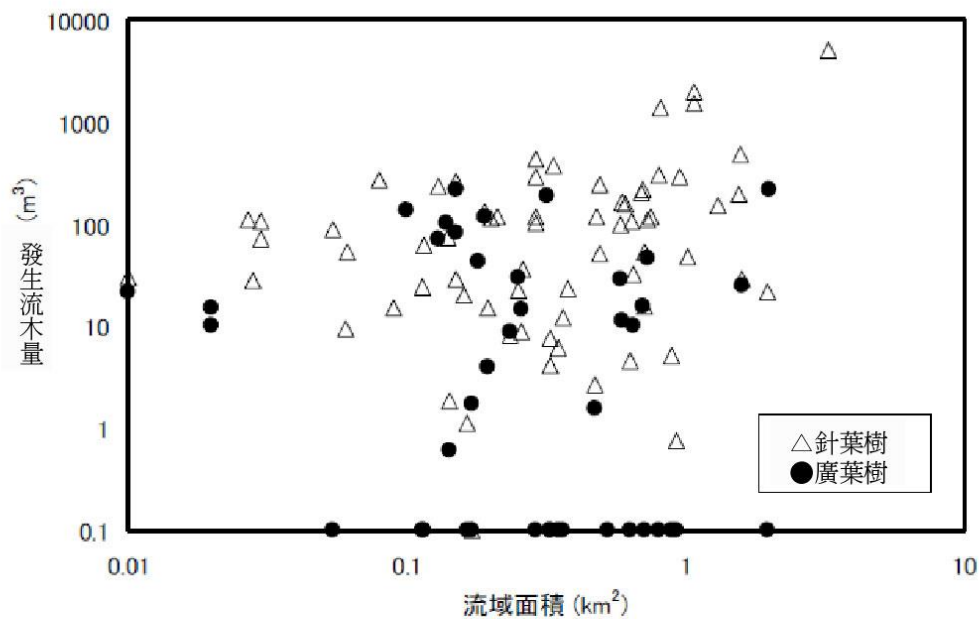
當在附近有漂流木發生案例，且存有相關資料時，可透過下式求出每單位流域面積內的發生漂流木量 $(V_{wy1}(m^3 / km^2))$ 。

$$V_{wy} = V_{wy1} \times A \quad \dots (9)$$

式中， A ：流域面積 (km^2) (溪床坡度為 5° 以上的流域面積)； V_{wy} 的值可從圖－9 得知，若是針葉樹的話約為 $1,000 m^3 / km^2$ ，闊葉樹則約為 $100 m^3 / km^2$ 。

作為參考此處將過去隨著土石流所發生過的漂流木實態調查結果整理為如圖－9 所示。此圖以過去的災害時態調查結果為根據，將溪流的流域面積與針葉及闊葉樹林間漂流木發生量的關係各別作成圖示。

再者，依實際值所進行的方法，可適用在大部分流域被針葉樹及闊葉樹等森林覆蓋的溪流上。



2.6.3 土石流洪峰流量的計算方法

土石流洪峰流量基本上是以土砂流出量為根據所算出。但若在同一流域中有實測值的資料，可利用不同方法來推算出土石流洪峰流量時，也可取該數值使用。

解說

(1) 以流出土砂量為基礎設定土石流洪峰流量

圖－10 所示為以燒岳、櫻島上所發生過之土石流洪峰流量觀測資料為依據，所製成的土石流總流量與洪峰流量間的關係圖。平均洪峰流量與土石流總流量間的關係可用方程式 (10) 來表示¹⁰⁾。

$$Q_{sp} = 0.01 \cdot \sum Q \quad \dots (10)$$

$$\sum Q = \frac{C_* \cdot V_{dqp}}{C_d} \quad \dots (11)$$

式中， Q_{sp} ：土石流洪峰流量(m^3/s)； $\sum Q$ ：土石流總流量 (m^3)； V_{dqp} ：預測在一波土石流中所流出之土砂量 (含空隙) (m^3)； C_d ：土石流濃度； C_* ：溪床堆積土砂的容積濃度 (約 0.6)。

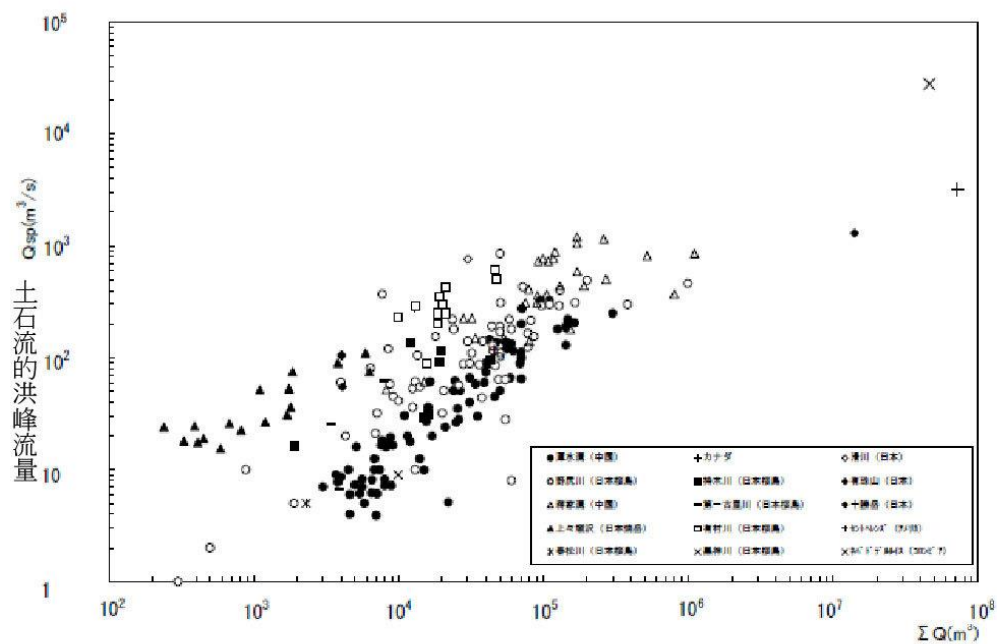
V_{dqp} 的下限值設為 $1,000m^3$ 。此處除了適用本基準 2.5.1.1～(參考) 在小規模溪流中計畫土砂流出量的處理～的情況之外，在所有土石流及漂流木對策設施的設計上均可適用。

土石流濃度可透過依下述平衡濃度式¹¹⁾ 求出。

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad \dots (12)$$

式中， σ ：石礫密度 (約為 $2,600kg/m^3$)； ρ ：水的密度 (約為 $1,200kg/m^3$)； ϕ ：溪床堆積土砂的內部摩擦角($^\circ$) (約為 $30^\circ \sim 40^\circ$ ，一般取 35° 計算)； θ ：溪床坡度($^\circ$)。在算出一波土石流中所預測會流出土砂量的位置的溪床坡度通常會被設定為欲算出土石流洪峰流量時的溪床坡度所使用，並將該數值設為預測會成為氾濫區間下游端的坡度 (10°) 以上。再者，當下的溪床坡度基本上會設定為從計畫地點到上游約略 200m 間的平均溪床坡度，利用設計計畫設施前的地形所算出。從計畫地點到上游端 200m 區間的溪床坡度若被認為無法代表其溪床坡度時，也可因應該溪流狀況來設定區間。

此外，計算值(C_d)比 $0.9C_*$ 還要大時會將其設為 $C_d = 0.9C_*$ ，計算值(C_d)比 0.3 還要小時會將其設為 $C_d = 0.30$ 。



圖－10 洪峰流量之相關圖¹⁰⁾(原著中將 $\sum Q$ 標記為 Q_T)

(2) 以收集土石流總量與實測值相關資料為目的之調查

為將實際數值列入考量後再算出土石流洪峰流量，會需要先針對土石流洪峰流量的實況進行調查。而經由實測來求出土石流洪峰流量的方法有下述幾種。

1) 從氾濫痕跡來推測

當土石流的水流痕跡與水流斷面很明顯時，可以透過土石流的流速與推測水深來求出流速，進而試算出洪峰流量。

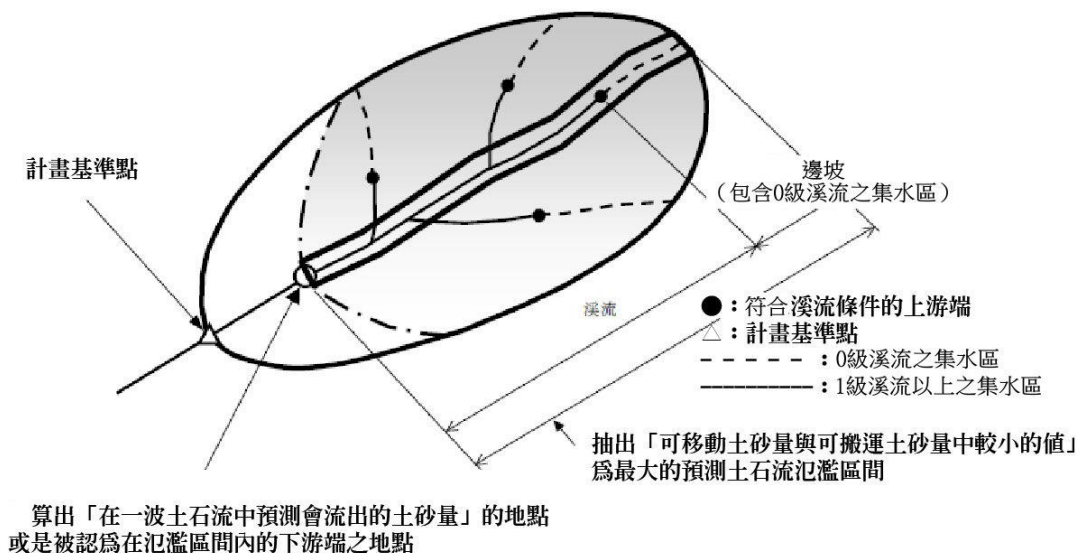
2) 透過錄影等影像解析所算出的速度來推測

當有錄下土石流氾濫狀況的影像時，可對影像進行解析，計算出流速。接著再前往影像中算出流速的地點進行現場調查，推測出水流斷面，最後只要將水流斷面積乘上流速後便可算出洪峰流量。再者，也可利用非接觸型的水位計直接測量水位來推定水流斷面。

※預測土石流流出的土砂量 V_{dqp} 的計算方法

從迄今的災害實態調查中可以發現，甚少所有支溪同時發生土砂氾濫的例子，因此此處將土石流洪峰流量的最大值設為在單一洪水期間內所發生的多數土石流中最大的土砂量來進行對應。

由土砂流出量為基礎欲求出土石流洪峰流量時，在一波土石流中預測會流出的土砂量為 V_{dqp} 。作為此方法的基本準則，此處在設施的計畫地點或是被認為比土石流氾濫區間的下游端還要上游的範圍內，會假設其為沒有土石流及漂流木對策設施的狀態下，以綜合面來判斷溪流長與侵蝕可能斷面積，並將土砂量最多的位置設定為「預設土石流氾濫區間」，再將此區間內的可移動土砂量與可搬運土砂量中取較小的值作為 V_{dqp} 。再者，算出 V_{dqp} 的土石流氾濫區間的下游端不會和算出計畫土砂流出量區間的下游端位於相同位置。



圖－1 1 計算在一波土石流中預測會流出的土砂量之概念圖

～～（參考）以降雨量為根據算出土石流洪峰流量～～～～～～～～～～

土石流的發生過程可包括三種情況：①溪床堆積物受到流水的強烈侵蝕後成為土石流；②邊坡崩塌土砂直接成為土石流；③邊坡崩塌土砂將水流截斷後造成堰塞湖，其潰堤後成為土石流。而在①中求出土石流洪峰流量的方法為以降雨量為根據的計算方法。以下會依序說明土石流洪峰流量的計算流程。另在方程式（10）（經驗式）與後述方程式（14）（理論式）中所各別求出土石流洪峰流量的數值間的關係，會因流域面積、降雨量、土砂流出量而有所變化。計畫土砂流出量的比土砂流出量為 $100,000\text{m}^3/\text{km}^2$ ，當 24 小時雨量或是日雨量 $P_p = 260(\text{mm})$ 且流域面積為 1km^2 以下時，會比較理論式與經驗式的數值後取較小之值使用。

土石流洪峰流量可透過下述方程式求出。

$$Q_{sp} = K_q \cdot Q_p \quad \dots (13)$$

式中， Q_{sp} ：土石流洪峰流量（ m^3/s ）； Q_p ：相對於計畫規模的年回歸週期降雨量的清水流流量（ m^3/s ）； K_q ：係數。

可利用下述方程式的關係來求出土石流洪峰流量 Q_{sp} （ m^3/s ）與清水流流量 Q_p （ m^3/s ）。

$$Q_{sp} = \frac{c_*}{c_* - c_d} \cdot Q_p \quad \dots (14)$$

（土石流洪峰流量的計算範例）

$\sigma = 2600(\text{kg}/\text{m}^3)$ 、 $\rho = 1200(\text{kg}/\text{m}^3)$ 、 $\phi = 35^\circ$ 、 $\tan \theta = 1/6$ 時，透過方程式（12）可算出 $c_d \cong 0.27$ ，小於 0.3 時可視為 $c_d = 0.30$ ，再透過方程式（14）可算出 $Q_{sp} = 2Q_p$ 。

～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～

2.6.4 清水流流量的計算方法

清水流流量，可透過合理公式算出。

① 洪水到達時間

原則上洪水到達時間可透過下述方程式求出¹³⁾。

$$T_f = K_{pl} \cdot A^{0.22} \cdot P_e^{-0.35} \quad \dots (15)$$

式中， T_f ：洪水到達時間（分）； A ：流域面積（ km^2 ）； P_e ：有效降雨強度（ mm/h ）； K_{pl} ：係數，設為 120。

② 平均降雨強度

洪水到達時間內的降雨強度可透過下述方程式求出 24 小時雨量（物部式）。

$$P_a = \frac{P_{24}}{24} \left(\frac{T_f}{24} \right)^{K_{p2}} \quad \dots (16)$$

式中， P_a ：洪水到達時間內的平均降雨強度（ mm/h ）； P_{24} ：24 小時雨量（無法得到 P_{24} 時也可以用日雨量（ P_{day} ）代替（ $P_{24} \cong P_{day}$ ））； K_{p2} ：定數（ $K_{p2} = -1/2$ ）。

③ 有效降雨強度

有效降雨強度，可透過下述方程式求出。

$$P_e = K_{fl} \cdot P_a \quad \dots (17-1)$$

式中， K_{fl} ：洪峰流出係數。當設為 $K_{p2} = -1/2$ 時，有效降雨方程式會從 T_f 、 P_a 的方程式變成下式。

$$P_e = \left(\frac{P_{24}}{24} \right)^{1.21} \cdot \left(\frac{24 \cdot K_{fl}^2}{K_{pl} \cdot A^{0.22}} \right)^{0.606} \quad \dots (17-2)$$

④ 清水流流量

降雨所導致的清水目標流量可透過下述合理公式所求出。

$$Q_P = \frac{1}{3.6} \cdot K_{fl} \cdot P_a \cdot A = \frac{1}{3.6} \cdot P_e \cdot A \quad \dots (18)$$

2.6.5 土石流流速與水深的計算方法

土石流流速與水深可透過理論公式、經驗公式、實測值來進行推算。

解說

(1) 以土石流洪峰流量為基礎，設定土石流流速及水深

就整理燒岳、滑川、櫻島的觀測資料彙整所得之結果，土石流的流速 U (m/s) 可用下述曼寧方程式來表示。

$$U = \frac{1}{K_n} D_r^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \quad \dots (19)$$

式中， D_r ：土石流的徑深 (m) (此處設定為 $D_r \equiv D_d$ (土石流的水深))； θ ：溪床坡度 (°)； K_n ：粗糙係數 ($s \cdot m^{-1/3}$)。此處的溪床坡度是以表－3 為根據進行設定。粗糙係數(K_n)會比在清水的條件下還要大很多，在自然河道的前端部設為 $0.10^{14)}$ 。再者，此處將土石流的流速與水深皆設定為在前端部所算出。

土石流的水深 D_d (m)為透過水流寬幅 B_{da} (m)與土石流洪峰流量 Q_{sp} (m^3/s)，聯立方程式 (19)、(20)、(21) 來求出。

$$Q_{sp} = U \cdot A_d \quad \dots (20)$$

式中， A_d ：土石流洪峰流量的水流斷面積 (m^2)。此外，一般而言判斷為很有可能隨著計畫年回歸週期降雨量所發生的土石流，可能會帶有洪峰流量而填滿整個水流斷面，因此這裡將土石流的水流斷面設為如圖－12 的斜線部位。水流的寬幅 B_{da} (m)如圖－12 所示，而土石流的水深 D_d (m)則是利用下式取近似值。

$$D_d = \frac{A_d}{B_{da}} \quad \dots (21)$$

在算出土石流的流速及水深時，會從該壩的位置到淤砂上游末端，或是土石流發生區間的下端為止的區間內，任意選出 3~5 個位置，在各斷面上取近似梯型後，再使用 3~5 個位置斷面的平均斷面進行計算。但需注意的是當斷面形狀明顯不同時，採用平均斷面計算會在檢討壩安定性時有低估土石流外力的疑慮，需小心避免發生這種情況。再者，與該壩的位置到淤砂上游末端區間做比較，在比淤砂上游末端還要上游的區間中，其斷面形狀會有顯著的差異，當有低估土石流外力疑慮時，需多加注意避免發生誤判。

(2) 以收集實測值相關資料為目的進行調查

下述兩種方法可求出土石流流速的實際值。

1) 透過錄影等影像解析計算

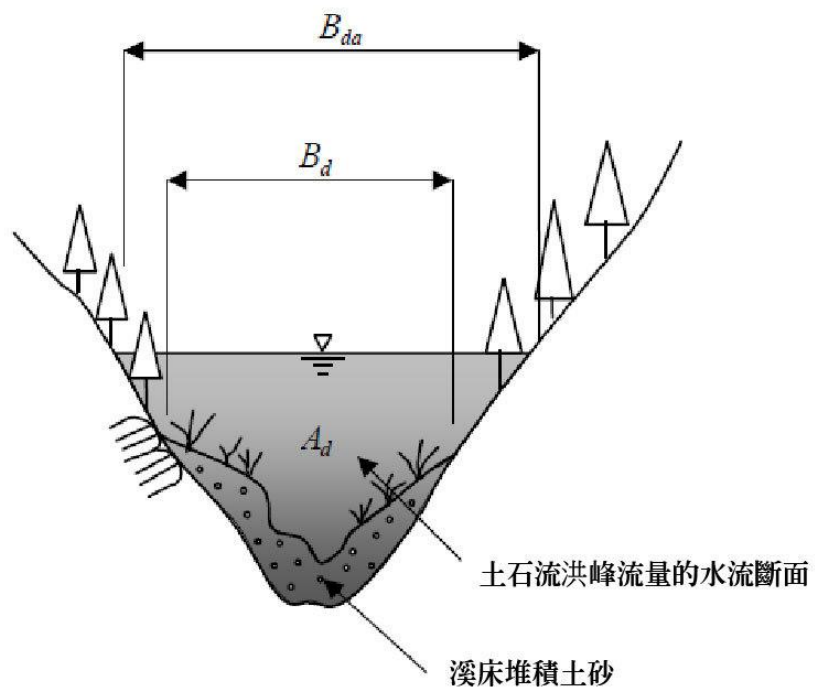
當有錄下土石流氾濫狀況的影像時，可透過影像解析來算出流速。

2) 透過彎曲部水流痕跡進行推測

當土石流在溪流的彎曲部產生偏流，現場可調查到當下偏流高時，可利用土石流導流工彎曲部的設計方法為根據，計算出土石流的流速^{15、16)}。

表－3 溪床坡度 θ 之應用項目

應用項目	溪床坡度
在本體及壩翼的穩定度計算與結構計算中欲算出設計外力時的 土石流濃度(C_d) 土石流流速(U) 土石流水深(D_d)	現況溪床坡度(θ_o)
為使土石流洪峰流量可以通過，需決定防砂壩的通水斷面時的溢流深度(D_d)	計劃淤砂坡度(θ_p)



※ B_d ：發生土石流時，預測會發生侵蝕的平均溪床寬幅（參考圖－4（1））

圖－1 2 土石流水流斷面與水流寬幅 B_{da} 的概念圖

2.6.6 土石流單位體積重量的計算方法

土石流的單位體積重量可透過實測值、經驗、理論研究等方法來推測。

解說

可透過下式計算土石流的單位體積重量 $\gamma_d(\text{kN/m}^3)$

$$\gamma_d = \{\sigma \cdot C_d + \rho \cdot (1 - C_d)\}g \quad \dots (22)$$

式中， g ：設為重力加速度(9.81m/s^2)。另外，須注意 γ_d 單位為 kN/m^3 。

C_d 則可透過方程式(12)求出。

(參考) 土石流單位體積重量的實測案例

依土石流單位體積重量的相關觀測實例來看，可使用水位計、荷重計等方法¹⁷⁾持續累積觀測資料。

2.6.7 土石流流體力的計算方法

土石流流體力，可利用土石流的流速、水深、單位體積重量進行推定。

解說

可透過下式求出土石流流體力。

$$F = K_h \cdot \frac{\gamma_d}{g} \cdot D_d \cdot U^2 \quad (23)$$

式中， F ：每單位寬幅的土石流流體力(kN/m)； U ：土石流流速 (m/s)； D_d ：依照本基準 2.6.5 所求出的土石流水深(m)； g ：重力加速度(9.81m/s²)； K_h ：係數 (設為 1.0)； γ_d ：土石流的單位體積重量(kN/m³)。

2.6.8 最大礫徑的計算方法

可由現場調查結果推測最大礫徑。

在土石流及漂流木對策設計技術基準中，若欲算出防砂壩的水流斷面、開口部斷面，與構造檢討中對於石礫所造成之衝擊力時，需使用到最大礫徑。

測量位於防砂壩計畫地點之上下游各 200m 取 200 個以上的巨礫粒徑後，作成頻率分布，取相當於累積值 95% 的粒徑(D_{95})作為最大礫徑。擬測定的巨礫，如推測其為堆積在土石流前端，且固定在溪床上的巨礫群時，此處須注意要將最大礫徑要設定為可代表防砂壩計畫地點周邊的粒徑分布之數值。當巨礫沒超過 200 個時，則在作為測量目標的礫石範圍內依照巨礫、卵石（大礫）、砂礫（中礫及細礫）的順序，擴大測量的範圍直到測定數達到 200 個為止。再者，一些被削尖或是材質不同，可明顯判斷出是從邊坡地掉落的巨礫等，被預測其不會作為土石流所移動的礫石者，皆不列入考慮。

2.6.9 漂流木最大長度與最大直徑的計算方法

經由漂流木流出量之調查結果，可推測出漂流木的最大長度與最大直徑。另外，推算漂流木的最大長度時，會將土石流流出的平均水流寬幅列入考量。

解說

在土石流及漂流木對策設計技術基準中檢討防砂壩構造時若欲算出漂流木所造成衝擊力時需用到漂流木的最大長度與最大直徑。漂流木的最大長度也被使用在設定漂流木捕捉工法的部材純間隔上。

為將土石流的平均水流寬幅設為「發生土石流時預測會產生侵蝕的平均溪床寬幅」 $B_d(\text{m})$ ，再把上游流出的立木最大樹高設為 $H_{wm}(\text{m})$ 後，可推定漂流木最大長度 $L_{wm}(\text{m})$ 為：

當 $H_{wm} \geq 1.3B_d$ 時 $L_{wm} \cong 1.3B_d$

當 $H_{wm} < 1.3B_d$ 時 $L_{wm} \cong H_{wm}$

漂流木的最大直徑 $R_{wm}(\text{m})$ ，推測出會略等同於在上游流域中可能會成為漂流木的立木最大胸高直徑（在被預測會成為漂流木的立木中，最大的前 5% 株數的立木胸高直徑）。此外也需調查被預測會成為漂流木的倒木（除了伐木及用材外），避免低估最大直徑。

2.6.10 漂流木平均長與平均直徑的計算方法

經由漂流木流出量調查結果，可推測出漂流木的平均長度與平均直徑。另外，推算漂流木平均長度時需將土石流的最小水流寬幅列入考慮。

解說

將土石流的最小水流寬幅設為 $B_{dm}(m)$ ，從上游流出的立木平均樹高設為 $h_{wa}(m)$ 的話，漂流木的平均長度($L_{wa}(m)$)會變成：

當 $h_{wa} \geq B_{dm}$ 時 $L_{wa} \cong B_{dm}$

當 $h_{wa} < B_{dm}$ 時 $L_{wa} \cong h_{wa}$

再者，此處將平均直徑 $R_{wa}(m)$ 設為略等同於在上游流域中可能會成為漂流木的立木平均胸高直徑。

第3節 土石流及漂流木處理計畫

土石流及漂流木處理計畫的制定目的為在計畫基準點有效且合理地處理「計畫規模土石流」，以及與土石流同時流出的漂流木。其會根據每條土石流危險溪流的條件，分別制定。

解說

土石流及漂流木處理計畫的目的為處理計畫中所需用到的土砂量。其處理範圍包括防砂設施等設施（以下稱作土石流及漂流木對策設施）的計畫捕捉量、計畫堆積量（計畫堆積土砂量、計畫堆積漂流木量）、計畫發生（流出）抑制量（計畫土石流發生（流出）抑制量、計畫漂流木發生抑制量）等。

此處將河川砂防技術基準 計畫篇 設施配置等計畫篇的用語，與本基準的用語製成如表－4所示的對照表。

表－4 河川砂防技術基準 計畫篇 設施配置等計畫篇的用語與本基準的用語對照

本基準	河川砂防技術基準 計畫篇 設施配置等計畫篇
—※	土砂生產抑制計畫
土石流及漂流木處理計畫	土砂輸送控制計畫
—※	漂流木對策計畫**

※：包含土石流及漂流木處理計畫。

※※：包含土砂生產抑制計畫及土砂輸送控制計畫。

3.1 制定土石流及漂流木處理計畫的基本事項

在制定土石流及漂流木處理計畫時會將計畫中處理的土砂及漂流木量，以及土砂移動的形態、地形、保全對象列入考量，配置適當的土石流及漂流木對策設施，合理且有效地處理土石流及漂流木。

另外在本基準的 2.5.2.1 中提到，當利用土石流導流工使其流出計畫流下容許土砂量，即不會在下游發生災害的土砂量時，需充分考慮流出土砂的粒徑等因素，務必確認其不會在土石流導流工內產生堆積進而發生氾濫等情形。

解說

以本基準 4.3.1.1 為參考，土石流及漂流木處理計畫，為在「計畫規模土石流」與伴隨土砂所流出的漂流木等的各項參數－計畫流出量(V)、計畫流下容許量(W)、土石流及漂流木對策設施的計畫捕捉量(X)、計畫堆積量(Y)、計畫發生（流出）抑制量(Z)間，以可以符合方程式（24）為前提下所設定。再者，方程式（24）為以河川砂防技術基準計畫篇中所敘述之概念為依據所重新製成的土石流及漂流木對策。

$$V - W - (X + Y + Z) = 0 \quad \dots (24)$$

而 V, W, X, Y, Z 可個別透過下述方程式算出。

$$V = V_d + V_w \quad \dots (25)$$

$$W = W_d + W_w \quad \dots (26)$$

$$X = X_d + X_w \quad \dots (27)$$

$$Y = Y_d + Y_w \quad \dots (28)$$

$$Z = Z_d + Z_w \quad \dots (29)$$

式中， V_d ：計畫土砂流出量(m^3)； V_w ：計畫漂流木流出量(m^3)； W_d ：計畫流下容許土砂量(m^3)； W_w ：計畫流下容許漂流木量(m^3)； X_d ：計畫土砂捕捉量(m^3)； X_w ：計畫漂流木捕捉量(m^3)； Y_d ：計畫堆積土砂量(m^3)； Y_w ：計畫堆積漂流木量(m^3)； Z_d ：計畫土石流發生（流出）抑制量(m^3)； Z_w ：計畫漂流木發生抑制量(m^3)。

3.2 計畫捕捉量

計畫捕捉量為在「計畫規模土石流」與伴隨土砂流出的漂流木中，透過土石流及漂流木對策設施所捕捉到的總量，其為計畫土砂捕捉量與計畫漂流木捕捉量的總和。

解說

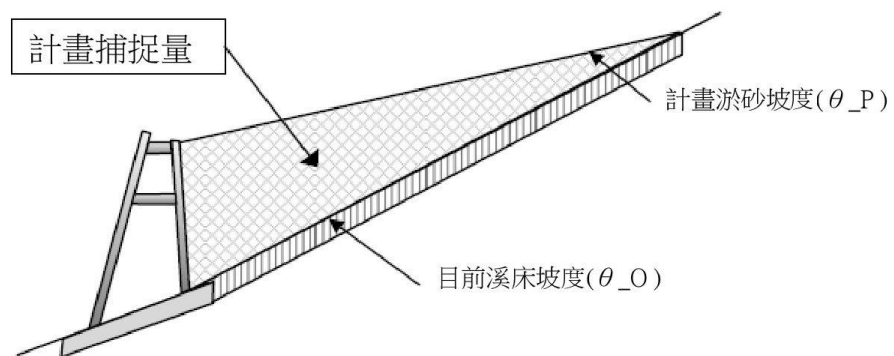
在透過性防砂壩中是指目前溪床坡度的平面與計畫淤砂坡降的平面所圍起來的空間（圖－1 3 所示的網狀空間）。在部分透過性防砂壩中則是指一般淤砂坡降的平面與計畫淤砂坡降的平面所圍起來的空間（圖－1 3 所示的網狀空間）。

計畫淤砂坡度通常會以過去的實際記錄為依據，設定為土石流及漂流木對策設施配置地點之現況溪床坡度的 1/2 到 2/3 倍左右。不過由於「計畫規模的土石流」與伴隨土砂流出的漂流木，被認為在溪床坡度大於流出間的坡降下限值（1/6 坡降）時不會產生堆積，故會將計畫淤砂坡度的上限設為 1/6 坡降($\tan \theta$)。一般之土石淤砂坡度，則是以過去實際記錄為依據，將上限值設為目前溪床坡度的 1/2。

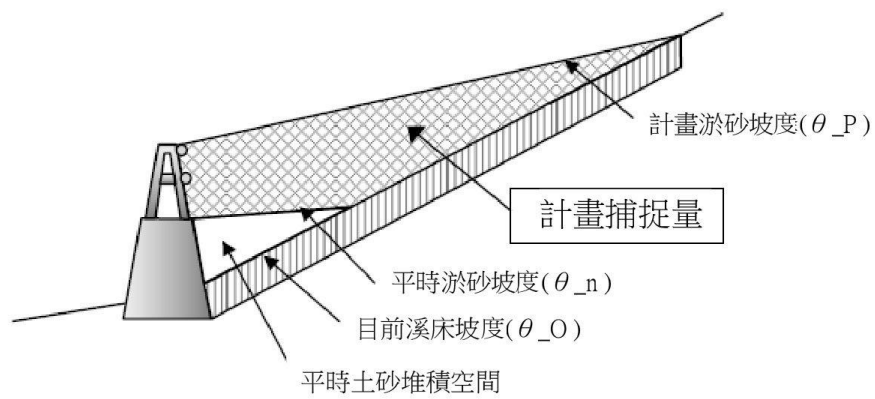
再者，如因地質條件（以風化花崗岩土壤或脆弱之白砂岩為例）不同，而發現計畫淤砂坡降與平時淤砂坡度都為平緩坡度時，則可經由過去實際記錄，依照各地域的不同來另外決定計畫捕捉量。因為土石流而暫時成為陡急坡降的堆積土砂必須根據之後的水流狀況，以經過長時間也不會再度侵蝕為前提下，如圖－1 3 所示，透過土砂清淤（包含除去漂流木）來確保其容量。而土砂清淤的方法及概念可參照本基準的第 5 節中所述。

計畫捕捉量的概念如圖－1 3 所示之。

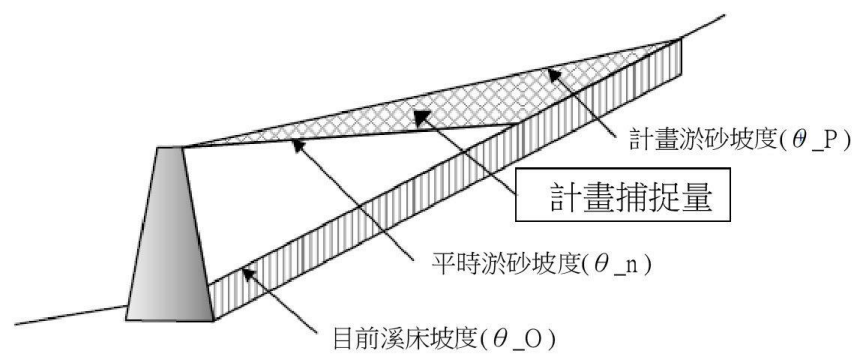
- 透過性壩



- 部分透過性壩



- 非透過性壩



圖－1 3 計畫捕捉量的概念

3.2.1 計畫土砂捕捉量

計畫土砂捕捉量為在「計畫規模土石流」與而所流出的漂流木中，透過土石流及漂流木對策設施所捕捉到的土砂量。

解說

計畫土砂捕捉量，在透過性防砂壩中是指目前溪床坡度的平面與計畫淤砂坡降的平面所圍起來的空間，而在非透過性與部分透過性防砂壩中則是指在一般淤砂坡降與計畫淤砂坡降的平面所圍起來的空間中，透過土砂清淤所確保的空間（圖－1 3所示的網狀空間）所能捕捉到的土砂量。

3.2.2 計畫漂流木捕捉量

計畫漂流木捕捉量為在「計畫規模土石流」與伴隨土砂所流出的漂流木中，透過土石流及漂流木對策設施所捕捉到的漂流木量。

解說

(1) 透過性與部分透過性防砂壩的計畫漂流木捕捉量

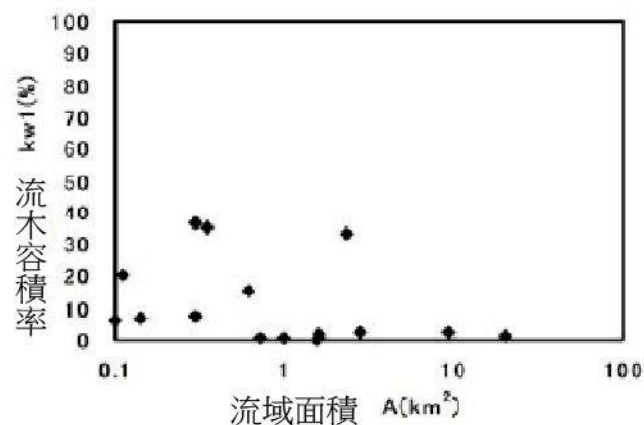
透過性與部分透過性防砂壩的計畫漂流木捕捉量，可透過方程式(30)算出。

$$X_{w1} = K_{w1} \times X \quad \dots (30)$$

式中， X ：土石流及漂流木對策設施的計畫捕捉量(m^3)； X_{w1} ：主壩的計畫漂流木捕捉量(m^3)； K_{w1} ：相對於計畫捕捉量的漂流木容積率（計畫漂流木捕捉量在計畫捕捉量中所佔的比例）。

此處將透過性與部分透過性防砂壩的 K_{w1} 設為相對於預測會流入主壩的計畫流出量的漂流木容積率(K_{w0})（關於 K_{w0} 可以參考本項(2)）。其原因為在透過性與部分透過性防砂壩的情況下，一般認為壩體不會選擇性的捕捉土石流中的土石或是漂流木，而是同時進行捕捉之故。

當部份透過性壩的開口部高度較低時，可能發生因封閉區位產生積水而無法捕捉漂流木的情形。因此，當開口部的計畫漂流木捕捉量與封閉部的計畫堆積漂流木量的總和超過計畫捕捉量時，會將部分透過性防砂壩中漂流木被捕捉以及產生堆積的上限值設為與開口部的捕捉量相同。



圖－1 4 透過性防砂壩的流木容積率

(2) 非透過性防砂壩的計畫漂流木捕捉量

非透過性防砂壩的計畫漂流木捕捉量為從方程式(31-1)與(31-2)的計算值中取較小值使用。方程式(31-1)為預測會流入主壩計畫地點的計畫捕捉量中所佔的比例來求出計畫漂流木捕捉量，而方程式(31-2)則是利用計畫漂流木捕捉量在主壩的計畫捕捉量中所佔的比例來求出計畫漂流木捕捉量。

非透過性防砂壩的計畫漂流木捕捉量

$$X_{w1} = K_{w0} \times X \times (1 - \alpha) \quad \dots (31-1)$$

$$X_{w1} = K_{w1} \times X \quad \dots (31-2)$$

式中， X ：土石流及漂流木對策設施的計畫捕捉量(m^3)； X_{w1} ：主壩的計畫漂流木捕捉量(m^3)； K_{w0} ：相對於預測會流入主壩的計畫流出量之漂流木容積率； α ：從主壩流出的漂流木逕流率（約 0.5）； K_{w1} ：相對於計畫捕捉量的漂流木容積率（當目標溪流沒有捕捉案例時可設為 $K_{w1} = 2\%$ ）。另外，當在主壩計畫地點的上游處預測會有透過防砂壩等設施抑制土砂及漂流木的發生或是捕捉到土砂及漂流木的情形時， K_{w0} 即為減去其捕捉量後所得之值。

關於漂流木從非透過性防砂壩中流出的情形，在固定條件下所做的實驗¹⁸⁾可得到下述結果作為參考。集中在土石流的前端部所流下的漂流木約為整體的一半左右，且會有從非透過性防砂壩流出的傾向。再者，漂流木的流出關係到土石流逕流型態、防砂壩周邊的溪床坡度、淤砂地的形狀等諸多因素，屬極為複雜之現象，尚須累積更多關於漂流木逕流實測的資料才能闡明此機制。

○兩者取較小之值作為計畫量 (X_{w1})

- 1 計畫捕捉量 (X) 乘以土石流的流木容積率※ (K_{w0}) 的一半
 $K_{w0} \times X \times (1 - \alpha)$ (流木流出率 $\alpha = 0.5$)
- 2 計畫捕捉量 (X) 的2%
 $K_{w1} \times X$ ($K_{w1} = 2\%$)

○計畫堆積流木量 (Y_{w1}) 也以相同方法算出

當土石流的流木容積率較低而用1的方法算出時 ($K_{w0} < 4\%$)

計畫流木捕捉量 (X_{w1}) : $0.5K_{w0} X$
 計畫堆積流木量 (Y_{w1}) : $0.5K_{w0} Y$

當土石流的流木容積率較高而用2的方法算出時 ($K_{w0} \geq 4\%$)

計畫流木捕捉量 (X_{w1}) : $0.02X$
 計畫堆積流木量 (Y_{w1}) : $0.02Y$

○當捕捉到所有流木時，為防止其流往下游處需要具備透過構造的設施

※土石流的流木容積率 (K_{w0}) : 相對於預測會流入主壩的計畫漂流木量容積率 $K_{w0} = V_w/V$

圖-15 非透過性防砂壩之計畫流木捕捉量圖示 (以1座防砂壩之計畫為例)

另外，當流入土石流及漂流木對策設施計畫地點的計畫漂流木流出量減去計畫漂流木捕捉量、計畫堆積漂流木量，與計畫漂流木發生抑制量的總和後，若其值小於0，此處會將該土石流及漂流木對策設施的計畫漂流木捕捉量設為「0」。

而流入土石流及漂流木對策設施計畫地點的計畫漂流木流出量減去計畫漂流木捕捉量、計畫堆積漂流木量，與計畫漂流木發生抑制量之總和後，若其值為0以上，該土石流及漂流木對策設施則會依序加上計畫漂流木發生抑制量、計畫堆積漂流木量、計畫漂流木捕捉量來做計算。

漂流木處理計畫原則上雖是以處理主壩所捕捉的漂流木為主，但若因地形條件等限制而有在副壩設置漂流木攔截設施時，也可透過方程式（32）算出計畫漂流木捕捉量。

副壩的計畫漂流木捕捉量（僅限在副壩設有漂流木攔截設施的情況）

$$X_{w2} = A_w \times R_{wa} \quad \dots (32) \text{ (見參考)}$$

在此處，

$$X_w = X_{w1} + X_{w2} \quad \dots (33)$$

X_{w2} ：副壩的計畫漂流木捕捉量（ m^3 ）

～～（參考）掃流區間的計畫漂流木捕捉量～～～～～～～～～～～～～～～～

在掃流區間設有漂流木捕捉工時，由於漂流木的堆積狀況具多樣性，此時會把透過漂流木攔截設施所捕捉到的漂流木量視為漂流木會全部覆蓋一層來計算。另一方面，捕捉到的漂流木投影面積可透過漂流木的平均長度(L_{wa})×漂流木的平均直徑(R_{wa})之總和計算。

欲捕捉到計畫漂流木捕捉量所需要的漂流木攔截設施，上游的淤砂地或是靜水池的面積（ A_w ）可透過下式求出。

$$A_w \geq \sum(L_{wa} \times R_{wa}) \quad \dots (34)$$

此時淤砂地或是靜水池所堆積的漂流木實際體積(V_{wc})可由下式算出。但需注意 V_{wc} 是指漂流木實際體積，即不包含空隙的漂流木體積。

$$V_{wc} \cong A_w \times R_{wa} \quad \dots (35)$$

在掃流區域中，由於將漂流木視為會與土砂分離，從逕流表面流下之故，此處將非透過性防砂壩的漂流木捕捉效果假設為 0。

～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～～

3.3 計畫堆積量

計畫堆積量為透過土石流及漂流木對策設施，在發生「計畫規模之土石流」與伴隨土砂流出的漂流木時所產生堆積的量，其為計畫堆積土砂量與計畫堆積漂流木量的總和，同時也是以土砂清淤計畫為依據，透過土砂清淤所確保的空間量。

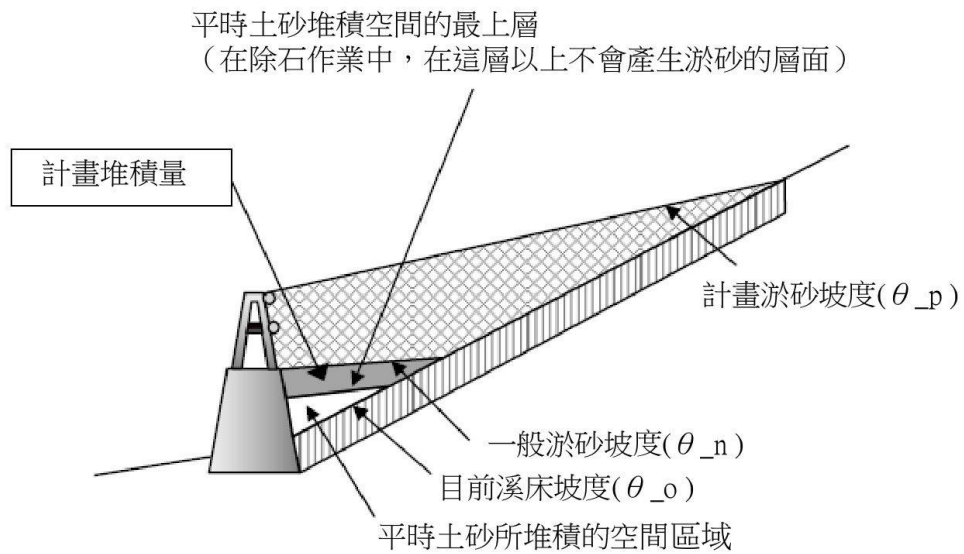
解說

計畫堆積量會因土石流及漂流木對策設施的不同而有所差異。在非透過性與部分透過性防砂壩中，將其設為目前溪床坡度平面與一般淤砂坡降面所包圍的空間中，透過土砂清淤所確保的空間（圖－16 所示之灰色空間）。而在土石流堆積工的部分可參考本基準 4.3.4。

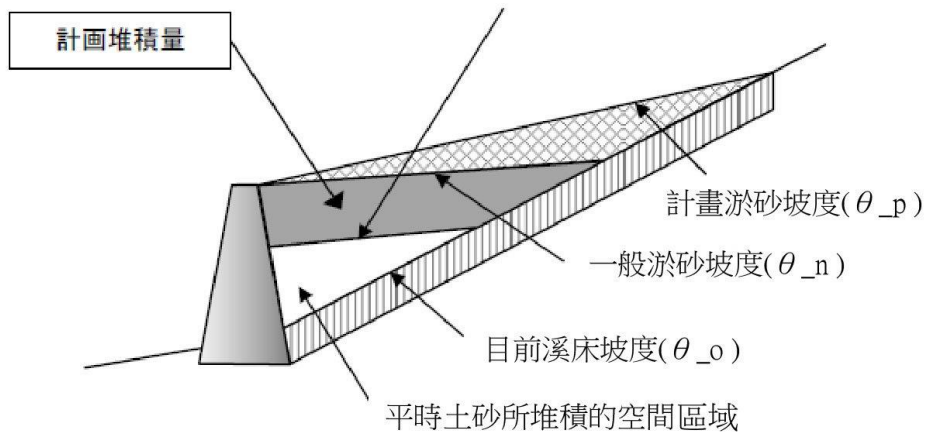
由於計畫堆積量在平常就會因為水流而逐漸產生堆積之故，必須要經過土砂清淤作業（包含除去漂流木）來確保進行土石流及漂流木處理計畫時所需要的容量。關於土砂清淤的概念請參考本基準第 5 節。

關於非透過性及部分透過性防砂壩中計畫堆積量的概念，此處整理成如圖－16 所示。

- 透過性防砂壩的情況



- 非透過性防砂壩的情況 平時土砂堆積空間的最上層
(在土砂清淤作業中，在這層以上不會產生淤砂的層面)



圖－16 計畫堆積量的概念

3.3.1 計畫堆積土砂量

計畫堆積土砂量為在「計畫規模之土石流」與伴隨土砂所流出的漂流木中，透過土石流及漂流木對策設施所產生堆積的土砂量。

解說

計畫堆積土砂量為目前溪床坡度的平面與一般淤砂坡降的平面所圍起來的空間中，在經過土砂清淤作業所確保的空間（圖－16所示之灰色空間）內所堆積的土砂量。

3.3.2 計畫堆積漂流木量

計畫堆積土砂量為在「計畫規模之土石流」與伴隨土砂所流出的漂流木中，透過土石流及漂流木對策設施所產生堆積的漂流木量。

解說

求出計畫堆積漂流木量的方法，基本上與 3.2.2 中求出計畫漂流木捕捉量的方法相同。具體來說可分為下述兩種。

(1) 部分透過性防砂壩的計畫堆積漂流木量

部分透過性砂防堰堤的計畫堆積漂流木量可透過方程式 (36) 算出。

部分透過性防砂壩的計畫堆積漂流木量

$$Y_{w1} = K_{w1} \times Y \quad \dots (36)$$

式中， Y ：土石流及漂流木對策設施的計畫堆積量(m^3)； Y_{w1} ：主壩的計畫堆積漂流木量(m^3)； K_{w1} ：相對於計畫堆積量的漂流木容積率。 K_{w1} 的值以 3.2.2 的計畫漂流木捕捉量為基準。

(2) 非透過性防砂壩的計畫堆積漂流木量

與 3.2.2 的計畫漂流木捕捉量相同，非透過性防砂壩的計畫堆積漂流木量是從方程式 (37-1) 與 (37-2) 所求出的計畫堆積漂流木量中，取較小之值使用。

非透過性防砂壩的計畫堆積漂流木量

$$Y_{w1} = K_{w0} \times Y \times (1 - \alpha) \quad \dots (37-1)$$

$$Y_{w1} = K_{w1} \times Y \quad \dots (37-2)$$

式中， Y ：土石流及漂流木對策設施的計畫堆積量(m^3)； Y_{w1} ：主壩的計畫堆積漂流木量(m^3)； α ：從主壩流出的漂流木流出率； K_{w0} ：相對於預測會流入主壩的計畫流出量之漂流木容積率； K_{w1} ：相對於計畫堆積量的漂流木容積率。 α 與 K_{w1} 的數值均以 3.2.2 的計畫漂流木捕捉量為基準。

另外，當流入土石流及漂流木對策設施計畫地點的計畫漂流木流出量減去計畫漂流木捕捉量、計畫堆積漂流木量，與計畫漂流木發生抑制量的總和後，若其值小於 0，此處會將該土石流及漂流木對策設施的計畫堆積漂流木量設為「0」。

而流入土石流及漂流木對策設施計畫地點中計畫漂流木流出量減去計畫漂流木捕捉量、計畫堆積漂流木量，與計畫漂流木發生抑制量的總和後，若其值大於 0，該土石流及漂流木對策設施則會依序加上計畫漂流木發生抑制量、計畫堆積漂流木量、計畫漂流木捕捉量來做計算。

3.4 計畫發生（流出）抑制量

計畫發生（流出）抑制量為透過土石流及漂流木對策設施，使計畫規模之土石流與伴隨土砂所流出的漂流木之流出量減少。計畫發生（逕流）抑制量為計畫土石流發生（流出）抑制量與計畫漂流木發生抑制量的總和。

解說

計畫發生（流出）抑制量的計算目標為存在於評估計畫流出量（計畫土砂流出量及計畫漂流木流出量）區間內的可移動溪床堆積土砂量、可能崩塌土砂量、漂流木流出量。

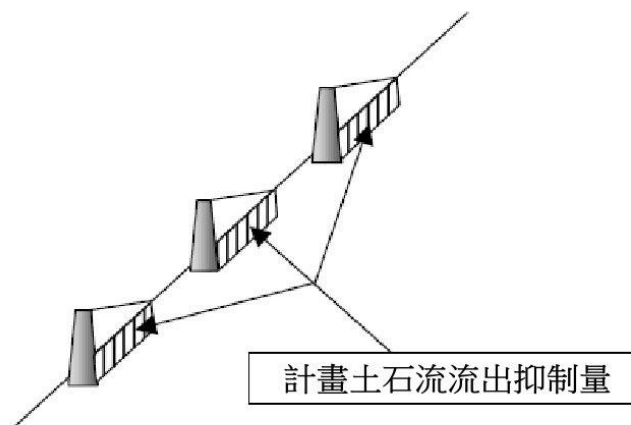
3.4.1 計畫土石流流出抑制量

計畫土石流流出抑制量，為透過土石流及漂流木對策設施，可使「計畫規模土石流」中減少的土砂流出量。

解說

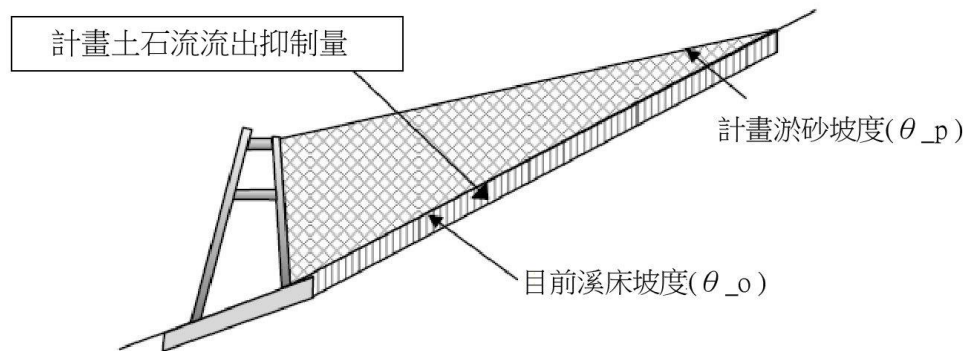
計畫土石流流出抑制量，為從計畫淤砂坡降的坡面與目前溪床相交之地點到壩體間的區間（圖－17所示之斜線部）內，溪床堆積土砂有移動可能時，所累加之數值。

- 土石流抑制工的情況

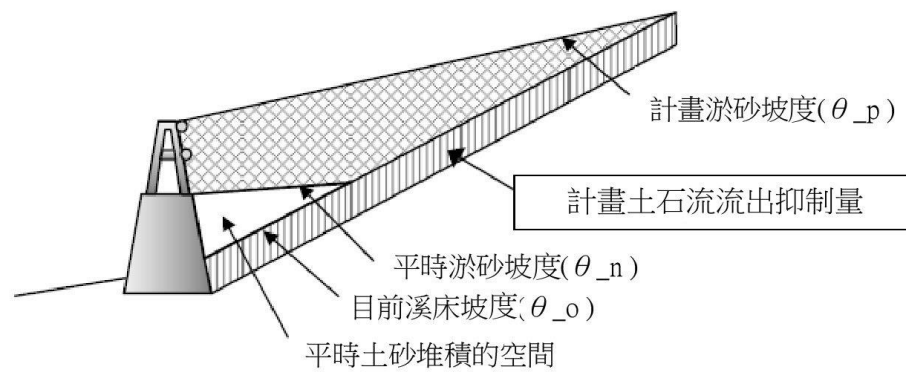


圖－17（1）計畫土石流流出抑制量的概念

- 土石流及流木捕捉工的情況
透過性防砂壩的情形



部分透過性防砂壩的情形



非透過性防砂壩的情形

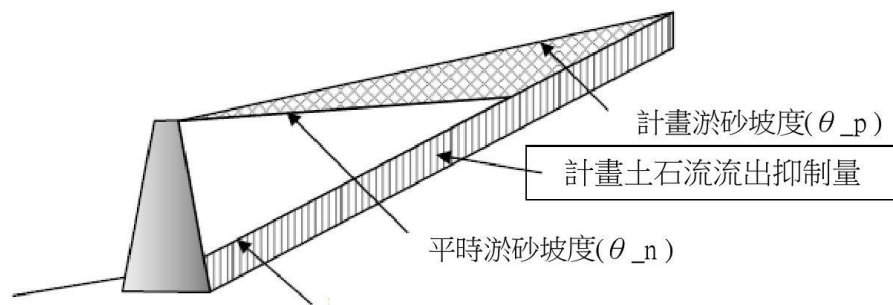


圖-17(2) 計畫土石流流出抑制量的概念

3.4.2 計畫漂流木發生抑制量

計畫漂流木發生抑制量，為透過土石流及漂流木對策設施，可使「計畫規模之土石流」中減少的漂流木流出量。

解說

計畫漂流木發生抑制量的計算對象為存在於評估計畫漂流木流出量區間內的漂流木流出量。其可透過累加位於一般淤砂坡降的平面與目前溪床相交之地點到壩為止間的區間內所存在的倒木、漂流木等數量來算出。

當流入土石流及漂流木對策設施計畫地點的計畫漂流木流出量減去計畫漂流木捕捉量、計畫堆積漂流木量，與計畫漂流木發生抑制量的總和後，若其值小於 0，此處會將該土石流及漂流木對策設施的計畫漂流木發生抑制量設為「0」。

而流入土石流及漂流木對策設施計畫地點的計畫漂流木流出量減去計畫漂流木捕捉量、計畫堆積漂流木量，與計畫漂流木發生抑制量的總和後，若其值為 0 以上，則該土石流及漂流木對策設施會在加上計畫漂流木發生抑制量後，再依計畫堆積漂流木量、計畫漂流木捕捉量的順序累加來做計算。

第 4 節 土石流及漂流木對策設施配置計畫

4.1 概論

適當地配置土石流及漂流木對策設施，以滿足土石流及漂流木處理計畫中所設定的計畫捕捉量、計畫堆積量、計畫發生（逕流）抑制量。

解說

配置土石流及漂流木對策設施以處理計畫中的土砂及漂流木量。需在充分考慮到會對自然環境與景觀造成的影響下進行配置。

另外此處將河川砂防技術基準 計畫篇 設施配置等計畫篇中的用語與本基準所用的用語製成如表－5 所示之對照表。

表－5 本基準中所用的土石流及漂流木對策設施種類與河川砂防技術基準計畫篇設施配置等計畫篇中的用語對照表

本基準		河川砂防技術基準 計畫篇 設施配置等計畫篇
土石流及漂流木 發生抑制工	土石流及漂流木發 生抑制坡面保護工	坡面保護工、漂流木發生抑制設施
	溪床堆積土砂移動 防止工	防砂壩、床固工、帶工、護岸工、溪 流保護工、漂流木發生抑制設施
土石流及漂流木捕捉工		防砂壩、漂流木捕捉設施
土石流導流工		導流工
土石流堆積工		沉砂地工
土石流緩衝樹林帶		砂防樹林帶
土石流流向抑制工程		導流堤

4.2 配置土石流及漂流木對策設施的基本方針

土石流及漂流木對策設施的配置須將計畫中的土砂及漂流木量、土砂移動型態，與位置關係等，都考慮進去後，合理且有效率的處理土石流及與土砂同時流出的漂流木。在土石流及漂流木對策設施中，以配置土石流及漂流木捕捉工為主。

解說

一般來說，會透過組合土石流及漂流木捕捉工、土石流堆積工、土石流導流工、土石流及漂流木發生抑制工，來決定設施的位置及防砂壩高度等形狀。再者，雖說在土石流及漂流木對策設施中以配置土石流及漂流木捕捉工為主，但在流域內已荒廢的情況也會適當地配置土石流及漂流木發生抑制工。

這在一般情況（非火山）及火山山麓的情況下均相同，但在火山山麓，特別是活動中火山的情況下會有有所差異，對源頭部採取對策也變得相對困難。再者，在火山山麓的情況，有時也必須將相對下規模較大的崩塌或是發生大規模泥流的情況考慮進去後再思考其對策計畫。

另外在火山山麓的火山為活動中的情況下，尚須考慮到土地利用狀況，檢討併用土石流緩衝樹林帶、土石流流向抑制工程、土石流導流工等工程的可能性。

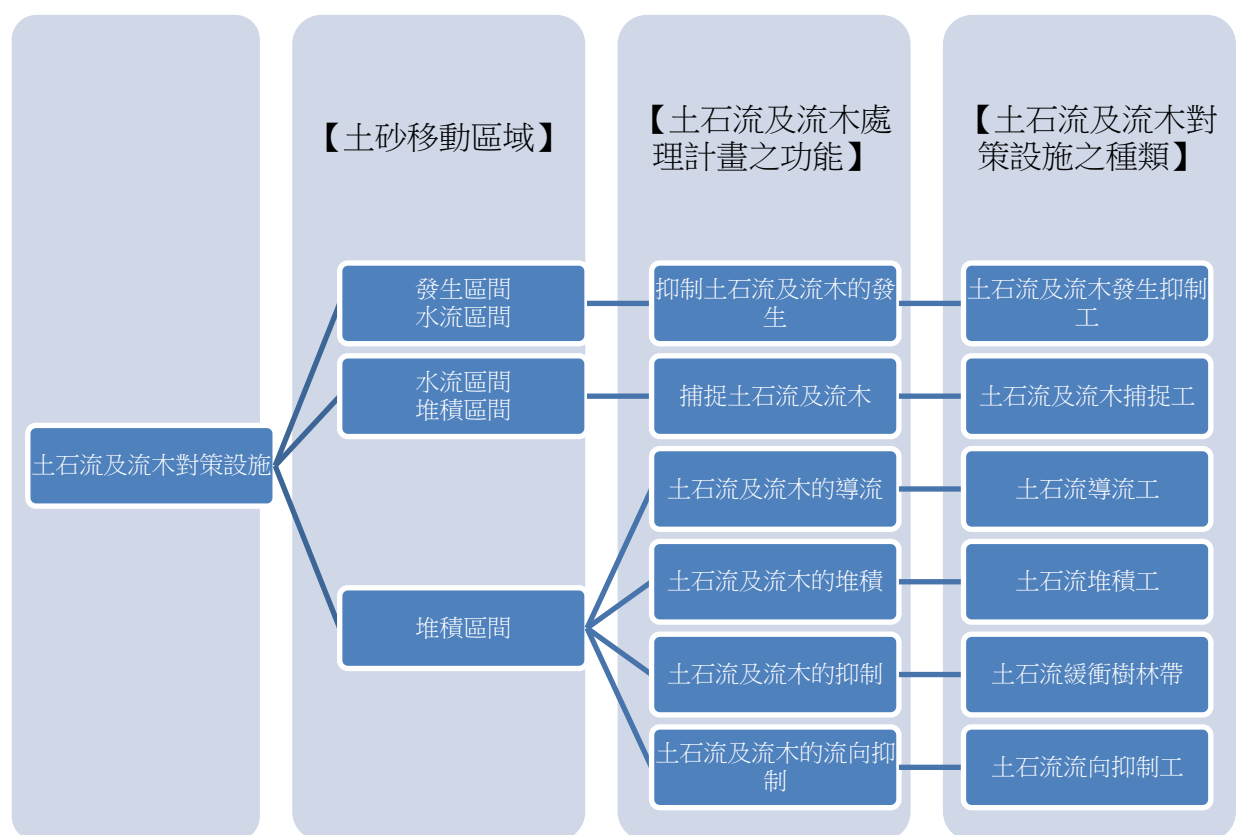
4.3 土石流及漂流木對策設施的功能及配置

土石流及漂流木對策設施有以下數種類型：① 土石流及漂流木捕捉工 ② 土石流及漂流木發生抑制工 ③ 土石流導流工 ④ 土石流堆積工 ⑤ 土石流緩衝樹林帶 ⑥ 土石流流向抑制工。

解說

基本的土石流及漂流木對策設施為土石流及漂流木捕捉工。

此外也有像是土石流導流工、土石流堆積工、土石流緩衝樹林帶、土石流流向抑制工程、土石流發生抑制工等對策設施。



圖－18 土石流及漂流木對策設施的種類

4.3.1 土石流及漂流木捕捉工

土石流及漂流木捕捉工是以捕捉土石流及伴隨土砂一同流出的漂流木為目的的土石流及漂流木對策設施。舉例來說，像防砂壩等設施，都可作為土石流及漂流木捕捉工所使用。

解說

在計畫與配置土石流及漂流木捕捉工時，需先設定好土砂及漂流木逕流現象中的可能情況，包括土石流的土石粒徑、土石流濃度、漂流木大小（長度及粗細），以及漂流木的多寡等數值後，再決定其形式及形狀。另外，當一般淤砂坡度與目前溪床坡度的變化較為劇烈，或是淤砂的延伸長度較長時，需多加注意土石流的水流形態在淤砂地中的變化。

雖然土石流及漂流木捕捉工的應用是以防砂壩為主，但像是分離式壩（透過性壩）等也都可作為土石流及漂流木捕捉工使用，因此本基準也可適用於防砂壩以外的土石流及漂流木捕捉工。

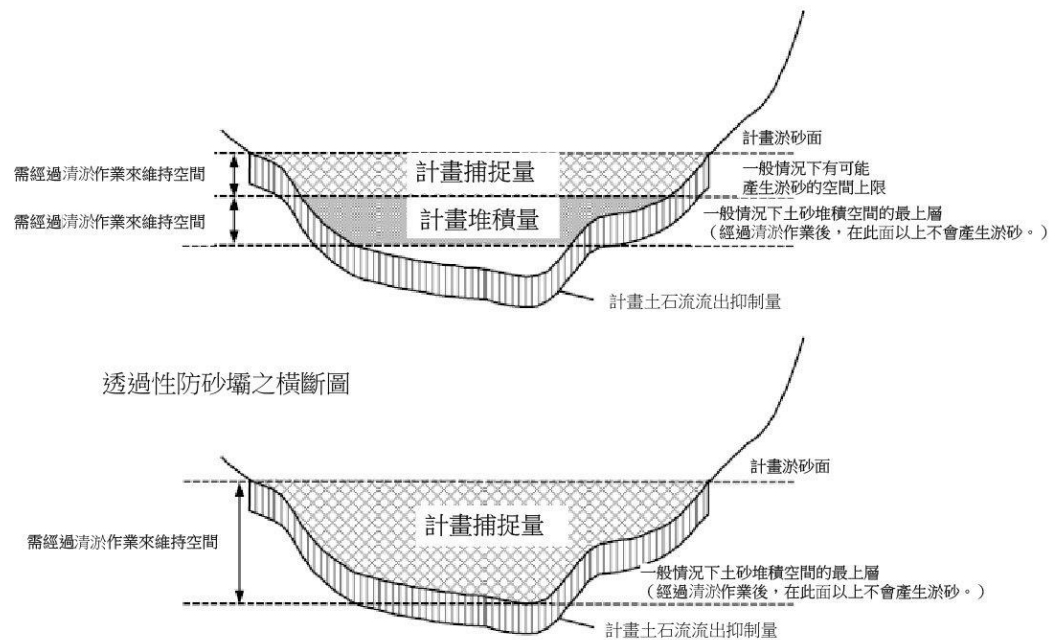
4.3.1.1 防砂壩的型式與計畫中所處理的土砂及漂流木量等

防砂壩的型式可分為透過性、部分透過性，以及非透過性。以防砂壩為主所建立的計畫中，可將其處理的土砂及漂流木量因應不同型式設計其計畫捕捉量、計畫堆積量，以及計畫發生（流出）抑制量。

解說

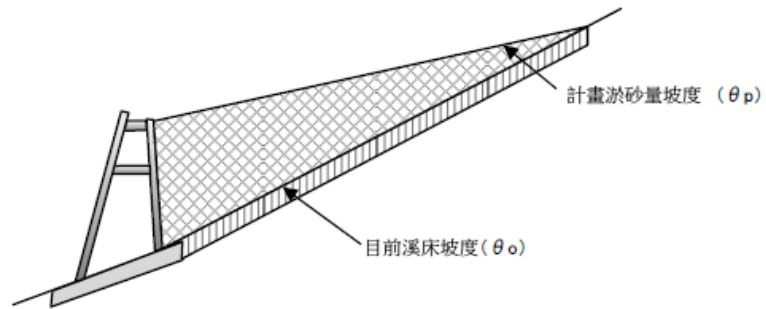
此處將計畫中防砂壩所處理的土砂及漂流木量列為圖－19（1）（2），並設為計畫捕捉量、計畫堆積量、計畫發生（逕流）抑制量。

進行計畫堆積量之計畫時，非透過性防砂壩及部分透過性防砂壩之橫斷圖



圖－19（1）各種防砂堰堤的型式所處理的土砂及漂流木量等

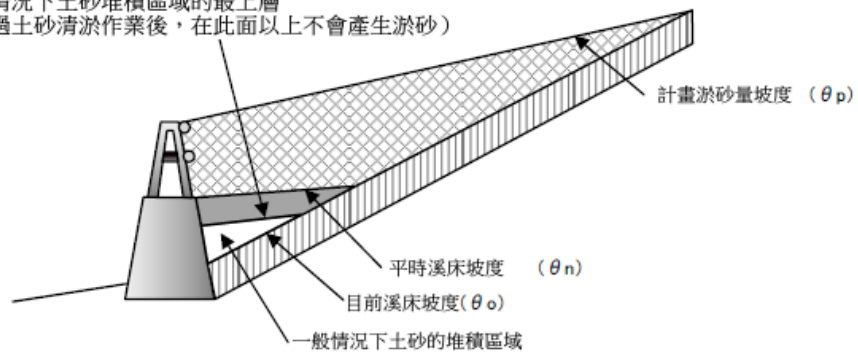
• 透過性防砂壩



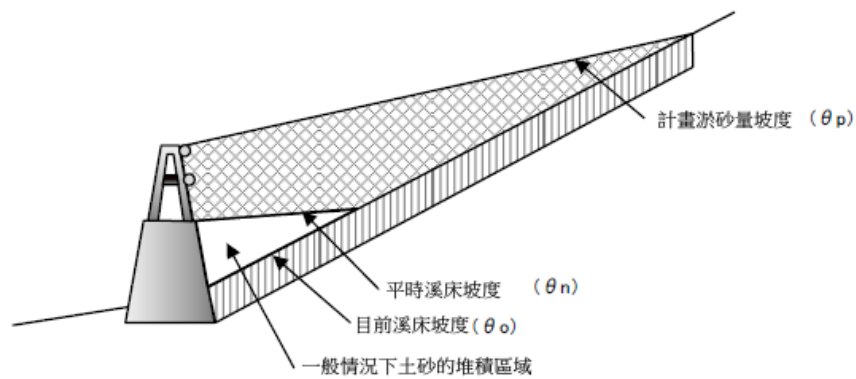
• 部分透過性防砂壩

(確保計畫堆積量時 (平時有空間可讓土砂產生堆積時))

一般情況下土砂堆積區域的最上層
(經過土砂清淤作業後，在此面以上不會產生淤砂)



(無確保計畫堆積量時)

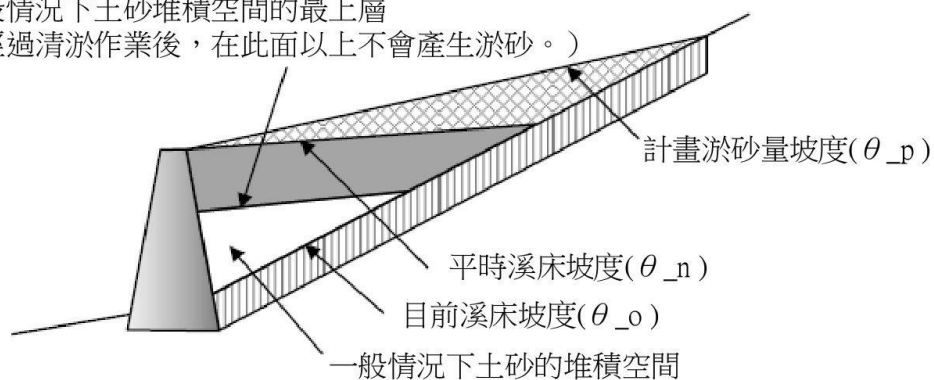


• 非透過性防砂壩

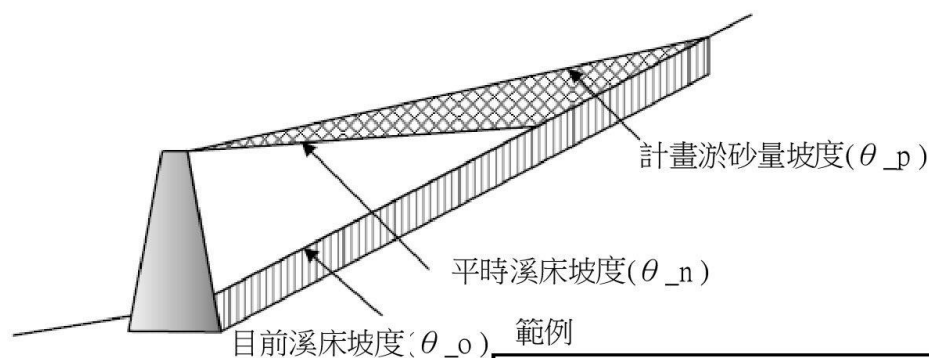
(確保計畫堆積量時(平時會有空間可讓土砂產生堆積時))

一般情況下土砂堆積空間的最上層

(經過清淤作業後,在此面以上不會產生淤砂。)



(無確保計畫堆積量時)



範例

	: 計畫捕捉量(土砂量+流木量) (必須透過清淤作業來確保計畫捕捉量的空間)
	: 計畫土石流抑制量(土砂量)
	: 計畫堆積量(土砂量+流木量) (必須透過清淤作業來確保計畫捕捉量的空間)
	: 平常土砂堆積的區域

圖-19(2) 各類防砂堰堤的計畫中所處理的土砂及漂流木量等

4.3.1.2 選定防砂壩的型式（透過性、部分透過性、非透過性）

在配置防砂壩時，需透過現場調查，充分瞭解對象流域的特性及所預測會產生的土石流與漂流木逕流現象，再將經濟性與地域環境等因素列入考量後再決定壩體的型式。另外，為了可以捕捉到隨土砂流出的漂流木，一般而言會選擇具透過性構造的設施。

解說

配置在發生區間的防砂壩主要訴求的功能為抑制土石流與漂流木的發生。

而配置在水流區間以及堆積區間的防砂壩之功能如下，

- 捕捉土石流
- 捕捉伴隨土砂流出的漂流木
- 維持相當於計畫捕捉量及計畫堆積量的空間
- 保護平時的溪流環境（溪床的連續性）

為了捕捉到所有伴隨土砂一同流出的漂流木，需要選擇具透過性構造的設施（透過性防砂壩、部分透過性防砂壩、漂流木捕捉工等）才能達到此目的。因此除計畫容許流出漂流木量不是 0 的情況，以及另有計畫漂流木對策外，原則上以捕捉漂流木為目的的防砂壩都會以設置透過性或是部分透過性砂防壩為主。再者，當需要在土石流發生區內設置漂流木捕捉工時，也可在副壩等位置設置漂流木捕捉工。

此外，無論是任何型式都需要檢討土砂清淤計畫以確保計畫捕捉量。當在設定非透過性以及部分透過性防砂壩的計畫堆積量時，必須要檢討土砂清淤（包含去除漂流木）計畫以確保計畫捕捉量。而關於土砂清淤（包含去除漂流木）計畫可參考第 5 節的內容。

4.3.1.3 透過性及部分透過性防砂壩的種類與配置

作為土石流及漂流木捕捉工，為使透過性及部分透過性防砂壩捕捉到計畫規模土石流，需詳細計畫讓土石流所含之巨石可確實堵塞於開口部之斷面才行。而在配置透過性及部分透過性防砂壩時也須將土砂移動的型態列入考量。

解說

（1）配置透過性及部分透過性防砂壩的相關基本概念

透過性及部分透過性防砂壩可透過讓土石流內所包含的巨石等堵塞開口部斷面來捕捉土石流。再者，由於當開口部斷面確實被堵住後，可讓所捕捉到的土砂不會有往下游流出之危險，透過性及部分透過性防砂壩一般都會配置在土石流區間內。

此外，若透過性及部分透過性防砂壩的目的為堵住流水使其產生逆流，並讓流動土砂暫時堆積時，由於在洪水後期所堆積的土砂還會有往下游流出之危險，故不會將其配置在土石流發生區內。

（2）以土石流捕捉為目的的防砂壩在設計與配置上需注意事項

必須符合下述條件才能讓透過性及部分透過性防砂壩捕捉土石流。

① 除了要使「計畫規模土石流」與伴隨土砂一同流出的漂流木確實堵住透過部斷面外，其構造也不可在土石流流出中遭到破壞

當透過性或是部分透過性防砂壩配置在堆積區時，需詳細考慮土石流的水流形態等要素後再建立設施配置計畫，使其可讓石礫及漂流木堵塞住整體開口部斷面。另外當連續配置數座透過性防砂壩時，需注意土砂移動型態會因上游側的透過性防砂壩而產生變化。

② 當發生中小規模的降雨量時，不可讓其流量所運移的推移質堵塞住開口部斷面

透過性防砂壩在發生中小型的逕流時，並不會產生淤砂，可望其持續維持計畫捕捉量。但在捕捉完土石流後，透過性及部分透過性防砂壩會與非透過性防砂壩相同，皆要透過土砂清淤作業來進行維持管理。

此處可將構成開口部斷面的鋼管及混凝土區分為維持構造物穩定性的部材（構造部材）與以捕捉土石流為目的所配置的部材（功能部材）。在功能部材方面，

只要可以捕捉到土石流與伴隨土砂一同流出的漂流木，此處也可使用具塑性及變形性的材料。

再者，當需要抑制土石流及漂流木發生，必須增強漂流木捕捉功能時，如果其溪流環境條件為流出粒徑較小或是坡降較緩，預測其土砂濃度會較低時，可採取在河谷地出口附近發生逕流（土石流以外的逕流）時，將泥水導往下游排水溝的方式，並檢討採用部分透過性砂防壩的可能性。

4.3.2 土石流及漂流木發生抑制工

土石流及漂流木發生抑制工，是為抑制土石流與伴隨土砂一同流出的漂流木所建造的土石流及漂流木對策設施。

解說

其可分為在邊坡區位以及在溪床、溪岸區位之土石流及漂流木發生抑制工。

4.3.2.1 抑制土石流及漂流木發生之坡面保護工

利用抑制土石流及漂流木發生之坡面保護工，可透過植生或是其他土木構造物來維持邊坡面的穩定性。

解說

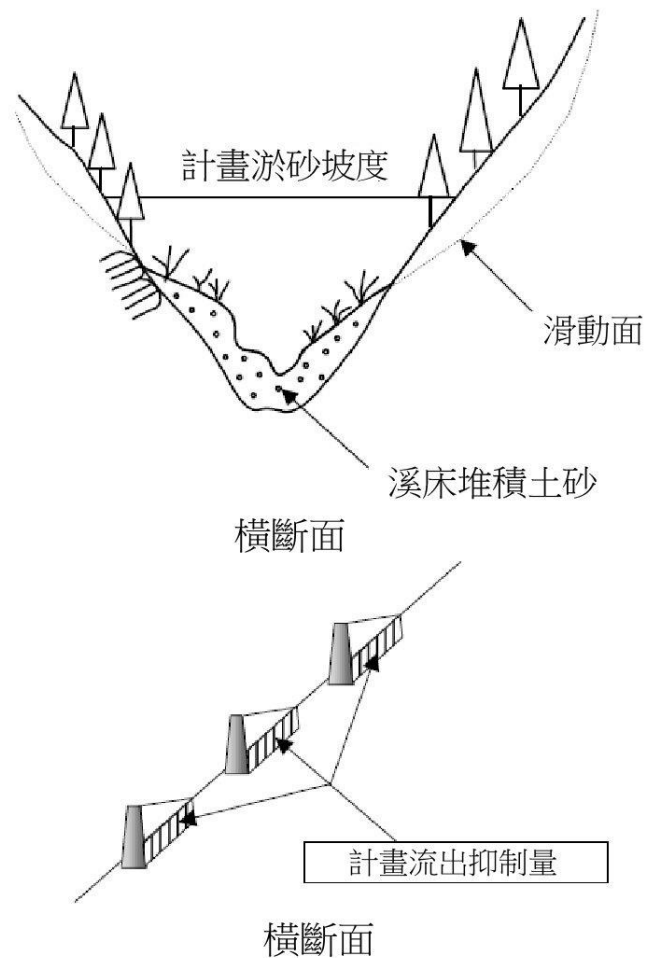
為防止有可能發生土石流與伴隨土砂一同流出的漂流木的邊坡發生崩塌而施作之坡面保護工。

4.3.2.2 溪床堆積土砂抑止工

溪床堆積土砂抑止工，其目的為透過固床工來防止溪岸崩塌以及溪床堆積土砂的移動。

解說

固床工或護岸工等工程均可視為防止溪床堆積土砂移動與溪岸崩塌的土石流及漂流木對策設施。另為了防止溪岸與邊坡崩塌，原則上不會在溪床堆積土砂抑止工中進行土砂清淤作業。



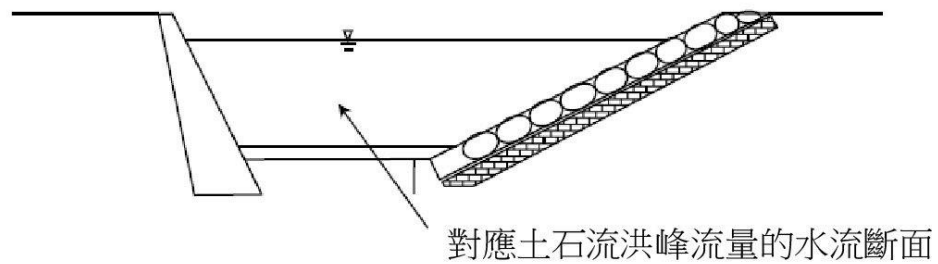
圖－20 溪床堆積土砂抑止工的計畫中所處理之土砂及漂流木量示意圖

4.3.3 土石流導流工

土石流導流工，為使土石流導流至安全的位置，一般設定為與土石流洪峰流量相對應的斷面。

解說

計畫土石流導流工時，需充分檢討逕流土砂的粒徑，不可使其在土石流導流工內產生堆積，進而發生越流及氾濫等災害。



圖－2 1 土石流導流工

4.3.4 土石流堆積工

土石流堆積工，為用來減低土石流並使其產生堆積的土石流及漂流木對策設施，可分為土石流分散堆積地及土石流堆積流路。

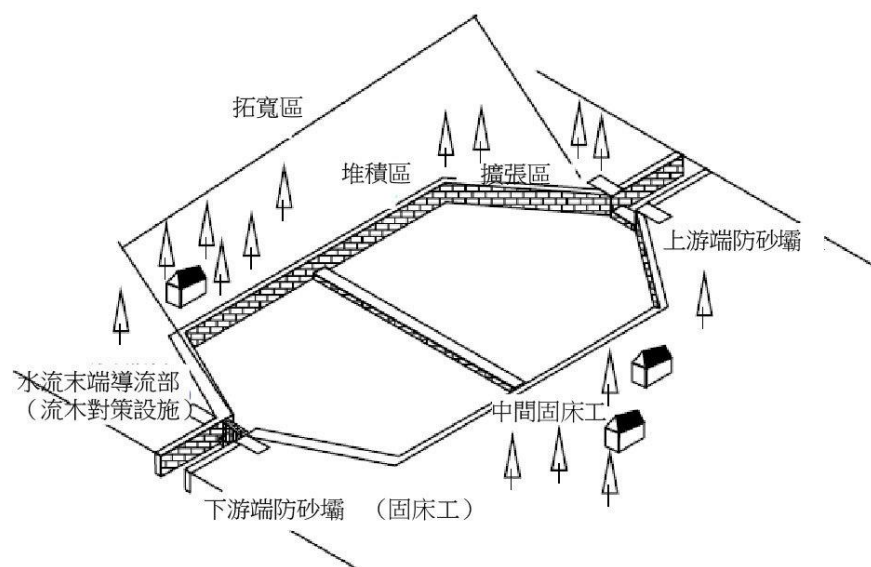
解說

土石流堆積工為使土石流可以安全產生堆積之工程，其可分為「土石流分散堆積地」及「土石流堆積流路」。

（1） 土石流分散堆積地

土石流分散堆積地係指在流路拓寬的土地區域中，於拓寬區的上游端及下游端配置防砂壩或是固床工。

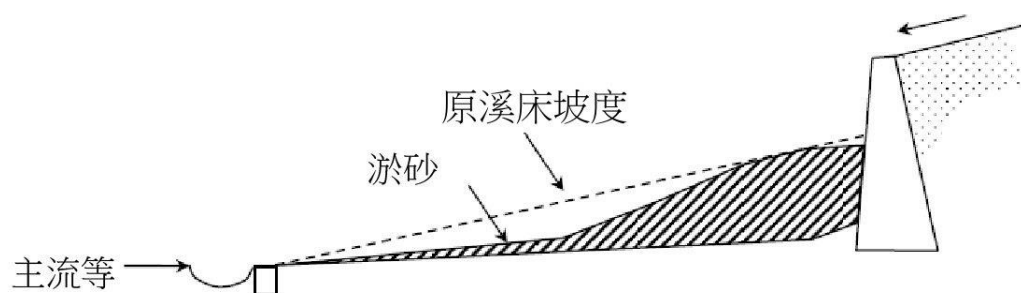
土石流分散堆積地，為透過流路拓寬及挖掘來緩和溪床坡度，以確保可讓土石流及漂流木處理計畫中所需要的計畫堆積量及堆積空間。



圖－2 2 土石流分散堆積地

（2） 土石流堆積流路

當土石流堆積流路之土地利用狀況為較高度開發之住宅地或是位於谷底平原等地理條件時，較難像土石流分散堆積地一樣進行流路拓寬，此時可透過挖掘流路來緩和溪床坡度，確保土石流及漂流木處理之計畫堆積量，產生足夠的所需空間。



圖－2 3 土石流堆積流路

4.3.5 土石流緩衝樹林帶

土石流緩衝樹林帶為用來減低土石流流速，使其產生土石堆積的土石流及漂流木對策設施。

解說

土石流緩衝樹林帶係指固床工、土石流導流堤等土石流及漂流木對策設施，與樹林、小規模逕流出口之一般排水溝與輔助設施相互組合後，所配置之設施，一般會配置在土石流堆積區間的末端部附近。

土石流緩衝樹林帶原則是作為扇狀地上土石流與保全對象間之緩衝區域，在設置上會和土石流流向抑制工程等相互配合。

4.3.6 土石流流向抑制工

土石流流向抑制工程，係用來控制土石流流向之土石流及漂流木對策設施。

解說

假設在計畫基準點的下游處有一安全場域，讓土砂往下游方向流出也不會發生災害等問題的話，即可透過土石流導流堤來控制土石流流向。

第 5 節 土砂清淤（包含清除漂流木）計畫

為了要充分發揮土石流及漂流木對策設施的功能，除了定期檢查之外，也要在土石流發生後檢查淤砂的狀況，如有必要時就需進行土砂清淤（包含除去漂流木）作業。

另外，在土石流及漂流木處理計畫上，當需要進行土砂清淤（包含除去漂流木）作業時，必須要先對土石清運路線以及搬運方法進行討論。

解說

在土石流及漂流木處理計畫中進行土砂清淤作業時，需要在土石流及漂流木處理計畫中先行討論土石清運路線、土石及漂流木的搬出方法、清淤土砂的放置處，以及土砂清淤（包含清除漂流木）的實施頻率等土砂清淤計畫的內容。此外，在溪床堆積土砂移動防止工中，原則上不會進行土砂清淤（包含清除漂流木）作業。

再者，土砂清淤作業可分為兩種。其一為土石流發生後緊急實施的「緊急土砂清淤（包含清除漂流木）作業」；其二為以定期檢查為主，定期清除堆積土砂與漂流木的「定期土砂清淤（包含清除漂流木）作業」。以下將會針對兩者的基本概念作說明。

（1） 緊急土砂清淤（包含清除漂流木）作業

從確保防砂壩的計畫捕捉量及計畫堆積量的觀點來看，當發生土石流等洪水時，緊急進行土砂清淤作業去除掉所捕捉的土砂及漂流木極為重要。

因此，當土石流發生後會針對土石流及漂流木對策設施的捕捉狀況進行臨時檢查，並因應需求決定是否在下次發生洪水前實施緊急土砂清淤（包含除去漂流木）作業。

（2） 以定期檢查為主的土砂清淤作業（包含清除漂流木）

以定期檢查為主的土砂清淤作業，主要為清除堆積土砂及漂流木，以確保維持計畫土石淤積量。

定期針對土石流及漂流木對策設施進行檢查與評估，如在土石流及漂流木處理計畫中，有需要確保其計畫捕捉量及計畫堆積量時，便需實施土砂清淤（包含清除漂流木）作業。

再者，在實施土砂清淤作業時，若堵塞住開口部斷面的石礫鬆開後會有突然流向下游處的危險，因此土砂清淤作業不會從下游處開始，原則上均從上游處開始實施。

参考文献

- 1) 建設省河川局砂防部砂防課(1999): 土石流危険渓流および土石流危険区域調査要領(案)」、p.17
- 2) 桜井亘(2002): 小規模な渓流で発生する土石流の流出土砂量に関する研究、土木技術資料、44-4、p.6-7
- 3) 工藤司、内田太郎、松本直樹、桜井亘(2015): レーザープロファイラデータを用いた土石流侵食幅・侵食深の解析、土木技術資料、57-11、p.22-25
- 4) 小山内信智、内田太郎、曾我部匡敏、寺田秀樹、近藤浩一(2005): 簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究、国土技術政策総合研究所資料、第 261 号、46pp.
- 5) 建設省河川局砂防部砂防課(1989): 土石流対策技術基準(案)
- 6) 松岡暁、山越隆雄、田村圭司、長井義樹、丸山準、小竹利明、小川紀一郎、田方智(2009): LiDAR データの差分処理による流域土砂動態把握の試み、砂防学会誌、Vol.62、No.1、p.60-65
- 7) 石川芳治、水山高久、福澤誠(1989): 土石流に伴う漂流木の発生及び流下機構、砂防学会誌、Vol.42、No.3、p.4-9
- 8) 神野忠広・吉田俊康・石田哲也・宮原靖・藤本拓史・守岩勉(2010): 漂流木量算出のための林相区分および材積量算出への航空レーザ計測データの活用方法、平成 22 年砂防学会研究発表会概要集、p.131-132
- 9) 嶺一三(1958): 測樹、朝倉書店、146pp.
- 10) 水山高久(1990): 土石流ピーク流量の経験的な予測、文部省科学研究費重点領域研究、「自然と災害の予測と防災力」研究成果、土石流の発生及び規模の予測に関する研究、文部省科学研究費重点領域研究「自然災害の予測と防災力」研究成果、p.54
- 11) 高橋保(1978): 土石流の発生と流動の機構、土と基礎、Vol.26、No.6、p.46
- 12) 芦田和男、高橋保、沢田豊明(1976): 山地流域における出水と土砂流出、京大防災研年報 19-B、p.345

- 1 3) 水山高久,瀬尾克美(1984): 山地小流域の洪水到達時間及び短時間降雨強度と継続時間の関係、砂防学会誌、Vol.37、No.3、p.20 及びその修正砂防学会誌、Vol.39、No.1、p.16
- 1 4) 水山高久,上原信司(1984): 土石流の水深と流速の観測結果の検討、砂防学会誌、Vol.37、No.4、p.23
- 1 5) 水山高久、上原信司(1981): 湾曲水路における土石流の挙動、土木技術資料、Vol.23、No.5、p.243-248
- 1 6) 武澤永純、内田太郎、鈴木隆司、田村圭司(2009): 鹿児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、Vol.62、No.2、p21-28
- 1 7) 大坂剛、高橋英一、國友優、山越隆雄、能和幸範、木佐洋志、石塚忠範、宇都宮玲、横山康二、水山高久(2013): 桜島における土石流荷重計による単位体積重量測定、砂防学会誌、Vol.65、No.6、p.46-50
- 1 8) 藤村直樹、黒岩智恵、泉山寛明、赤澤史顕、水野秀明(2016): 不透過型砂防壩による漂流木の捕捉と流出に関する実験報告書、土木研究所資料 第 4331 号

國土技術政策綜合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 904 April 2016

編輯・發行 國土技術政策綜合研究所

欲轉載、複製本資料請洽詢以下單位

〒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。