

ISSN 1346 - 7328
國總研資料第 580 號
2010年2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. 580

February 2010

保護溪流空間多樣性之溪流保護工整備指引 — 2010年版 —

危機管理技術研究中心砂防研究室

**Guideline on channel works to conserve diversity of stream environments
— version 2010 —**

Erosion and Sediment Control Division Research Center for Disaster Risk Management

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

保護溪流空間多樣性之溪流保護工整備指引

- 2010 年版 -

危機管理技術研究中心砂防研究室

Guideline on channel works to conserve diversity of stream environments

- version 2010 -

Erosion and Sediment Control Division Research Center for Disaster Risk Management

概要

本資料係說明有關確保地區安全、配合溪流生態系之溪流保護工相關調查、規劃、設計、施工注意事項與維護管理的基本構想與基礎技術。

關鍵字： 溪流空間，溪畔林，機能與功能，維護管理

Synopsis

This technical note describes the basic guidelines and techniques for investigation, planning, design, consideration points for construction, and maintenance of channel works to ensure safety of the area and conserve the stream environments.

Keywords : Channel environments, riparian forests, function and effect, maintenance

保護溪流空間多樣性之 溪流保護工整備指引

2010 年 2 月

本指引之章節構成及各章重要內容說明如下。

1. 概說

說明本指引之宗旨、適用範圍、構成、運用、用語。特別是溪流保護工應認識包含溪畔林在內的溪流空間而進行規劃，溪流空間之定義因此非常重要。此外，此處之溪畔林指位於土石流流出區間下游側的溪畔林。

2. 溪流保護工功能之構想

溪流保護工功能含防砂功能（土砂災害防止功能）、防災功能、環境保護相關功能。本指引彙整了各種功能之內容，以及這些功能的相互關係。

3. 溪流保護工之概要

說明溪流保護工之基本內容，含①確保地區之治水安全，②保護溪流生態系，③整備溪流保護工等的構想。溪流保護工係針對溪流空間實施空間整備，因此，空間整備之概念非常重要。

4. 溪流保護工整備所需之調查

本指引彙整了溪流保護工整備所需之調查。調查內容除依據河川砂防技術基準實施調查外，也參考溪畔林調查或景觀設計調查等，以及溪流保護工整備之重要調查內容及方法。

5. 溪流保護工之規劃

溪流保護工係重視該地域相關環境、確保地區治水安全且保護溪流生態系之溪流空間整備。因此，設定溪流保護工對象範圍的基本構想，及以尊重自然河道平面、縱斷面與橫斷面規劃及空間整備為前提之設施配置計畫構想很重要。溪畔林具各種機能，能發揮自然環境保護功能等正面功能，但也可能成為漂流木產生源，因此，規劃漂流木攔阻工等設施的概念也很重要。

6. 溪流保護工之設計

溪流保護工應發揮溪流保護工所需機能，請參考重視溪流多樣性與連續性之溪流保護工設計方法。

7. 工程實施注意事項

實施溪流保護工為避免過度影響現況溪流生態系，應建立從規劃到施工一貫之認識與概念。

8. 溪流保護工之維護管理

溪流保護工應對應隨時間經過的溪流各種條件變化，實施維護管理，且應實施構造物及溪畔林維護管理。

前言

本指引搭配使用可抑制洪水紊流及抑制溪床高程過度變動之橫向構造物及防止側向侵蝕護岸工，說明可安定區間之溪流保護工的調查、規劃、設計與維護管理方法。

山區溪流溪岸位處陸域與水域接點，常處於不安定但多樣化環境條件下。在此生長的植物雖承受洪水所引致水位變化與生長基地消失、再生等伴隨水量變動所產生之物理性、化學性影響，仍能持續生長而形成不論時間或空間都極具變化的多樣性植物群落。這些不同植物群落係能讓各種生物在此共存、生長等維持生物多樣性的場。同時，溪岸植物防止侵蝕、淨化水質的機能有助於維持溪流環境的物理與化學性質安定。這顯示保護溪畔區域植生有助於溪流砂防事業發揮功效。然而，溪畔林同時有漂流木化、助長災害之案例。因此，實施溪流保護工須掌握植生所具備正面功能與不確定要素。

此外，實施溪流保護工事業應整合景觀綠地三法及外來生物法設定之框架。

而且，溪流保護工整備對象為溪流保護工適用區間。因此，上游土石流流出區間應依砂防基本計畫策定指南(土石流與漂流木對策編)，對應之。

— 目 錄 —

1. 概說.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 適用範圍.....	2
1.3 章節構成.....	3
1.4 應用.....	3
1.5 相關名詞.....	4
2. 溪流保護工之功能.....	6
2.1 溪流保護工功能之構想.....	6
2.2 防砂功能.....	7
2.3 其他防災功能.....	7
2.4 環境相關之功能.....	8
2.5 漂流木發生源之負面影響.....	8
3. 溪流保護工概要.....	11
3.1 溪流保護工之基本原則.....	11
3.2 溪流保護工之構成.....	16
3.3 溪流保護工管理基本方針.....	18
3.4 溪流保護工規劃順序.....	19
4. 溪流保護工整備所需之調查.....	21
4.1 調查之目的.....	21
4.2 降雨與流量調查.....	21
4.3 溪畔林調查.....	22
4.4 土地利用調查.....	25
4.5 景觀設計調查.....	25
5. 溪流保護工之規劃.....	27
5.1 基本方針.....	27
5.2 溪流保護工對象範圍之設定.....	29
5.3 計畫對象流量.....	31
5.4 溪流治理計畫線.....	41
5.5 計畫洪水位.....	43
5.6 縱斷面規劃.....	44
5.7 計畫斷面.....	48
5.8 溪流保護工防砂構造物之規劃.....	59
5.9 溪畔林規劃.....	70
5.10 漂流木對策規劃.....	73
6. 溪流保護工之設計.....	74
6.1 設計之基本方針.....	74
6.2 固床工.....	74
6.3 帶工（潛檻）.....	79
6.4 護岸工.....	79

6.5	丁壩工.....	82
6.6	溪床保護工.....	85
6.7	附屬構造物之設計.....	87
7.	工程實施注意事項.....	90
8.	溪流保護工之維護管理（適應性管理）.....	92
8.1	維護管理之基本原則.....	92
8.2	砂防構造物.....	94
8.3	溪畔林.....	94

1. 概説

1.1 目的

本指引係說明有關確保地區安全、配合溪流生態系之溪流保護工相關調查、規劃、設計、施工注意事項與維護管理的基本構想與基礎技術。

<說 明>

溪流空間^{*1}位處陸域與水域接點，是經常不穩定且充滿變化的環境，動植物在此生活受洪水所造成水位變化與生活基地消滅與再生等水量變動所伴隨產生之物理與化學性質影響，不論時間還是空間上都形成極富變化的生態系。這種水文與地形等物理現象與生物現象相互作用，維持了適應該地區之動植物多樣性。此外，溪流係長期承載該地區民眾生活與文化，風土之基礎，也與人們生活關係密切。

因此，若要確保地區民眾生活安全、實施配合溪流生態系之河川治理事業，應依據溪流之自然與社會特性（流域之土砂生產與逕流特性、溪床與溪岸狀態、自然環境、土地利用狀況、保全對象、文化與風土等），整理治水安全相關課題，考量人與溪流之關係並依據溪流環境整備計畫，設定溪流保護工基本方針，進行整個溪流空間整備。

^{*1}溪流空間之定義，參見1.5用語。

1.2 適用範圍

本指引適用於溪流保護工適用區間。

<說 明>

適用對象範圍為實施土石流對策之土石流發生區與流下區之外的區域。

不同溪流的土砂輸送量及其移動型態，會形成明顯不同的溪流特性。規劃實施溪流保護工，應充分掌握土砂生產與流出狀況。

實施溪流保護工之前提條件為，應依據「國土交通省河川砂防技術基準 計畫編 設施配置等規劃編 第3-2章 防砂設施配置規劃 溪流保護工」^{*2}所設定之內容。

①上游未實施防砂工程（防砂壩等具土砂調節功能之工程）

→尚不宜施作溪流保護工

②上游防砂工程施工中

→只要上游有設置防砂工程、抑制了土砂生產與流出，溪流保護工之規劃區域有抑制大規模土砂流出之狀態即可

③上游已完成防砂工程

→可著手施作溪流保護工

此外，即使溪流上游目前並未施作或已完成防砂工程，仍可能發生無法預測之現象，因此，原則上規劃實施溪流保護工前，其上游端應先施作防砂構造物。

溪畔林處理方面，「砂防基本計畫策定指引(土石流與漂流木對策編)」明列漂流木對策調查對象範圍為河床坡度大於5°之流域，溪床坡度大於5°則為土石流與漂流木對策對應區間。因此，本指引（案）係以溪床坡度小於5°區間為對策對象。

^{*2}與相關基準之關係，見1.4運用之說明。

1.3 章節構成

本指引之章節構成如下。

- (1) 概說
- (2) 溪流保護工之功能
- (3) 溪流保護工之概要
- (4) 溪流保護工整備所需之調查
- (5) 溪流保護工之規劃
- (6) 溪流保護工之設計
- (7) 工程實施注意事項
- (8) 溪流保護工之維護管理

<說 明>

本指引說明方式，為本文及搭配說明模式。框內之本文為基本構想與應遵守方向、基準等，「說明」的部份則進一步闡述本文內容、加深理解，指出避免應用錯誤的判斷方法。

1.4 應用

本指引係依據國土交通省河川砂防技術基準訂定完成。

<說 明>

土石流高潛勢溪流應參考「土石流與漂流木對策設計技術指引」等，使用符合各該溪流特性的各種指引。

1.5 相關名詞

1.溪流空間

指溪流之溪床或溪岸、河岸階地等土砂流出攪動引致變動之不安定基地，以及溪畔林在內的溪床變動地點。

2.溪畔林

生長分布在溪岸及溪床等溪流空間之樹林群。指「土砂流出引致溪床變動不安定基地所形成之植生群落」以及「位處沿溪流地點、分布於溪床變動可能性小，但會影響溪流物理性或化學性、生物學性質範圍之植生區域」。

3.溪畔林之機能與功能

表 2-1說明溪畔林之機能與功能。

4.防砂構造物

為達成防砂目的，需施作的人工構造物。

<說 明>

1) 溪流空間

溪流空間位處陸域與水域接點，因其特性形成時間與空間皆極富於變化、動植物所構成之生態系（圖 1-1）。只要有因應這種水文與地形等各種要素所複合形成之物理特性及其特性而在此棲息、生長的具特徵生物，就能維持適合該地區的生物多樣性。這類有生物生長與棲息區域的空間，便是溪流空間。

2) 溪畔林

指分布於溪流空間的整體植生。雖承受洪水所引致水位變化及生長基地消失與再生等伴隨水量變動所形成的物理性與化學性影響，仍持續生長且形成時空間都極多樣性變化之植生群落。

3) 溪畔林之機能與功能

溪畔林之一般性機能與功能，如表 2-1所示。「機能」指溪畔林所具備的各種功能（作用）；「功能」指溪畔林對「對象」（在此指人或生態系等）發揮各種機能所產生的具體結果。

溪畔林具各種機能，但這些機能有時會因現地條件而呈現正反面功能。例如，自然環境保護與生物多樣性發揮正面功能，防災機能卻受侷限。此外，原則上應用防砂構造物時，需同時注意有些溪流的特性會使該溪畔林容易漂流木化。

4) 防砂構造物

為防砂目的需施作之人工構造物，如固床工、護岸工、帶工、丁壩工等。

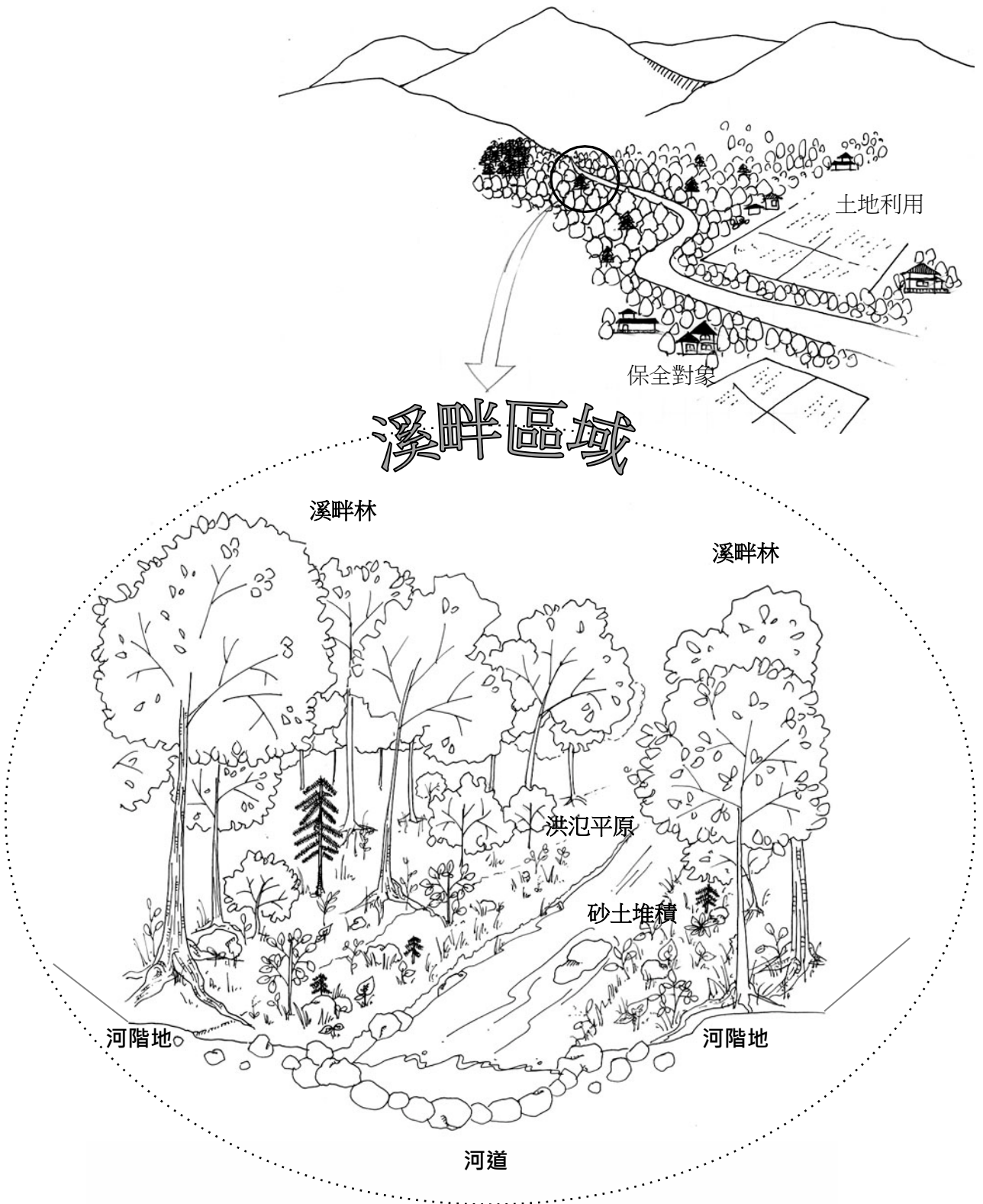


圖1-1 溪流空間概念圖（案例）

2. 溪流保護工之功能

2.1 溪流保護工功能之構想

溪流保護工具砂防功能（土砂災害防止功能）、土砂災害之外的防災功能以及環境相關功能。

<說明>

溪流保護工最重要之功能為砂防功能（土砂災害防止功能）。整備溪流保護工可確保溪流空間，使形成溪畔林。其結果能某種程度使溪畔林發揮其所具備土砂災害之外的防災功能，以及環境保育相關功能（表 2-1）。

此外，溪流保護工各種功能具相互關聯性，不可偏重個別功能，而應掌握各功能之關聯性，儘量達成該地區所需之功能。

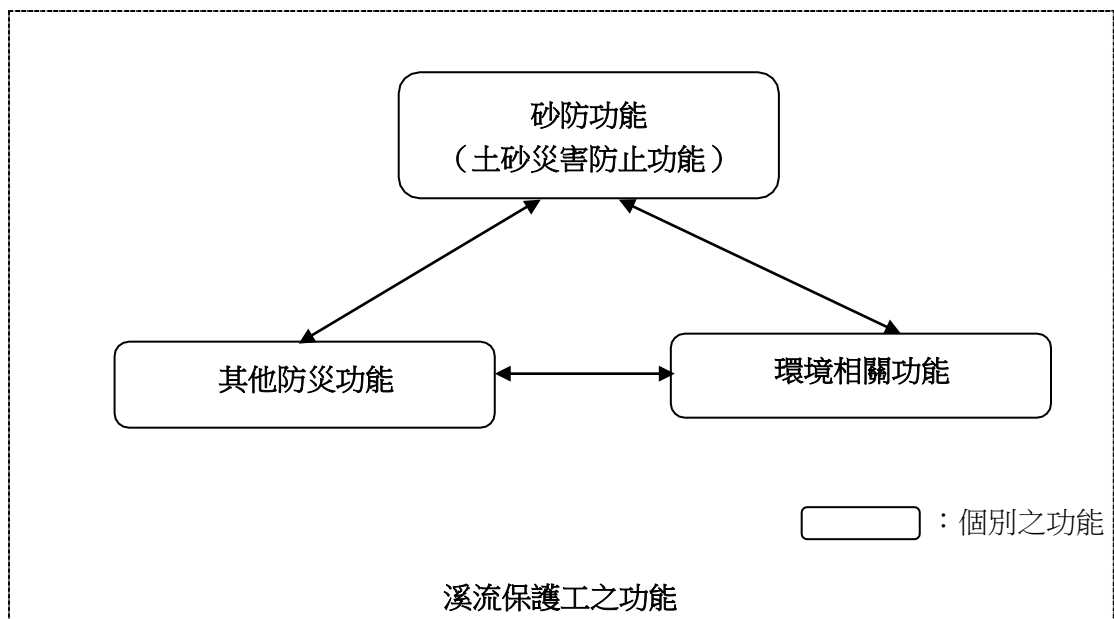


圖2-1 溪流保護工各種功能之相互關係

2.2 防砂功能

溪流保護工防砂功能，指發揮抑制土砂生產、抑制土砂流出、調節土砂流出、引導土地利用等機能所產生之功能。

<說明>

溪流保護工最重要之功能為防砂（土砂災害防止功能）。此功能係發揮抑制土砂生產、抑制土砂流出、調節土砂流出、增進土地利用等機能所取得。上述各種功能的功能量，都能呈現定性之效果。

上述功能量應依據防砂計畫之土砂處理計畫演算之。此外，溪畔林以演算溪畔林存在空間之淤積（減少）量作為效果量。溪畔林功能量之計算方法可參考「綠色砂防區域計畫策定指引(案)」。

2.3 其他防災功能

溪流保護工還有防風、防火、防霧、水資源保護等防災功能。

<說明>

溪流保護工還有如下之防災功能。

① 防風功能

防風功能係以溪畔林持續生長為前提。溪畔林可降低溪流附近住家（住宅）防風措施所造成之不便。

② 防火功能

溪流空間與溪畔林可防止火災延燒。

③ 防霧功能

防霧功能係以溪畔林持續生長為前提。溪畔林可抑制或減輕易阻礙交通障礙的濃霧發生。

④ 水資源保護功能

水資源保護功能係以溪畔林持續生長為前提。溪畔林能涵養水源、降低洪水流量，使常態流量平均化。

2.4 環境保育相關之功能

溪流保護工之環境保育相關功能，含水資源保護、大氣淨化、氣象緩和、生態系維持、景觀保持、遊憩、固碳作用及身心療癒等功能。

<說明>

溪流保護工之環境相關功能，如下。

① 水資源保護功能

溪流保護工具淨化逕流水質功能，若有溪畔林，功能更佳。

② 大氣淨化功能

流水與溪畔林樹木枝葉可吸附塵埃，植物光合作用能淨化大氣。

③ 氣象緩和功能

溪流保護工之氣象緩和功能係以溪畔林生長為前提。溪畔林可固定空氣中之二氧化碳，將太陽能轉換為汽化熱，緩和氣溫變化。

④ 生態系維持功能

溪流與溪畔林透過物質循環與熱收支（平衡）維持生態系正常運作。這種生態系維持功能可維持生物多樣性。

⑤ 景觀保護功能

溪流保護工可保護、提升水流與溪畔林所構成之溪流景觀，維持、延續地區特性及文化、風土。

⑥ 遊憩功能

溪流保護工若能活用溪流及溪畔林，可促進溪流利用，提升遊憩品質。但須先整備溪流利用面始能取得遊憩功能。

⑦ 固碳作用

以防砂構造物穩定地盤面而形成的「新森林」（河畔林、溪畔林）具二氧化碳吸附功能。

⑧ 身心療癒功能

研究證實，進入森林或河川空間有緩和身心壓力之功能。

2.5 漂流木發生源本身之負面影響

洪水時溪畔林可能漂流木化而造成不良影響。

表 2-1 溪畔林主要機能與功能一覽表

功能與影響			機 能	內 容
正面功能	防砂功能	防止土砂災害	·抑制土砂生產*1	抑制溪岸或溪床淤積物侵蝕之功能
			·抑制土砂流出*2	主要抑制或減少以推移、土砂流型態土砂流出之功能
			·調節土砂流出*3	使細粒土砂淤積（囚砂）之功能
			·增進土地利用*4	保護溪畔林進而形成安全生活空間之功能
	其他防災功能	①防風	·緩和風速	破壞強風流動、緩和風速之功能
		②防火	·防止延燒	防止火災擴大之功能
		③防霧	·捕捉大氣水分	讓大氣水分（霧）附著樹體而予以捕捉之功能
		④水資源保護	·調節水量	降低河川、溪流之洪水流量等而讓流量平均化的功能
	環境相關之功能	①水資源保護	·淨化水質	改善逕流水水質之功能
		②淨化大氣	·吸附污染物質	以氣孔吸收氣體狀污染物
			·吸附塵埃	樹體表面吸附大氣塵埃之功能
		③緩和氣象	·固碳	以光合作用固定大氣中二氧化碳之功能
			·緩和氣溫變動	讓太陽能轉化成汽化熱、緩和氣溫變動之功能
		④維持生態系	·維持生態系	森林透過物質循環或熱平衡而維持生態系正常運作的功能
		⑤景觀保護	·景觀保護	以綠色植物保護、提升景觀之狀態
		⑥遊憩*5	·遊憩	以綠色植物提升遊憩品質之功能
		⑦固碳	·固碳	安定地盤面形成「新的森林」（河畔林、溪畔林）所具備之二氧化碳吸附功能
		⑧療癒	·緩和身心壓力	森林或河川空間緩和身心壓力之功能
負面功能	漂流木發生源			溪畔林流出與漂流木化可能阻塞橋梁、助長洪水災害

（樹木防砂學功能相關研究之現況（2000,土木研究所資料第 3679 號）部分補充）

*1～*4：原則上同時使用防砂構造物

*5：不實施此目的之整備，則無法發揮功能

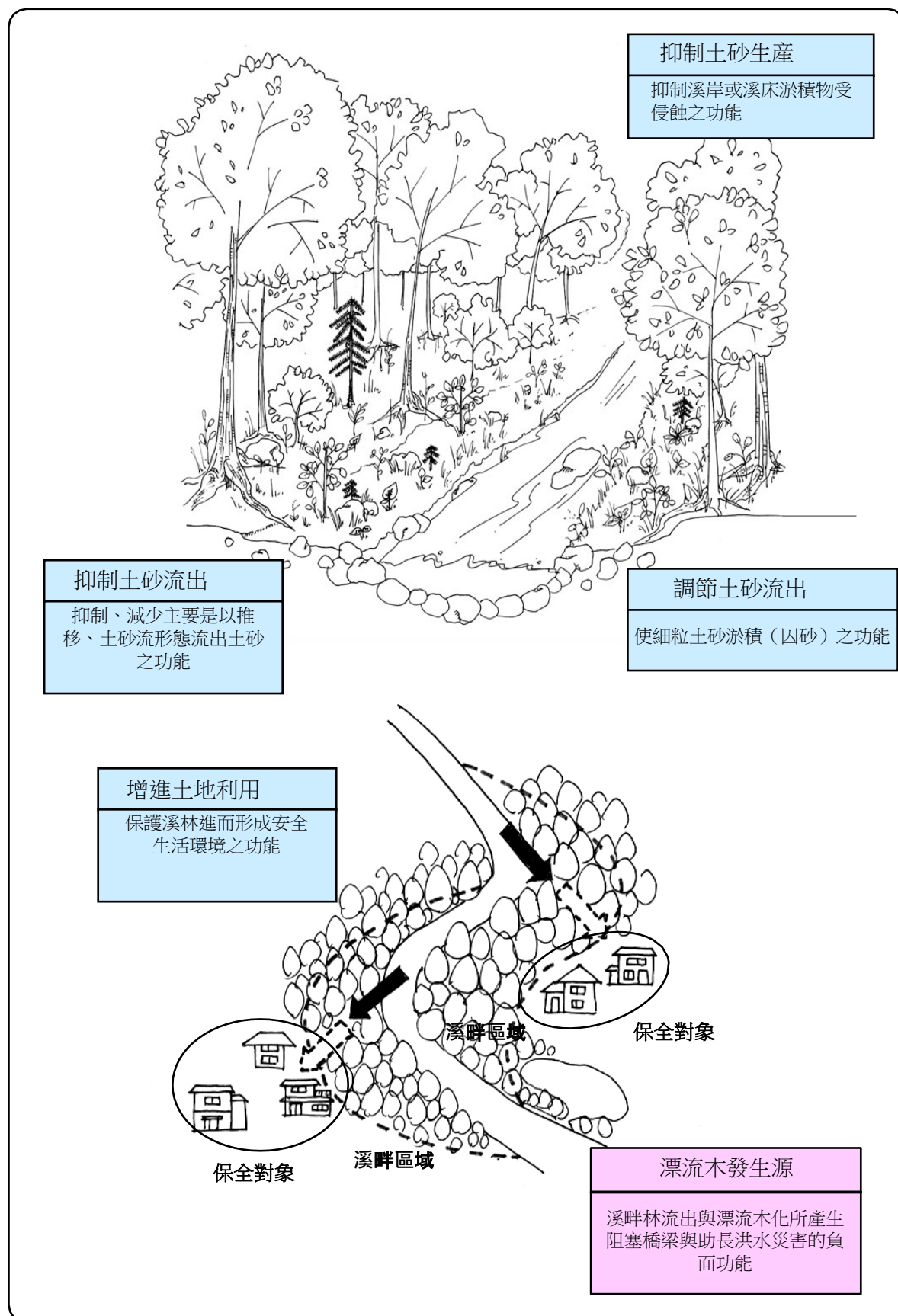


圖2-2 溪畔林的主要功能（砂防功能與負面防災功能）

3. 溪流保護工概要

3.1 溪流保護工之基本內容

溪流保護工旨在讓土砂與洪水安全流下，規劃與施工應儘量避免改變現況溪流，確保治水安全與保護溪流生態系。

<說 明>

長期以來民眾認為溪流的意義在於維護生物多樣性、形成人與溪流親密互動場所。

但隨土地持續開發利用，溪流旁有農地或住宅等保全對象的地區，可能發生洪水紊流、洪氾與溪床高程過度變動、溪岸侵蝕等引致之災害，須加以防範。溪流保護工旨在確保地區治水安全、保護溪流生態系，整備成適合該地區且有助於溪流營造之溪流型態。保護溪流生態系需保持溪流之連續性與多樣性，維護溪流空間之自然狀態，以自然溪流為對象之溪流保護工，應避免改變溪流狀態。此外，若溪流狀態已改變的地區，應努力恢復其部分原狀。溪流保護工實施對象若為已完成整備之溪流，整備時應創造溪流的連續性與多樣性。

① 確保地區治水安全

1) 防止土砂災害

洪水之紊流與洪氾溪床高程過度變動及溪岸侵蝕等可能致災地區，應適當配置防砂構造物，防止災害、確保地區安全。

2) 確保緩衝空間

住宅等保全對象緊鄰溪流，豪雨時致災機率升高，應確保溪流與保全對象之間有某種程度的緩衝空間。活用溪流空間作為緩衝空間（洪水滯留空間），可降低災害危險性，充分確保溪流空間、引導民眾土地利用，係有效防災對策之一。但若土地已過度開發利用而無法確保緩衝空間，此時重點在於讓洪水安全流下，需充分瞭解土地利用型態與保全對象分布狀況等，適當地使用不同的整備方法。

② 溪流生態系之保護

1) 確保溪流空間

溪流空間，包含溪流的溪床與溪岸、河岸階地等地形要素，常有土砂流出與淹水等所造成各種周期性之攪動，這些因素複合形成特有的植物與動物之棲息環境，及可能形成當地特有景觀。溪流空間可確保之地區，溪流保護工對策範圍，應積極納入溪畔林之空間範圍。

2) 保護溪流空間之多樣性與連續性

溪流空間除了平面廣度外，同時也是水中、土中與溪流之上空等立體空間，此空間內形成各式各樣生物棲息環境。因有溪岸與溪床之微地形，適合此地的植物生長，不久會出現適應該地點之生物棲息，使溪流空間內形成連續性的多樣生物棲息區域。此即溪流之多樣性與連續性，而保護這類溪流所需、無人為營力之高度自然性溪流，應盡量避免改變現況地形。

特別是若要保護鑽天柳等稀有種，應充分掌握這些植物種的生長特性，注意其立地條件。另一方面，即使外來生物相關法規所指定之侵略性物種，也應推測其對地區自然環境可能造成不良影響等，從不同角度檢討，必要時可以樹皮環剝等有效伐除方法對應之。

整治完成之溪流，同樣應考量創造溪流之多樣性與連續性，設定基本方針。

3) 防砂構造物之材料

防砂構造物應將對生態系之影響降到最低，特別注意保護溪流之多樣性與連續性，配合設施應有之機能，選定具高透水性或植物易侵入的材料，以及能融入景觀調和的材料。若需使用土砂或木材等自然材料，只能使用現場或現場周邊施作防砂工程等所產生之土砂與伐採木，或利用可現場取得之自然材料（樹枝編柵等），避免為取得材料實施新的清疏或砍伐。（使用自然材料的防砂構造物構築方法，參照土木研究所資料第 3729 號。）

③ 溪流保護工整備之構想

1) 溪流保護工基本方針之明確化

需確認對象區域各種需求（治水安全、生態系保護、溪流利用等）所須實施之整備內容，明訂該地區溪流保護工基本方針。若已確定溪流環境整備計畫，應遵循該計畫設定基本方針。

此外，實施溪流保護工整備的地方政府機關(市町村層級)應檢討景觀相關基本理念，溪流保護工施作地點若有景觀地區（含歷史砂防地區）或其相鄰區域，應仔細檢討加以整合。

2) 整備之方針

溪流保護工應瞭解土地利用型態、保全對象之分布等溪流特性等，有緩衝空間溪流空間的地區，應積極活用這些空間作為洪水滯洪區。另一方面，保全對象緊鄰溪流時，需讓洪水安全快速流出該地區。

土石流區間之外的區間，可因不同土地利用條件等選擇留下溪畔林。若決定留下溪畔林，應針對該地點生長之樹木群，調查土石流發生與流出（淤積）伴隨產生溪岸侵蝕所可能生產之漂流木量（材積），必要時應檢討設置漂流木攔阻工。

◇保全對象未緊鄰溪流之地區

保全對象在未緊鄰溪流、無洪水紊流或溪床變動較輕等影響保全對象之危險性較小之區間，應進行容許溪床變動之溪流空間整備。

◇保全對象緊鄰溪流之地區

保全對象在緊鄰溪流、洪水紊流明顯或過度溪床變動等引致高潛勢之土砂災害區間，應讓洪水安全流下。

3) 溪流空間之確保

溪流保護工之溪流空間整備成可讓洪水或土砂短暫滯留並具防災機能之空間，且平時即有助於保護生態系。實施整備應掌握深槽線變遷等過去溪流變化狀況，瞭解土地利用現況。為確保空間，應取得該空間的土地利用權，指定為砂防指定地，實施適當之管理。

4) 溪畔林之保護與利用

溪畔林很可能因為大規模洪水或過度溪床變動而流失，因此，保護溪畔林須同時施作防砂構造物（固床工、帶工、護岸工、丁壩等），確保其安全性，並需注意避免發生漂流木災害。若為確保安全而擬定砍伐溪畔林方針，應調查瞭解溪流之推移力，依據未來可能形成的溪床坡度，推估砍伐目標量。

- 溪床坡度大於 5° : 「砂防基本計畫策定指引(土石流與漂流木對策編)」明列漂流木對策調查之對象範圍為河床坡度大於 5°之流域，此係土石流對策對應區間，不列入本指引(案)適用範圍。
- 溪床坡度 2°~5° : 基本上應疏伐，但若考量水流推移力、河寬、周邊地形條件判斷最好保留者，可予以保留。
- 溪床坡度小於2° : 最好留下溪畔林。留下溪畔林或進行利用時，為避免發生漂流木災害，應檢討是否設置漂流木攔阻工等對策。

溪流保護工之溪畔林，原則上不施作新的植栽。

5) 應用作為遊憩場所

若民眾有強烈親水空間要求，相關整備溪流保護工應納入溪流利用規劃。此時應充分掌握並配合地區民眾需求。

6) 維護管理

溪流空間係時間空間常變動場所，受其影響，溪流空間之溪床狀態與動植物也會產生變化。此外，各種防砂構造物可能受上述變化影響而降低機能。要充分發揮溪流保護工之機能，應定期監測，發現問題立即實施適應性管理。

溪流保護工之維護管理最好針對施工規劃案實施環境影響評估，利用空載光達測量所取得高精度數據，完成二維洪氾洪水模擬試驗。此外，監測對象為流量、輸砂量、粒徑與植生。監測自然反應應視狀況反饋到規劃內容，擬定具彈性之規劃案。

此外，對策工法案例數據化與資料庫化，可有效累積對應之技術與經驗，進行適應性管理之設施長壽化管理（參照P.93專欄）。

又，施作溪流保護工不可只注意效能面，也應瞭解工程與當地居民的關係，檢討事業實施課題。溪流保護工事業與維護管理等的居民參與乃不可或缺，例如，溪流保護工設計等最好與地區民眾協調、合作。

進行溪畔林維護管理須與居民建立共識、協調合作，最好成立居民參與之檢討會工作坊、委員會等，與地區居民建立共識。

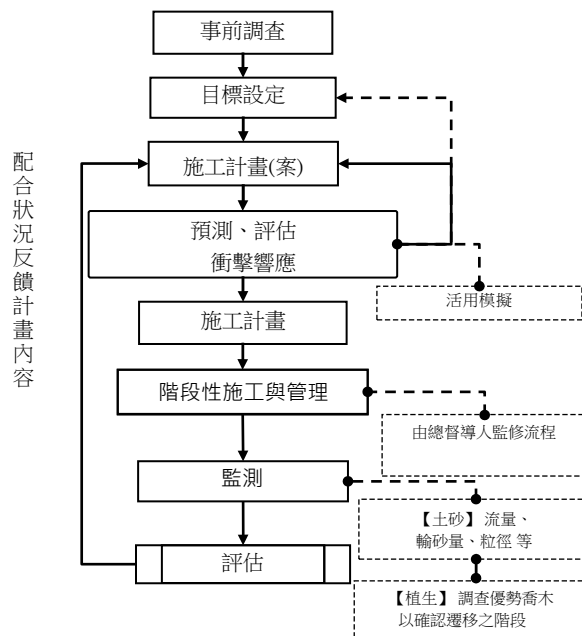


圖3-1 適應性管理

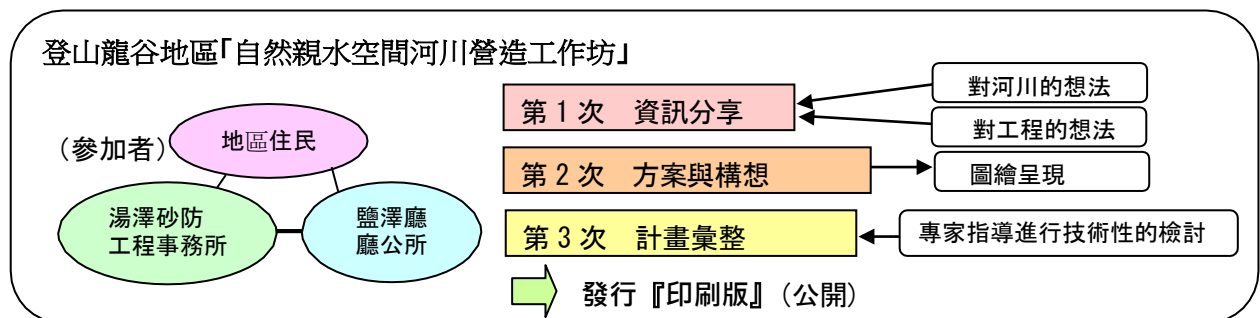
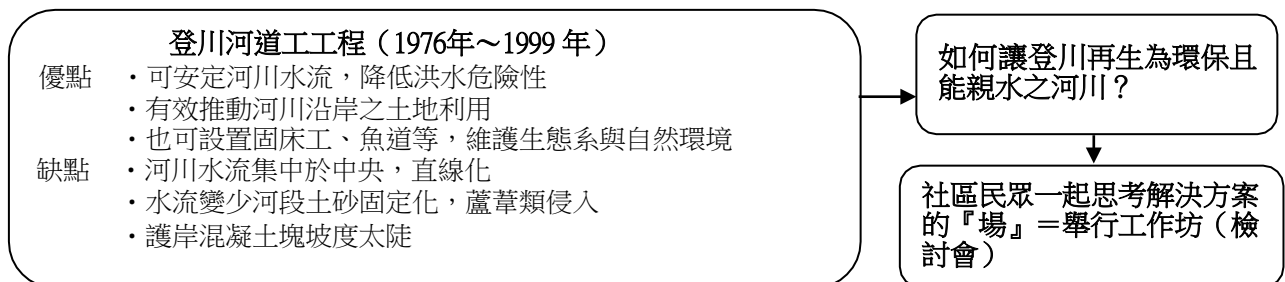


圖3-2 工作坊做法案例 (登川河道工自然再生計畫 (湯澤砂防事務所))

3.2 溪流保護工之構成

溪流保護工基本上由抑制洪水紊流、洪氾與河床高程過度變動之設施（固床工，帶工等）、側向侵蝕防止設施（護岸工、丁壩工）等構成，溪流空間應適度配置確保治水安全所需之防砂構造物。

<說明>

溪流保護工應活用防砂構造物與溪流空間所具備之土地利用引導機能（緩衝區）等，進行溪流綜合整備，溪流空間並適度配置解決治水課題所需之防砂構造物。此外，防砂構造物配置不可損害溪流多樣性與連續性，維護溪流生態系。維護溪流生態系有效做法為，施作防砂工程應極力避免除去現場既有植生或改變地形，也不可只集中河道部分施工，而應確保大範圍溪流空間，選擇適當防砂構造物之工種、配置、規模、施築材料與施工方法。

① 溪流保護工整備狀況

應瞭解土石流流出區間，其下游之土地利用型態、保全對象分布狀況與溪流特性，應劃分能讓洪水水流安全流出區間，以及某種程度允許溪床高程變動、儘量避免改變現況地形而能保護溪流多樣性與連續性的區間。其中，應積極活用溪流空間範圍區域，應劃設砂防指定地，確保溪流空間範圍，規劃該空間整體之土砂處理方案。

此外，已完成整備區間可從創造溪流多樣性與連續性的角度，擬定基本方針。

② 保全對象未緊鄰溪流的地區

溪流整備應避免改變現況溪流狀態。應配合溪流空間之特性，適度配置固床工、帶工、護岸工、丁壩工、溪畔林等，活用溪畔林所具備之環保機能，確保溪流多樣性與連續性。

若重視下游地區之土地利用，必要時可實施漂流木攔阻工或漂流木發生抑制工等漂流木對策。

③ 保全對象鄰接溪流的地區

為讓洪水安全流出、抑制洪水紊流與溪床過度變動，應適度配置固床工、帶工、護岸工與丁壩工。

溪畔林基於治水安全，基本上採不保留之方針，河道內溪畔林應砍伐。若與當地歷史文化關係密切或具地區自然環境生態價值，則應特別檢討防災事項，進行個別對應。

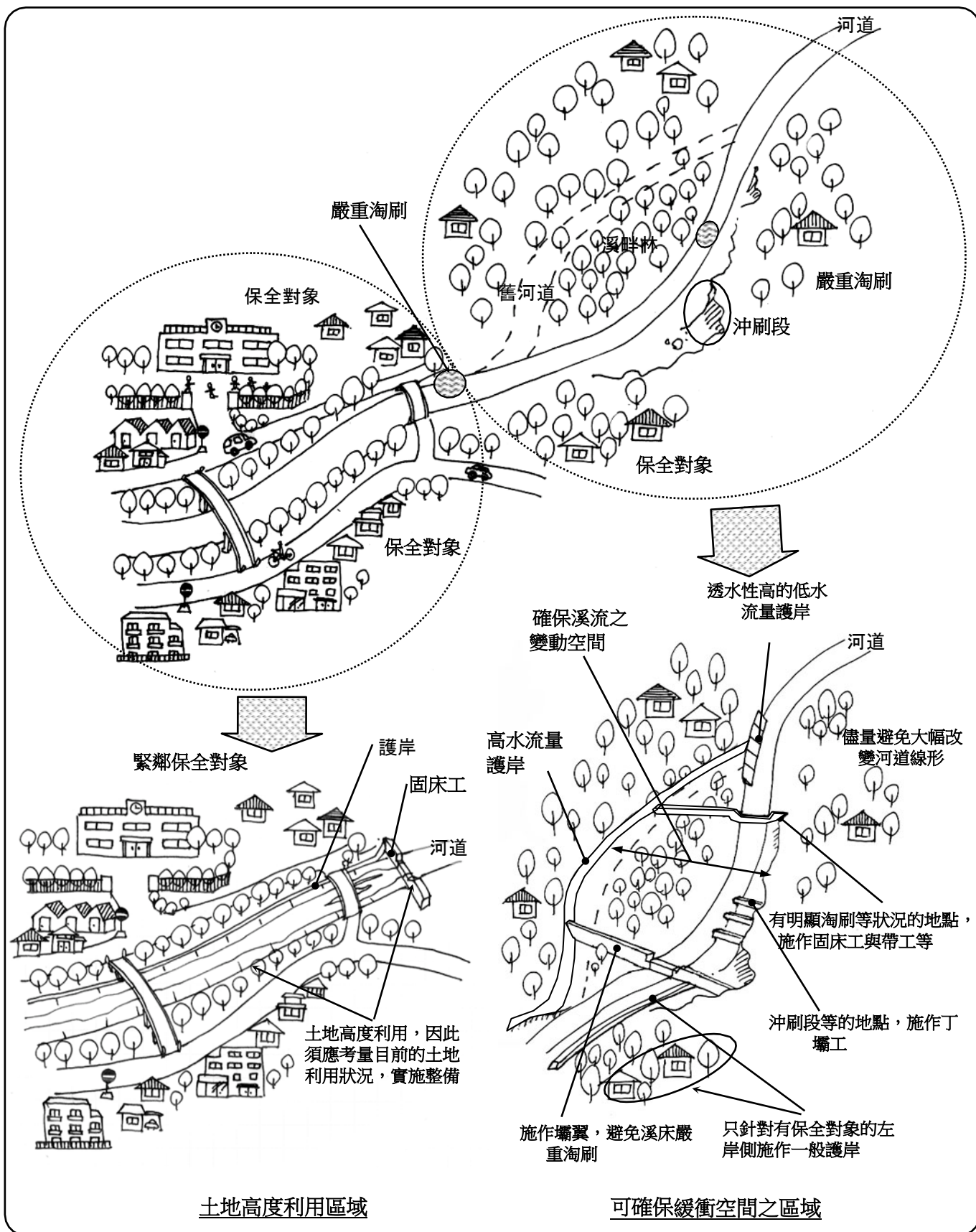


圖3-3 溪流保護工之構成

3.3 溪流保護工管理基本方針

為發揮溪流保護工正常機能，應掌握伴隨時間經過之溪流特性變化，實施監測及必要的維護管理。此外，若自然與社會條件已明顯改變，不可拘泥於最初規劃，而應順應變化修訂計畫，適當處置。

<說明>

溪流係時間與空間常有變動之地點，應配合流域自然與社會特性變化，實施適當的維護管理。流域自然與社會特性之變化可能影響、降低各種防砂構造物機能。因此，溪流保護工管理應針對下列項目定期或於大規模洪水過後實施監測，必要時進行維護管理。

- ① 防砂構造物
- ② 溪畔林之流失、消長、侵入及生長狀況等的變化
- ③ 溪岸侵蝕與淤積
- ④ 土地之管理（空間管理）：防止非法佔用、非法挖土、非法丟棄垃圾或廢土

受上游區域土砂生產與流出形態影響，溪流的平面、縱斷面、橫斷面形狀，以及深槽線、溪畔林的流失、消長、入侵和生長狀況都會改變。掌握上述變化，應定期針對溪畔林之流失、消長、入侵與生長狀況以及溪流空間微地形、縱橫斷面形狀、粒徑變化等實施監測。這些變化可能影響防砂構造物，導致機能降低。因此，應針對上述①～③，於洪水前（約 5 年一次）及大規模洪水過後實施監測，必要時維護管理。若溪流特性已明顯改變且最初之規劃已不足以對應，應修正計畫，進行適當的處置。

土地管理應防止非法佔用、非法挖土與非法倒垃圾廢土，確保溪流空間之土砂處理機能，適當地維護公有地，防止環境受到不良影響等，因此，現地應豎立看板提醒民眾，並定期（洪水期前務必實施）巡視，發現異常狀況予以處置。

此外，溪畔林之基地空間應已納入計畫，原則上即使溪畔林流失，也不施作植栽而任其自然恢復。但若確認溪岸可能持續嚴重侵蝕而產生漂流木危害下游保全對象等情況，應配置漂流木攔阻工等漂流木對策設施。

3.4 溪流保護工規劃順序

規劃溪流保護工應確認溪流保護工之基本方針，設定溪流保護工規劃空間，依據基本方針實施溪流空間整備。

<說明>

規劃溪流保護工應先確認基本方針。溪流保護工之基本方針應依據該地區之自然與社會條件，掌握治水課題、自然環境及該地區所需完成事項，設定之。溪流保護工整備最重要基本方針為確保地區治水安全，實施時應注意保護溪流生態系。此外，該地區生活與溪流之關聯性，亦即溪流與人之互動也很重要。為維護健全溪流生態系，應避免溪流物質搬運、河道變動等攪動造成生態系基地不安定，同時應避免破壞魚類等水生生物棲息空間。規劃溪流保護工應遵照以下「生態緩衝區」構想。

- ①迴避：儘量避免設置護岸或固床工，下游則設置導流堤或沉砂池。
- ②減輕：避免護岸與固床工規模過大。使用高透水性材料。
- ③補償：針對河道整備導致破壞之環境施作溪流保護工，同時確保水潭急流或魚類產卵床、特殊生物棲息場域。
- ④修復與恢復：施工所改變地形恢復施工前狀況。

①迴避及②減輕，應儘量減少構造物配置，且河道橫斷面形狀不可全部設計成整齊畫一旦固定之矩形斷面，而應確保河道可某種程度變動，或瞭解堤後的狀況等、確認可設定洪水流或土砂滯留區間，積極導入溪畔林及上述空間，尊重現況溪流之平面、縱斷面、橫斷面形狀，活用溪流空間具備之生態緩衝區機能，進行土砂處理，將對環境的不良影響降到最低。此外，也有必要避免過度抑制數年～十數年才發生一次的大規模自然攪動。除此之外，收購用地留下自然河道、擴張河寬避免洪氾，也是有效做法。另外，可使用現地發生材（土砂）作為溪流保護工材料，避免另購新材料。③補償方面，應確保整備河道引致破壞之環境（魚類產卵床、水潭急流、特殊生物棲息場及自然環境（生物群落網絡（物種生境網絡，Biotope network）溪畔林），④修復與恢復方面，若施工引致地形改變，應明確設定復原之目標層級，恢復環境達目標層級。此外，舉辦檢討會最好於調查、規劃、設計與施工、維護管理等階段，個別檢討之。溪流保護工規劃順序如圖3-4所示。

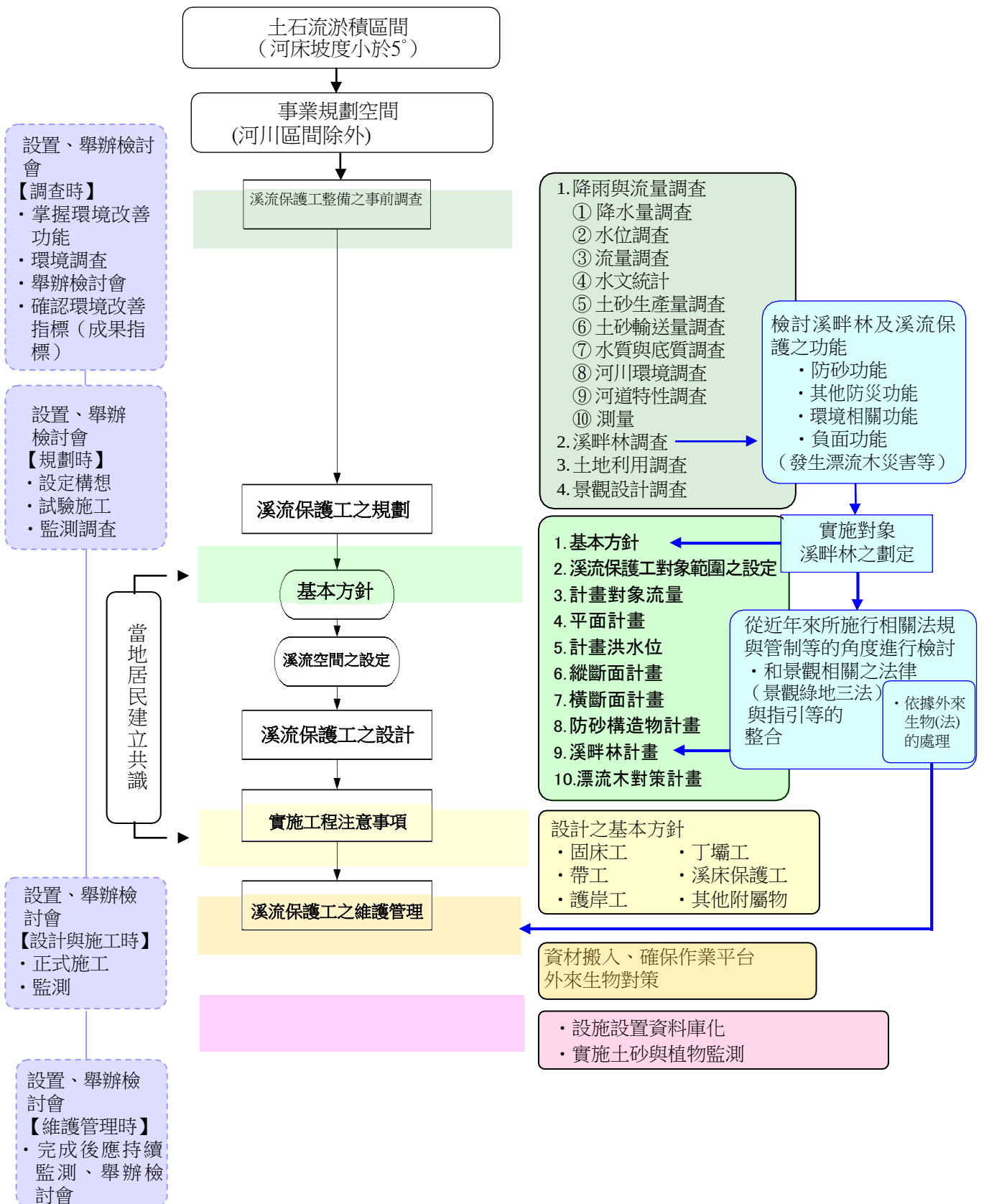


圖3-4 溪流保護工計畫策定順序 (例)

4. 溪流保護工整備所需之調查

4.1 調查之目的

調查目的為取得實施溪流保護工規劃或設計所需之條件。

<說明>

規劃或設計溪流保護工應整理該地區之防災、自然環境、利用狀況等，確認溪流保護工之基本方針，並依循該基本方針策定計畫。規劃本溪流保護工必要時應依據國土交通省之河川技術砂防基準調查編，實施下列調查。

- ① 降水量調查
- ② 水位調查
- ③ 流量調查
- ④ 水文調查
- ⑤ 土砂生產量調查
- ⑥ 土砂輸送量調查
- ⑦ 水質與河川（河床）底質調查
- ⑧ 河川環境調查
- ⑨ 河道特性調查
- ⑩ 測量

此外，可作為規劃或設計溪流保護工重要參考的降雨與流量、溪畔林、土地利用、景觀設計，應充分調查4.2～4.5所示內容。

4.2 降雨與流量調查

本調查旨在設定溪流保護工之計畫規模，掌握維持溪流空間生態系相關降雨與流量規模。降雨與流量調查係由資料調查與資料整理、分析所構成。

<說明>

降雨與流量調查旨在設定溪流保護工之計畫規模，溪流保護工則蒐集掌握本計畫規模及其他維護溪流空間生態系相關資料，如中小規模洪水發生時、平常時的降雨及流量數據以掌握流量。這些降雨與流量數據基本上應蒐集出現下列變化期間之內容。

- ① 深槽線明顯產生變化時
- ② 溪流周邊植生大範圍流失時

以既有航空照片等找出深槽線與植生明顯改變期間，推估此變化相關之降雨或流量規模。

上述推估結果可取得維護溪流空間生態系所需的中小規模洪水發生時與平常時降雨、流量規模之定位，規劃溪流保護工應設定可容忍如此規模的溪流攪動。

4.3 溪畔林調查

溪畔林調查旨在以溪畔林作為指標而推估過去的洪水與土砂移動狀況，掌握溪流空間變動狀況（變動範圍及變動相關之降雨或流量規模）。

<說明>

溪畔林係反映水文與地形等物理現象與生物現象相互作用之結果。由溪畔林的群落特性、樹種、樹齡等，可瞭解該溪流空間過去之洪水與土砂移動發生時期及其範圍。實施這類調查應先實施航空照片判釋，整理過去溪畔林流失或侵入狀況。此外，應整理該期間之降雨與流量，推估溪畔林不同時間點變化相關的降雨與流量規模。

① 掌握過去的洪水及土砂運移

溪畔林係先驅植生侵入受攪動之裸地所成長而成，受攪動區間之溪畔林多同步成長而形成同齡林，由這些溪畔林群落特性可推估同齡林樹齡，以及受攪動期間、相關降雨及流量。

② 溪畔林調查內容

溪畔林會受洪水或土砂運移所產生攪動影響並在水文與地形等物理現象、生物現象相互作用下維持適應當地環境的生物多樣性。其範圍可由溪畔林為指標的溪畔林生長範圍調查掌握之。但有時溪畔林會遭受人為砍伐，須特別注意。此外，掌握溪畔林時應一併實施3.4 土地利用調查等，利用地形圖整理過去的深槽線位置。以下是現地調查的溪畔林調查方法。

1) 溪畔林的成立條件

從流域概念（大區域概念）掌握溪畔林生長基地之成立條件。

◇對象溪流降水量等的大區域氣象

- ・參照「4.2降雨與流量調查」。

◇對象溪流之流量、流速、水位變動等大區域水文條件

- ・依據過去的調查資料與現地調查整理完成。

◇對象溪流之斷面形態或河道規模、溪岸淹水條件（常流時水深、洪水時水深）、溪床坡度、洪水紀錄等攪動條件、溪畔林所在地點安定性（溪床變動之規模與頻率）

- ・依據過去的災害調查報告書與現地調查整理完成。

2) 溪畔林生長環境之掌握

從區域概念（縱斷面與橫斷面、微地形的概念，粒徑分布）掌握溪畔林生長環境。

◇溪畔林斷面形狀（橫斷面形狀）、微地形條件

- 針對幾個溪畔林不同生長狀況代表性地點，設定溪畔林橫斷方向調查測線，記錄此測線上的微地形變化點，實測該地點高程差。

◇淤積土砂之層位、粒徑、土質特性、乾溼狀態等物理特性與腐植質含量等化學特性

- 針對調查測線上微地形變換點之間，溪畔林生長環境呈現微細差異的各區間，以土壤採樣鑽（取土鑽）調查淤積土砂之層位、粒徑、土壤土質特性（土壤的理化性質）、乾溼狀態等物理特性。此外，應於相同地點採取土壤，分析其腐植質含量等化學特性。

3) 溪畔林分布狀況與群落特性之掌握

依據流域概念及配合區域概念各種條件的對應，掌握溪畔林的分布特性與群落特性。

◇溪畔林現存植生之分布狀況

- 實施航空照片判釋之事前調查，製作溪畔林預測分布圖，並以現地調查補充，掌握植生群落類型與分布狀況。進行群落類型分類應注意溪流橫斷方向及微地形條件等差異所產生的群落構造細微差異。

◇溪畔林的群落特性

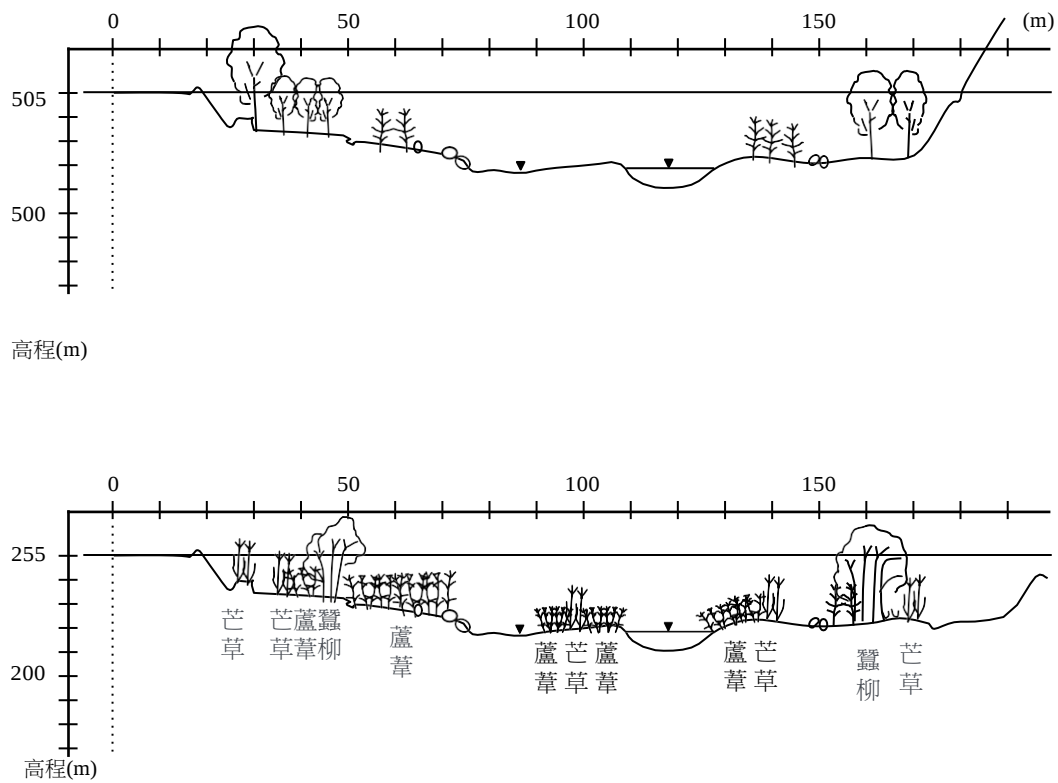
- 在溪流橫斷面方向所設定調查測線上，微地形變換點之溪畔林生長環境有出現細微差異的各區間，不只一一圈定有差異構造的區域，還需調查植物群落高度、冠層構造、各冠層之優勢種、植被覆蓋度與群集程度、主要種的樹基直徑、胸高直徑、幼樹更新狀態等。此外，應選定數個地點作為取樣調查地點，實施方形樣區取樣調查與帶狀橫截樣區取樣調查等，彙整群落之特性。

由上述三種概念調查溪畔林，並從溪畔林的大區域性、地區性觀點，彙整植生遷移與溪畔林成立狀況，可作為規劃溪流保護工之基礎資料。

特別是掌握溪畔林生長環境，應如圖 4-1所示，以橫斷面圖整理溪床微地形配置與尺度，掌握溪床微地形之成因與尺寸。

〈掌握溪床微地形之成因與尺寸〉

溪床微地形配置與尺度，以斷面圖標記之。



除了沿水流方向實施縱斷面測量與橫斷面測量、掌握水深等地形變化點的標記法，也一併標記流速，掌握其成因。此外，較難掌握的溪床微地形，以斷面圖標記水際淘刷狀況、礫石與砂礫等組合狀況、植生覆蓋等的配置及尺度。

圖4-1 溪床微地形之配置與尺度調查

4.4 土地利用調查

土地利用調查旨在掌握該地區保全對象分布狀況與溪流背後地土地利用狀況，掌握可作為洪水氾濫等滯洪空間之地區。

<說明>

有時溪流空間範圍會受土地利用等人為影響不斷改變。規劃溪流保護工應整理過去溪流空間變化，掌握該溪流原有特性並反映進規劃。

此外，應依據地區開發計畫等，預測今後土地利用變化，整理伴隨產生之治水課題，並在確保滯洪空間前提下，將滯洪空間積極納入溪流保護工對象區間。

4.5 景觀設計調查

景觀設計調查應設定溪流保護工規劃基本方針，調查該地區之文化、風土民情與景觀。

<說明>

景觀係由該地區之地形與氣候等基礎條件所形成的生態系、文化與風土構成，非只能以風景或色彩表現。亦即，應依據溪流空間攪動或土地利用所形成生態系與文化特性打造景觀，景觀設計則應釐清構成該景觀特性，實施規劃與設計應避免破壞該地區生態系與地區居民文化、風土。因此，應依據溪畔林調查、土地利用調查等，掌握形成景觀構造之特性，明確設定溪流保護工基本方針，據此規劃、設計溪流保護工。

實施上述調查應充分掌握地區特性並注意下列項目。此外，規劃階段地方政府機關(市町村層級)應努力整合依據景觀綠地三法所設定景觀相關基本理念，檢討是否充分考量景觀要素與資源，實施相關對策。此外，應配合依據砂防景觀指引或歷史性防砂設施指引，成立之景觀要素與資源，擬定對策。

- ①**安全性**：前提條件為須解決治水相關課題。應隨時釐清課題內容、瞭解解決該課題所需之對應，確實地與利害相關人士交換資訊。
- ②**永續性**：避免只做短期設計，而應從長遠角度進行設計。
- ③**公共性**：應採納多數居民意見，設計時避免偏特定方向。規劃實施溪流保護工地區若有指定之基本理念或景觀地區、歷史性防砂設施時，應予以整合。
- ④**環境性**：規劃實施溪流保護工之對象空間，一般而言；規模會擴大，因此應充分配合地區之

自然、歷史、文化與周邊設施，設計、活用河川療癒功能而讓空間整備融入地區整體景觀。

5. 溪流保護工之規劃

5.1 基本方針

為了讓溪流保護工發揮其確保地區安全、保護溪流生態系等功能，溪流保護工應於溪流空間內適當配置防砂構造物（固床工、護岸工、帶工、丁壩工等）。

<說 明>

溪流保護工需一併納入該地區周圍環境，依據第4章之調查說明，整理溪流空間所需機能，擬定規劃基本方針。此外，本基本方針應具彈性，配合整治中與整治後的環境變化修正。

① 基本方針之設定

設定溪流保護工基本方針應先確認溪流保護工所需具備機能。從確保地區安全的角度來看，溪流與保全對象之位置關係、溪流周邊土地利用狀況及溪流上游區域荒野狀況，關係非常密切，應實施對策如下。

1) 保全對象與溪流不相鄰之地區

這類地區應儘量避免改變現況溪流，確保溪流多樣性與連續性。即使目前保全對象並未與溪流相鄰，但將來若土地高度利用、溪流附近也開發，災害潛勢會提高，因此應事先確保緩衝空間。這類空間成為土砂或洪水暫時停留地點，能提高周邊及下游區域保全對象之安全。應積極規劃、納入這些可確保緩衝空間的區域。

土石流流出區間下游若要發揮溪畔林的環境保護機能，應在確保治水安全的條件下，留下溪畔林。此時可評估因應洪水時土砂二次移動與溪畔林漂流木化對下游的影響，考慮設置漂流木攔阻工等漂流木對策設施。

2) 保全對象與溪流相鄰之地區

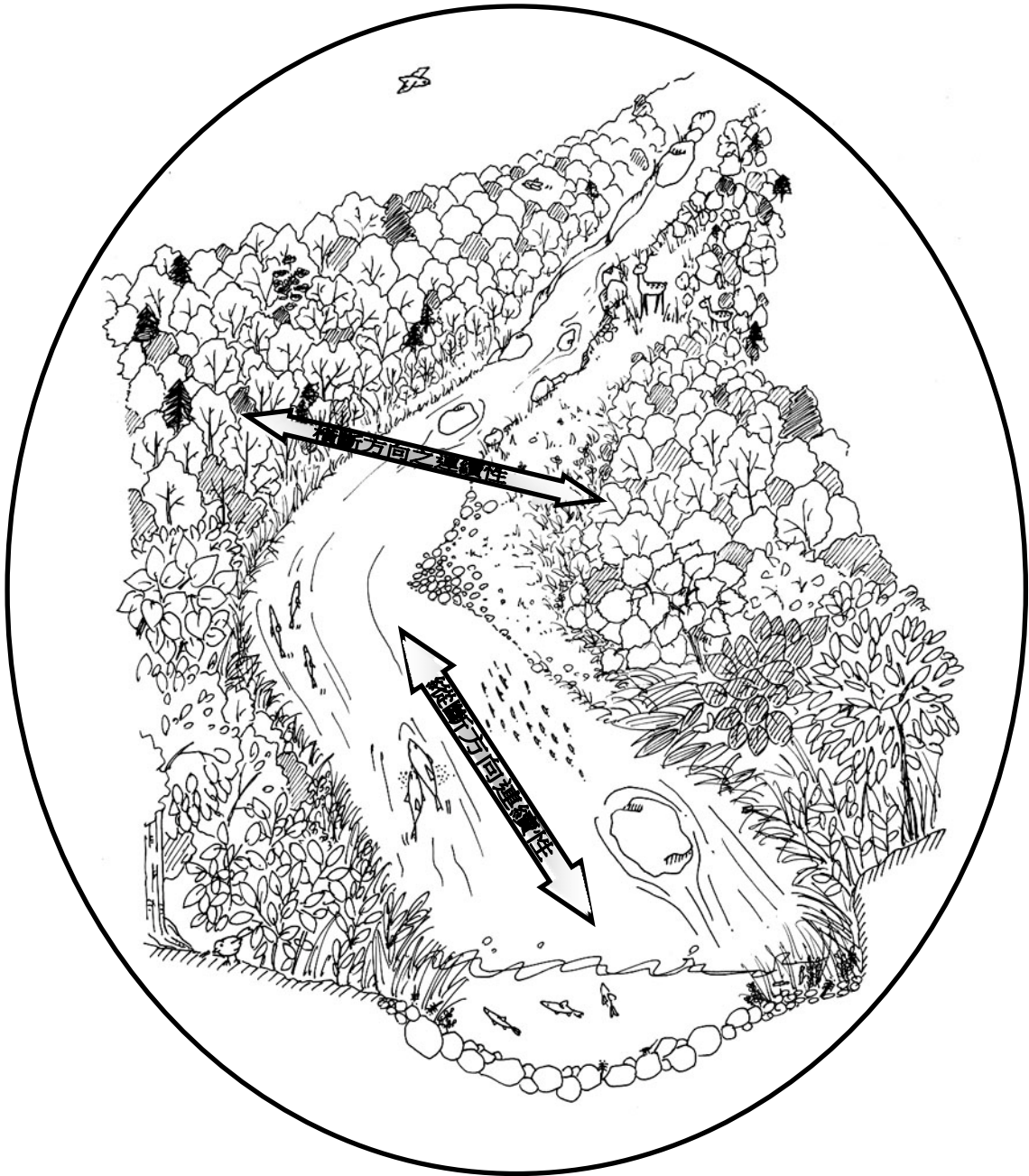
土地持續開發利用之都市區域與郊外，與溪流相鄰之保全對象可能因為洪水紊流及溪床高程劇烈變動、溪岸侵蝕等造成災害。這類地區應先充分評估溪流上游區域荒野狀況，讓洪水安全流下，防止災害發生。

土石流流出區間域下游堆積區，為確保治水安全，可留下溪畔林，溪畔林基地可能受侵蝕範圍，基本上應適度砍伐，適度設置固床工、護岸工等。溪床坡度小於 2°的區間，則最好留下溪畔林。

如上述，規劃溪流保護工應掌握與保全對象之位置關係、土地利用狀況及相關法令（景觀綠地三法、外來生物法等）（參照圖 3-3）。

② 溪流多樣性與連續性之保護

保護溪流生態系應維護溪流多樣性與連續性。因此，自然溪流應避免改變溪流橫斷面形狀與縱斷面形狀，檢討可確保安全度之方法。



< 維護溪流之多樣性與連續性 >

圖5-1 溪流保護工之規劃

5.2 溪流保護工對象範圍之設定

溪流保護工對象範圍應掌握過去深槽線變化、溪畔林生長範圍等水量變動伴隨產生之物理與化學影響範圍，以及土地利用狀況等設定之。

<說 明>

為維護溪流多樣性與連續性，最好劃設溪床或溪岸、河岸階地等土砂流出且受攪動變動之不安定基地為溪流保護工對象範圍。

日本高度經濟成長期後土地高度利用，許多住宅地等保全對象緊鄰溪流，溪流與保全對象之緩衝空間越來越小。無此狀況的案例應設定較大溪流保護工對象範圍以確保緩衝空間，防範土砂災害於未然。

因此，為確保溪床或溪岸、河岸階地等土砂流出受攪動變動之不安定基地、發揮第2節所示土砂災害防止功能之土地利用誘導機能，應儘量擴大溪流保護工對象範圍。

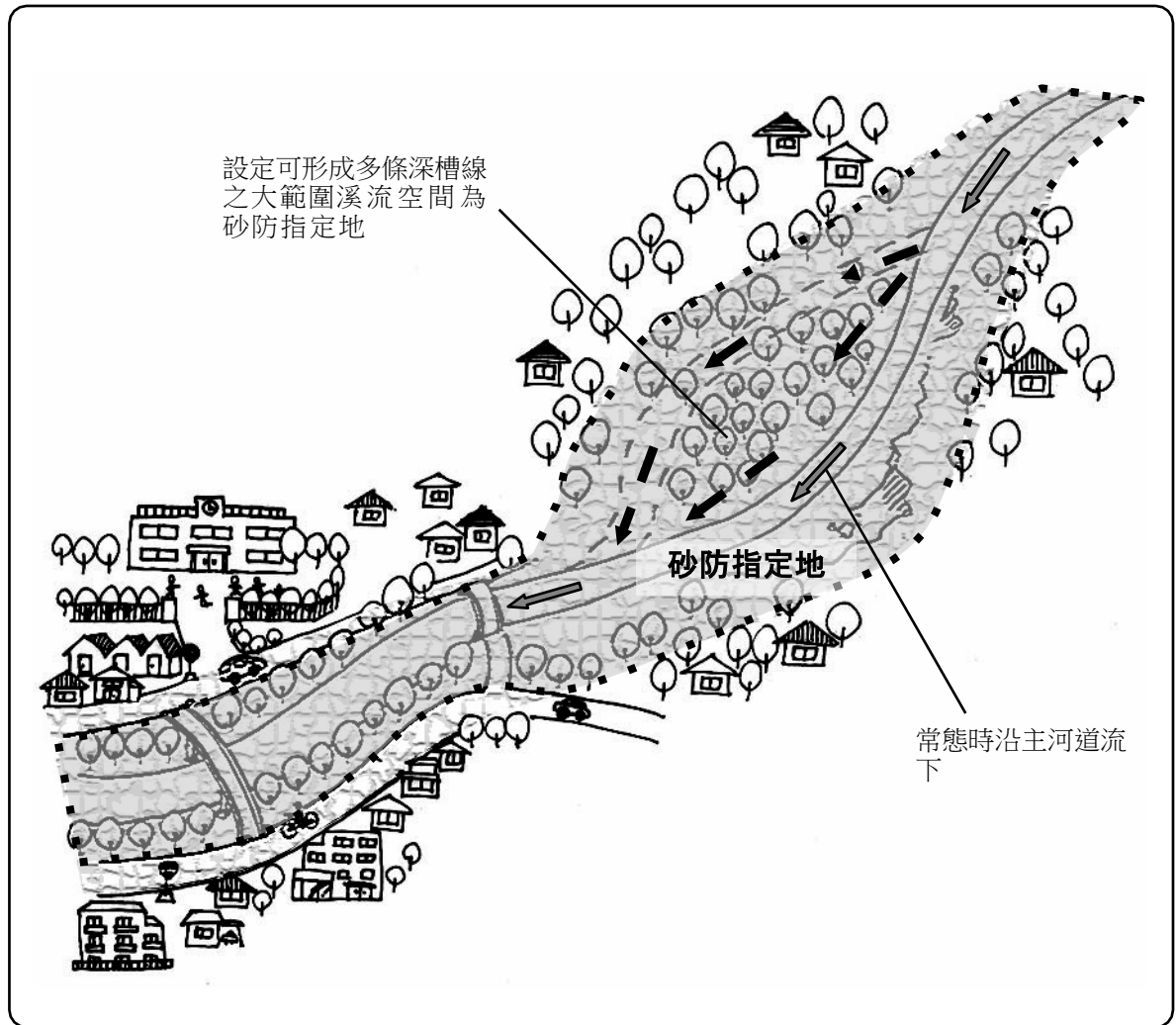


圖5-2 溪流保護工對象範圍之構想

◇溪流保護工對象範圍

基本上主要針對溪流空間（過去深槽線變化或溪畔林生長範圍等水量變動伴隨產生物理與化學之影響範圍），以溪畔林調查或土地利用調查等，瞭解溪流空間變化及現行土地利用狀況，儘量大範圍地設定。

◇管理範圍大小

劃設溪流保護工對象範圍，應納入管理用道路。

◇土地利用之引導機能

溪流保護工對象範圍內應適度引導居民限制土地利用，防範土砂災害於未然。

5.3 計畫對象流量

計畫對象流量應依據過去之災害紀錄、計畫對象流域大小、計畫對象之地區社會經濟重要性、所推估之災害大小等，綜合判斷之。

<說明>

計畫對象流量基本上應依據計畫降雨量之年重現期（計畫規模）評估之。特別是發生過大規模災害的溪流，設定前應充分瞭解相關災害紀錄。但整合下游河川之整治規模決定計畫規模，最好先整理該地區或周邊到目前為止發生災害之規模等，瞭解居民之共識。

計畫規模的大致基準，可配合河川及其重要度分成A 級、B 級、C 級、D 級與 E 級 5 個等級，各分級所設定的對象降雨基準如表 5-1所示。

表 5-1 河川重要度與計畫規模

河川重要度		計畫規模（計畫降雨之降雨量年重現期）*
A	級	大於200
B	級	100～200
C	級	50～100
D	級	10～ 50
E	級	小於10

*年重現期之倒數

（建設省河川砂防技術基準(案)同解說計畫編 2.4.2）

確認計畫規模後，應以砂防設計公式集所列下述方法決定計畫對象流量。

計畫對象流量為計畫降雨率所算出流量乘以土砂含有率之值，一般使用合理化公式。

$$Q = Q' \times (1 + \alpha)$$

$$Q' = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot r \cdot A$$

Q ：對象流量（ m^3/sec ）

Q' ：合理化式公式所算出之洪峰流量（ m^3/sec ）

α ：含砂率

f ：逕流係數

r ：洪水到達時間內之平均雨量強度（ mm/h ）

A ：流域面積（ km^2 ）

除此之外也可以比流量算出對象流量。但無降雨數據之流域，或以其他公式算出的值異常大，也可使用這種方法。

適合應用合理化公式的河川多為流域面積小（約小於100 km²，或從流域最遠點算起到達時間約 2小時左右）且流域無貯留現象。或有需考量貯留現象之河川，及其他河川必要時可使用貯蓄函數法或單位圖法。

以合理化公式算出流量可用圖 5-3瞭解其概略值。

此外，此處除了計畫對象流量之外，維護溪流空間多樣性與連續性所需流量規模參考值方面，也整理了中小規模洪水時與平常時的流量。

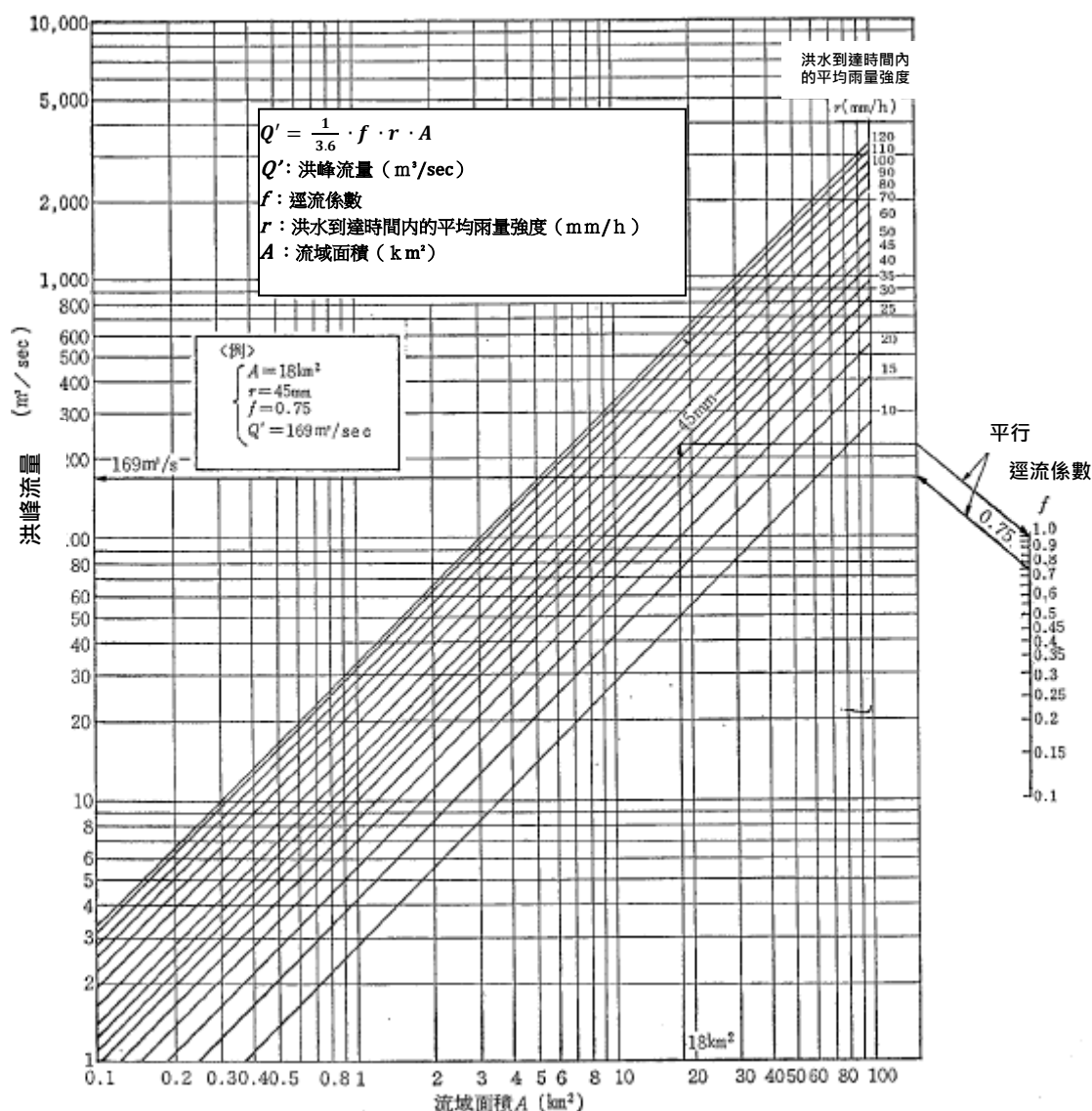


圖 5-3 以合理化公式計算洪峰流量之圖(砂防設置設計公式集（入門）)

① 逕流係數

設定合理化公式所使用之逕流係數 f ，應先瞭解流域之地質、地被覆蓋、植生、形狀、開發狀況等。除了參考日本內地河川洪水時物部公式所算出之值（參照調查編第 5 章）與標準逕流係數（參照同計畫編第 2 章），也可參考表 5-2～表 5-50。

表 5-2 日本內地河川之逕流係數 f（物部）

（本間等）

陡峭山地	0.75~0.90
第三紀（古近紀、新近紀）層多山地區	0.70~0.80
有起伏之土地及樹林	0.50~0.75
平坦耕地	0.45~0.60
灌溉中的水田	0.70~0.80
山區河川	0.75~0.85
平地小河川	0.45~0.75
流域內過半為平地之大河川	0.50~0.75

表 5-3 標準逕流係數（河川砂防技術基準(案)計畫編）

建築物密集市區	0.9
一般市區	0.8
旱田、荒地	0.6
水田	0.7
山區	0.7

表 5-4 砂防指定地及地滑防止區域內住宅區整地等大規模開發審查基準
（建設省河川局砂防部）

第三紀（古近紀、新近紀）層山地	0.7 ~0.8
有起伏之土地及樹林	0.5 ~0.75
平坦耕地	0.45~0.60
水田	0.7 ~0.8
住宅區整地後的地區	0.85~1.0
新事業試辦場地、高爾夫球場	0.75~1.0

表 5-5 計算防災調節池排洪口等設計流量所使用之逕流係數標準值
（地區振興整備公團，1979）

土地利用狀況	逕流係數	備 註
開發前	0.6~0.7	山林、原野、田地面積大於70%之流域
開發後（1）	0.8	不透水面積比例約小於40%之流域
開發後（2）	0.9	不透水面積比例約大於40%之流域

不透水面積指估計全部建築物屋頂面積、鋪設道路面積及鋪設停車場面積等的和。

② 洪水到達時間

合理化公式所算出洪水到達時間之定義為流域最遠地點降雨到達該流域出口所需時間，原則是「雨水由流域進入河道所需流入時間」與「河道內洪水傳導時間（流下時間）」之和。略大的流域若流入時間遠小於流下時間，多可不計流入時間，小流域有常流水的河道較少，因此無法

省略計算流入時間。流入時間的值只是粗略標準值，替代計算方案是將一直到達形成谷地型態的地點都視為河道，計算出流下時間。

1) 洪水流下時間 (T_0)

• Kraven 式

$$T_0 = L / W$$

T_0 : 洪水流下時間(sec)

L : 河道長度 (m)

W : 洪水水流速度 (m/sec)

I : 河道坡度

I	1/100 以上	1/100~1/200	1/200 以下
W	3.5 m/sec	3.0 m/sec	2.1 m/sec

(砂防設計公式集)

• Bayern 地方公式 (Rziha 式)

$$T_0 = L / W$$

$$W = 20 \cdot (H / L)^{0.6}$$

T_0 : 洪水流下時間 (sec)

W : 洪水水流速度 (m/sec)

H : 河道高低差 (m)

L : 河道長度 (m)

〈適用範圍〉河道平均坡度 $H/L > 1/20$

• (參考) 土研式

$$\text{自然流域} \quad T = 2.40 \times 10^{-4} (l / \sqrt{s})^{0.7}$$

$$\text{都市流域} \quad T = 1.67 \times 10^{-3} (l / \sqrt{s})^{0.7}$$

T : 洪水到達時間 (h)

l : 流域最遠點到流量計算地點之河道長 (m)

s : 流域最遠點到流量計算地點之平均坡度

〈適用範圍〉・都市流域：流域面積 $< 10 \text{ km}^2$ 平均坡度 $s > 1/300$

・自然流域：流域面積 $< 50 \text{ km}^2$ 平均坡度 $s > 1/500$

圖 5-4 為 Kraven 式，圖 5-5 為以土研式計算洪水流下時間時，可瞭解概略值。

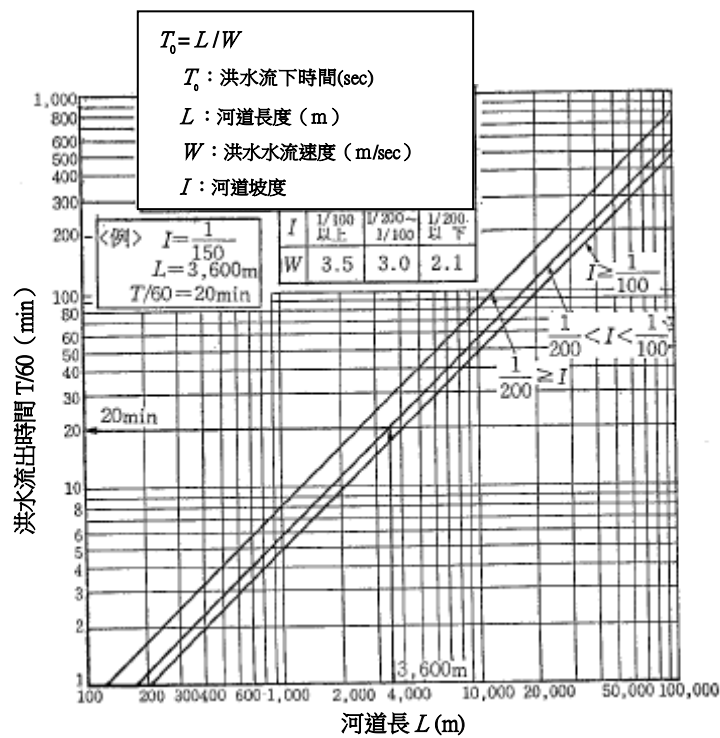


圖 5-4 洪水流下時間（Kraven 式）（砂防設計公式集）

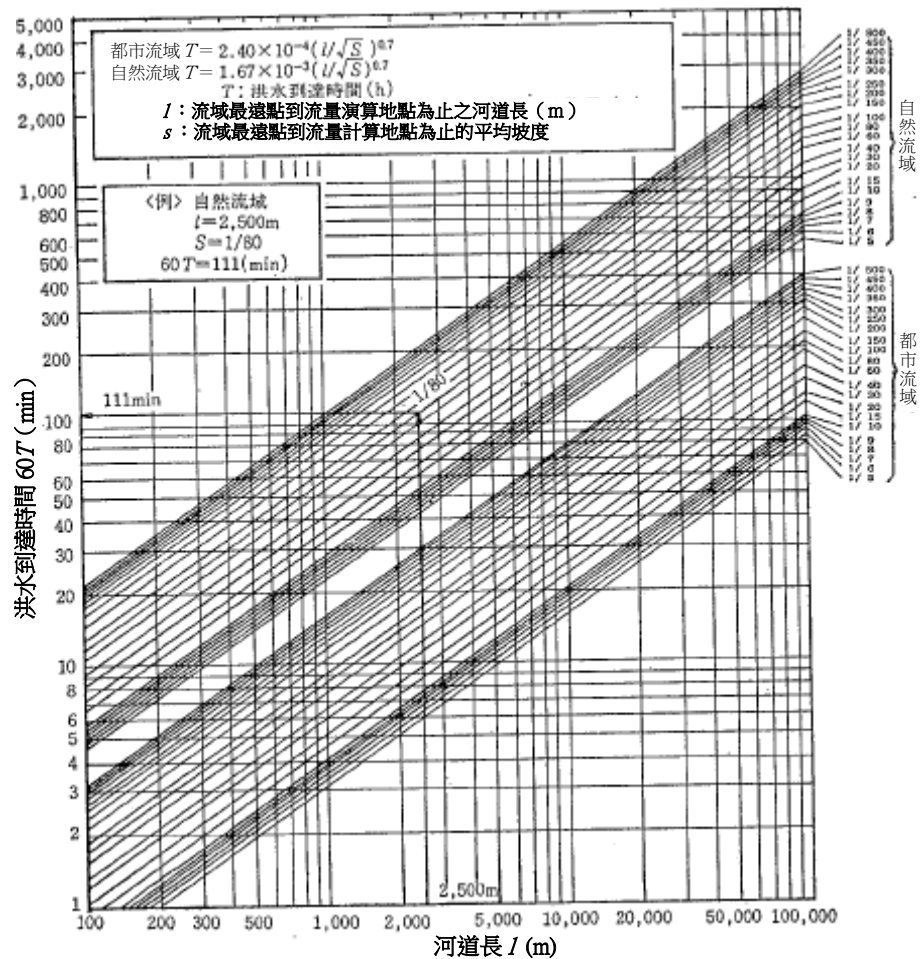


圖 5-5 洪水流下時間（土研式）（砂防設計公式集）

2) 洪水流入時間 (T¹)

洪水流入時間（指洪水到達流域內河道之平均流入時間）。因流域排水路整備狀況而異，但可依推估後續整備狀況設定之。一般而言，也可以下式標準設定之。

山區流域	2 km ²	30min
特別陡峭之斜面流域	2 km ²	30min

③ 洪水到達時間內的平均雨量強度

洪水到達時間內的平均雨量強度，應依據各地降雨量實測值統計，可依降雨持續時間之關係，選用Talbot 型、Sherman 型等不同類型呈現之。

若只能取得日雨量，可推估任一持續期間內雨量強度的公式，如下式所示。

1) 物部式

$$r_t = \frac{r_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^K$$

r_t : t 時間內的平均雨量強度(mm/h)

r_{24} : 日雨量 (mm)

t : 洪水到達時間 (h)

K : 2/3

以此公式計算 t 時間內的平均雨量強度時，可由圖 5-6 瞭解其概略值。

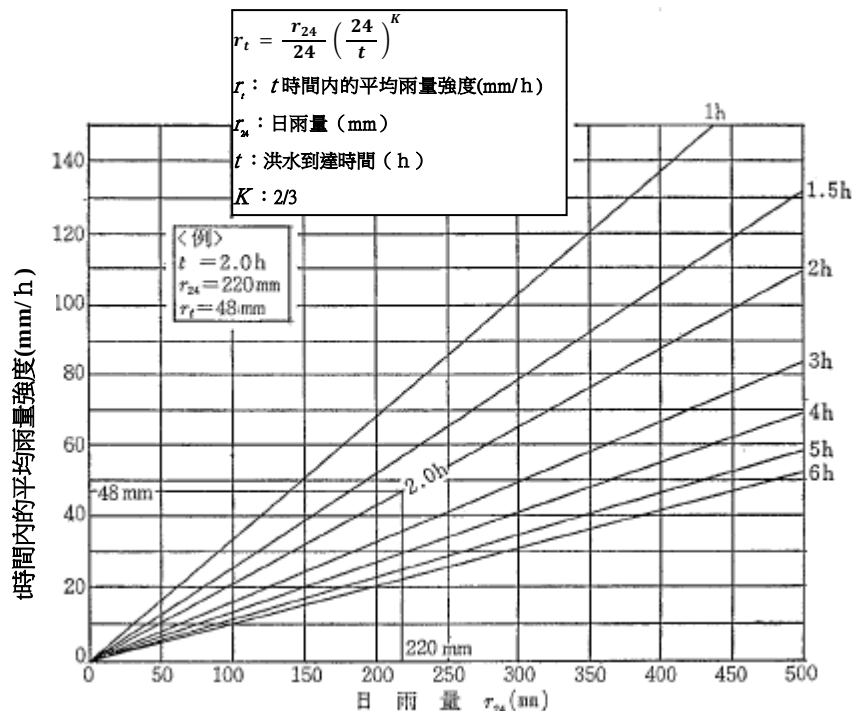


圖 5-6 由日雨量推估 t 時間內平均雨量強度之公式(物部式)

(砂防設計公式集)

2) 飯塚式

$$r_t = \frac{C_t}{100} \cdot r_{24}$$

$$C_t = \frac{34,710}{t^{1.35} + 1,502}$$

r_t : t 時間內的平均雨量強度 (mm/h)

R_{24} : 日雨量 (mm)

t : 洪水到達時間 (min)

C_t : 雨量強度係數 (%)

此外, C_t 與 t 之關係如 表 5-6 所示。此外, 依據上述公式計算 t 時間內平均雨量強度時, 用來確認其概略值的圖, 如圖 5-7 所示。

表 5-6 雨量強度係數

(砂防設計公式集)

t(min)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
C_t (%)	22.8	22.3	21.7	21.1	20.4	19.8	19.2	18.5	17.9	17.3	16.8	16.2

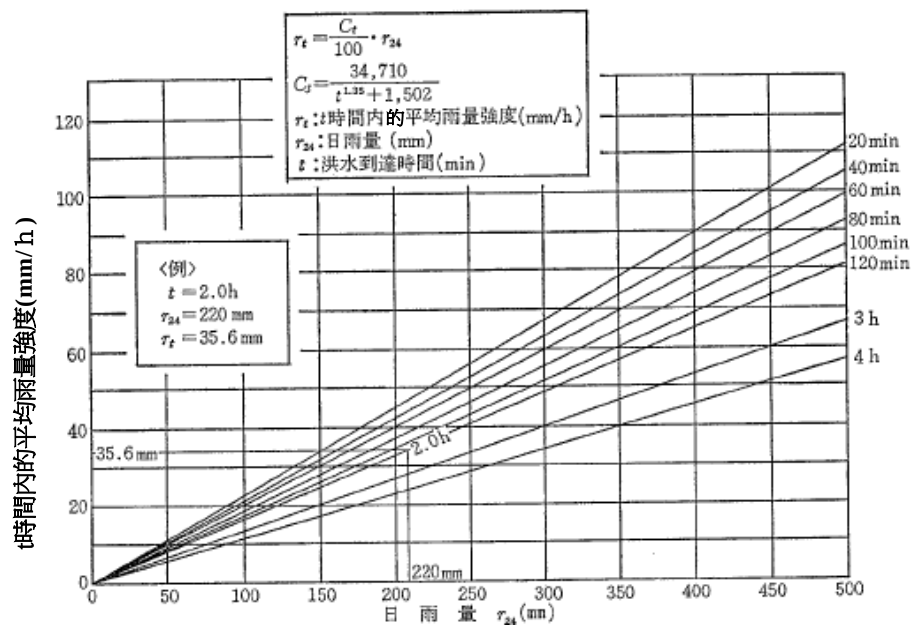


圖 5-7 由日雨量推估 t 時間內平均雨量強度之公式 (飯塚式)

(砂防設計公式集)

④ 含砂率

含砂率因流域水理條件與土砂流出特性而異。施作溪流保護工應於上游砂防工程進展到一定程度才開始規劃。其對象流量指已降低含砂率之洪水流, 因而可用下列的數值進行規劃。

- ・防砂工程施工中（相對於計畫土砂流出量，上游防砂工程已完成大於 50%）及防砂構造物彎曲已防止紊流的情況……………10%
- ・防砂工程完工時的情況……………5%

⑤ 比流量

正施作溪流保護工的河川，流域面積與比流量之關係如圖 5-8 所示。直屬防砂水系工程實施地點之案例，如圖 5-8～圖 5-12 所示。

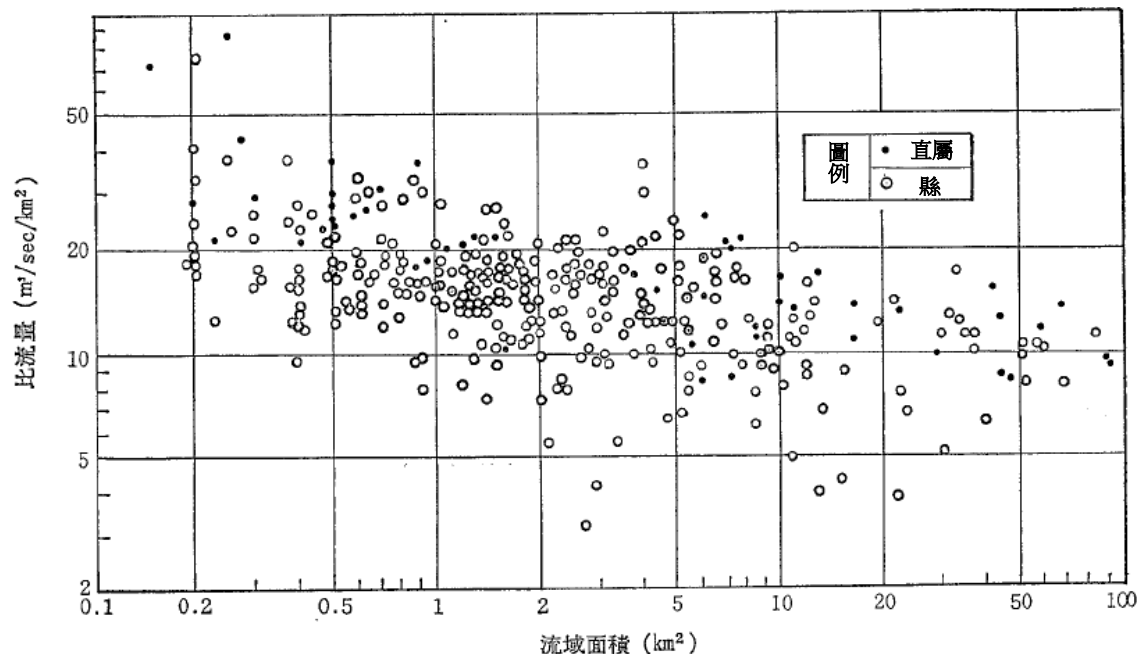


圖 5-8 比流量與流域面積之關係(溪流保護工程施工河川案例)(土木研究所,1974)

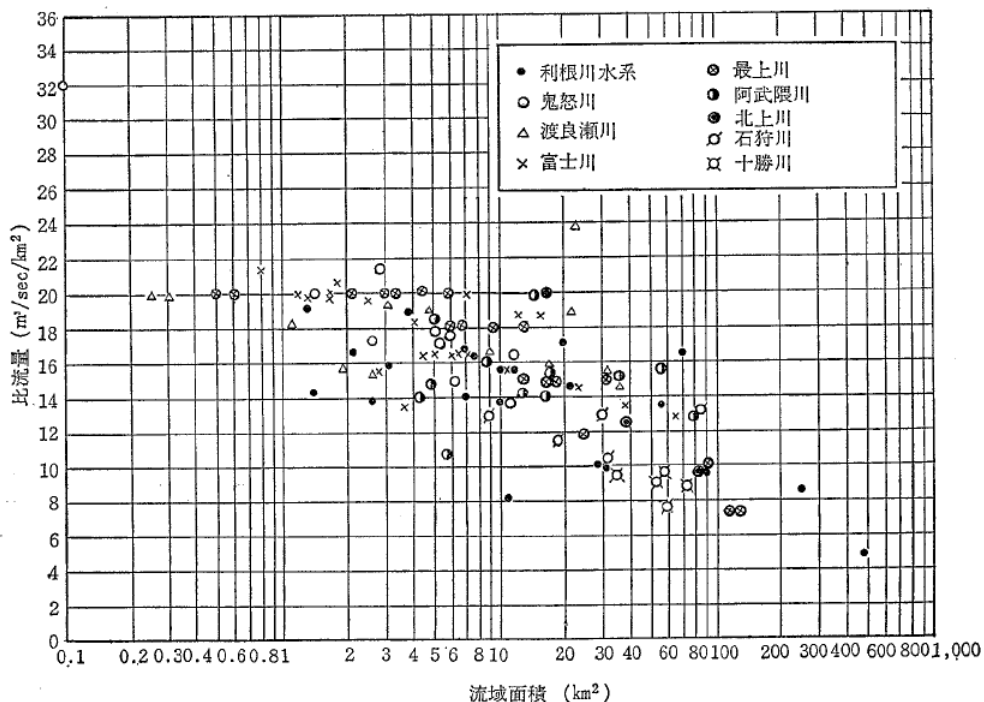


圖 5-9 直屬防砂工程施工區河川流域面積～比流量(北海道，東北，關東)(砂防設計公式集)

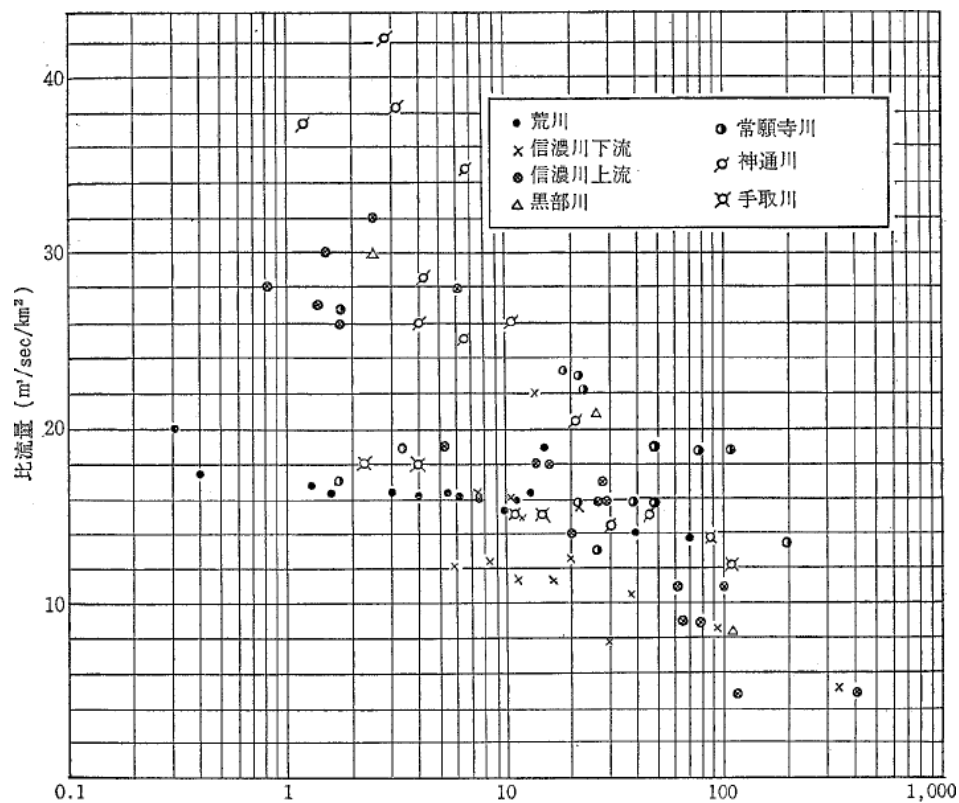


圖 5-10 直轄砂防施工河川流域面積～比流量(北陸)(砂防設計公式集)

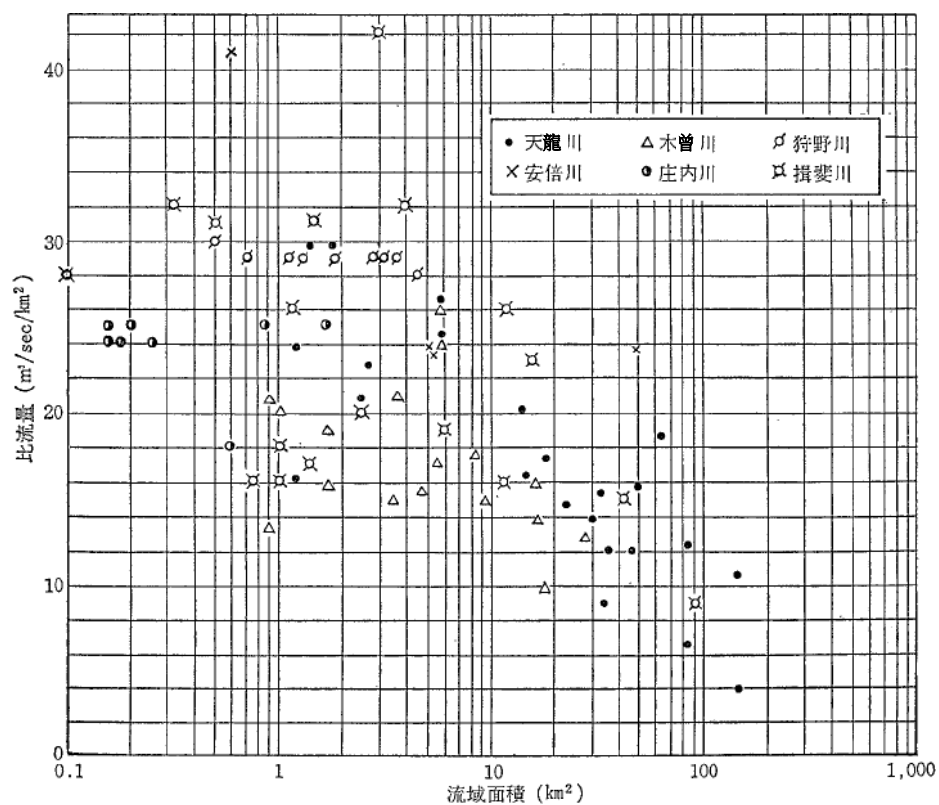


圖 5-11 直轄砂防施工河川流域面積～比流量(中部)(砂防設計公式集)

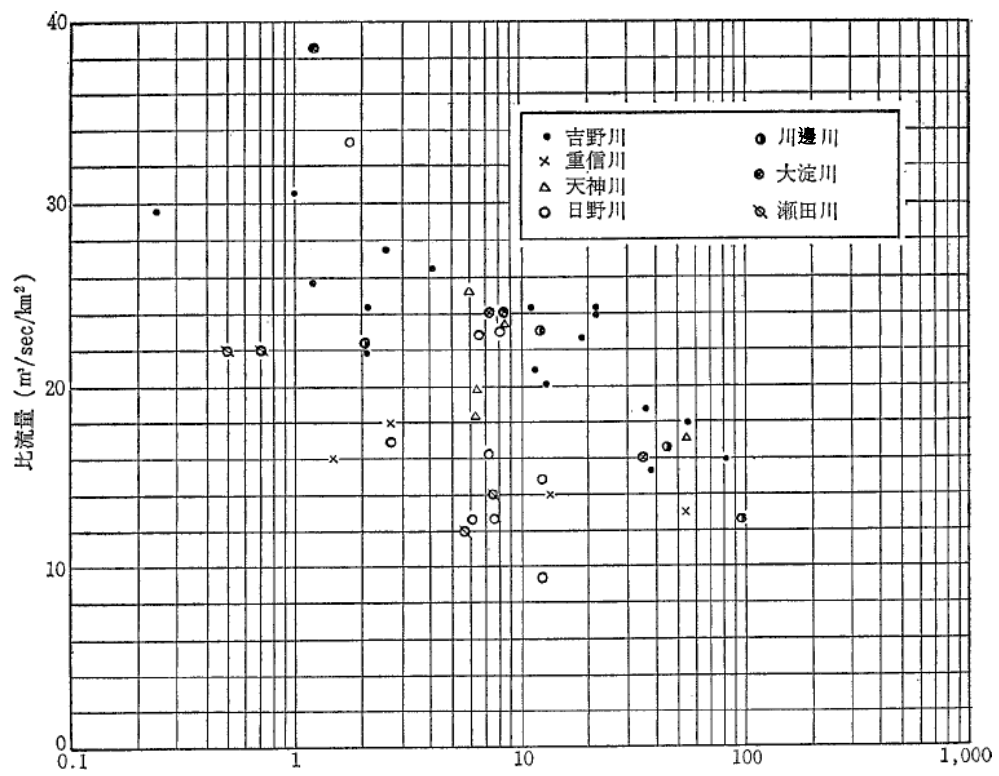


圖 5-12 直轄砂防施工河川流域面積～比流量(近畿, 中國, 四國, 九州)
(砂防設計公式集)

5.4 河道治理中心線

河道治理中心線應考量溪流之連續性與多樣性，尊重自然河道平面形狀，設定之。但若河道明顯彎曲不利於治水安全，應設定較緩和之河道治理中心線形狀。

<說 明>

早期溪流保護工河道治理中心線旨在讓水流平順流下，且為了將來容易維護管理而儘量設計成接近直線。但接近直線的河道治理中心線從溪流空間多樣性的角度來看，會有一些問題。因此，以避免產生治水安全問題為前提之河道治理中心線形狀，應參考5.2節所設定之溪流保護工對象範圍，瞭解過去深槽線變化與溪畔林分布特性、構造特性、河道內河道變動幅度、土地利用形態等，設定之。

若河道明顯彎曲、不利於治水安全，可以下述方法設定河道治理中心線。

- 曲線半徑與計畫河寬之比大於10~20，彎曲度大於 60° 。即使河道彎曲嚴重，曲線半徑與計畫河寬之比仍應大於5。
- 不得已需設反曲線時，曲線段與反曲線段最好劃設大於計畫河寬6倍之直線段。

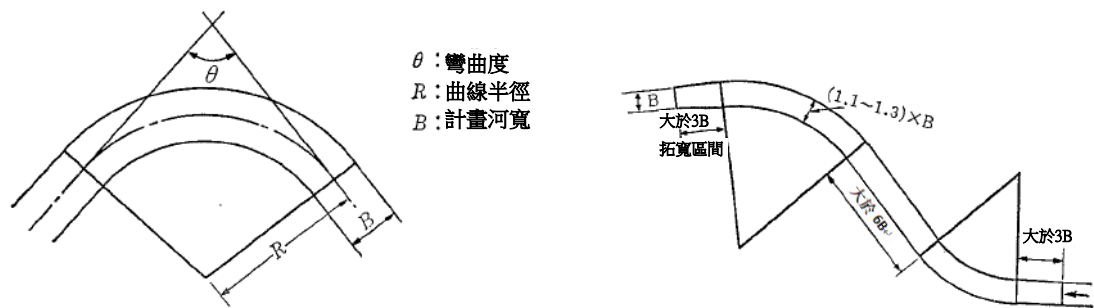
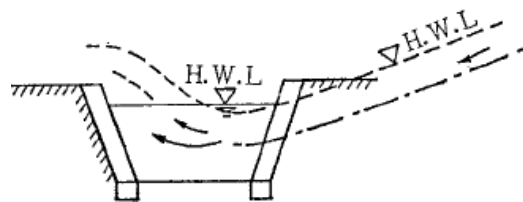


圖 5-13 河道治理中心線(池谷, 1977)

此外，支流匯流時，應妥善處理支流。一般而言，支流河道坡度陡峻容易產生超臨界流；相對的，主流原則上為常流（亞臨界流），即便洪水洪峰到達時刻延後，超臨界流變成常流仍會出現水躍現象、水流衝上對岸而具危險性。因此，除非支流流量等和主流相比小到可忽視，否則應於匯流點正上游之支流施作階段工，修正支流縱斷面坡度使之匯入主流等等，充分檢討匯流點附近縱斷面坡度與平面形狀等，讓支流平順匯入主流。匯流之支流大且明顯影響主流時，應特別注意。



來自支流水流有產生水躍衝上對岸、越過主流護岸之虞。

圖 5-14 支流之影響(池谷, 1977)

<低水流量河道治理中心線規劃〔鳥居川〕>

為確保常流水水深以維護水生生物棲息環境，設定水流多樣化與低水河道流量，則即使河床坡度變陡或小規模洪水，仍可防止水流巨大推移力淘刷護岸。這種情況下低水流量水路洪水時會產生明顯水流阻抗，因此，規劃溪流保護工應配合現況河道週期，避免河道過於蜿蜒。計畫規模洪水之水流示意圖有「河道中央方式」與「洪水主流方式」，應配合洪水沖刷段（凹岸）之位相，採用能安定低水流量水路的「洪水主流方式」。

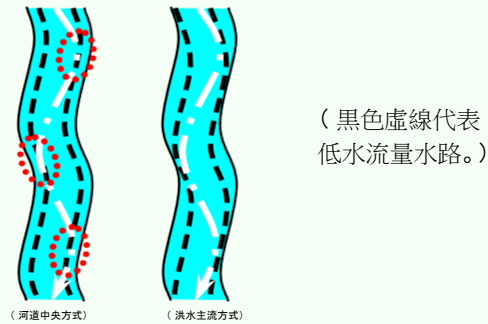


圖 5-15 低水流量河道治理中心線形狀 (長野縣建設部砂防課，2009)

5.5 計畫洪水位

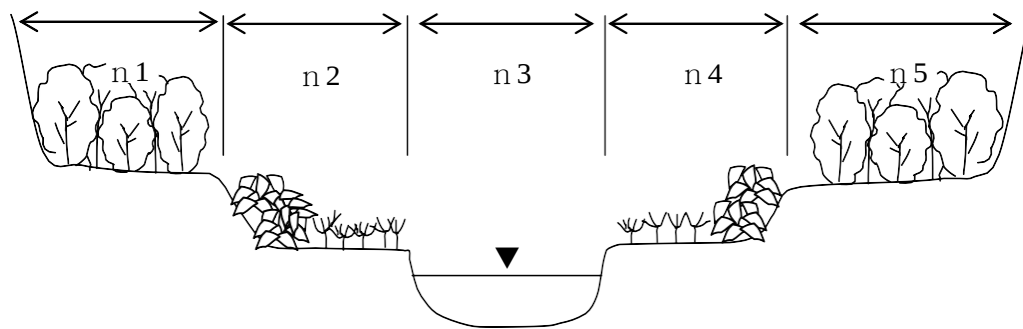
計畫洪水位應從維護計畫河床的角度，配合河道縱斷面形狀與橫斷面形狀，依據周邊地形狀況決定之。

<說 明>

計畫洪水位大多依據所給予之對象流量，假定水流為等速流（均勻流），且基本上以等速流演算求取之。但湍流河川等可能因水流湍急、水躍、溪床過度變動、蜿蜒位置改變等造成水位明顯變動，有時需進行模型試驗。此外，也可實施不等速流演算，掌握水位變動並設定計畫洪水位。

此外，若設定橫斷面計畫為自然狀態，可依據溪床狀態區分斷面、各自設定粗糙係數，算出計畫洪水位並反映到橫斷面規劃。

應考量溪畔林等的植生，實施流下能力等的演算，確保治水安全性。



區分斷面，各自設定粗糙係數。

溪畔林保護應估算植生區域所降低的水流流下能力，以此演算流量，確保治水所需安全橫斷面。應劃分河道內的區域，分別設定粗糙係數，驗證水流之流下能力。

圖5-16 流下能力之演算

5.6 縱斷面規劃

規劃縱斷面應充分考量河床安定，瞭解如何維護管理等，同時注意溪流連續性與多樣性，尊重自然河道縱斷面形狀，設定時應避免坡度變化太劇烈。

<說明>

溪流保護工縱斷面規劃應以河川砂防技術基準（案）同解說設計編第 6.3 節所定之內容為基本內容。

甲、坡度變化

若坡度變化太大，坡度變化點附近可能產生淘刷或淤積現象，致使溪流保護工維護工作室礙難行。設定坡度變化點之坡度與水深，其上下游推移力變化應避免大於50%。

圖 5-17之推移力如 $u_*^2 = g \cdot H \cdot I$ 所示（ $g = 9.8\text{m/sec}^2$, H ：水深， I ：坡度）

$$A \text{ 區間之推移力為 } u_{*A}^2 = g \cdot H_A \cdot I_A$$

$$B \text{ 區間之推移力為 } u_{*B}^2 = g \cdot H_B \cdot I_B$$

$$\text{若所設定之計劃水深相同，} H_A = H_B$$

推移力變化則如 u_{*A}^2 / u_{*B}^2 所示，

$$\frac{u_{*A}^2}{u_{*B}^2} = \frac{g \cdot H_A \cdot I_A}{g \cdot H_B \cdot I_B} = \frac{I_A}{I_B}$$

此數值為與計畫河床坡度之比值。因此，推移力驟變代表 A、B 區間推移力的比產生明顯變化，因此規劃時應避免縱斷面坡度之比 $I_A = I_B$ 數值過大。一般而言，

$$I_A \geq 1/30 \text{ 時，} u_{*A}^2 / u_{*B}^2 \leq 2$$

$$I_A < 1/30 \text{ 時，} u_{*A}^2 / u_{*B}^2 \leq 1.5$$

可以此目標值進行規劃。

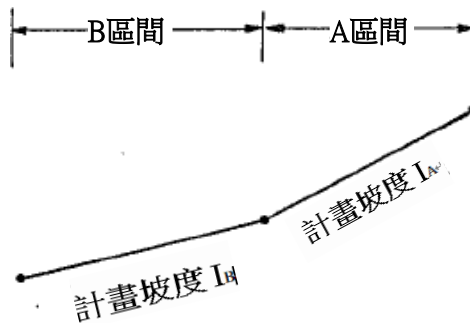


圖 5-17 縱斷面坡度之比(池谷, 1977)

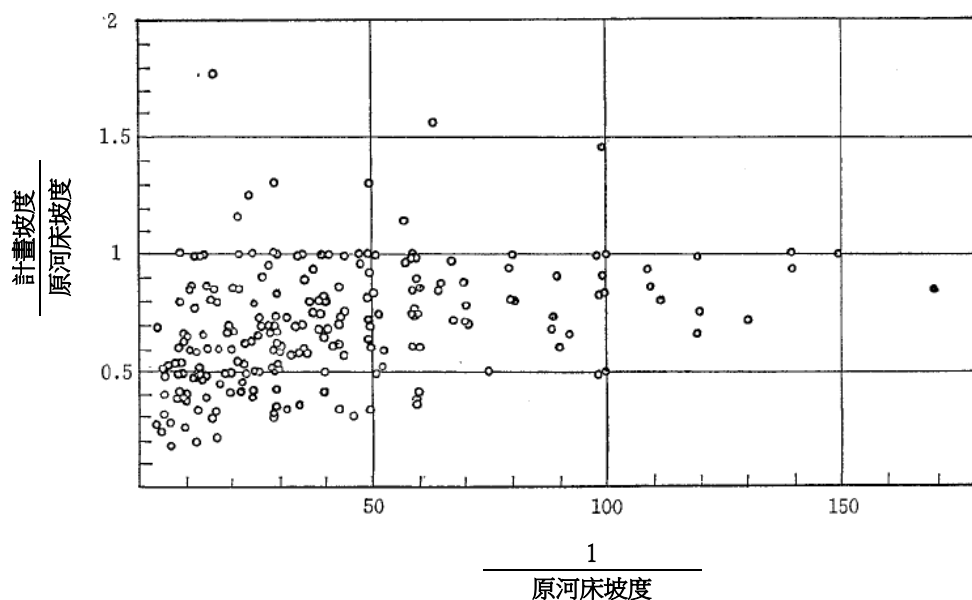


圖 5-18 原河床坡度與計畫坡度之關係(土木研究所,1974)

② 計算河床坡度之方法(縱斷面形狀)

1) 緊鄰保全對象之區域

緊鄰保全對象且位於坡度變化點、局部淘刷明顯地點及支流匯流地點，原則上應注意淘刷與淤積等，施作固床工等以便形成落差。此外，設定落差前應先整理、掌握現況河床坡度、靜態平均坡度與動態平均坡度之關係，擬定特別注意溪流連續性的縱斷面計畫。

2) 無緊鄰保全對象等之區域

只要無治水問題，應尊重自然河道縱斷面形狀。

一般若某坡度持續很長距離，中間可設置抑制河床變動之帶工；若該地點河床變動不會影響治水，也可不設置帶工。除此之外，岩石裸露地點可代替帶工等，發揮現況溪流之特性。

非治水安全考量重點區者，可不管控縱斷面，放任形成自然縱斷面形狀。若規劃施作人工淺水潭，設計時最好避免淺水潭明顯偏離計畫河床高程。

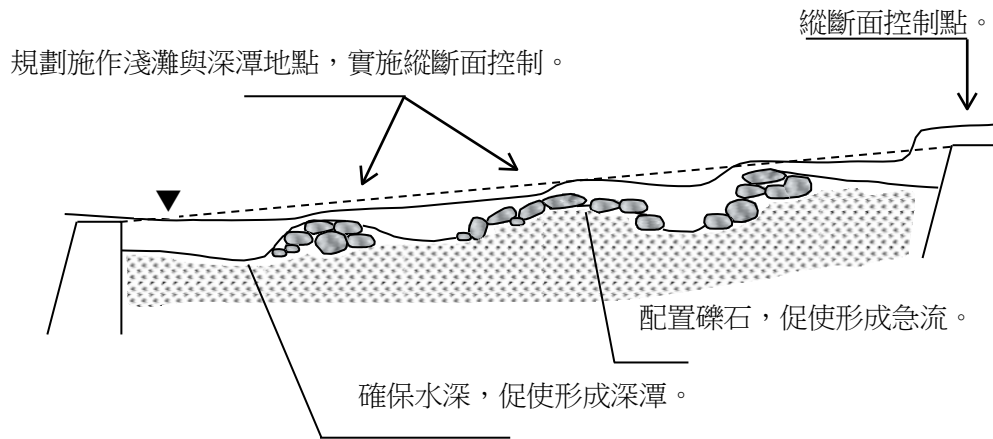


圖5-19 縱斷面狀之管控

淺灘與深潭搭配丁壩工，更能發揮機能。

③ 溪畔林

溪畔林具防風、防火、防霧、涵養水源等防災與環境保護機能，若現場條件具備，最好留下溪畔林。特別是鑽天柳等稀少種生長或已形成多樣化環境的溪畔林，須配合環境要素或地區民眾要求保護時，應建立保存方法。

此外，溪畔林可能漂流木化，應以溪床坡度為判準，判斷是否砍伐或保護等。

- 溪床坡度大於 5° : 為「砂防基本計劃策定指針(土石流與漂流木對策編)」明訂之土石流對策對應區間，不在本指引(案)處理範圍內。
- 溪床坡度 $2^{\circ} \sim 5^{\circ}$: 基本上應砍伐，但若考量水流推移力、河寬、周邊地形條件判斷應保留時，得保留之。
- 溪床坡度小於 2° : 最好留下溪畔林。留下(利用)溪畔林時，為避免發生漂流木災害，應規劃施作漂流木攔阻工等對策工。

〈漂流木災害之發生與流域面積關聯性案例〉

彙整過去漂流木災害發現，漂流木發生地點坡度都大於 2° ，調查上游流域面積則顯示，大多是面積小於 1 km^2 的小溪流。由此可知，漂流木之發生與流量、推移力之關係密切。

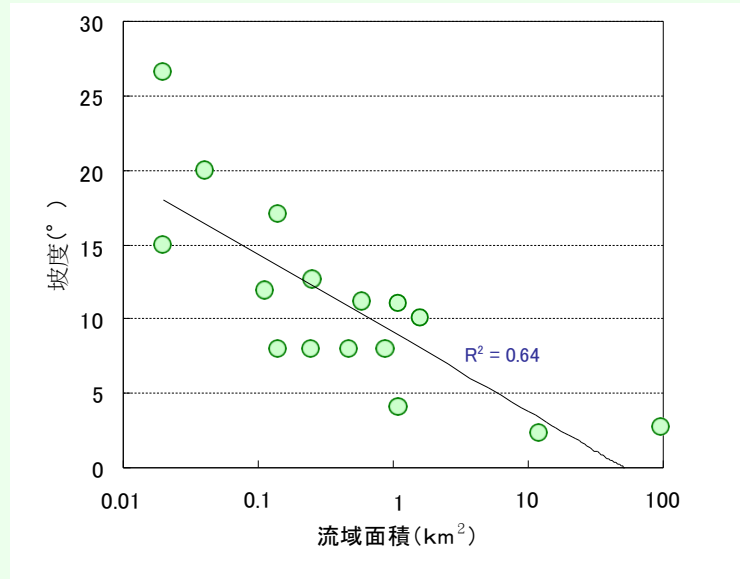


圖 5-20 漂流木發生流域之流域面積與坡度的關係

5.7 計畫斷面

計畫斷面應考量對象流量、河道之縱斷面坡度、平面形狀、背後地土地利用狀況、溪畔林分布特性與構造特性等，以及溪流連續性與多樣性等，決定之。

<說明>

溪流保護工之計畫斷面應以河川砂防技術基準（案）同解說設計編第 6.4 節所規定內容為基本內容。

計畫斷面若能確保治水安全，應依據 5.2 節所設定溪流保護工對象範圍，瞭解過去深槽線變化及溪畔林分布特性與構造特性、河道內河道變動幅度、土地利用形態等設定之。此外，最好尊重現況河道斷面，不實施溪床整理而儘量拓寬河道斷面。此外，現況溪流之橫斷面形狀可反映洪水或土砂移動、淹水頻率影響，設定時最好尊重該橫斷面形狀（參照圖 4-1）。

為避免河道縱橫向侵蝕引致土砂流出，並於下游堆積形成砂礫堆積、助長側岸侵蝕，應設定也納入複斷面形狀考量的計畫河道寬或計畫河道坡度。此外，應一併調控上游土砂生產區域的土砂流出。溪流流動量提高會帶動增加土砂移動量，於河道中央形成大規模砂礫堆積。這些砂礫堆積會將水流推向一邊而助長侵蝕。但和無樹林區間相比，樹林帶區間及樹林帶內樹林帶密度較高的溪岸，更能抑制側向侵蝕幅度。

① 計畫寬度

1) 緊鄰保全對象之區間

水流流下寬度所需河道寬，通常採取下列公式所算出之值。計畫寬應避免小於該值。

$$B = \alpha Q^{1/2}$$

B：河寬(m)，Q：流量(m³/s)， α 係數

表 5-7 α 的值（池谷，1977）

流域面積A大小（km ² ）	α 值
$A \leq 1.0$	2~3
$1.0 < A \leq 10.0$	2~4
$10.0 < A \leq 100$	3~5
$100 < A$	3~6

2) 未緊鄰保全對象之區間

以 5.2 節所設定溪流保護工之對象範圍為計畫寬，維護現況溪流狀態。但考量今後土地利用與維護管理等，應先確保 1) 公式所推估寬度之計畫寬度。

<創造溪畔植生所需河寬等的設定>

『確保溪畔植生基地所需河道橫斷面形狀之設定方法（小山內等，2001）』中，以利根川水系大谷川河道工為例，進行砂防工程（設置低水流量護岸）對溪畔植生影響的調查，其結果彙整為河寬、水力半徑、植生關係圖。

小山內等(2001)在河寬（B）水力半徑（R）的座標平面（稱為B-R平面）上整理了既存植生狀況，又在B-R平面追加以河制公式（ $B = \alpha Q^{1/2}$ ）與曼寧公式所取得輔助線，一一整理各既存植物群落之立地條件，以及與流量規模、河制公式 α 的關聯。相關公式如下。

$$\log R = 3/5 \cdot \log B + 3/5 \cdot \log (I/K \alpha^2) \quad \dots \dots \text{(式-1)}$$

$$\log R = -3/5 \cdot \log B + 3/5 \cdot \log (Q/K) \quad \dots \dots \text{(式-2)}$$

※式-1 為河制公式設定為一定值，式-2 為流量固定時

B：河寬 V：流速 Q：流量 A：溢洪道斷面積 n：粗糙係數 R：水力半徑
I：河床坡度 α ：河制係數 $K：1/n \cdot I^{1/2}$

其設定構想為，假定現地調查結果如下圖所示、溪畔存在三種植物群落（X,Y,Z）（圖 5-21），於B-R平面展繪上述關係、畫出包絡線，便能得到圖 5-22。Y群落形成之流量範圍，可由Q相關輔助線看出是 $Q_{y1} \sim Q_{y2}$ ，植物群落生長之立地範圍，則可從與水理條件的關聯性的角度判斷之。

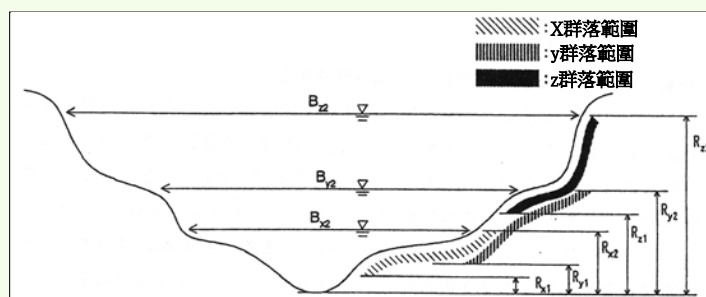


圖 5-21 溪流植生群落形成模式圖(小山內等,2001)

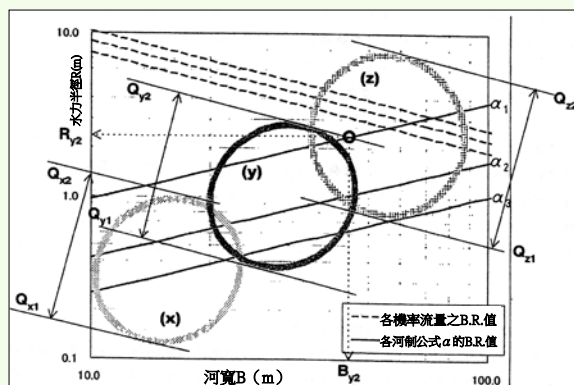
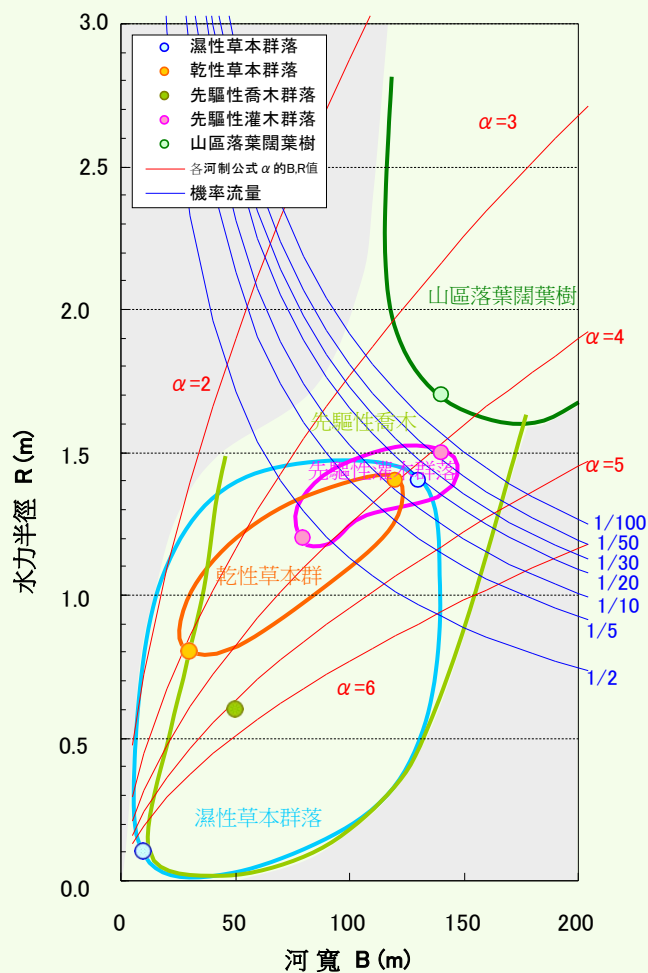


圖 5-22 河寬-水力半徑(B-R)平面模式圖(小山内等,2001※)

亦即，連續區間要形成Y群落，可先決定標準 α 值，然後於全部河道寬度內設定可讓 Q_{r2} 流動之河寬（ B_{y2} ）與水力半徑（ R_{y2} ）為目標的河道形狀。這種關係套用在大谷川流域，可得到圖 5-23。



(小山内等,2001 修改)

圖5-23 河寬、水力半徑與植生之關聯性

表 5-8 各植生類型形成之範圍

植生類型與主要族群名稱	下限				上限			
	河寬	水力半徑	流量	重現期距	河寬	水力半徑	流量	重現期距
①濕性草本群落 蘆葦群落	10	0.1	1	*	130	1.4	840	<1/10
②乾性草本群落 茵陳稗、拂子茅群落	30	0.8	80	*	120	1.4	780	<1/5
③先驅性喬木群落 龍江柳群落	50	0.6	80	*	-	-	-	-
④先驅性灌木群落 牛奶子（秋茱萸）群落	80	1.2	400	*	140	1.5	1,020	>1/30
⑤山區落葉闊葉樹 櫟林群落	140	1.7	1,250	1/100	-	-	-	-

河寬：m 水力半徑：m 流量： m^3/s ※「*」代表小於 2 年重現期距流量。

表 5-9 調查範圍之重現期距流量

年重現期距	流量(m^3/s)
2	528
5	757
10	869
20	996
30	1070
50	1153
100	1270

小山内等（2001※）

本方法係於標示河寬與水力半徑的座標平面上，畫出依據河制公式所完成的河寬與水力半徑關係輔助線，以及一定流量時河寬與水力半徑關係之輔助線，整理其植生形成狀況，可淺顯易懂的說明植物群落形成狀況。

據此，讓溪流保護工整備河川與溪流出現植生（含不希望出現植生之情況）時，可應用設定之河寬標準值，作為B-R 平面設定時的目標值依據。

※ 小山内等（2001）：確保溪畔植生成立基礎所需河道整備方法相關之實驗，土木技術資料，Vol.41

② 出水高

溪流保護工出水高，原則上應依據對象流量設定之（表 5-10）。

但陡坡溪流容易產生河床變動與土砂流出，加上流速大、水面變動，須設定足夠之出水高。

另一方面，出水高與河寬也有關聯。相同流量時河寬越大，計畫洪水位水深越小，一般規定的出水高即可安全。

因此，出水高應設定可隨河床坡度變化，出水高（ ΔH ）與計畫洪水位（ H ）之比例（ $\Delta H/H$ ）則不可小於表 5-11 之值。

表 5-10 對象流量與出水高 (河川砂防技術基準(案)同解說計畫編)

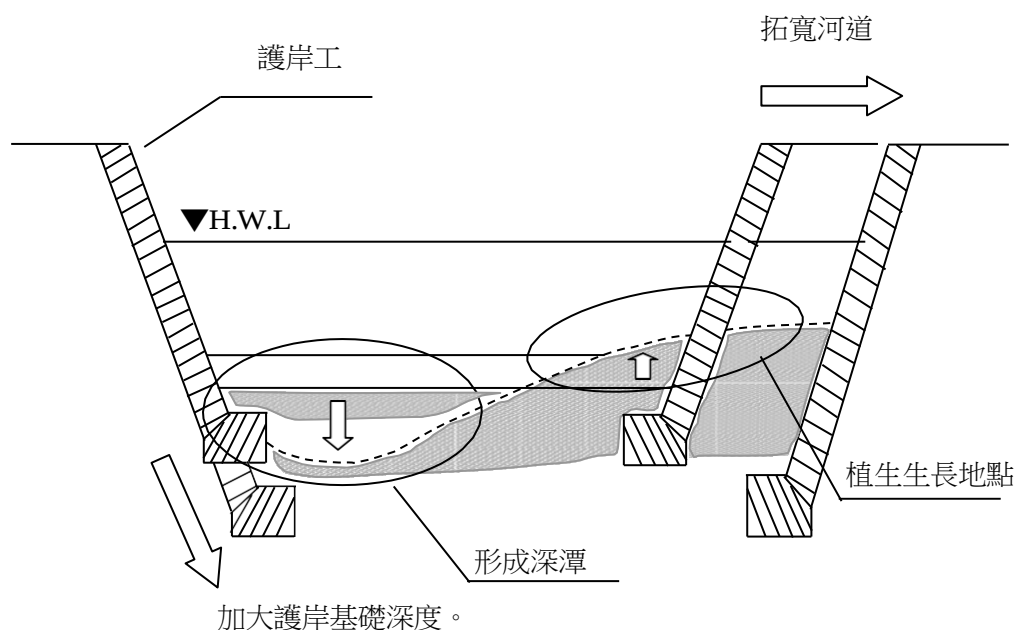
對象流量	出水高
小於200m ³ /s	0.6 m
200~500 m ³ /s	0.8 m
大於500m ³ /s	1.0 m

表 5-11 計畫河床坡度與出水高之比 (河川砂防技術基準(案)同解說計畫編)

坡 度	~1/10	1/10~1/30	1/30~1/50	1/50~1/70	1/70~1/100	1/100~1/200
$\Delta H/H$ 值	0.50	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10

此外，除非有治水問題，否則出水高部分應儘量填方邊坡處理；若使用混凝土等，可於出水高部分以填方覆蓋，美化環境與景觀。

有效應用溪流空間、讓斷面產生變化以促進微地形多樣性、確保多樣化流況。



為確保多樣流況，應讓水流蜿蜒，形成多樣性微地形。為此，應拓寬河道斷面，促進形成砂礫堆積。此外，有河心沙洲時應適當處置，避免洪水對流況產生不良影響之外，儘量保護沙洲及拓寬河道斷面，確保治水所需安全斷面。此時可由不等速流（非均勻流）算出護岸高程，確認其安全性。

圖5-24 護岸配置之設計

③ 彎曲河段之橫斷面形狀

彎曲河段凹岸水流湧高，凸岸易土砂淤積，因此應充分確保河道斷面。

納普（Knapp）指出，假定河道為靜水面，水路外側壁水面高程與靜水面之差 h ，可以下式說明。

$$h = b \cdot v^2 / r \cdot g$$

b ：水路寬(m)

v ：水路彎曲段平均流速 (m/sec)

r ：水路中心線曲率半徑 (m)

三面鋪設水泥之水路會減少上述彎曲所形成水位差，若要讓水流沿曲線水路安定流動，水路床需設置橫斷面坡度。但水路彎曲始點設置橫斷面坡度，可能反使水流不安定，亦即，應有適當的緩衝區間。

橫斷面坡度（康德公式）如下。

$$\tan \varphi = v^2 / r \cdot g$$

φ ：水路上的傾斜角（度）

v ：水路彎曲段平均流速 (m/sec)

r ：水路中心線曲率半徑 (m)

除此之外，格拉休（Grashof）公式如下

$$h = (v^2 / g) \times \{2303(\log R_2 - \log R_1)\}$$

R_1 ：水路內側曲率半徑 (m)

R_2 ：水路外側曲率半徑 (m)

兩者的值幾乎相同。

另外，極端 S 形彎曲河道與水流偏向水路外側的急彎河道，不適用上述三種公式。此時應修改河道治理中心線形狀。

洪水時水流會集中彎曲河段之外彎而流下，淘刷力強，因此，除了直線河段護岸工之外，彎曲河段外彎更需構築強固護岸工。兩面鋪設混凝土的水路，應評估是否加深基礎，避免淘刷。

④ 支流處理

當主流與支流土砂流出少，且兩者的河床坡度與計畫洪水位均相同之溪流（兩者之推移力相同），匯流點下游溪流保護工寬度可設定主支流各河道寬之和為計畫河寬。此作法可適用主支流相同坡度與相同水深時。然後，此時計畫河寬可以水深與坡度決定之。當然，匯流點下游應設橫向構造物。

此外，若主流推移力大於支流，支流土砂可隨主流水流往下游動；但若支流推移力較大，匯流點下游可能形成土砂淤積，產生河道斷面不足問題。

此時可讓 α_3 小於 $\alpha_1 + \alpha_2$ 之和以提高推移力，防止土砂淤積。極端情況下，也可設定為 $\alpha_3 \doteq \alpha_1$ 。

此時推移力之增加代表水位提高，護岸會有破壞與淘刷問題。因此，處理這類匯流點，應特別注意設定適當的計畫洪水位。

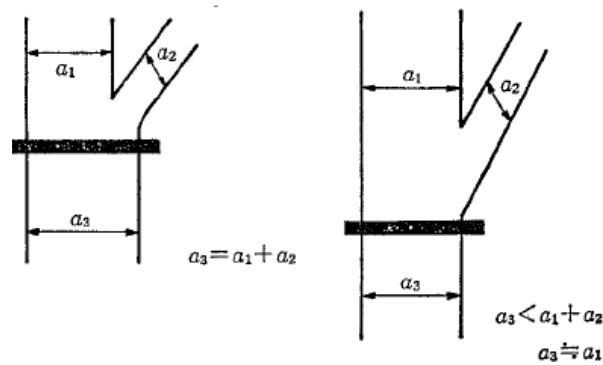


圖 5-25 主流與支流之河寬（池谷,1977）

⑤ 上游端處理（河床維護工程）

溪流保護工之上游端不論該溪流荒野狀況與防砂工程進行狀況如何，為應對萬一土砂流出，應施作具土砂流出抑制與調節功能之防砂壩或固床工。這種防砂壩或固床工需有調節水流機能，規劃時應注意壩翼是否嵌入山體。

但若防砂壩副壩或垂直壁上設置溪流保護工，前提是防砂壩須能安全貯蓄超過計畫之流出土砂。若防砂壩本身有防止縱橫向侵蝕等用途，防砂壩與溪流保護工直接連結恐引致土砂調節失衡，因此，防砂壩與溪流保護工之間最好設置適當長度的土砂調節區間。

最上游端之防砂壩或固床工可規劃為堰堤的斷面，但溪流保護工斷面係明渠河道斷面，兩者之間須有銜接。銜接部分應取適當長度，避免突然改變水理條件。

若超臨界流區域固床工壩翼往河道內側突出，可能使水位上升引致越流情形。

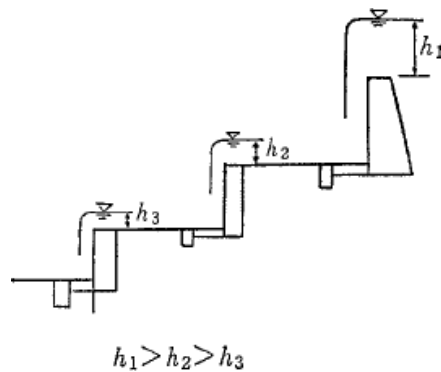


圖5-26 經過調整後水位變化情形（池谷，1977）

土木研究所試驗顯示，若壩翼靠上游端與河岸貼合處太陡，固床工下游側可能出現水流沖擊作用攪動河床現象，需特別注意。

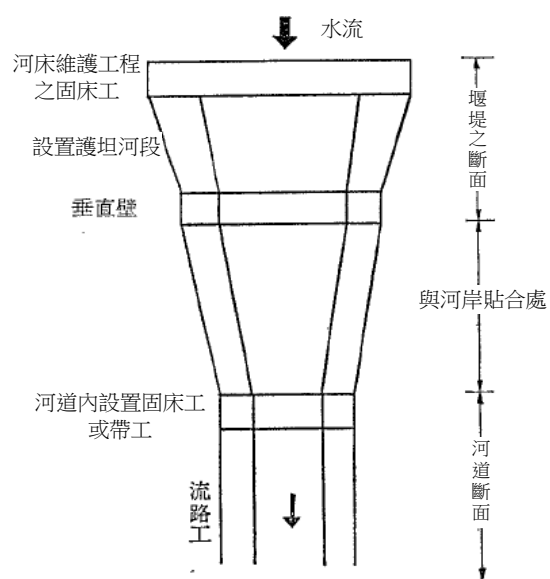


圖 5-27 固床工壩翼與河岸貼緊案例（池谷，1977）

⑥ 溪畔林保護對策

為確保溪畔植生生長基地，應個別設定河道之橫斷面形狀與配置。溪畔林具防風、防火等防災功能與環境保護功能，若場域條件許可，可保留溪畔林。此時應依據下列整備方針，整理溪畔林。

在深槽線變動之不安定帶、小規模洪水洪氾影響之半安定帶，以及能生長喬木的安定帶等，為確保「場域多樣性」之溪流橫斷面構造，應有必要之河寬保護。

為保護現況溪畔林，應量測既有樹林帶密度，以數值模擬模型演算保護功能，決定應維護管理之河道形狀。

整備溪流保護工而導入溪畔林（植樹或促進植生自然侵入），應確認樹林帶目標密度以決定植生導入方法。過去的試驗結果雖某種程度確認溪畔林具側向侵蝕抑制功能，但試驗標的之樹林帶密度也有最低約 0.4% 之情形，此與過去實測之樹林帶密度比較，有較高之情形（例如水山，1990）。過去試驗顯示，若支撐樹林帶的河階面受侵蝕，實際上常有側向侵蝕成崖狀而危及樹林安定（小山內等，1999）情況，因此，樹林帶只具備有限的側向侵蝕抑制功能。因此，希望樹林帶發揮側向侵蝕抑制功能，除了規劃河道整體構造以抑制側向侵蝕之外，應將側岸附近水流限制在土砂運移減緩、福祿數約小於 1 的和緩範圍內。若要產生目標群落也需一定長期歲月，因此應同時施作具粗糙度功能的輔助構造物。

引進植生應掌握周邊溪流內自然植生群落，高程接近河床之溪岸可配置柳樹等先驅性樹種Ⅰ，高程接近洪水河階部分可配置先驅性闊葉樹等先驅樹種Ⅱ。

＜納入溪畔林的防砂計畫＞

納入溪畔林的防砂計畫可實施過去河床變動狀況與二維洪氾模擬，設定河道寬度、實施基礎工配置。

下列案例係參考依現地調查所確認之溪畔林抵抗力及根系發達狀況所製作二維洪氾模擬，算出侵蝕深度及流體力並依據其結果與樹高分布等，利用GIS（地理資訊管理系統）進行分析，整理溪畔林可能漂流木化地點，推估漂流木發生量。

計畫規模可分為大規模洪水時（1/100 年），與確保可維護防砂林生態空間、發揮防災功能中小規模洪水洪氾區域所需之中小規模洪水時（1/30 年）二種。實施現況下大規模洪水時與中小規模洪水時的模擬演算，提出可解決大規模洪水防災問題的設施配置計畫，並針對其中最佳方案實施中小規模洪水模擬演算，瞭解能否確保防砂林生態空間。演算係將分析範圍分割成10m×10m的正方形網格，實施之。

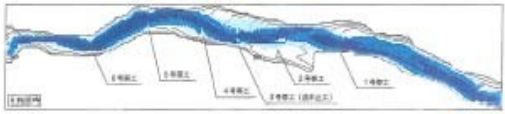
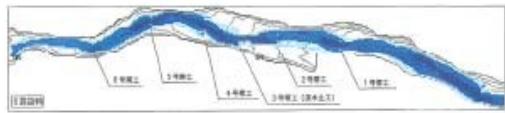
100年重現期模擬比較表		
	模擬圖	演算結果與各單元
無設施		洪氾範圍相當大，深槽線沿線水位也頗高。因此，防砂林可能大量漂流木化。此外，3.0km 上游地點產生嚴重洪氾。
第3案		和無設施時相比，3.0km 地點洪氾狀況已有所抑制。水流集中在深槽線沿線，因此防砂林漂流木化狀況減弱。
30年重現期模擬比較表		
	模擬圖	演算結果與各單元
無設施		上游 3.0km 地點產生洪氾。深槽線沿線分布與防砂林變化有關之洪氾區域，應確保這些區域範圍。
第3案		3.0km 上游地點洪氾已受抑制。設施配置完成後洪氾範圍基本上與無設施時相比變化不大，顯示已確保與防砂林變化有關之洪氾區域。

圖5-28 模擬演算結果案例

5.8 溪流保護工砂防構造物之規劃

為達成對象溪流保護工應有功能，讓溪流保護工於研究範圍內各地點發揮所需各項機能，應適切地施作各種防砂構造物（固床工、帶工、護岸工、丁壩工等）。

＜說明＞

溪流保護工基本內涵為空間整備，為達成溪流保護工整體應有之功能，應配置各種防砂構造物。

此外，非保全對象相鄰之區間，應儘量避免固定河道，而應某種程度容許河床變動或溪床攪動。

除了應用過去常用的河川砂防技術基準與砂防設計公式集之外，也可使用試驗與研究取得之成果與模擬演算等最新技術，提出設施規劃案、設定各單元。

① 固床工

溪流保護工之固床工旨在維護計畫河床安定。一般而言；應設在溪流保護工上下游端、計畫河床坡度變化點、河道河床鋪設工上下游端，及決定計畫河床時所需地點。

1) 間距與高度

規劃固床工應確保所設定之計畫河床坡度，因此須選擇適合的固床工間距與高度，決定最終方案。

固床工間距與高度可參考下式，決定之。

$$l = \frac{m \cdot n}{m - n} \cdot h$$

l ：固床工間距（m）

h ：固床工落差（m）

$1/n$ ：現況溪床坡度

$1/m$ ：計畫溪床坡度

〈適用範圍〉固床工落差固定時，同一計畫河床坡度的區間）

所規劃施作之溪流保護工係為防止紊流或偏流時，可使用下列公式。

$$l = (1.5 \sim 2.0)B$$

B ：河道工寬度

此外，可取得如下之經驗值。

$$1/30 > 1/m > 1/60 \text{ 時， } l = (1.0 \sim 2.0) \cdot m$$

$$1/60 > 1/m \text{ 時， } l = (1.0 \sim 1.5) \cdot m$$

m ：靜態平衡坡度之分母（ $1/m$ ）

l ：橫向構造物之間距（固床工或帶工）

固床工具萬一護岸工破壞可最大幅度降低構造物毀損之機能，因此即使溪流保護工不得已需局部築堤，原則上固床工也應設在目前地盤穩定位置。此外，固床工不可設在曲流段等偏流區間，即使為防止偏流引致河床降低，也最好設在偏流下游端。

固床工間距狹窄時水流不易變寬，可抑制砂礫堆積發達與側向侵蝕。但因水流不易變寬，水流會在水深較深、流速較快狀態沖擊固床工壩翼背面，固床工正上游附近水流明顯紊亂。反之，固床工間距太大溢流初期會造成河床降低、中規模洪水時不易形成砂礫堆積，側向侵蝕也停止。

即使適當地點設置固床工可抑制水流變寬，固床工之間距仍可能產生淘刷與土砂淤積，因此應設定將固床工間距到某程度以下。此時模擬之方法相當有效。

阿部等（1981）※※試驗發現，橫向構造物間距小於 2 倍河道工寬會降低砂礫堆積高度。此外，固床工間距為河道寬 1/2、溢洪口寬 1.9 倍之案例，砂礫堆積明顯較多且發達側向侵蝕受抑制，此數值可作為今後設定固床工間距之參考標準。

此外研究顯示，樹林帶區間河床坡度變化會因受侵蝕趨緩，無樹林區間坡度變化趨緩現象則不如樹林帶區間明顯。此因無樹林區間側向侵蝕多少大於樹林帶區間。洪峰流量時樹林帶區間河床上升，但卻無直進性水流；無樹林區間砂礫堆積擴散到佈滿整個水路寬，洪峰流量過後砂礫堆積仍在、左右岸水路成固定狀態，無樹林區間之試驗水路側壁底部因而長時間遭受淘刷。

針對無樹林帶側向侵蝕問題，要讓固床工在預期流量出現時變成潛壩，應降低落差高。此外，固床工間距太短可能降低其經濟性，應研究確保水流順暢、固床工前面設計成斜坡式等對策。

固床工高程落差方面，低落差可抑制側向侵蝕，高落差則即使水流直進性強烈也能留下砂礫堆積，水流則往側向前進；但若試驗與演算時都計入固床工下方淘刷狀況，水流會加寬。由此可見，縮小固床工落差高程使呈現潛壩狀態等措施，可使水流順暢通過固床工、縮小水流加寬角度，達到抑制側向侵蝕功能。但即使縮小水流加寬角度，若未以固床工等限制河道寬，河寬最終可能擴大到芦田等（1975）※所指出的約自然形成之河道寬（ B_s ：安定河道寬， $B_s = \alpha Q^{1/2}$ ，此時 α ：係數， Q ：流量）並形成砂礫堆積，可能會出現河道分叉現象。

※※ 阿部等（1981）：單列砂礫堆積地形領域之橫向構造物功能，砂防學會誌 Vol.34, No.2, p.27-34

※ 芦田等（1975）：河道工施工規劃之相關水理學研究，砂防學會誌 Vol.28, No.2, p.9-16

2) 固床工之重疊高程

溪流保護工之固床工群應設計成階梯狀。溪床累積轉石（滾石）或有類似狀況時，可將相鄰固床工之溢洪口和基礎高程做成相同水平，但若溪床為砂層或砂石層，為解決前方（下方）淘刷問題，上游固床工基礎須與下游固床工溢洪口頂端高程相同（三面鋪設水泥不在此限）。

② 帶工

溪流保護工之帶工間距，原則應把代表其坡度分數之分母數字當作距離。但設置橫向構造物基本上也應配合溪流特性與現地狀況。

③ 護岸

溪流保護工之護岸旨在保護固床工壩翼、防止溪岸侵蝕或崩塌。因此，護岸計畫應劃定治水安全所需最小範圍，規劃儘量確保溪流橫斷面連續性之施工。

④ 丁壩工

荒野溪流有下列狀況，應規劃施作丁壩工。

- 1) 須改變水流方向以防止橫向侵蝕。
- 2) 須緩和流勢、促進土砂淤積以保護護岸。
- 3) 須限制河道寬、防止紊流與偏流，防範橫向侵蝕。

此外，固床工各區間中間點設置抑制側向侵蝕之丁壩工後，即使洪峰流量時砂礫堆積也未消失，且受丁壩工引致水流湧高影響，丁壩工上游就連樹林帶區間的側向侵蝕也變大。此外，丁壩工無阻斷砂礫堆積功能，且丁壩工下游側砂礫堆積會助長側向侵蝕，設置丁壩工需注意此問題。

⑤ 溪床之規劃

溪床坡度陡時無法只靠河床材料使之安定的地點，或固床工間距大時推估會產生縱向侵蝕與局部侵蝕之處，應施作帶工（前述）、河床鋪設工、護床工，維持計畫河床坡度與安定之坡度。

<河道整備融入周邊環境之注意要點>

河道整備融入周邊環境的方法是讓河道斷面產生多樣變化（例如崎尾等1995^{***}，小山内等，1999^{****}）。此時可應用已被提出的水理模型試驗（例如小山内，2000）等。參考這些試驗可做出不以護岸固定低水流量水路而是以長壩翼固床工群之近自然狀態河道斷面形狀，或研發溪畔林形成方法，以及能重現試驗結果的模擬模型等多功能性設施設計。

固床工設置後通過溢洪口的水會往側向流，以某種角度沖擊側岸，形成側向侵蝕。此外，河道寬加大、河道中央會形成發達砂礫堆積，將水流往側向推、助長側向侵蝕（圖 5-29）。圖5-30係以斷面說明側向侵蝕之模式，（a）通水初期水面下會出現侵蝕與水中崩落，崩落之側岸則受侵蝕而後退，（b）然後，反覆崩落水中致使側岸鉛直化、崩落土砂淤積河床。這些淤積土砂受侵蝕引致河床降低、側岸岸邊高程變大，進一步出現側岸往鉛直方向崩落現象。

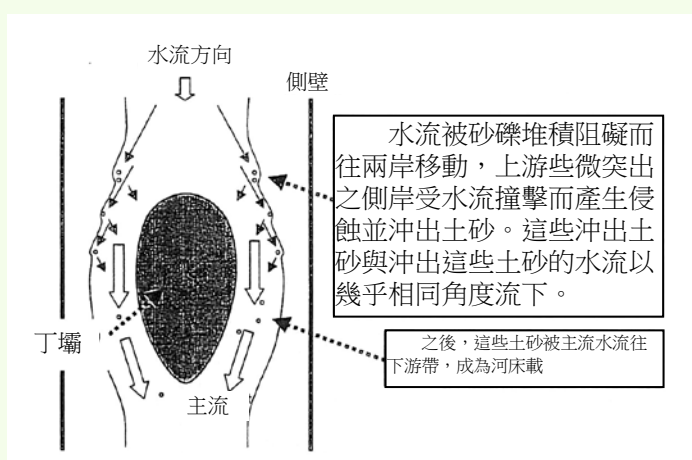


圖 5-29側向侵蝕過程觀察結果(平面圖)

(小山内等，1999)

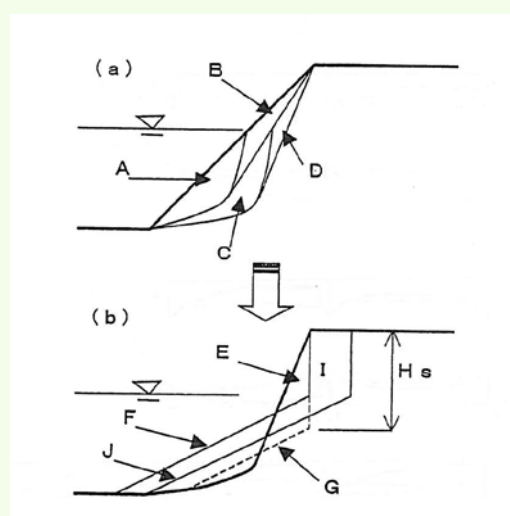


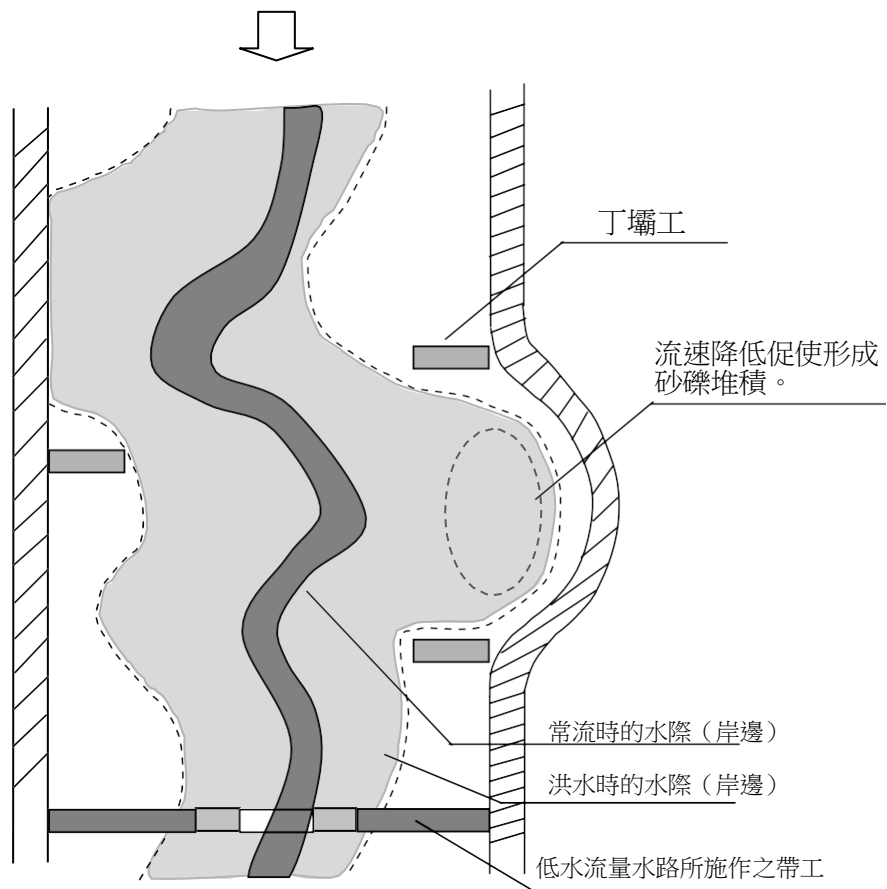
圖 5-30側向侵蝕過程觀察結果(側岸斷面圖)

(小山内等，2000)

^{***} 崎尾等(1995)：河畔林與溪畔林研究之現況與課題，日本生態學會誌 Vol.45，No.3，p.291-294

^{****} 小山内等（1999）：砂防溪流溪畔林形成實態與溪流保護相關研究，砂防學會誌，Vol. 52，No. 1，p. 10-20

＜設置丁壩工後產生的各種流況＞



※（同時施作丁壩工可形成各種狀況）

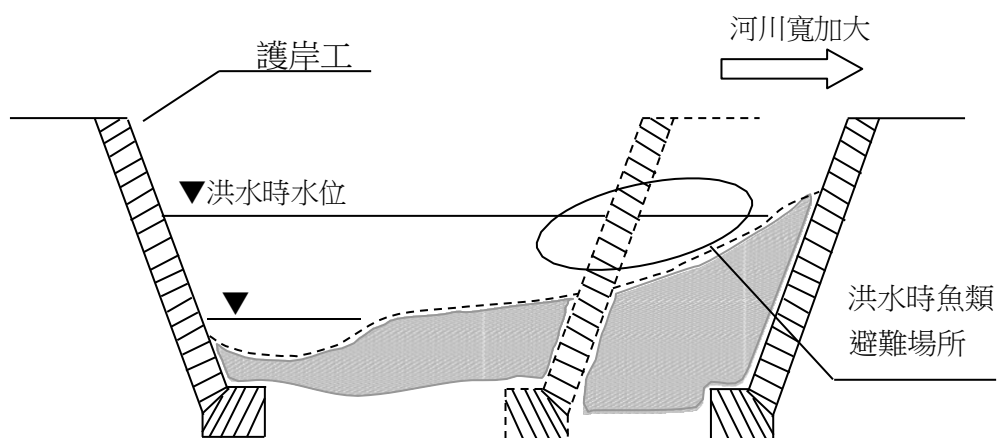
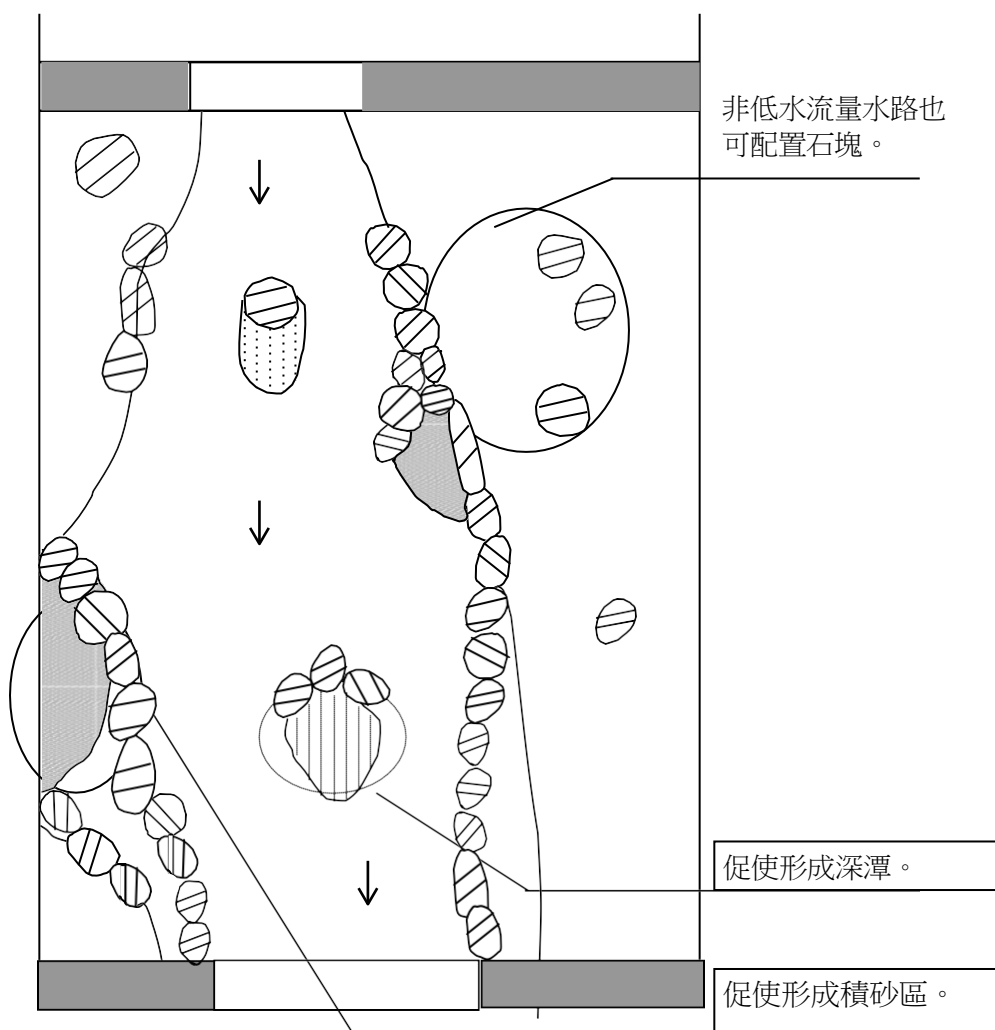


圖5-31 斷面寬度擴大

〈形成多樣化流況〉

低水流量水路配置礫石，可促進形成小落差平台或深潭淺瀨，呈現多樣化流況。



為形成砂礫堆積或深潭淺瀨，可配置礫石。所使用礫石之粒徑應大到中小規模洪水時不被流出，其粒徑大小基本上應與現況河道礫石相同。此外，非低水流量水路之河道也應配置礫石，以促進多樣性微地形。

圖5-32 礫石之配置

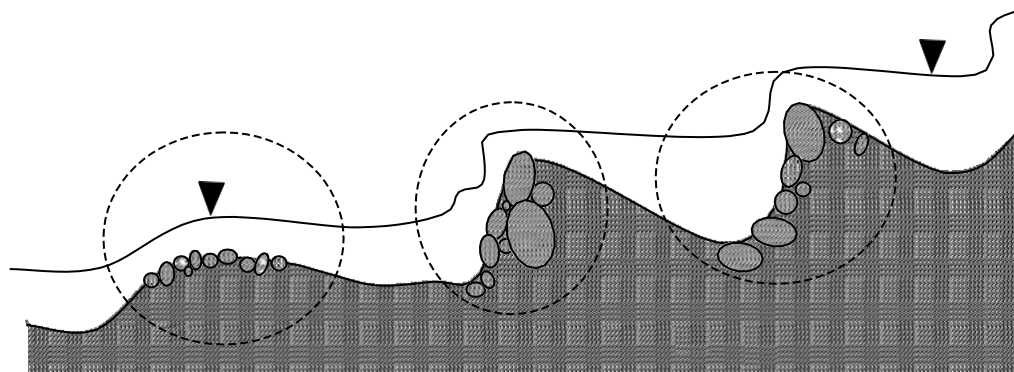
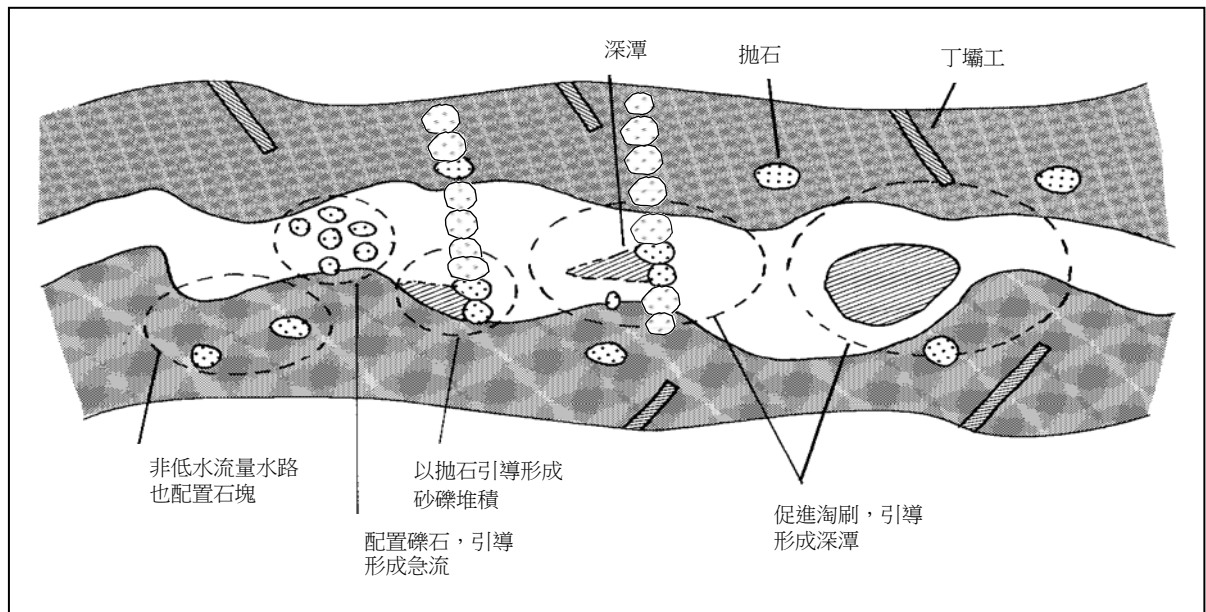


圖5-33 搭配設置丁壩工，引導形成多樣流況

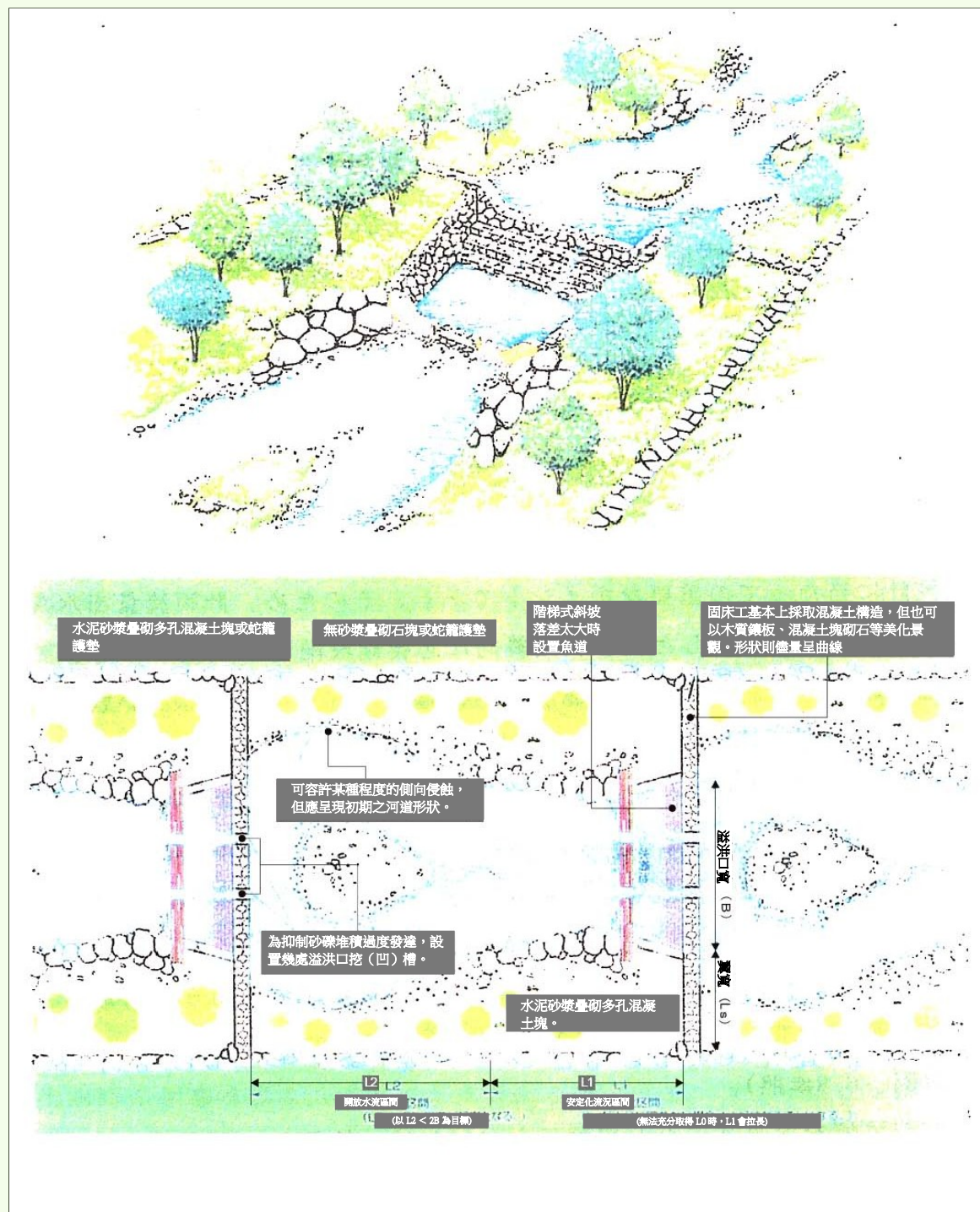


圖 5-34 可導入溪畔林之溪流保護方法概念圖（掃流區間）
(小山內，2002)

■ 近自然生態工法固基丁壩（低水流量洪水用的丁壩）

近年來自然生態河川營造等注重維護自然環境工法受矚目，復原河道內自然環境之傳統丁壩工施作方法也重新受重視。治水等防災對策下拓寬之河川與溪流，常流水流速慢且易形成相同水深與流速，基本上不是從河底開始形成環河生態系之適合水生生物棲息環境（棲地）。

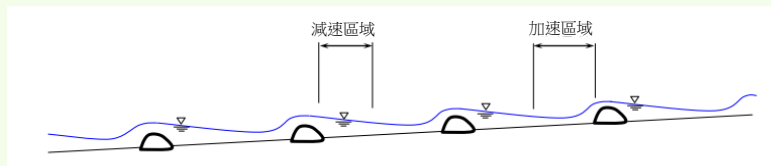
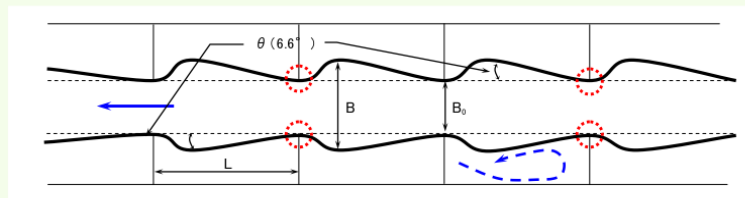


因此，長野縣鳥居川規劃施作常流水也能確保長期流水寬度、產生多樣化水流且丁壩工下游形成。丁壩工（近自然生態工法固基丁壩工）形成的流速淤砂區域提供柳樹類等河川植物群落生長基地。

【特徵】

● 丁壩工設置間距

丁壩工設置間距方面。文獻顯示可為丁壩工橫斷方向長度之1.5~2.0 倍左右，但在此為了常流水流量下也能確保低水流量水路，設計最少 15 cm 左右水深，如下。



為確保B 斷面也有15 cm 水深，調整、設定丁壩工間距 L。

圖 5-35 丁壩工配置間距與水理特性(長野縣建設部砂防課，2009)

● 構成材料

丁壩工所使用巨石類，基本上利用現地生產產品，石材重量（大小）需能承受推估之洪水水流，以維護設施正常。

鳥居川因試驗區間位處彎曲河段，因此實施彎曲段流速補正，算出移動臨界粒徑。

構成材料大小

$$d = 1211 \cdot h^2 \cdot n^2 \cdot V^2 \cdot h^{-1/3} \quad \dots \dots \dots \text{岩垣公式}$$

※但面向低水流量河道的巨石長年受淘刷，粒徑會增加 30%。

移動臨界粒徑…45~80 cm（3 年重現期距洪水），50~100 cm（30 年重現期距洪水，計畫規模）

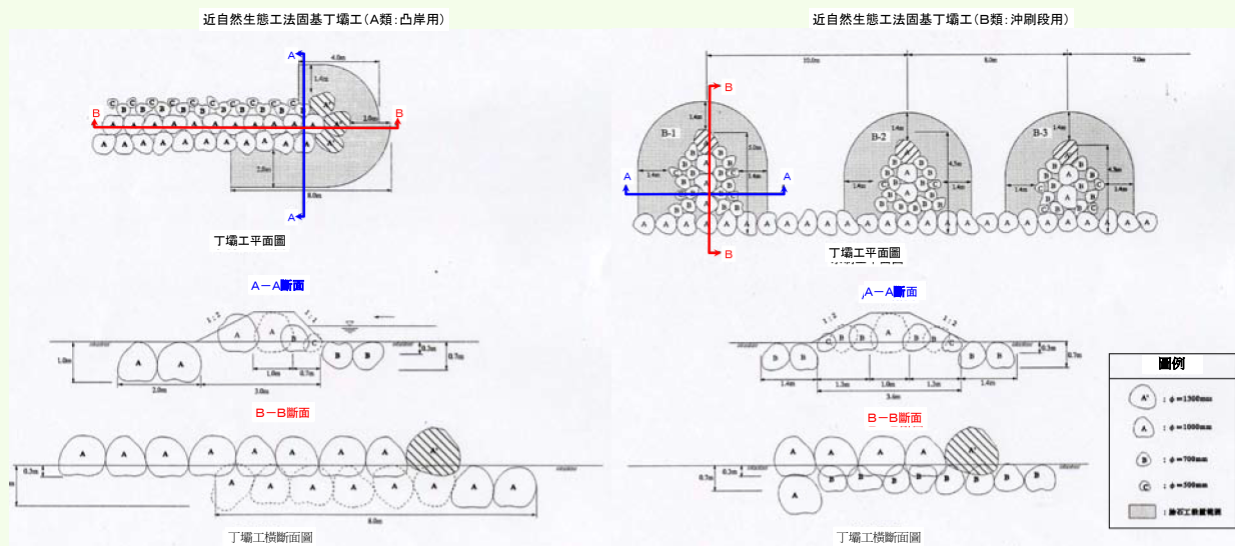


圖 5-36 近自然生態工法固基丁壩工之構造(長野縣建設部砂防課，2009)

但使用現地生產巨石須瞭解，與河床接觸之巨石面未必平整，且丁壩工前方（面向低水流量水路中心）為加速區域，應使用比移動臨界粒徑更大的巨石。特別是紅色部分係低水流量水路骨幹，應使用粒徑大於 130 cm之巨石，以維護低水流量水路機能。

■ 近自然生態工法固床工(分散型固床工)

近自然生態工法固床工旨在創造多樣化水流，形成多樣化水生生物棲息環境（棲地），因此應在近自然生態工法固基丁壩所形成低水流量水路內配置巨石。此外，近自然生態工法固床工為再現環境調查所掌握之流速，得於設施上游打造人工迴水區間，讓縱斷面流速分布產生變化。



【特徵】

低水流量水路內配置巨石可讓水流多樣化，實現水生生物棲息環境多樣化。

● 固床工之配置

近自然生態工法固床工之配置，可採取橫斷低水流量水路形狀，可打造迴水區間，同時也讓縱斷面的流速分布產生變化。平面方面則可在低水流量水路內接圓之上游段設置半圓形凸狀固床工，將水流導向低水流量水路中心，在固床工正下游打造深潭。

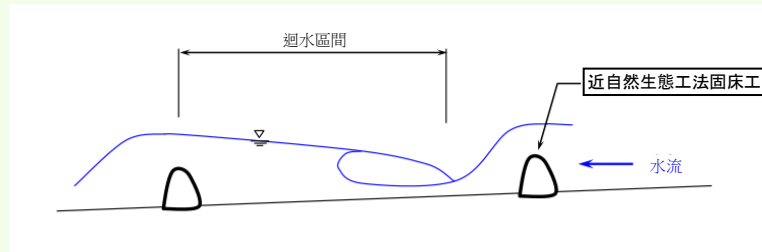


圖 5-37 水面形狀示意圖(長野縣建設部砂防課，2009)

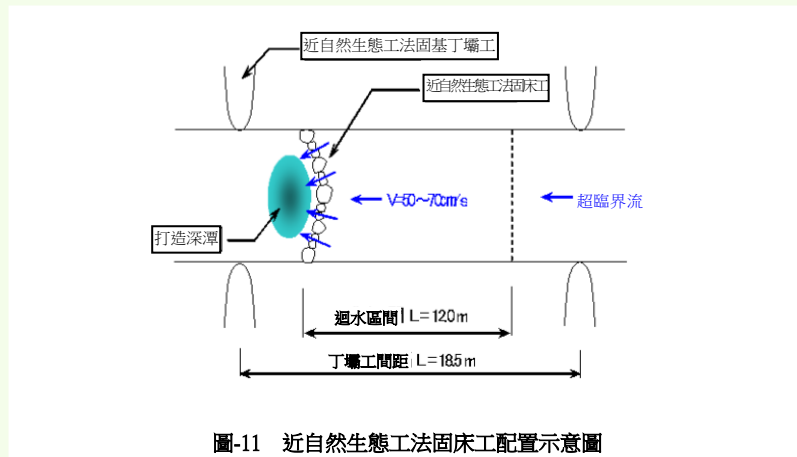


圖-11 近自然生態工法固床工配置示意圖

圖5-38 近自然生態工法固床工配置示意圖(長野縣建設部砂防課，2009)

※演算結果顯示，75~120 cm/s 流速水流進入迴水區間後，降為50~70 cm/s。

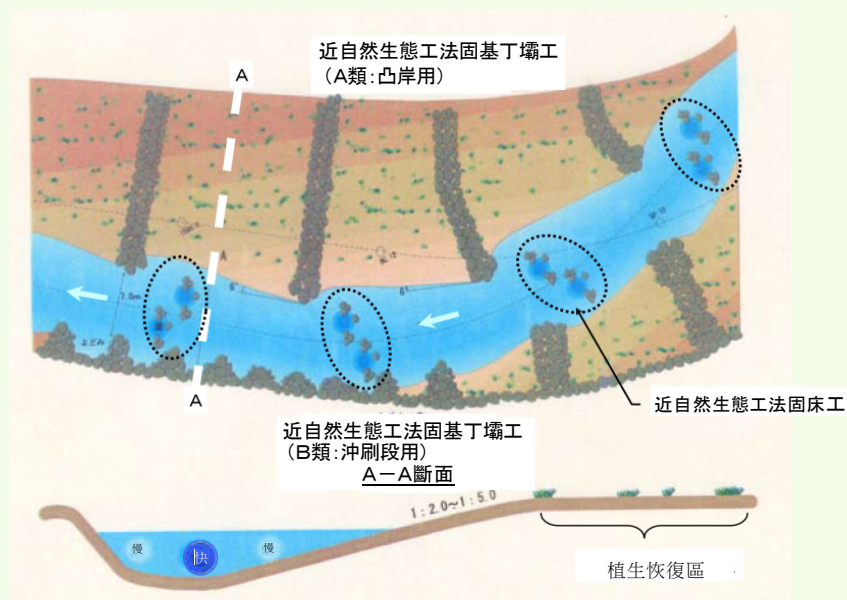


圖5-39 低水流量水路橫斷面示意圖(長野縣建設部砂防課，2009)

5.9 溪畔林計畫

溪畔林可在確保治水安全的條件下活用，但不應積極植樹、導入溪畔林。為確保溪畔植生之生長基地，應配合防砂構造物決定河道橫斷面形狀與配置。

<說明>

溪畔林受水與土砂攪動、適應其場所環境特性而形成，若重新導入溪畔林可能人為改變該區域生態系，造成嚴重不良影響。因此，原則上應避免重新導入溪畔林，而應保護已成立之溪畔林。過度防止日常性水與土砂所形成之攪動會防礙溪畔林變化，未必有助於樹木生長。因此，應避免過度拘泥於維護溪畔林原狀、防止日常水流與土砂所引致之攪動。此外，若推估溪流土砂生產與逕流特性等可能引致溪畔林漂流木化及其所伴隨產生之災害，應檢討實施砍伐，或於下游設置漂流木攔阻工等。

導入溪畔林旨在保護自然環境與促進遊憩等人為利用。特別是人為利用為目的時，應注意漂流木化問題。

① 導入溪畔林之順序

依據溪畔林調查結果，以下列流程檢討溪畔林導入流程。

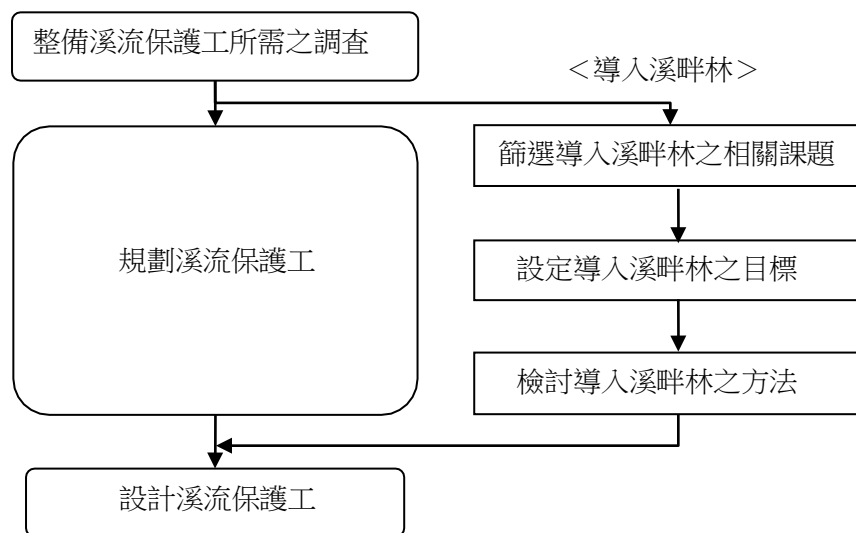


圖 5-40 導入溪畔林之流程

1) 篩選導入溪畔林之相關課題

為充分發揮所需功能，整理導入溪畔林時需面對之課題。

2) 設定導入溪畔林之目標

整理所需功能，設定導入溪畔林之目標。

3) 選擇導入溪畔林之方法

選擇可達成目標、有效率的導入方法。導入之構想有恢復型與創造型二種。

a) 恢復型

以自然力量導入溪畔林。基本上應保護、確保現況溪畔林生長環境。

b) 創造型

實施植栽作業、創造可確保生態系保護之場域或遊憩場的溪畔林。

② 導入溪畔林之方法

1) 確保溪流空間（恢復型、創造型）

恢復型與創造型都旨在確保溪畔林生長基地之溪流空間。常受水流攪動地點溪畔林無法侵入，需研究可達成土壤安定化之固床工壩翼構造，設置可避免溪畔林常受水流沖擊、降低淹水頻率之高透水性護岸等（不可完全阻斷中小型規模洪水，而應某種程度容許攪動）。此外，溪畔林發揮其所具備環境相關功能，須確保寬闊之流下斷面，避免砍伐樹林。

2) 植栽（創造型）

打造生態緩衝區或遊憩等目的，有時需儘速打造溪畔林；進一步確保溪畔區域，則可進行植栽作業。若施工過程也有必要復原生物重要棲息環境樹木或護漁林等，應研究施工階段拒生導入方法，實施植栽作業。此外，若需具備遊憩功能或療癒功能等，應研究、引進配合民眾公園利用與景觀面之植栽方法。

植栽樹種方面，應選擇適合該地區之樹種。導入溪畔林應充分掌握溪流特性，謹慎維護管理等。

專欄:具環境保護相關功能溪畔林之導入

研究顯示，環繞河川之溪畔林對於生物非常重要。分析溪畔林之樹木與小型哺乳類分布狀況，發現溪畔林與河川生態系關係密切，確認溪畔林具自然環境之生物棲地機能。這類地點的對策措施主要是生態緩衝（迴避、縮小、補償）。

① 生態緩衝區(生態補償)

為讓計畫流量順利流下，應砍伐部分落葉松為主體之樹林作為逕流流出斷面，讓殘餘茂盛樹林作為溪畔林。此外，應針對生態補償範圍，策定也能發揮連結河川與森林、山區之生態過渡帶（生態群落交錯區）機能之斷面計畫。

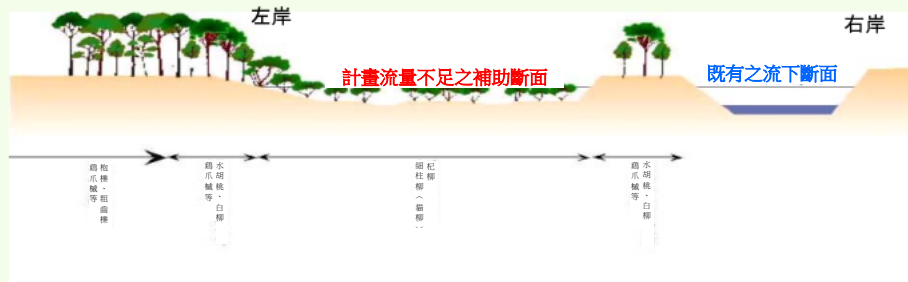


圖 5-41 規劃利用溪畔林之生態緩衝（補償）功能(長野縣建設部砂防課，2009)

② 生態緩衝(生態迴避)

若實施災害對策前已有溪畔林連續性中斷狀況，該區間應避免為了擴大計畫流量所整合的通洪斷面，而砍伐樹林，策略地將溪畔林定位為洪氾平原之斷面計畫。

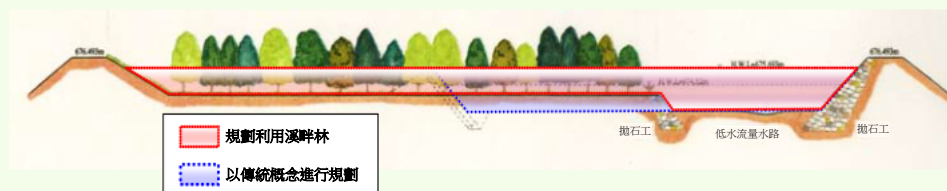


圖 5-42 規劃利用溪畔林之生態緩衝（迴避）功能(長野縣建設部砂防課，2009)

5.10 漂流木對策規劃

保護溪畔林應注意洪水時溪畔林可能漂流木化之下游區域狀況（保全對象之分布與變化），配合下游防砂構造物（固床工、護床工等）設置漂流木攔阻工等漂流木對策設施。

<說明>

只要有樹木，河川從上游到下游任何地點都可能產生漂流木。土石流發生與流出區間的漂流木對策應以「砂防基本計畫策定指引(土石流與漂流木對策編)」對應之。本指引明定漂流木對策調查對象範圍為河床坡度大於 5°流域。本指引（案）說明防砂壩、漂流木攔阻設施下游區間之對策方針，河床坡度 2°～5° 區間屬土石流淤積區間，此處形成之溪畔林基本上應砍伐。但若已整備土石流對策設施、確保治水安全，且配合地方需求採取保護溪畔林之方案，應施作漂流木對策設施。此時可參考「漂流木對策指引（案）」（2000 年 7 月建設省河川局砂防部砂防課）。

發揮溪畔林環境保護機能或與地區民眾合作、避免砍伐溪畔林之漂流木對策方案，應縱觀整個溪流空間，進行規劃。

6. 溪流保護工之設計

6.1 設計之基本方針

溪流保護工應規劃施作可發揮溪流保護工預定機能的各種防砂構造物。

<說明>

應參照建設省「河川砂防技術基準 設計編」，規劃施作可發揮溪流保護工基本方針各種預定機能的必要設施。

另外，應設計納入溪流環境與景觀設計概念、適合地區文化與風土之砂防構造物。設施構造與所使用材料則應檢討、確保設置地點應有之指定安全性與強度。

此外，溪流保護工之設計應反映相關法令（景觀綠地三法或外來生物法等）概念。

6.2 固床工

溪流保護工之固床工主要目的為緩和河床坡度、達成計畫河床安定化，防止溪床淤積物流出。設計時除了需發揮溪流保護工計畫所需機能，也應考量維護管理問題。

<說明>

選定固床工之規模與位置，應充分研究溪流特性。

固床工位置之選定，應綜合檢討溪流保護工之計畫斷面與縱斷面形狀。特別是溪流保護工之固床工旨在安定與維護計畫河床坡度，一般而言；須設在溪流保護工上下游端、計畫河床坡度變化點、溪流河床鋪設工區間上下游端，以及決定計畫河床所需地點。此外，固床工設計應比照防砂壩處理。

另外，設置固床工若可能破壞溪床連續性，為確保魚類等的上溯，必要時應設置斜坡及魚道。

① 固床工之斷面

固床工斷面之設定原則上應比照防砂壩實施安定計算，一般而言高度（全高）小於5m。

② 溢洪口斷面之設定

設定溢洪口斷面應參考計畫對象流量。

若受護岸等因素影響而規劃固定河道寬，決定固床工溢洪口斷面時應考量計算平均流速與計畫流量所需水流斷面積、出水高。另一方面，固床工若非一連串設施而是單獨配置，

應考量溪流保護工計畫寬度大於固床工溢洪口寬度，致使水流滯留固床工上游之狀況，並以堰流公式設定溢洪口斷面。此外，溪流保護工最上游端河床維護工程之固床工與防砂壩相同，應考量其上游側可能淹水（迴水）情形，並以堰流公式決定溢洪口斷面。

又，設定溢洪口斷面若無治水相關問題，應反映現況溪流之橫斷面形狀，儘量促進溪床微地形之多樣性（圖 6-2～圖 6-3）。

固床工設置多個凹槽，可抑制過多的砂礫堆積。河床坡度緩時，即使流量變大水流仍會直進，不易形成砂礫堆積，側向侵蝕寬度因此變小。反之，坡度陡時即使流量小仍會有活躍土砂移動，於河道中央形成砂礫堆積而引致側向侵蝕。

上游側受侵蝕會形成砂礫堆積。側岸無樹林區間之濱水帶，會由上游依次往下游出現河床降低現象、水流往中央集中。流量較大時側向侵蝕範圍變寬。固床工溢洪口會使水流水集中，即使小流量也會產生明顯砂礫堆積，助長側向侵蝕。

這部分溢洪口若設凹槽，流量小也會產生明顯砂礫堆積與側向侵蝕；流量變大則情況與無溢洪口時相同。即使初期河道寬較窄，側向侵蝕仍很激烈，侵蝕產生之土砂淤積於下游側，河床會立刻上升，產生明顯砂礫堆積與助長側向侵蝕，洪峰流量過後河床不太會繼續降低，深槽線則受溢洪口前方淤積土砂影響而改變流向，水流開始蜿蜒。

③ 固床工之方向

固床工方向會明顯左右下游流心方向，洪水時這種作用更明顯，因此，固床工方向不可與下游流心成直角、讓下游護岸或溪岸成為冲刷段而遭受破壞。

④ 下游面保護工

1) 護坦

護坦長度 L 基本上應準用計算防砂壩副壩公式，若使用經驗公式，可設定如下越流水面到護坦面之高度（ H ）。

$$L = (2 \sim 3)H$$

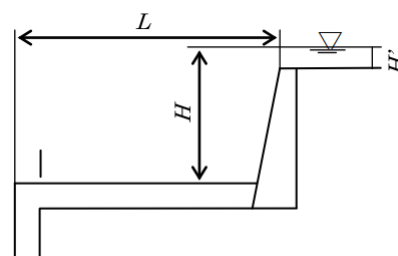


圖 6-1 固床工 (砂防設計公式集)

越流水面高（ H' ）越大，護坦長度越長，護坦厚度一般標準為 1.0m。此外，斜坡度施作護坦可能掏空固床工底部，引致固床工破壞。因此，原則上應做水平設計。此外，固床工基本上應採混凝土構造。若周邊有堅硬礫石可考慮使用，以降低護坦磨損。

此外，水理模型試驗顯示，砂礫堆積之形成與發達和側向侵蝕關係密切。因此，可設定固床工落差高及初期河道形狀，改變側向侵蝕型態，抑制砂礫堆積之形成與發展。需消能區間時，則有必要評估於階段工前面或斜坡段下游端設置靜水池等。

另外，推估流量可能發生側向侵蝕時，固床工會變成類似潛壩、落差高變低。若考量經濟性、不縮短固床工間距，確保水流順暢之方法，可評估固床工前面施作斜坡式固床工。

2) 側壁護岸

固床工設置側壁護岸為避免受越壩水沖積，側壁護岸基礎應位於溢洪口肩部往下垂直線後方。此外，側壁護岸高度應足以避免越壩水越流。

3) 垂直壁

垂直壁頂端標準寬度約為 1.0m。設定垂直壁高度（基礎）應掌握溪流性質，特別是計畫流量、溪床粒徑、溪床變動及固床工落差等，並注意垂直壁下游側淘刷（通常 2 ~ 3 m）。此外，垂直壁下游段應實施防止淘刷對策。

⑤ 壩翼之設置

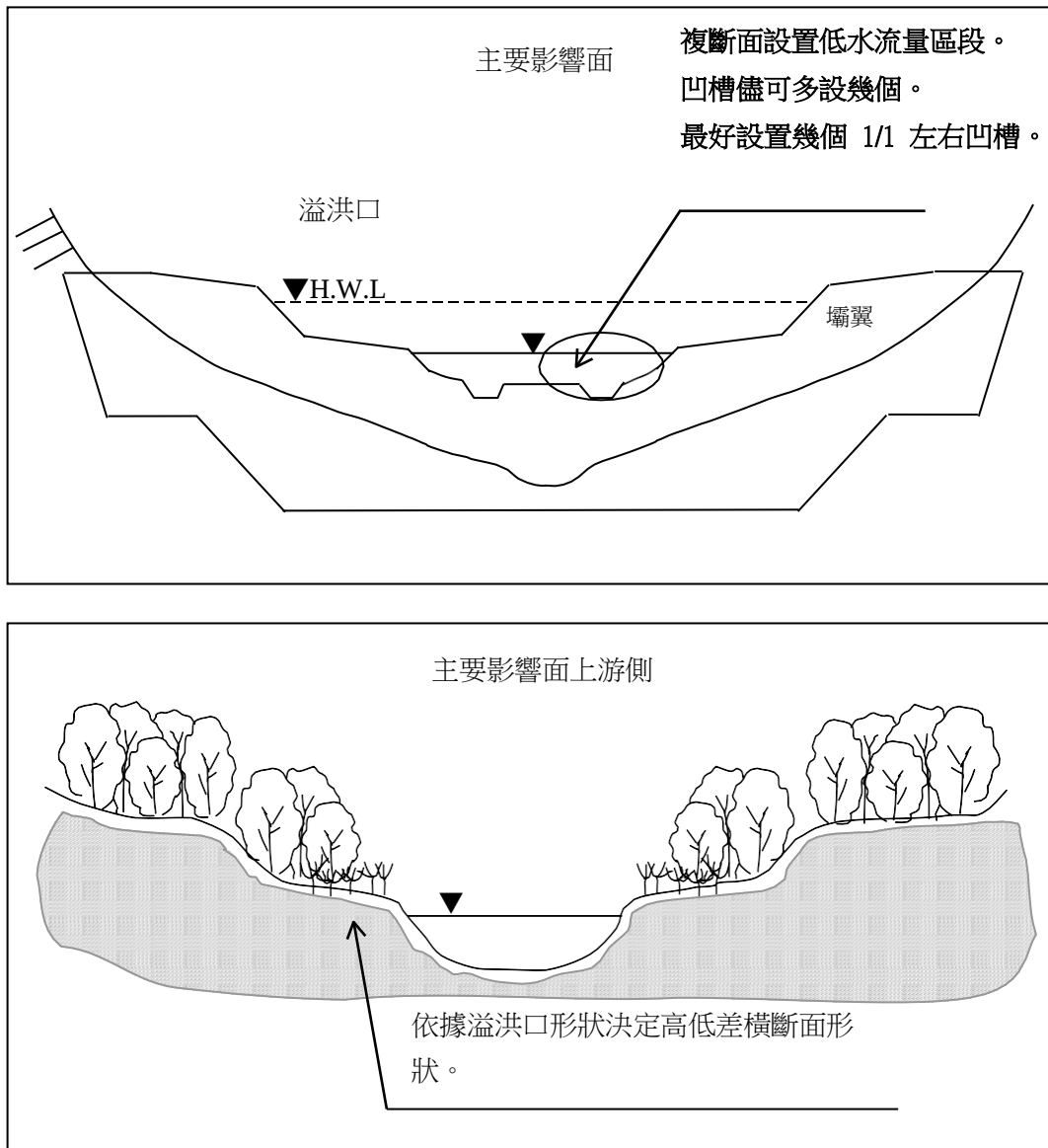
固床工壩翼最好設在邊坡，特別是不設置護岸等的固床工，固床工設置壩翼應延伸到溪流保護工對象範圍寬之兩端。

⑥ 其他

最上游端等若同時施作固床工與護岸工，河道之間有時會因為不同斷面形狀而需設置銜接段。銜接段長度應設定不會驟然改變水理條件的適當長度。此外，河床維護工程固床工之溢洪口，最好高於現況溪床高程，且其位置能完全集水。

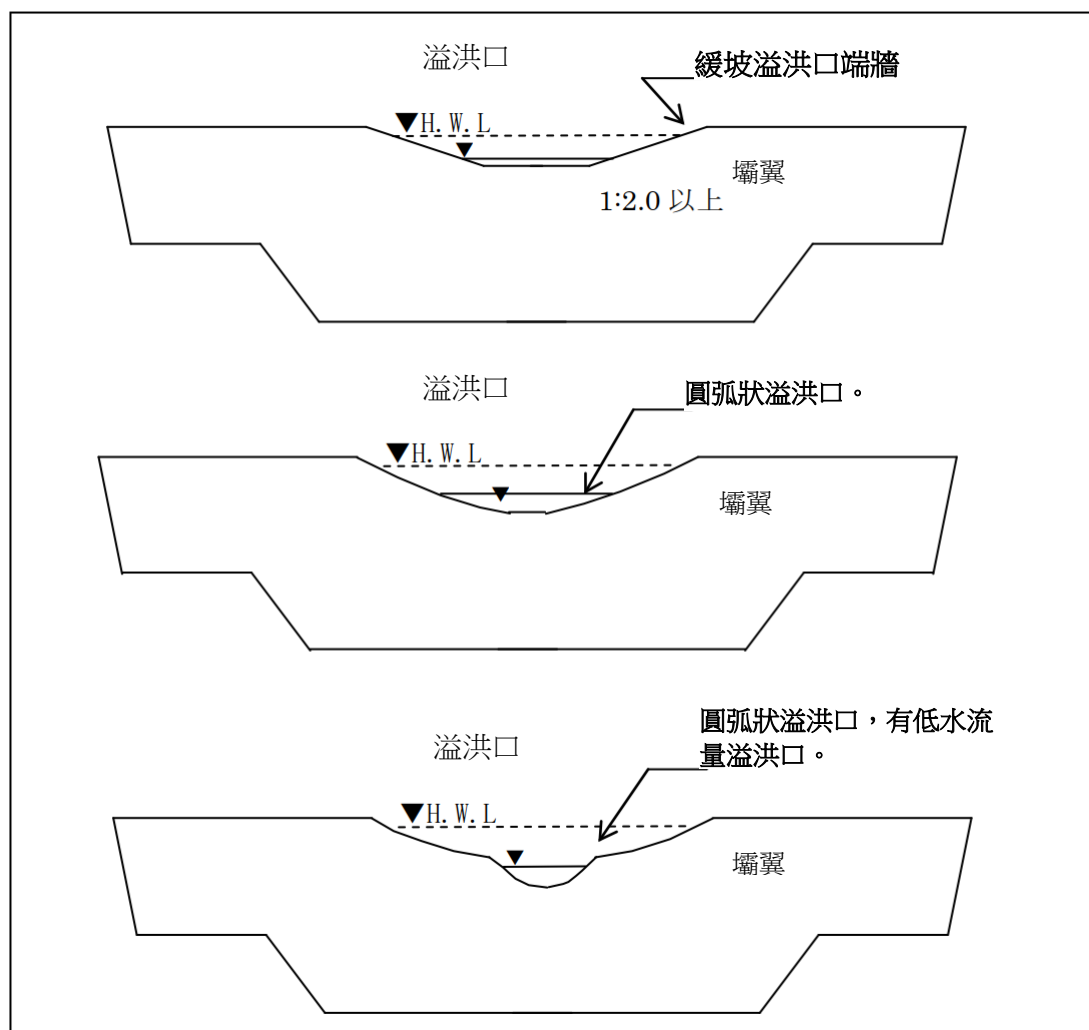
〈配合橫向構造物溢洪口形狀設定橫斷面方向高低差〉

主要影響面之橫向構造物溢洪口應設高低差，溪床產生高低差可改變淹水頻率，形成溪床多樣性（微地形）。



植生會因應攪動與淹水頻率分布，因此應一一針對各植生變化點，調查植生與溪床面高差，推估該植生浸水水位，據此結果劃分溪床高程，設定溢洪口形狀與河道斷面。

圖6-2 溢洪口形狀之設計（1）



低水流量水路溢洪口主要受影響面之形狀案例

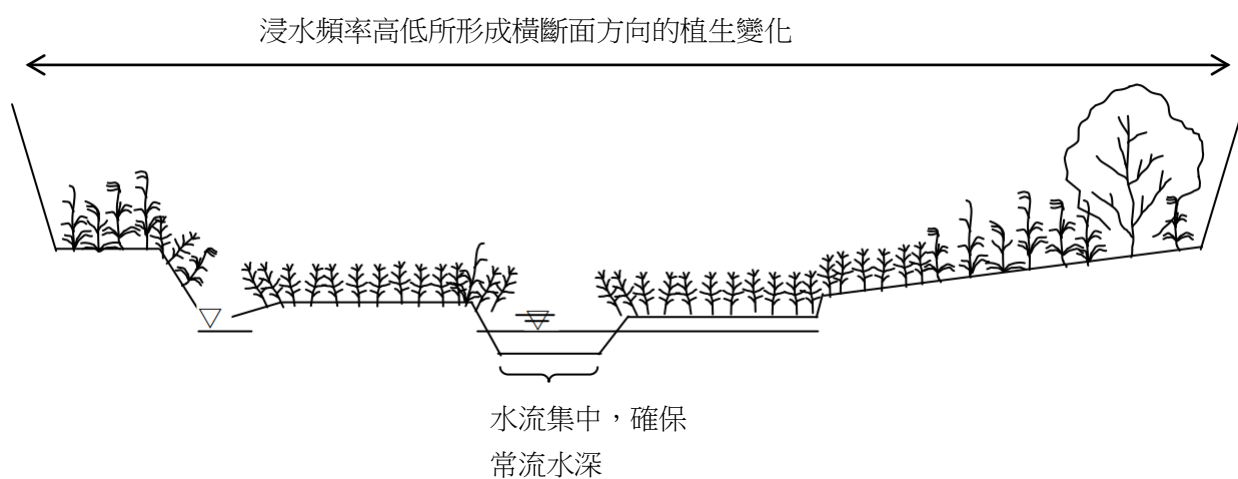


圖6-3 溢洪口形狀之設計（2）

6.3 帶工

溪流保護工之帶工旨在防止縱向侵蝕，發揮溪流保護工計畫之機能。

<說明>

帶工係固床工間距太大引致嚴重縱向侵蝕、連帶產生河岸受侵蝕等治水問題的對策，且可防止上游固床工基礎淘刷。

只要無治水問題，帶工應配合設置場所特性彈性設計。例如，為促進河道微地形發達而計畫設計複式斷面時，其橫向構造物應對應複式斷面之橫斷面形狀。

設計帶工應參照固床工項目。帶工旨在防止溪床過度淘刷，一般基礎高度需 2m 左右。此外，頂端高與計畫溪床高相同，不可有落差。

此外，若須確保縱斷面連續性，已完工之帶工可不必回填。縱斷面頂端寬通常 0.5~1.5 m，上游坡面垂直；下游坡面以安定計算算出，通常為 1：50（2%）。

壩翼設計應比照固床工實施。

6.4 護岸工

溪流保護工之護岸工旨在防止溪岸橫向侵蝕，保護固床工壩翼，設計時應發揮溪流保護工計畫所需機能，並注意維護管理面等問題。

<說明>

溪流保護工之護岸工機能為防溪岸崩塌、防止溪岸側向侵蝕、保護固床工壩翼等。護岸工常因局部淘刷或兩端卷止工附近潰決而破壞，洪水時易受土砂或轉石（滾石）等沖擊地點，應特別注意安全性。

此外，除非有治水問題，否則護岸工應考量對連結堤外地連續植生綠帶等溪流環境連續性之影響，採用高透水性材料或能讓植生容易入侵生長之護岸表面形狀與材質。

1) 護岸之型式（種類）

混凝土護岸工、預鑄混凝土塊護岸工、塊石疊砌護岸工(一般做法)

2) 護岸高程

護岸高程為計畫洪水位加上出水高。一般而言，溪流的溪床變動較激烈，須確保配合溪床變動幅度之高程。此外，垂直壁正下游容易水躍引致水位上升，高度須具備足夠安全性。

此外，無治水安全疑慮時，出水高可施作邊坡填土。若有治水安全疑慮，則鋼筋混凝土構造部分可回填邊坡，維護景觀之要求。

3) 護岸前方坡面坡度

砂防河川為防範水流及砂礫所引致磨損或破壞，通常坡面坡度設計1：20（5%）（磨損、破壞疑慮大時為3%）。另外，坡度緩和區間、磨損與破壞小區間之護岸工坡面坡度，應配合周邊環境與景觀及親水性設計成緩坡。

4) 護岸基礎深度

護岸基礎深度一般取1m左右，容許某種程度溪床變動之地點可更深些（圖6-4）。

5) 與固床工之銜接

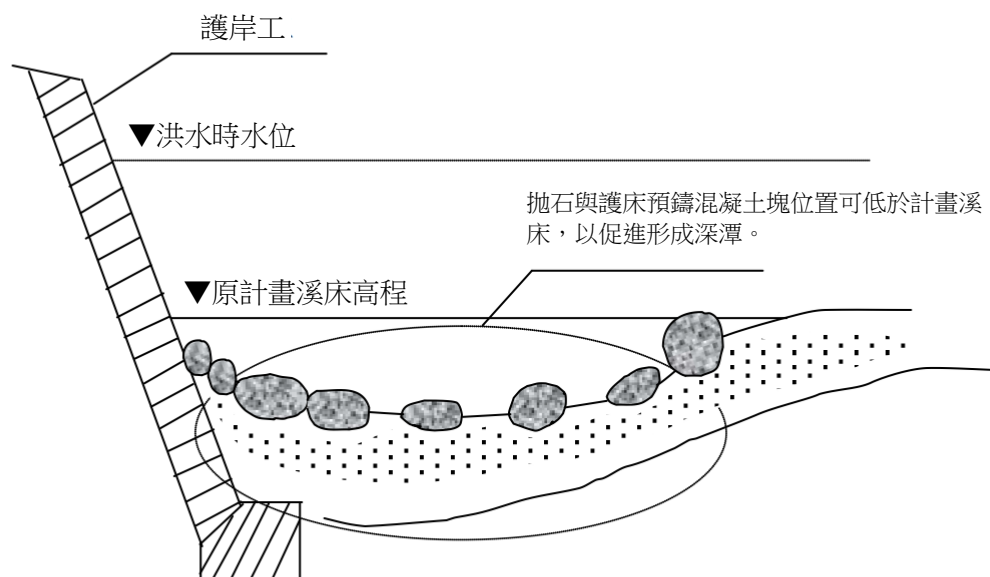
固床工上游設置護岸工之頂端須與固床工壩翼頂端同高度或更高。固床工壩翼高度須高於溢洪口計畫洪水位，因此，所設置護岸頂端須與固床工頂端同高或更高，否則洪水水流可能從護岸越流而導致固床工壩翼與地表連接處破壞。

6) 坡腳保護工

河床變動激烈溪流或彎曲河道凹岸、沖刷段等之護岸工基礎，明顯可能引致河床淘刷地點，可研究以坡腳保護工減輕淘刷。坡腳保護工施工有拋石工、混凝土塊鋪設工、方箱形網籠工等做法。

〈護岸基礎深度之設定〉

若希望形成深潭，可設定較大深度的護岸基礎。另外，坡腳保護工與護床工高度可低於計畫溪床高程，以形成深潭。



設定護岸基礎深度在計畫溪床高程下超過 1 公尺，但實務上多半只設定深 1 m 左右。深潭有引致護岸倒塌之治水疑慮，因此，形成深潭須先充分確保護岸基礎深度，防止護岸倒塌破壞。此外，護床工與坡腳保護工會影響溪床高程、抑制深潭之形成，若希望形成深潭，其深度應比計畫溪床高程還深。

圖6-4 護岸基礎之設計

6.5 丁壩工

丁壩工旨在導開水流與水流所運移土砂，降低水流與水流所運移土砂之流速，防止河道縱向侵蝕。設計丁壩工除了須發揮溪流保護工規劃必要機能外，也應注意維護管理面等需求。

<說明>

丁壩工的功能主要是①保護溪岸構造物、防止溪岸侵蝕，②防止縱向侵蝕，以及創造淺瀨與深潭之環境功能。

①施作非越流與不透水（不透水性）丁壩工施作之情況，②越流、透水（透水性）丁壩工施作之情況。

① 丁壩工之分類

依水流是否越過丁壩工頂端，分為越流丁壩與不越流丁壩。防砂工程丁壩工，原則上做成不越流之情況。

② 丁壩之方向

丁壩方向與流心成直角或往上斜出、往下斜出，分類如下。

1) 垂直（直角、正交）丁壩

上下游丁壩之間的中央產生土砂淤積，丁壩頭部之所在溪床淘刷較弱。

2) 上斜丁壩

上下游丁壩間之砂礫淤積少於垂直丁壩，且丁壩頭部淘刷最弱。

3) 下斜丁壩

上下游丁壩之間砂礫沿溪岸與丁壩淤積，量遠大於前二者，丁壩頭部淘刷作用最強。

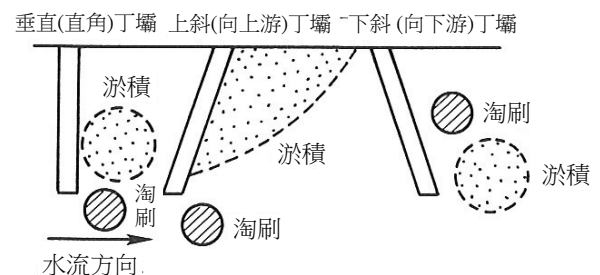


圖 6-5 丁壩工(砂防設計公式集)

當溪流水流越過丁壩後，在垂直丁壩之後不會產生偏流，在下斜丁壩形成朝向岸邊的偏流；在上斜丁壩產生朝向溪流中心之偏流。此時溪流中即使有少量障礙物也可能引致水流劇烈改變，因此，一般多採用垂直丁壩。

③ 丁壩工之形狀

1) 垂直（直角、正交）伸入河中

丁壩與溪流成直角，直線伸出河中

2) T型

伸入河中的丁壩，尾端施作縱向構造物

3) 彎勾型

彎勾尾端往上游曲折，兼具縱向構造物與橫向構造物功能

4) 連續彎勾型

2)、3) 縱向構造物尾端施作粗短橫向構造物

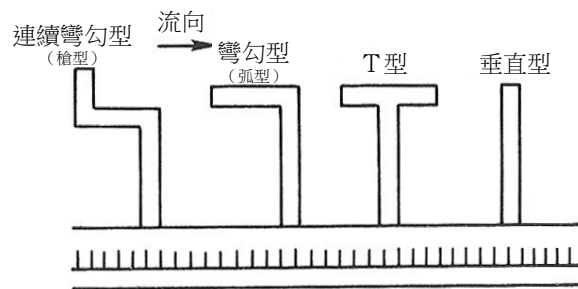


圖6-6 丁壩工之形狀 (砂防設計公式集)

荒野溪流一般採用垂直伸出丁壩，砂礫淤積地帶為束縮河寬，可使用丁字形。

④ 丁壩工之種類

丁壩工依其使用材料分如下。

- 1) 混凝土丁壩
- 2) 預鑄混凝土塊丁壩
- 3) 排樁丁壩
- 4) 格框箱涵護坦丁壩
- 5) 蛇籠丁壩
- 6) 拋石丁壩

混凝土丁壩為不透水丁壩代表，常用於砂防溪流。湍急河川（坡度1/200 左右）使用的種類是預鑄混凝土塊丁壩。此外，也可配合對象溪流特性選擇蛇籠丁壩或拋石丁壩。

⑤ 規劃及設計

1) 配置

- i) 若崩塌地面積不大，上游端設一座不越流下斜丁壩，可導引水流遠離崩塌地，防止崩塌擴大。但如此設置的丁壩常使對岸成為沖刷段，因此，對岸需堅固如岩盤。
- ii) 崩塌地長度大時可施作垂直丁壩，頂端設計為完全不越流或往流心傾斜。
- iii) 若砂礫淤積地河寬大且紊流與偏流可能導致溪岸嚴重侵蝕與砂礫堆積移動劇烈時，最好施作兩岸相向之不越流垂直丁壩。

2) 設置之方法

若溪流湍急、水流沖擊丁壩容易在壩基產生渦流而侵蝕溪岸，因此壩基應設在堅固地

層。溪岸若為岩盤便無問題，若地層不夠堅固，溪岸基礎開挖區應確實回填、壓實或施作護岸保護工。荒野溪流為防止水流繞到後面，護岸保護工之上下游端應完全包住溪岸水流。

3)高度

溪流施作丁壩多為不越流丁壩，水流沖擊容易抬高洪水水位，因此，丁壩高度時應採取和設計防砂壩、固床工壩翼出水高相同設計。

4)長度

荒野溪流設置丁壩，擋水功能會比緩流河川丁壩明顯且複雜，須慎重檢討特別是長度相關問題。

溪流河寬窄、流勢激烈之情形，通常施作短丁壩。決定丁壩長度前應仔細調查河道狀況、決定目標水流中心線，讓丁壩前端配合達成目標。規劃應先施作完成最短長度丁壩，隨時掌握河川狀況，逐漸延長、完成規劃之長度。

5)間距

設定丁壩工間距應參考丁壩之長度、種類、水流方向、溪床坡度、溪床形狀等。

設定丁壩間距的一般原則是，水流被攔阻而從丁壩前端流過、抵達溪岸之前，下游就須設另一座丁壩以阻擋流勢。凹岸段丁壩間距通常是丁壩二倍長，直線段2.5~3.0 倍，凸岸段大於三倍。需注意丁壩間距太大會產生橫向流，破壞丁壩區域內之護岸工及溪岸。

6)形狀

荒野溪流丁壩頭部容易受水流及轉石（滾石）強烈沖擊，構造物需特別堅固。此外，為防範淘刷、穩定壩基，可拉長丁壩頭部或將壩基礎深埋入溪床。

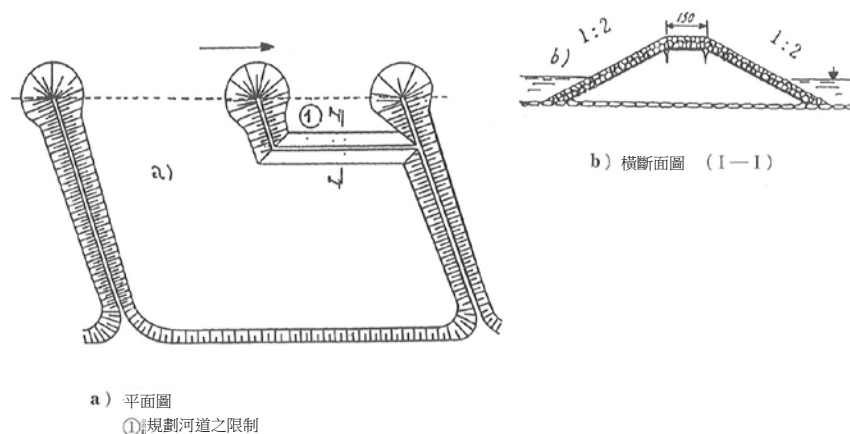


圖 6-7 連續彎鉤型丁壩設計案例（伊凡·尼基汀，1995）

6.6 溪床保護工

溪流保護工，原則上以施作河床鋪設工或鋪設預鑄混凝土塊固定溪床。但若判斷需保護溪床，可另行實施保護溪床對策。

<說明>

溪流保護工，原則上應於固定河床實施。但若河床淘刷明顯、有治水相關問題，應實施保護溪床、避免過度淘刷對策。此時應極力避免採取混凝土鋪置、鋪設預鑄混凝土塊等某種程度永久不許河床變動與植生等難以侵入之構造。

6.6.1 河床鋪設工

溪流保護工原則上應採取底部不鋪設構造物之構造。即使溪床坡度等因素致使推移力大於河床阻力，規劃階段也應思考降低坡度而儘量避免三面鋪設。但若即使降低坡度、擴大河寬推移力仍大於阻力，可部份施作河床鋪設工。

河床鋪設工應採用耐流勢與磨損之構造。

<說明>

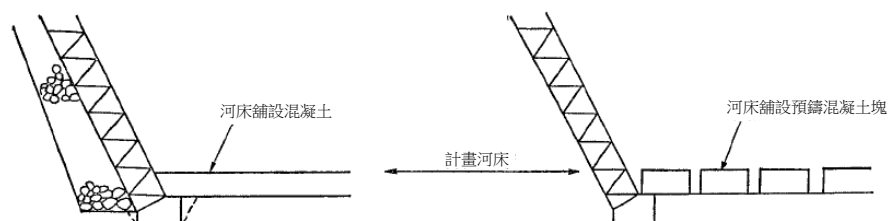
一般而言；計畫河寬小於2~3m時，三面鋪設比二面鋪設更具經濟性。

①溪流保護工之河床鋪設工有澆置混凝土與鋪設預鑄混凝土塊二種。一般而言，溪流保護工於計畫河床寬窄、流域面積小於2 km²之小規模溪流，多採厚約0.3m的混凝土澆置（三面鋪設）。在嚴重侵蝕之火山地帶溪流，也有的做到0.5~0.7m厚。若河寬大或軟弱地盤，考量可能受破壞，則應打設鋼筋。

②三面鋪設溪流保護工過渡到二面鋪設溪流保護工的部分，流速差可能造成二面鋪設溪流保護工上游端附近護岸基礎淘刷，此時應施作護床工與消能工。此外，三面鋪設工下游端應施作帶工，防止細粒土砂吸出。

③一般而言，裸露溪床岩盤不施作河床鋪設工。有些岩盤岩質接觸水流部分易被侵蝕，則須實施三面鋪設工，因此，規劃工程前應確認岩質特性。

圖6-8 河床鋪設工之位置
(砂防設計公式集)



6.6.2 護床工與坡腳保護工

河床保護工之防砂壩、固床工與帶工等橫向構造物，其下游或護岸工附近易因與河床材料粗糙度差異產生局部淘刷。因此，為保護構造物坡腳，有時需規劃施作護床工或坡腳保護工。

<說 明>

與橫向構造物平行打設者稱為護床工，於護岸工正前方平行打設的稱為坡腳保護工，兩者皆可以自重與粗糙度防止淘刷，因此最好採取具撓曲性構造。

①材 料

若能從所開挖之土砂等取得巨礫或岩塊，護床工與坡腳保護工可實施拋石；無法取得則施作方箱形網籠工、預鑄混凝土塊等。

②大小

設計護床工與坡腳保護工所使用預鑄混凝土塊大小，應參考以下防砂壩等與溪床接合工程所使用之安定條件。

(a) 能承受滑動之安全性

$$\frac{R}{P} \geq n$$

$$P = C_D \cdot W_0 \cdot \varepsilon \cdot A \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$R = f \cdot W_0$$

$$W_b = \left(1 - \frac{W_0}{W_c}\right) W \cdot K$$

P：作用在預鑄混凝土塊的動水壓(t)

n：安定係數（一般為 1.0~1.5 左右）

R：預鑄混凝土塊的阻力(t)

C_D ：動水壓係數（一般多使用 1.0）

W_0 ：水流之單位體積重量(t/m³)

ε ：遮蔽係數（單體：1，群體：0.35~0.40）

A：投影面積（群體時為全體高度×寬）（m²）

ν ：水流之流速（m/sec）

g：重力加速度（m/sec²）

f：摩擦係數（摩擦係數，一般為 0.8）

W_b ：水中之混凝土塊重量(t)

W_c ：混凝土塊之空氣中單位體積重量(t/m³)

W：混凝土塊之空氣中重量(t)

K：混凝土塊個數

一般而言，以單體計算其重量比較安全。

(b) 可避免翻倒之安定性

$$XW_b > YP$$

X：混凝土塊支點到重心為止的水平距離(m)

Y：混凝土塊支點到重心為止的鉛直距離(m)

上記公式係水平河床時的公式，有坡度時須修正。

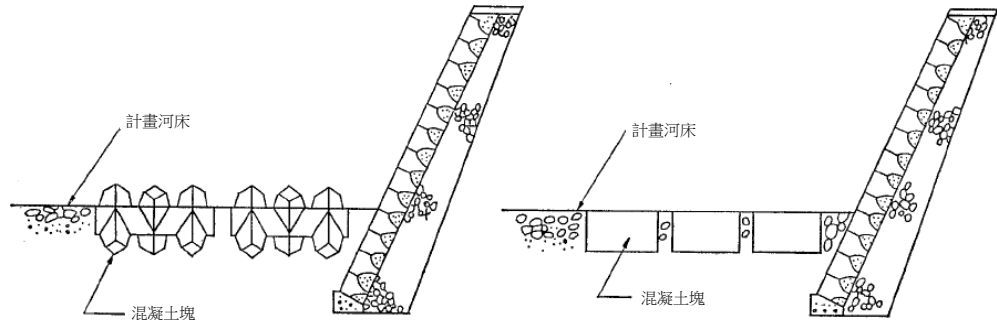


圖6-9 坡腳保護工(砂防設計公式集)

6.7 附屬構造物之設計

6.7.1 取水工

溪流設置溪流保護工時，若有既設之取水口等，應設置補償工程取水工。

<說明>

一般而言；取水工採自然流入方式，但河川管理設施等構造法令，亦有規定水路方式應極力避免堤外水路。但若有必要疏浚，堤內水路可能因為暗渠化或明渠變深而難以維護管理，此時須評估施作堤外水路。

設計取水工應注意要點如下。

- ①堤外水路之構造，原則上採完全分離方式。
- ②取水能力受原有機能限制，應避免入流超過必要之流量。
- ③採用洪水時可避免堤內地淹水等災害之構造。
- ④堤外水路不可設在溪流保護工規定斷面內。此外，堤外水路應採不防礙河床正常機能之構造。

6.7.2 排水工

溪流設置溪流保護工時，若有既設之田地用水排水與家庭用水排水等，應設置排水工。

＜說 明＞

設計排水工時應注意要點。

- ①應避免洪水引致內水洪氾，因此，應設在護岸計畫洪水位上方。
- ②為避免家庭用排水污物流入，應設置污水池等。
- ③田地排水量大可能造成溪床局部淘刷，有時須施作護床工。
- ④應採取避免配水管或水溝漏水流到護岸後方、破壞護岸構造。
- ⑤排水工應採最小長度，避免配水管與水溝過度流入河道工內，而致漂流木與垃圾造成阻塞。

6.7.3 滲透水對策工

三面鋪設之溪流保護工之滲透水對策工，有防止河床鋪設工底部伏流水破壞河床鋪設工之滲透水排除工，及補充地下水之流水滲透工等。

＜說 明＞

滲透水排除工應設在容易排除滲透水之床固工上游段。水流滲透工設在容易讓流水滲透之帶工上游段。

二者差異為設置地點。如圖 6-10所示，三面鋪設部分通常施作預鑄混凝土塊或方箱形網籠工。

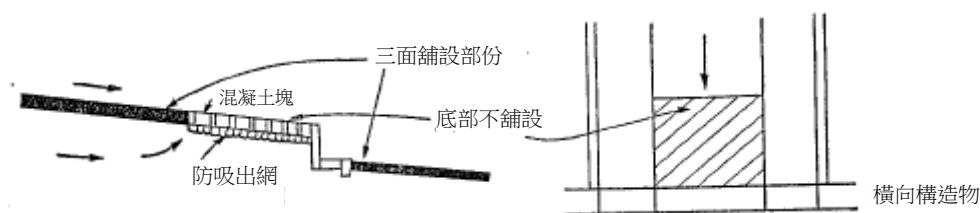


圖 6-10 滲透水排除工（池谷,1977）

6.7.4 橋樑等橫向構造物

橋樑等橫斷構造物，洪水時容易因為漂流木等阻塞造成災害，越少設置越好並應整合。

＜說 明＞

不得已需設置時，為防止上游漂流木等破壞構造物，高度最好為河川出水高加上至少 0.5m。

若要整合不同橋樑或地方民眾要求橋樑擴寬，應使用相同容許承載力之橋樑，且橋樑擴寬須以不可讓超過設計載重之車輛通行為限度。

通過溪流保護工上部之構造物，須防止水躍沖擊或水中物品造成阻塞，上下游 15m 左右範圍內應避免設階梯落差工。

6.7.5 魚道工

溪流保護工內之魚道須與取水工同樣設在規定的斷面外，落差工之設計多以拓寬溢洪口斷面完成設置。

6.7.6 基礎擋土工

溪流保護工之計畫河床坡度與現況河床坡度不同，因此，若需讓邊坡高於護岸高程，應設置基礎擋土工。

<說明>

基礎擋土工為方便溪流保護工維護管理，與護岸工之間應儘量設置通路或小段，加以隔開。

若牆後有田圃，為避免水流到擋土工裏側，擋土工不可兼作田埂用。

6.7.7 防護柵

若溪流保護工靠近道路或民宅、耕作地，為防止人車掉落，必要時須設防護柵。為避免妨礙溪流保護工維護管理，防護柵越少越好。除非溪流保護工兼作道路用途，否則防護柵應設在管理寬度外側。

6.7.8 階梯落差工及斜坡工

若需設置階梯落差工及斜坡工，為防止危險，應避免設在階段工正上游。此外，必要時應設防止外人侵入的門板。

<說明>

若與護岸平行設置，應由上游往下游走，避免採用下游高於上游之構造。設計時應避免階梯落差工成為弱點、導致護岸破壞。

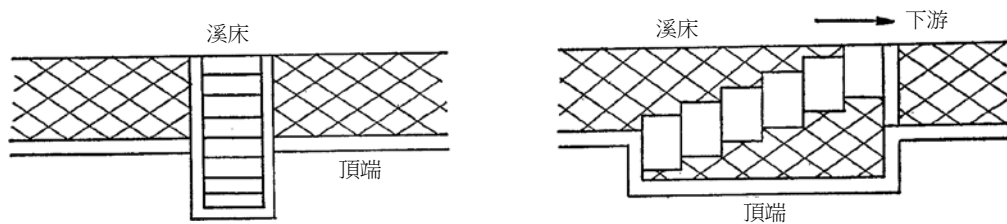


圖 6-11 階梯落差工(砂防設計公式集)

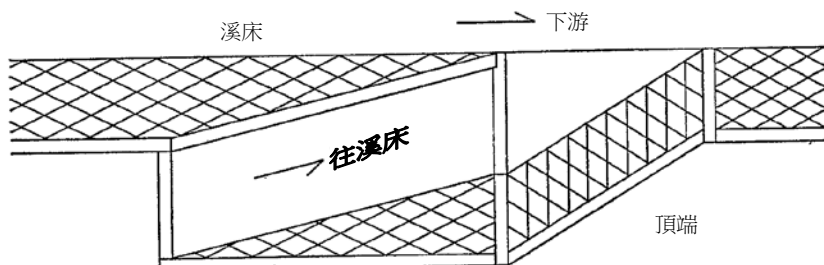


圖 6-12 斜坡工(砂防設計公式集)

7. 工程實施注意事項

施作溪流保護工程應避免對溪流現存生態系造成不良影響。

< 說明 >

施工應避免對現況溪流生態系造成不良影響，從規劃到施工須有一貫之認識，據此實施相關作業。特別是施工階段常有資材搬入、作業平台組立及施工地點外之多項作業等，期間也很長，發包者與承包者應事先確認作業注意事項，將注意事項載入施工計畫。特別是外來生物法指定具侵略性之外來生物，施工時應避免讓這類生物的種子等混入現場。

最好建立由總督導或顧問統合施工作業流程的監管體制。設立總督導可協助作業過程施工者確認設計想法並加以實現。總督導可由大學教師、專家學者、顧問、或檢討會召集人出任。

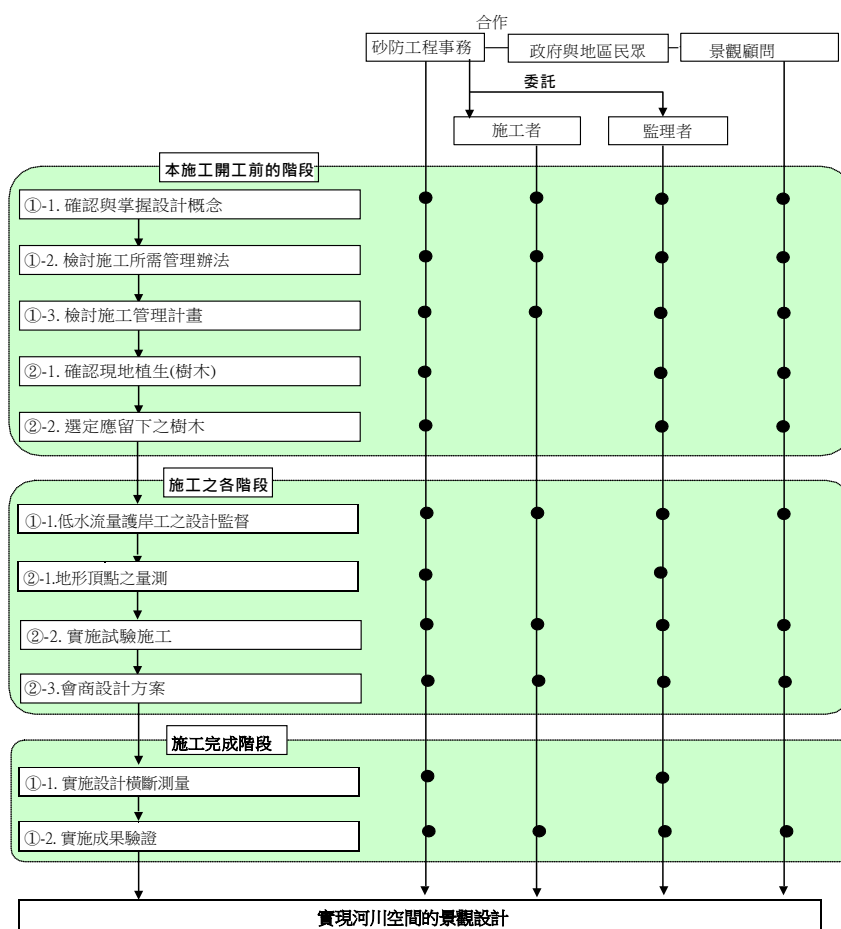


圖 7-1 施工過程中顧問所需對應之事項（景觀設計監理）

此外，彙整施工作業注意事項之工程用導覽圖。工程用導覽圖參考資料有依據近畿地方整備局六甲砂防事務所製作、運用之「與自然共生—六甲山系防砂工程導覽圖—」所編輯作為現場應用之「與自然共生 防砂工程導覽圖」（土木研究所砂防部綠色小組，2000.3.31）。



圖 7-2 防砂工程導覽圖之構成（案例）
（取材自「與自然共生 砂防工程手冊」）

8. 溪流保護工之維護管理（適應性管理）

8.1 維護管理之基本原則

溪流保護工之維護管理，基本上應隨時反應溪流各種條件之時間軸變化。

<說 明>

溪流環境常不斷變化，因此，應對該流域氣候與流域土砂生產、流出所引致土砂移動條件、溪畔區域生態系、土地利用形態等環境特性變化實施溪流保護工，發揮機能所必要之定期監測，並依據綜合評估推動下列對策（適應性管理）。此時除了調查流域土砂生產與流出特性變化、土地利用變化、溪岸是否嚴重侵蝕及溪畔林流失、枯死，設施破損或破壞狀況，掌握溪畔區域變化之外，不可拘泥於原初設計，而應配合現況整備設施。因此，也應適度地依據河川砂防技術基準（案）調查編，實施動植物棲地調查。

專欄：防砂構造物之資產管理（預防保護）

可引進資產管理（預防保護）概念作為延長防砂構造物壽命之解決方案。

資產管理係近年來地方政府實施該管轄設施更新時間（年限）平均化、納入生命周期概念評估之有效資產管理方法，主要應用於道路構造物。傳統防砂構造物之維護管理並非預防保護模式，而全部採事後保護模式，但溪流保護工實施設施維護即可長期利用，整備設施管理資料即能維護機能。引進資產管理概念需將既有資料資料庫化，以對應事態變化，並須推動監測案例、修補與設計所需技術之資料庫化。

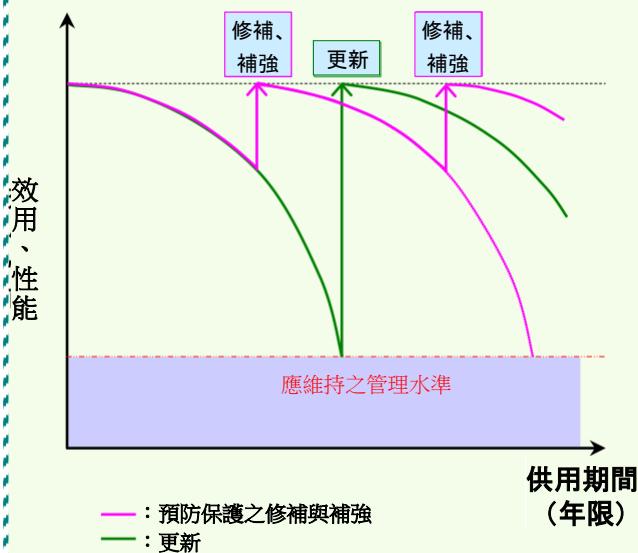


圖 8-1 資產管理概念圖

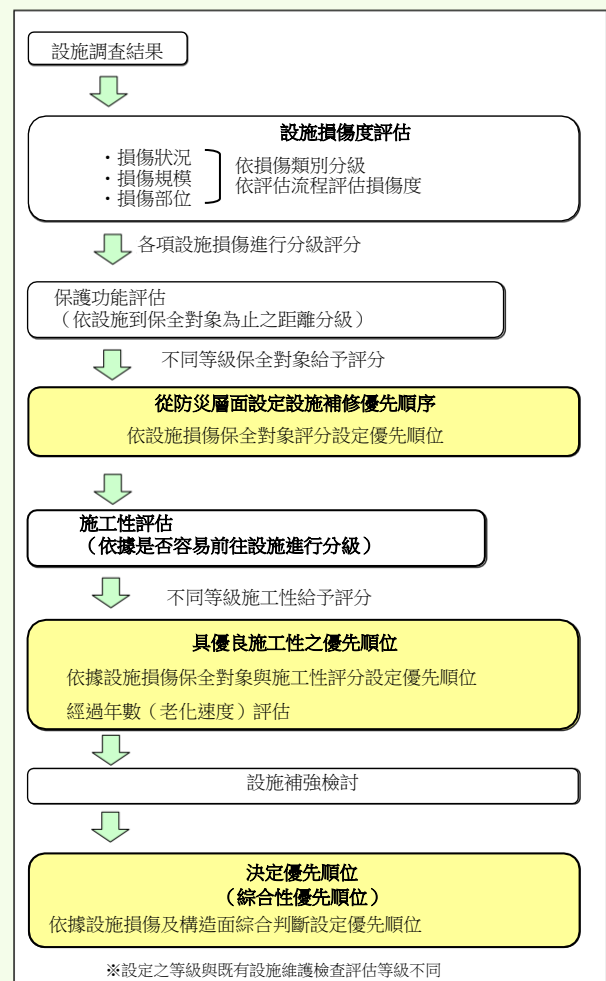


圖 8-2 資產管理案例（防砂設施修補優先順位檢討流程）

8.2 防砂構造物

防砂構造物若出現磨損、破損或變形等，且判斷機能可能受損或已受損，應立即修補、修繕。此外，應清除漂流木對策設施上的漂流木。

<說明>

防砂構造物應於洪水期前實施一次維護檢查，一定規模洪水後也應儘速實施。維護檢查應製作維護檢查表，整理、保管相關資訊，並實施資料G I S化等管理措施，以暢通、分享資訊。

維護檢查時若判斷防砂構造物機能可能受損，應儘速修補、修繕。此外，若破損嚴重應進行緊急修補與修繕。

漂流木對策設施之維護管理，應遵循『土石流與漂流木對策設計技術指南，第3節清淤（含除去漂流木）』。

8.3 溪畔林

溪畔林原則上應避免人工作為、保持自然狀態。

<說明>

溪畔林維護檢查之時期與維護檢查記錄管理，應參照8.2辦理。溪畔林原則上應維持自然狀態，但若實施定期監測發現遊憩區域之溪畔林流失或枯死，應恢復或創造溪畔林。此外，推估流域土砂生產與流出特性變化可能導致溪畔林流失與漂流木災害，應評估砍伐溪畔林或於溪畔林下游側施作漂流木對策設施。此外，因應外來種入侵，應從不同角度評估地區利用實況與外來種入侵對自然環境的不良影響等，必要時進行個別檢討對應。

參考文獻

- ◇ (社)全國治水防砂協會(1984):「改訂版 砂防設計公式集」1984年
- ◇ 池谷等(2001):「現場技術者のための砂防・地すべり・がけ崩れ・雪崩防止工事ポケットブック」(現場技術者砂防・地滑・崖崩・雪崩防止工程手冊),山海堂,p.380
- ◇ 防砂學會編(1999):「水辺域ポイントブック—これからの管理と保護」(水邊區域重點手冊—今後之管理與保護),古今書院,p.60
- ◇ 中村太士(1999):「流域一貫—森と川と人のつながりを求めて」(流域一貫—創造森林・河川與人的和諧互動),築地書館,p.138
- ◇ 鷺谷泉(1999):「生物保護の生態学(新・生態学への招待)」(生物保護生態學(新生態學介紹)),共立出版,p.181
- ◇ 鷺谷泉・矢原徹一(1996):「保護生態学入門—遺伝子から景觀まで」(保護生態學入門—遺傳基因到景觀),共立出版,p.270
- ◇ 日本地形學連盟(1998):「水辺環境の保護と地形学(地形工学セミナー)」(水邊環境之保護與地形學(地形工學研討會)),古今書院,p.186
- ◇ 建設省土木研究所(2000):「樹林の砂防学的功能に関する研究の現状」(樹林之砂防學功能相關研究現狀),土木研究所資料第3679號
- ◇ 建設省土木研究所(2000):「自然材料を利用した砂防構造物の築造」(利用自然材料之防砂構造物施作方法),土木研究所資料第3729號
- ◇ 建設省河川局防砂部防砂課(1988):「緑の砂防ゾーン計画策定指針(案)」(綠色防砂帶計畫策定指南(案))
- ◇ 土木研究所防砂部綠色小組(2000):「自然と共生するために 砂防工事ガイドブック」(與自然共生 防砂工程手冊)
- ◇ 國土交通省都市・地域整備局都市計畫課(2005):「景觀法の概要」(景觀法概要),
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/plan/townscape/keikan/pdf/keikanhou-gaiyou050901.p df>
- ◇ 國土交通省都市・地域整備局公園綠地課(2005):「公園綠地行政の新たな展開-都市綠地法等の改正について-」(公園綠地行政新做法-都市綠地法等之修訂-),
<http://www.mlit.go.jp/crd/city/plan/townscape/keikan/pdf/toshiryokuchi-kaisei. pdf>
- ◇ 國土交通省砂防部(2007):「砂防關係事業における景觀形成ガイドライン」(砂防相關事業景觀形成指引)
- ◇ 國土交通省河川局砂防部保護課・文化廳文化財部建造物課(2003):「歴史的砂防施設の保存活用ガイドライン」(防砂歷史設施保存活用手冊)
- ◇ 國土交通省河川局(2006):河川景觀指引「河川景觀の形成と保護の考え方」(河川景觀之形成與保護之構想)
<https://www.mlit.go.jp/river/kankyou/riverscape/pdf/ref.pdf>
- ◇ 環境省自然環境局:「外来生物法—特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律—ホームページ」(外來生物法—防止特定外來生物形成生態系等相關災害法律網頁),
<http://www.env.go.jp/nature/intro/index.html> (環境省自然環境局内)
- ◇ 國土交通省(2004):「國土交通省 河川砂防技術基準 計畫編」
- ◇ 建設省:「建設省河川砂防技術基準(案)同解説調査編」
- ◇ 建設省:「建設省河川砂防技術基準(案)同解説設計編Ⅰ,Ⅱ」
- ◇ 國土交通省(2007):「砂防基本計畫策定指南」(土石流與漂流木對策編)
- ◇ 國土交通省(2007):「土石流・流木対策設計技術指針」(土石流與漂流木對策設計技術指南)
- ◇ 水山高久・井良沢道也・福本晃久(1990):「樹林帯の土石流制御功能に関する水理模型試験報告書」(樹林帶土石流調控功能相關水理模型試驗報告書),土木研究所資料No.2837
- ◇ 小山内信智・南哲行・竹崎伸司・小林富士香・溝口昌晴(1999):「砂防溪流における溪畔林の成立実態と溪流保護のあり方に関する研究」(砂防溪流溪畔林成立實況與溪流保護作法研究),砂防學會誌第52卷第1號(通卷222號)
- ◇ 小山内信智・南哲行・竹崎伸司・小林富士香・東樹芳雄(2001):「溪畔植生の成立基盤を確保するための河道横斷形狀の設定手法」(確保溪畔植生成立基礎所需河道横斷面形狀設定方法),砂防學會誌第53卷第5號(通卷232號)

- ◇ 小山内信智（2002）：「砂防事業区域における植生の機能とその保護・導入手法に関する研究」（砂防事業区域植生機能及其保護與引進方法研究）
- ◇ （社）砂防學會監修（1993）：「砂防学講座第5巻-2 土砂災害対策—水系砂防（2）—」（砂防學講座第5巻 2土砂災害對策—水系防砂—）,山海堂
- ◇ 長野縣建設部砂防課（2009）：「水生生物の多様性を目指した近自然工法の試みとその機能の検証～施工後10年目の評価から～」（實現水生生物多様性近自然生態工法之實踐及其功能驗證～從完工10年評鑑談起～）
- ◇ 長野縣長野建設事務所（2001）：「砂防河川鳥居川 水辺環境施設設計の手引き」（砂防河川 鳥居川 水邊環境設施設計指引）
- ◇ 伊凡・尼基汀（1995）：「水制の理論と計算—近自然河川工法の發想を助けるために—」（水制理論與計算—實現近自然生態河川工法之方法）
- ◇ 建設省河川局砂防部（1977）：「砂防指定地及び地滑り防止区域内における宅地造成等の大規模開發審査基準（案）」（砂防指定地及地滑防止區域內住宅地整建等大規模開發審査基準（案））
- ◇ 地域振興整備公團（1979）：「防災調節池技術基準検討委員会報告書」（防災調節池技術基準検討委員會報告書），1979年12月
- ◇ 建設省土木研究所（1974）：「河道工に関する研究（Ⅱ）」（河道工相關研究（Ⅱ）），土木研究所資料943，1974年3月
- ◇ 建設省土木研究所（1974）：「河道工に関する研究（Ⅲ）」（河道工相關研究（Ⅲ）），土木研究所資料944，1974年3月
- ◇ 本間 仁，安芸咬一（1962）：「物部水理學」，岩波書店
- ◇ 池谷浩（1977）：「砂防河道工の計画と実際」（防砂河道工之規劃與施作實況），全建技術系列25，全日本建設技術協會，1977年8月
- ◇ 中村太士（1995）：「河畔域における森林と河川の相互作用」（河畔區域森林與河川相互作用），日本生態學會誌 Vol.45，pp.295～300
- ◇ （財）河川前線整備中心編註（1994）：「河道内の樹木の伐採・植樹のためのガイドライン（案）」（河道內樹木之砍伐與植樹指引(案)），山海堂，p.3
- ◇ 山口縣土木建築部砂防課（1997）：「山口県緑の砂防ゾーン計画のためのガイドライン（案）」（山口縣綠色防砂帶規劃指引(案)）

編譯：水土保持局技術研究發展小組

Research and Technology Development Team, SWCB, COA

December 2020

本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。