

第14章 砂防

第1節 基本事項	1
1. 適用範囲	1
2. 適用基準等	1
3. 設計の基本的考え	1
3-1 環境との調和	1
第2節 砂防えん堤（標準）	3
1. 砂防えん堤の種類	3
1-1 砂防えん堤構築材料による分類	3
1-2 砂防えん堤の目的による分類	4
1-3 砂防えん堤の型式による分類	4
1-4 砂防えん堤の構造型式による分類	5
2. 砂防えん堤の各部の名称	6
3. 砂防えん堤の配置	7
3-1 位置	7
4. 不透過型砂防えん堤の設計	7
4-1 基本事項	8
4-1-1 設計洪水流量	8
4-1-2 設計荷重	8
4-2 水通しの設計	9
4-2-1 水通しの位置および断面	9
4-3 重力コンクリート砂防えん堤本体の設計	9
4-3-1 天端幅	9
4-3-2 断面形状	10
4-4 基礎の設計	11
4-4-1 カットオフ	11
4-4-2 段切り	12
4-5 袖の設計	12
4-6 前庭保護工の設計	12
4-6-1 副堤・水褥池による減勢工	13
4-6-2 水叩き	13
4-6-3 側壁護岸	14
4-6-4 護床工	14
4-7 付属物の設計	14
4-8 堤体腹付け補強対策	16
5. 透過型砂防えん堤の設計	17
5-1 基本事項	17
5-1-1 透過型砂防えん堤の種類	17
5-1-2 設計流量	18
5-1-3 設計荷重	18
5-1-4 設計水深	19
5-2 透過型砂防えん堤の安定条件	19
5-3 本体構造	20
5-3-1 水通し	20
5-4 スリットの構造	21
5-4-1 鋼製スリットの選定	21
5-4-2 スリットの数	21
5-4-3 スリットの深さ	21
5-4-4 スリットの配置	22

5-5 袖の安定性、および構造	22
5-6 前庭保護工	22
第3節 床固め工（標準）	23
1. 基本事項	23
1-1 目的	23
1-2 位置	23
1-3 床固めの方向	23
1-4 溪床勾配	24
2. 床固め工の設計	24
2-1 水通し	25
2-2 本体	25
2-3 基礎	26
2-4 袖	26
2-5 前庭保護工	26
3. 帯工	26
第4節 護岸工および水制工（標準）	27
1. 護岸工の設計	27
1-1 護岸工の位置	27
1-2 護岸工の型式、種類の選定	28
1-3 護岸の天端高	28
1-4 護岸の根入れ	28
2. 水制工の設計	28
2-1 水制工の位置	28
2-2 水制の方向	29
2-3 長さ、高さ、および間隔	29
第5節 溪流保全工（流路工）（標準）	30
1. 基本事項	30
1-1 目的	30
1-2 計画高水位	30
1-3 法線	30
1-4 縦断形	30
1-5 断面	31
2. 溪流保全工（流路工）の設計	31
2-1 溪床	31
2-2 護岸工と床固め工の取付け	31
2-3 砂防えん堤との取付け	31
3. 溪流保全工（流路工）における護岸工	31
4. 溪流保全工（流路工）における床固め工	32
4-1 位置	32
4-2 重複高	32
5. 底張り	32
第6節 山腹工（標準）	33
1. 基本事項	33
1-1 目的	33
1-2 工種	33
1-3 工種の選定	33
2. 山腹工の設計	33

第14章 砂防

第1節 基本事項

1. 適用範囲

本章では、砂防えん堤、床固め工、護岸および水制工、溪流保全工（流路工）、山腹工に関する設計の考え方を示したものである。

本章は、砂防施設配置計画のうち、土砂生産抑制施設配置計画、土砂流送制御施設配置計画について、土砂生産・流送の場とその場で使われる砂防の工種について整理したものである。

表 1-1-1 主な砂防施設配置計画と砂防の工種

水系砂防計画及び土石流対策計画に基づき策定される砂防施設配置計画の区分	土砂生産・流送の場	砂防の工種
土砂生産抑制施設配置計画	山腹	山腹基礎工、山腹緑化工、山腹斜面補強工、山腹保育工
	溪床・溪岸	砂防えん堤、床固工、帯工、護岸工、溪流保全工
土砂流送制御施設配置計画	溪流・河川	砂防えん堤、床固工、帯工、護岸工、水制工、溪流保全工、導流工、遊砂地工

出典：[1.]

河川砂防技術基準
同解説 計画編
(H17.11)P177
一部加筆

出典：[表 1-1-1]

河川砂防技術基準
同解説 計画編

表 3-1(H17.11)P177

2. 適用基準等

表 1-2-1 示方書等の名称

指 針・要 綱 等	発行年月日	発 刊 者
河川砂防技術基準 同解説 計画編	平成 17 年 11 月	日本河川協会
河川砂防技術基準（案）同解説 設計編Ⅱ	平成 9 年 10 月	〃
砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策指針）同解説	平成 19 年 3 月	国土技術政策総合研究所
土石流・流木対策設計技術指針同解説	平成 19 年 3 月	〃
改定版砂防設計公式集（マニュアル）	昭和 59 年 10 月	全国治水砂防協会
鋼製砂防構造物設計便覧（平成 21 年度版）	平成 21 年 9 月	砂防・地すべり技術センター
砂防ソイルセメント設計・施工便覧	平成 23 年 10 月	〃
その他関係法令等	-	-

3. 設計の基本的考え

砂防設備の設計にあたっては、治水安全性の確保とともに、自然環境を守り優れた自然を後世に残すよう配慮しなければならない。

溪流空間は、恐ろしい土砂災害の発生の場合であると同時に、自然環境に恵まれた憩いの場でもある。したがって、砂防施設の設計にあたっては、治水安全性の確保とともに、自然環境を守り優れた自然を後世に残すよう配慮しなければならない。

3-1 環境との調和

自然と調和した健康な暮らしと健全な環境の創出を図るため、周辺環境に十分配慮し、自然の溪流を活かした砂防施設の設置を行い、「環境と調和した砂防施設」の立案を推進する。

「環境と調和した砂防施設計画」は、溪流が持つ自然な姿をできるだけ保ち、溪流が本来有している良好な生息環境に配慮し、あわせて美しい自然景観を保全・創出するものであり、砂防施設の立案においては、土砂処理のための合理的な計画を検討すると同時に、環境に配慮することが必要である。

各砂防施設における環境に配慮する方法の一例を 表 1-3-1 に示す。

表 1-3-1 環境と調和した砂防施設の例

施設	検討項目
山腹工	<ul style="list-style-type: none"> ○山腹基礎工は周辺環境になじんだ工法、材料等を工夫する。 <ul style="list-style-type: none"> ・間伐材の利用（山腹工節減工法等） ○植栽工の樹種は適地、適木を選定する。 <ul style="list-style-type: none"> ・樹種は2～4種類を組み合わせ自然植生に近いものとする。
砂防えん堤工	<ul style="list-style-type: none"> ○周辺環境になじむよう構造、材料、修景等を工夫する。 <ul style="list-style-type: none"> ・砂防えん堤のスリット化 ・必要に応じて魚道の確保（魚の迂回路・多段式落差工） ・修景用ブロックを型枠に使用 ・石、間伐材（木材）等で被覆 ・砂防えん堤前面を極力、覆土し植栽する。 ・現地発生土砂の有効活用（砂防ソイルセメント工法の活用）
床固め工	<ul style="list-style-type: none"> ○周辺環境になじむよう構造、材料、修景を工夫する。 <ul style="list-style-type: none"> ・溪流魚、両生類に対する配置（魚道、オオサンショウウオ昇降路） ・魚の回遊路、窪地の設置 ・多段式落差工、全断面魚道化、緩勾配化
河道	<ul style="list-style-type: none"> ○下流部の河道法線、横断線形、断面構造を工夫する。 <ul style="list-style-type: none"> ・現河道を極力活かし、屈曲や膨らみを持った法線形の採用 ・瀬や淵を保全、創出し、直線化を避ける ・現河道幅が広い部分は遊砂地として利用 ・溪岸の緩傾斜化（背後の土地利用状況・用地の確保等を考慮） ・低水路の確保（河道内に植生エリアを確保・河床勾配が急などで複数断面の形状が維持できない場合は除く）
護岸工 （根固め）	<ul style="list-style-type: none"> ○構造、材料を工夫する。 <ul style="list-style-type: none"> ・水理特性に応じ植生と木または石材を併用した溪岸保護の採用 ・じゃかご、捨石等の多様な空隙構造をもつ材料の採用 ・コンクリート護岸を覆土し、植生を導入（隠し護岸） （低水路を除き下流に悪影響のない程度に覆土） ・多自然型ブロックの採用やつる性植物で護岸を覆う ・護岸の背後地に樹木を植え、溪畔林を創出
落差工	<ul style="list-style-type: none"> ○現河床勾配の変化点等以外は極力落差工を施工しない。 <ul style="list-style-type: none"> ・構造、材料、修景を工夫 ○魚道の確保に配慮する。 <ul style="list-style-type: none"> ・魚の回遊路、窪地の設置 ・多段式落差工、全断面魚道化
緑の砂防	<ul style="list-style-type: none"> ○緑の環境保全機能、防災機能を最大限活かす。 <ul style="list-style-type: none"> ・土砂災害緩衝樹林帯の整備 ・環境保全機能（生物多様性機能、景観機能、水質浄化機能） ・防災機能（土砂生産抑制機能、流出土砂抑制機能、流出土砂調整機能、土地利用抑制機能）

第2節 砂防えん堤（標準）

1. 砂防えん堤の種類

1-1 砂防えん堤構築材料による分類

砂防えん堤の構築材料による分類は、表 2-1-1 のとおりである。

表 2-1-1 砂防えん堤構築材料による分類

コンクリート砂防えん堤	砂防えん堤に一般的に用いられる材料である。また、加工されたものとして、コンクリート枠砂防えん堤、コンクリートブロック砂防えん堤等がある。
コンクリートブロック砂防えん堤	コンクリートブロックを組み合わせて築造した砂防えん堤で、基礎地盤に対する要求が少ないため、地すべり地等で用いられることが多い。
粗石コンクリート砂防えん堤	コンクリートの中に粗石（径30～50cm）を混入したものを、特に粗石コンクリートと呼ぶ。強度的にコンクリートと中埋石の付着さえ十分ならば粗石コンクリートはコンクリートと同一であるという前提で、現地で得やすい玉石を中埋めとして用い、コンクリート量を節約するものである。
鋼製砂防えん堤	近年、鋼製の砂防えん堤の施工例が多くなっている。種類として、枠形式、スリット形式、格子形式、ダブルウォール形式、セル形式、スクリーン形式等があげられる。
石積み砂防えん堤	空石積みと練り石積みがあり、耐磨耗性は良いが、近年石工が少なくなり、施工例も減少している。
ロックフィル砂防えん堤	ロックフィル形式、アース形式等がある。
木製砂防えん堤	丸太を組み合わせた方格枠内に玉石を充填するものが、木製堰堤として古くから用いられ、現場付近で得られる材料で安定的な構造物がつくれるという点で高く評価されていたが、木材は耐久性の点で永久構造物としては適当でなく、一時的な構造物あるいは短期間で安定が期待できるような小荒廃地の構造物として使われる。
ソイルセメント砂防えん堤	砂防ソイルセメントは、施工現場において現地発生土砂とセメント・セメントミルク等を攪拌・混合して製造するもので、砂防施設とこれに伴う附帯施設の構築及び地盤改良に活用する材料の総称である。

出典：[表 2-1-1]
砂防ソイルセメント
設計・施工便覧
1.4 (H23.10) P6
一部加筆

1-2 砂防えん堤の目的による分類

砂防えん堤の目的による分類は、表 2-1-2 のとおりである。

表 2-1-2 砂防えん堤の目的による分類

土砂生産抑制施設	山脚固定による山腹の崩壊などの発生又は拡大の防止又は軽減	砂防えん堤の設置により上流側に土砂を堆積させ、この堆積土砂によって溪床を上昇させて山脚を固定し、山腹の崩壊などの予防及び拡大を防止する機能を有する。
	溪床の縦侵食の防止又は軽減	砂防えん堤の設置により上流側に土砂を堆積させて、溪床の縦侵食を防止する機能を有する。
	溪床に堆積した不安定土砂の流出防止又は軽減	砂防えん堤の設置による不安定土砂の流出を防止する機能を有する。
土砂流送制御施設	土砂の流出抑制あるいは調整	堆積容量に流出土砂を貯留させることで、土砂の流出抑制機能を発揮する。この機能は堆砂によって失われるので、計画上これを見込む場合は除石などにより機能の回復を行う必要がある。
	土石流の捕捉あるいは減勢	砂防えん堤が満砂状態である場合には一時的に安定勾配より急な勾配で土石流を堆砂域に堆積させてこれを捕捉する。堆積容量を活用する場合は、堆積容量に土石流を捕捉することで、土石流の捕捉機能を発揮するが、この機能は堆砂によって失われるので、計画上これを見込む場合は除石などにより機能の回復を行う必要がある。

出典：[表 2-1-2]
河川砂防技術基準
同解説 計画編
2.3, 3.2
(H17.11)P180, 183
一部加筆

1-3 砂防えん堤の型式による分類

砂防えん堤で、現在考えられている代表的なものは、不透過型砂防えん堤と透過型砂防えん堤に分けられ、砂防えん堤の形式による分類は、表 2-1-3 のとおりである。

表 2-1-3 砂防えん堤の形式

不透過型砂防えん堤	土石流時だけでなく、平常時の流出土砂についても貯留するものを不透過型と分類している。従来から多くの箇所を実施しているが、近年砂防えん堤により生態系の分断を起こすとの判断を受けたり、下流河川への土砂の供給を行わないため、河床低下を引き起こしたり、河川流水の成分の改悪により生態系への影響を指摘する研究がされている。鋼製スクリーン砂防えん堤は、中小出水時に土砂を貯留するため不透過型としているが、スクリーンの間隔によって、中小出水時に下流に土砂を流下することができれば透過型に分類できることもある。
透過型・部分透過型砂防えん堤	透過型砂防えん堤・部分透過型砂防えん堤は土砂を捕捉あるいは調整するメカニズムから「土石流捕捉のための透過型及び部分透過型砂防えん堤」と「土砂調節のための透過型及び部分透過型砂防えん堤」がある。土石流捕捉のための透過型及び部分透過型砂防えん堤は、土石流に含まれる巨礫等によって透過部断面が閉塞することにより、土石流を捕捉する。また、透過部断面が確実に閉塞した場合、捕捉した土砂が下流に流出する危険性はほぼ無いため、土石流捕捉のための透過型及び部分透過型砂防えん堤を土石流区間に配置する。 一方、土砂調節のための透過型及び部分透過型えん堤は、流水に堰上げ背水を生じさせて掃流力を低減させることにより、流砂を一時的に堆積させる。土砂調節のための砂防えん堤が所定の効果を発揮するためには、透過部断面の閉塞は必要とされない。そのため、土砂調節のための透過型及び部分透過型砂防えん堤は洪水の後半に堆積した土砂が下流に流出する危険性があるため、土石流区間に配置しない。

出典：[表 2-1-3]
砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策指針)同解説
(H19.3)P62

1-4 砂防えん堤の構造形式による分類

砂防えん堤の構造形式による分類は、表 2-1-4 のとおりである。

表 2-1-4 砂防えん堤の構造形式による分類

コンクリート 重力式砂防えん堤	コンクリート重力式砂防えん堤は、一般的な砂防えん堤であり、堤体コンクリートの自重で外力に抵抗するもので、設計・施工も容易である。
中空中詰め重力式砂防えん堤	中空重力式砂防えん堤で従来のものは、底面応力の緩和とコンクリート量の節減に効果があるが、型枠費が大きく小規模な砂防えん堤では不利となり、最近はあまり採用されない。中空中詰め重力式砂防えん堤は、中空部をエキスパンドメタルの仮枠で囲い、土砂を中詰めすることにより型枠代わりにするもので、中空ダム欠点である型枠費を大幅に削減し、コンクリートの節約を図るとともにえん堤サイトの基礎となる地盤支持力が小さく、通常のコンクリート重力式砂防えん堤では、不等沈下が生じる恐れがある場合等、底面圧力の緩和が必要な場合等に用いられる。なお、本型式ではコンクリートが節減できることや、中空部に掘削土を中詰めできるので、残土処理上有利である。
ロックフィル砂防えん堤	ロックフィル砂防えん堤は、土砂礫で本体を築造するため良質な材料を現場近くで得られることが望まれる。砂防えん堤全体をロックフィル形式とする例は少なく、水通し部をコンクリート等で築造し、袖部にこれを用いることがある。ロックフィル砂防えん堤は、中空重力型式と同様に地盤支持力の小さいえん堤サイトに適している。
アーチ式砂防えん堤	アーチ式砂防えん堤は、外力を河床部から側方部へ大部分を伝えることにより安定を図る構造である。したがって、他の型式の砂防えん堤に比べ、えん堤サイトの地質、地形が良好であることが重要である。コンクリート量はかなり節約できる。
三次元砂防えん堤	三次元砂防えん堤は、堤体に作用する荷重を基礎の地盤と側方の岩盤に伝え、砂防えん堤と岩盤の摩擦力およびせん断抵抗力によって安定を図る構造である。コンクリート量は、アーチ式砂防えん堤ほどではないがコンクリート重力式砂防えん堤に比べてかなり減ずることができる。
枠形式砂防えん堤	枠形式砂防えん堤は、地質条件で屈とう性が要求される場合や、緊急な施工を要する場合、あるいは透水性が要求される場合に用いられる。
スリット砂防えん堤	スリット砂防えん堤は、土砂流のフロント部の巨礫群を捕捉し、減勢させる鋼管スリット砂防えん堤や、掃流域で貯砂量の一部を調節量として取り扱うために施工するものなどがある。
ダブルウォール砂防えん堤	ダブルウォール砂防えん堤は、矢板やエキスパンドメタル、コンクリートパネルを上下流に組み立てて、型枠の代替とするもので、施工が容易である。
ソイルセメント砂防えん堤	ソイルセメント砂防えん堤は、現地発生土砂を有効活用し、堤体材料とする構造形式である。現地発生土砂の貯存量、粒径、有機物含有量等の土砂特性・地形特性の確認が必要である。

出典：[表 2-1-4]
砂防ソイルセメント
設計・施工便覧
1.4 (H23.10) P6
一部加筆

2. 砂防えん堤の各部の名称

砂防えん堤の各部の名称は、図 2-2-1 に示すとおりである。

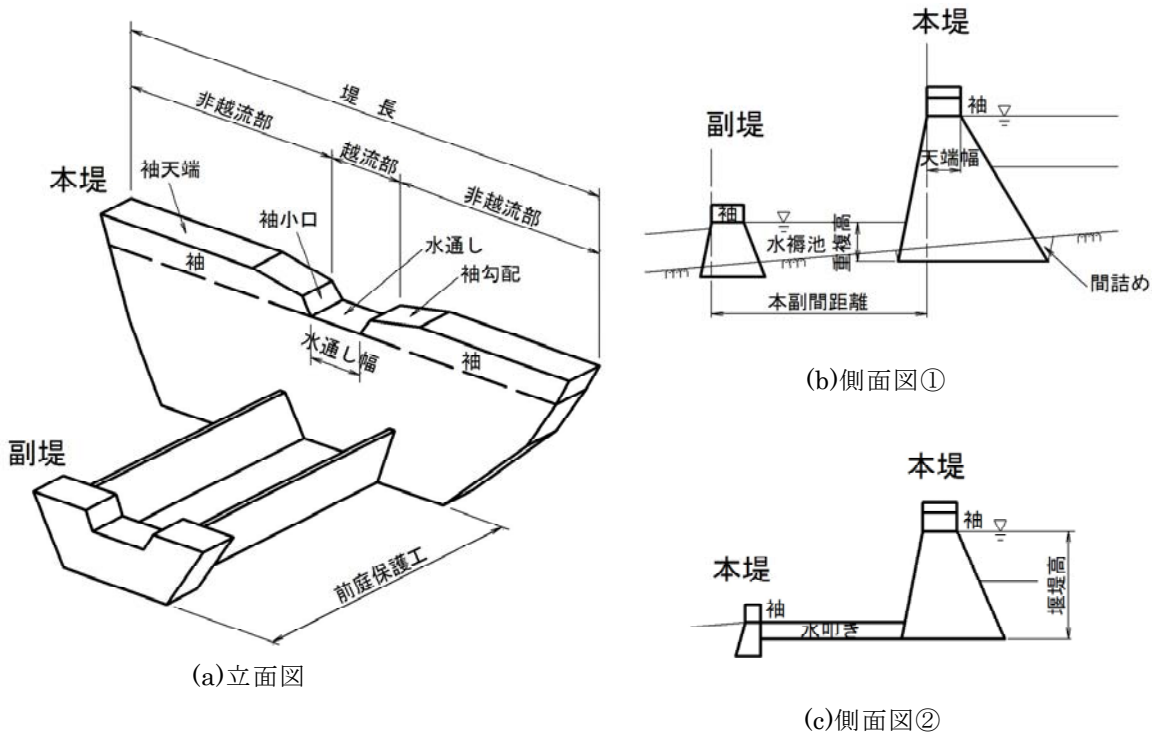


図 2-2-1 砂防えん堤各部の名称

なお、前庭保護工として、砂防えん堤の下流の横工として設置するものには副堤と垂直壁がある。

① 副堤

副堤は、本堤の高さが 15m 以上の場合、本堤下流の基礎地盤が悪く洗掘・河床低下のおそれのある場合および、水叩きコンクリートの厚さが 2m を越えて水褥池を設けた場合に、概ね単独で設置する構造物で、周囲の岩盤が劣悪な場合には、水叩き被覆工を伴うこともある。裏のり勾配をつける等単独で構造物の安定が図れる構造でなければならない。

② 垂直壁

垂直壁は、水叩きの下流に設置する構造物で、水叩きコンクリート下流の洗掘を防ぐための構造物である。なお、上流側の勾配は、鉛直として設置する。

3. 砂防えん堤の配置

3-1 位置

土砂生産抑制施設としての砂防えん堤の設置位置は、砂防えん堤に期待する効果と、地形、地質、不安定土砂の状況を勘案して決定する。

- ① 山脚固定による山腹の崩壊などの発生又は拡大の防止又は軽減：原則として崩壊などのおそれがある山腹の直下流
- ② 溪床の縦侵食の防止又は軽減：原則として縦侵食域の直下流
- ③ 原則として不安定な溪床堆積物の直下流

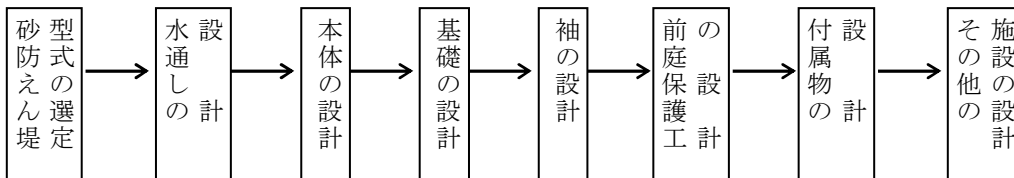
土砂流送制御施設としての砂防えん堤の設置位置は、砂防えん堤に期待する効果などを勘案して決定する。

- ④ 土砂の流出抑制あるいは調節、土石流の捕捉あるいは減勢：狭窄部でその上流の谷幅が広がっているところや支川合流点直下流部などの効果的な場所に設置するものとする。

出典：[3-1]
河川砂防技術基準
同解説 計画編
(H17.11)P180,183
一部加筆

4. 不透過型砂防えん堤の設計

不透過型砂防えん堤の設計においては、「河川砂防技術基準 同解説 計画編 第3-2章砂防施設配置計画」「河川砂防技術基準(案)同解説 設計編Ⅱ 第3章2節砂防ダム」「改訂版 砂防設計公式集」「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策指針）同解説」「土石流・流木対策設計技術指針同解説」に準ずるものとする。



出典：[図 2-4-1]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
表 3-1 (H9.10)P3
一部加筆

図 2-4-1 砂防えん堤の設計手順

4-1 基本事項

4-1-1 設計洪水流量

砂防えん堤の設計流量は、土砂移動現象「掃流区間及び土石流区間」に応じて、設計該当地区の降雨量の年超過確率（1/100～1/200）、または既往最大のうち大きい方を採用し、土砂含有率を考慮して定めるものとする。

設計洪水流量の算定は、次に示す合理式が一般に用いられる。

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

$$Q' = (1/3.6) \cdot f \cdot \gamma \cdot A \quad \dots \text{合理式}$$

- ここに、 Q : 対象流量 (m³/s)
 Q' : 合理式によって求めるピーク流量 (m³/s)
 α : 土砂混入率
 f : 流出係数
 γ : 洪水到達時間内の平均雨量強度 (mm/h)
 A : 流域面積 (km²)

ただし、土石流区間の場合は原則として「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策指針）同解説」に準じ、土石流ピーク流量に対しても安全な設計とする。

表 2-4-1 近畿地方整備局管内における計画規模の一例

	六甲山系	瀬田川水系	木津川水系	九頭竜川水系
計画雨量*	110mm/hr	60mm/hr (田上) 70mm/hr (信楽)	60mm/hr (名張市、青山町、山添村) 91mm/hr (曾爾村、御杖村、美杉村)	90mm/hr
対象確率	1/200	1/100	1/100	1/100
土砂混入率	50%	掃流区域：10% 土石流区域：50%	掃流区域：10% 土石流区域：50%	20%

表中の「計画雨量*」は上記水系での1例であって、ピーク流量を算定する際に用いる。洪水到達時間内の平均降雨強度は該当する地域の降雨強度式（第11章水路第5節府県別降雨強度）より求める必要がある。

4-1-2 設計荷重

砂防えん堤に作用する外力には、静水圧・堆砂圧・揚圧力・地震時慣性力・地震時動水圧・温度変化による膨張力・伸縮力・土石流荷重等があり、設計条件に応じて適切な外力で設計するものとする。

なお、土石流時の設計荷重については「河川砂防技術基準(案)同解説 設計編Ⅱ 第3章砂防施設の設計」による検討と、「土石流・流木対策設計技術指針同解説」による土石流流体力を考慮する場合についての両方を検討し、両方に対して安全でなければならない。

出典：[4-1-1]
 砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策指針）同解説
 (H19.3)P43

出典：[4-1-2]
 河川砂防技術基準
 (案)同解説 設計編Ⅱ
 P4(H9.10)一部加筆

出典：[4-1-2]
 土石流・流木対策設計
 技術指針同解説
 4-1-2(H19.3)P19

4-2 水通しの設計

4-2-1 水通しの位置および断面

水通しの中心の位置は、原則として現河床の中央に位置するものとし、砂防えん堤上下流の地形、地質、溪岸の状態、流水の方向等を考慮して定めるものとする。

(1) 水通しの底幅 B_1

水通し幅は現溪床幅程度を基本とし、3m以上を原則とする。

(2) 水通しの高さ H_3

水通しの高さは、逆台形堰の越流公式により求められた対象流量に応じた越流水位 h_3 に、表 2-4-2 に示す余裕高 h_3' 以上の値を加えて定めるものとする。

ただし、土石流ピーク流量を用いる場合は「土石流・流木対策設計技術指針同解説」に準じ越流水深を求め、その値と土石流として流出すると予想される最大礫径を比較して大きい方の値を越流水深 h_3 とする。

表 2-4-2 計画流量に対する余裕高

計画流量	余裕高
200m ³ /s 未満	0.6m
200～500 m ³ /s	0.8m
500 m ³ /s 以上	1.0m

表 2-4-3 溪床勾配別の設計水深に対する余裕高の比の最低値

計画堆砂勾配	(余裕高) / (設計水深)
1/10 以上	0.50
1/10～1/30	0.40
1/30～1/50	0.30
1/50～1/70	0.25

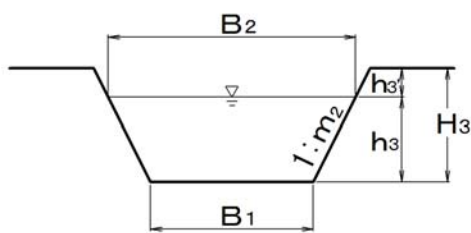


図 2-4-2 水通しの断面

B_1 : 水通しの底幅 (m)
 B_2 : 越流水面幅 (m)
 H_3 : 水通しの高さ (m)
 h_3 : 越流水深 (m)
 h_3' : 余裕高 (m)
 m_2 : 袖小口勾配

4-3 重力コンクリート砂防えん堤本体の設計

4-3-1 天端幅

砂防えん堤の天端幅は、えん堤サイト付近の河床構成材料、流出土砂形態、対象流量等の要素を考慮して決定するものとし、流出土砂等の衝撃に耐えるとともに、水通し部では通過砂礫の摩耗等に耐えるような幅とする必要がある。

近畿管内では、重力式コンクリート砂防えん堤の天端幅は、一般に表 2-4-4 に示す値を用いている。

出典：[4-2-1]
 河川砂防技術基準
 (案)同解説 設計編Ⅱ
 4-2-1(H9.10)P9

一部加筆
 出典：[(1)]
 土石流・流木対策設計
 技術指針同解説
 (H19.3)P10

出典：[(2)]
 河川砂防技術基準
 (案)同解説 設計編Ⅱ
 4-2-2(H9.10)P9
 一部加筆

出典：[表 2-4-2]
 土石流・流木対策設計
 技術指針同解説
 表-2(H19.3)P10

出典：[表 2-4-3]
 土石流・流木対策設計
 技術指針同解説
 表-3(H19.3)P10

出典：[図 2-4-2]
 河川砂防技術基準
 (案)同解説 設計編Ⅱ
 2.4 図 3-4(H9.10)P9

出典：[4-3-1]
 河川砂防技術基準
 (案)同解説 設計編Ⅱ
 4-3-1(H9.10)P10
 一部加筆

表 2-4-4 近畿管内での天端幅（標準）

	六甲山系	瀬田川水系	木津川水系	九頭竜川水系
掃流区間	3.0m	2.0m	2.0m	2.5m
土石流区間		3.0m	3.0m	

4-3-2 断面形状

砂防えん堤として一般に用いる重力式砂防えん堤は、その安定を保つために、次の三つの条件を満たさなければならない。なお、砂防えん堤の断面決定に当たっては、原則として越流水深を考慮するものとする。

- ① 砂防えん堤の上流端に引張応力が生じないようえん堤の自重および外力の合力の作用線が、原則として底部の中央 1/3 以内に入ること。
- ② 砂防えん堤底と基礎地盤との間で滑動を起こさぬこと。
- ③ 砂防えん堤内に生ずる最大応力が材料の許容応力を超えないとともに、地盤の受ける最大圧が地盤の許容支持力以内であること。

出典：[4-3-2]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
2.5.2(H9.10)P10
一部加筆

(1) 下流のり勾配

a. 越流部

砂防えん堤の下流のり面は、越流土砂による損傷を極力受けない計画とし、砂防えん堤の越流部における下流のり勾配は一般に 1:0.2 とする。

なお、流出土砂の粒径が小さく、かつ、その量が少ない場合（中小出水においても土砂の流出が少ない溪流等）は、経済性を考慮しこれより緩くすることができる。

ただし、下流のり勾配を緩くする場合、その上限を 1:1.0 とし、かつ土砂が活発に流送され始める流速 V とえん堤高さ H から求められる次式の勾配よりも急にする。

出典：[(1)]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
2.1.3.2 (3)
(H19.3)P12
一部加筆

$$\frac{L}{H} = \sqrt{\frac{2}{gH}} U$$

ここで、 L ：水通し肩からの堤底のり尻までの水平距離

H ：えん堤高(m)

U ：土砂が活発に流送され始める流速 U (m/s)

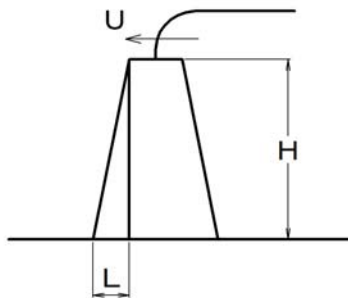


図 2-4-3 下流のり勾配

出典：[図 2-4-3]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
図-6(H19.3)P13

b. 非越流部

非越流部の断面は、越流部断面と同一を標準とする。

ただし、非越流部では、落下砂礫の衝撃および摩耗等を考慮する必要がないので、下流のり勾配を緩くすることができる。非越流部の形状を越流部と変えるかどうかは、安全性および施工性の難易等を考慮して決定するものとする。

越流部の断面を変える場合は平常時および洪水時の安定性の他、15m以上の砂防えん堤については、未満砂で湛水していない状態の時に、下流側から地震時慣性力が作用する状態についても安全性を有する断面とする。

c. 上流のり勾配

重力式コンクリート砂防えん堤の越流部の上流のり勾配を求める場合は、安定計算により定めることとする。

出典：[b.]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
2.5.2.2
(H9.10)P11,12
一部加筆

4-4 基礎の設計

砂防えん堤の基礎地盤は、安全性等から岩盤が原則である。

ただし、計画上やむをえず砂礫基盤とする場合（フローティングえん堤）は、原則として、えん堤高15m未満に抑えるとともに、均一な地層を選定しなければならない。

出典：[4-4]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
2.6.1(H9.10)P13
一部加筆

基礎地盤が所要の強度を得ることができない場合は、想定される現象に対応できるよう適切な基礎処理を行うものとする。

なお、砂防えん堤の基礎処理は、想定されるそれぞれの現象に対処できる工法から、経済性、施工性等も考慮して選定し設計しなければならないが、砂防えん堤の規模や基礎の状態により工法も著しく異なるため、いくつかの工法を比較検討して適切な工法を選定し、その工法に合った設計法により設計する必要がある。

4-4-1 カットオフ

カットオフは、砂防えん堤の必要な基礎根入れを確保した上で、パイピングやえん堤下流の対策として設けられる。

- ① カットオフの幅は、カットオフ部の応力集中を避けるために堤敷長の $B/3$ 以内とすることが必要であり、施工性を考慮してその幅を決めるものとする。なお最小幅は2mとする。
- ② カットオフの高さは、 $h=3\text{m}$ 以内としている例が多い。安定計算上は堤体として扱わないものとする。

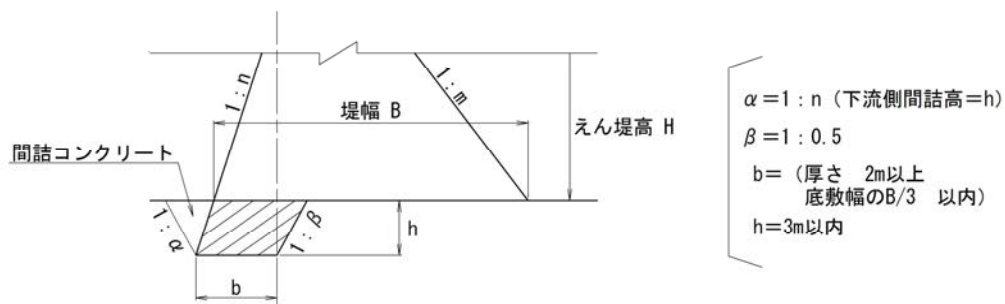


図 2-4-4 カットオフの適用条件

4-4-2 段切り

岩盤を基礎とした砂防えん堤でえん堤軸直上流側の岩盤河床勾配が急であり、通常の水平なえん堤基礎面では岩盤への根入深が著しく大きくなり不経済となる場合、段切構造とすることができる。

えん堤基礎面を段切構造とすることができるえん堤は、岩盤を基礎としているえん堤に限り、砂礫基礎の場合には用いないこととする。段切構造は下図 2-4-5 を標準とし、上流側根入深が標準根入深の 2 倍程度以上の場合用いることができる。

安定計算は、図中 H をえん堤高とし、段切計画前の水平な基礎面を用いて計算するものとする。

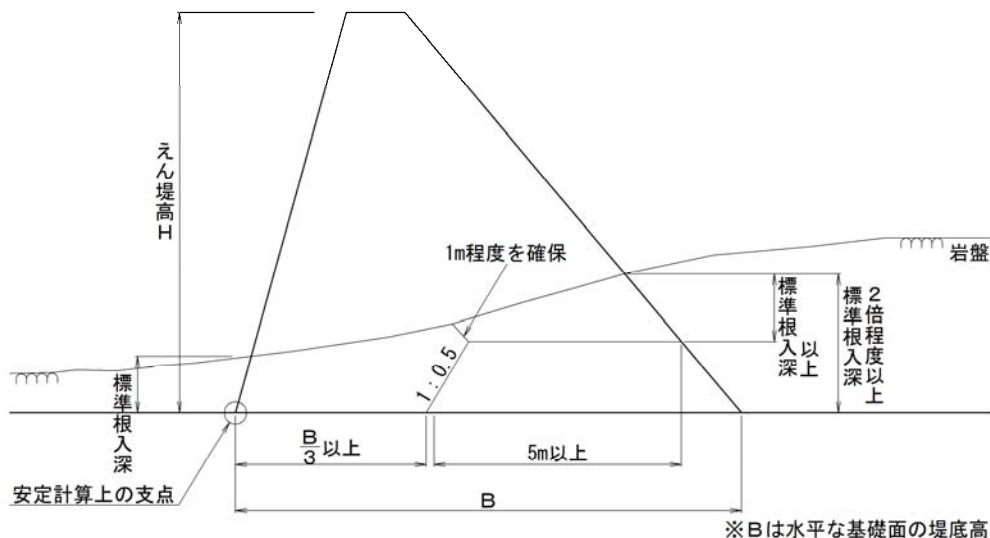


図 2-4-5 段切断面模式図

4-5 袖の設計

砂防えん堤の袖は、洪水を越流させないことを原則とし、想定される外力に対して安全な構造として設計するものとする。また、土石流・流木対策の場合は、礫の衝撃力と流木の衝撃力の大きい方に土石流流体力を加えたものに対して安全な構造とする。

袖の両岸は、洪水流等の外力をしばしば受けるとともに、異常な洪水や土石流により越流する場合も考えられ、これによる袖部の破壊あるいは下流部の洗掘は砂防えん堤の本体の破壊の原因になりやすい。袖はこれらに対処するため十分な袖勾配をとり、袖の嵌入の深さを本体と同程度の安定性を有する地盤までとし、特に砂礫地盤の場合は必要に応じて上下流に土留擁壁を施工して袖の基礎の安定を図るべきである。

4-6 前庭保護工の設計

前庭保護工は、砂防えん堤からの落下水、落下砂礫による基礎地盤の洗掘、および下流の河床低下の防止に対する所要の効果が発揮されるとともに、落下水、落下砂礫による衝突に対して安全なものとなるよう設計するものとする。

出典：[4-5]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
2.7(H9.10)P14

一部加筆
出典：[4-5]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
(H19.3)P15
一部加筆

出典：[4-6]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
2.8.1(H9.10)P14
一部加筆

前庭保護工は、副堤および水褥池による減勢工、水叩き、側壁護岸、護床工等から成る。
砂防えん堤を越流する水脈は、一般に高段からの自由落下であり、水脈の落下地点における衝突水圧等によりえん堤基礎部が洗掘される。一方、衝突した水脈は、下流へ高流速で流下するため、現況河川の水利条件にもどる地点まで河床低下が生じる。このためえん堤基礎と下流の河床への悪影響をなくす目的で、前庭保護工を設けて対処している。

なお、土石流が袖部を越流すると予想される場合は、図 2-4-6 に示すように、前庭部の側壁護岸を土石流の越流を考慮した構造とする。

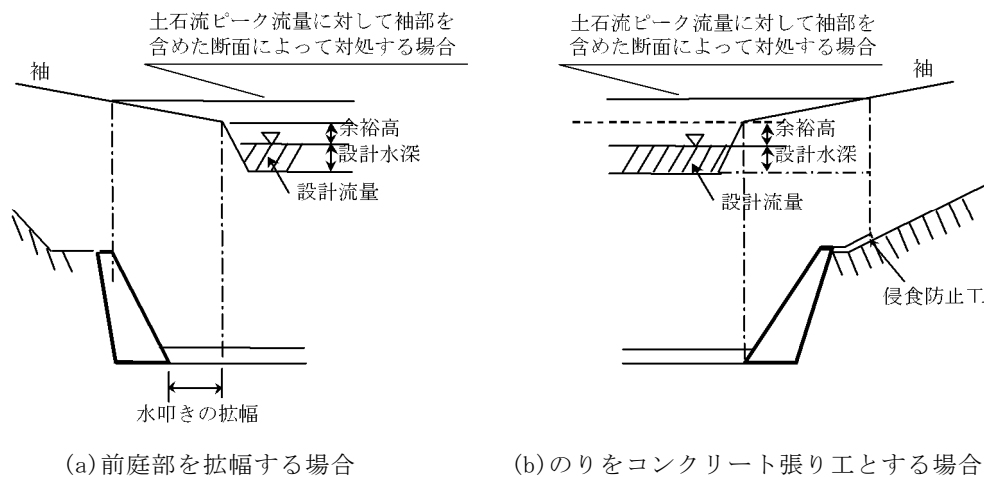


図 2-4-6 土石流を考慮した側壁護岸の例

4-6-1 副堤・水褥池による減勢工

副堤の位置、および天端の高さは、えん堤基礎地盤の洗掘、および下流河床低下の防止に対する所要の効果が発揮されるよう定めるものとする。

副堤の水通し、本体、基礎、袖の設計は、「本節 4. 不透過型砂防えん堤の設計」に準ずるものとする。

ただし、袖勾配は、原則として水平とするものとする。

なお、土石流が頻発するような流域においては「土石流・流木対策設計技術指針同解説 2.1.3.4 前庭保護工」を参考とする。

4-6-2 水叩き

水叩きは、えん堤下流の河床洗掘を防止し、えん堤基礎の安定及び両岸の崩壊防止に対する効果が十分に発揮されるとともに、落下水、落下砂礫の衝突および揚圧力に対して安全なものとなるよう設計するものとする。

副堤を設けない場合は、水叩き下部端に垂直壁を設けるものとする。なお、垂直壁の構造及び水叩きの厚みは「河川砂防技術基準（案）同解説 設計編Ⅱ 第3章 2.8.3」に準ずる。

出典：[4-6]
河川砂防技術基準
（案）同解説 設計編Ⅱ
2.8.1(H9.10)P14
一部加筆

出典：[図 2-4-6]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
2.1.3.2 図-4
(H19.3)P11

出典：[4-6-1]
河川砂防技術基準
（案）同解説 設計編Ⅱ
2.8.1(H9.10)P14
一部加筆

出典：[4-6-2]
河川砂防技術基準
（案）同解説 設計編Ⅱ
2.8.3(H9.10)P16
一部加筆

4-6-3 側壁護岸

側壁護岸は、砂防えん堤の水通し天端より落下する流水によって、本堤と副堤または垂直壁との間において発生する恐れのある側方侵食を防止しうる構造として設計するものとする。

側壁護岸基礎の平面位置は、砂防えん堤から対象流量の落下位置より後退させるものとする。側壁構造は、「河川砂防技術基準（案）同解説 設計編Ⅱ 第3章 2.8.3」に準じて設計する。なお、側壁の水抜きは、原則として常時湛水が予想される水位以下には設けないものとする。

出典：[4-6-3]
河川砂防技術基準
（案）同解説 設計編Ⅱ
2.8.5(H9.10)P17
一部加筆

4-6-4 護床工

護床工は、副堤、垂直壁の下流河床の洗掘を防止しうる構造として設計するものとする。

護床工は、河床材料、河床勾配、対象流量などを総合的に検討して設計するものとする。

出典：[4-6-4]
河川砂防技術基準
（案）同解説 設計編Ⅱ
2.8.4(H9.10)P17
一部加筆

4-7 付属物の設計

砂防えん堤の付属物である水抜き、間詰め、流木止め等は、その機能および安全性が得られる構造として設計するものとする。

出典：[4-7]
河川砂防技術基準
（案）同解説 設計編Ⅱ
2.9(H9.10)P18
一部加筆

(1) 水抜き

砂防えん堤には必要に応じ水抜き暗渠を設け、次に示すこれら目的によって、その効果を十分発揮するような大きさ、数、形、および配置を定めるものとする。

- ① 流出土砂量の調節
- ② 堆砂後浸透水を抜き水压を軽減
- ③ 施工中の流水の切替え

なお、砂防えん堤の構造上水抜き箇所に応力の集中を起しやすいため、必要に応じて鉄筋等により補強する等、慎重に対処するものとする。

また、小断面の水抜き暗渠（0.6m×0.6m程度以下）については、硬質塩化ビニール管とする。

(2) 間詰め

基礎および袖の嵌入部における掘削部は間詰めにより保護しなければならない。

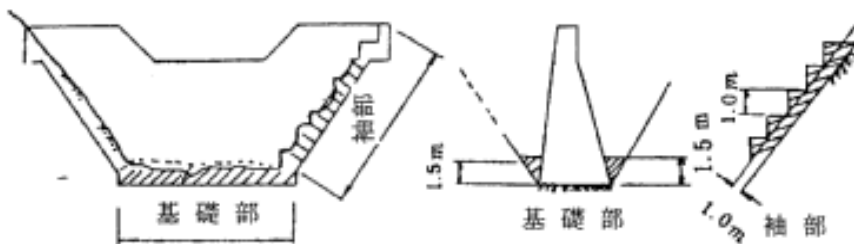


図 2-4-7 間詰め例

なお、一般に間詰めは、掘削部において行い、基礎掘削部の場合の間詰めは、基礎岩盤はコンクリート、砂礫基礎は砂礫あるいはコンクリートで行う。本体の立上がり部および袖の嵌入部の間詰めは、岩盤の場合はコンクリート、土砂盤の場合は土留擁壁を設け土砂で埋めもどすことが多い。

間詰コンクリートの打設高は1mを原則とし、本体コンクリートと同時打設とする。

(3) 堤冠保護工

水通し部は、細流土砂や石礫により摩耗や欠損されることが考慮される場合には、これを防止するため堤冠部を保護するものとする。

堤冠保護工については、施工方法を考慮して、下図の施工範囲を標準とする。

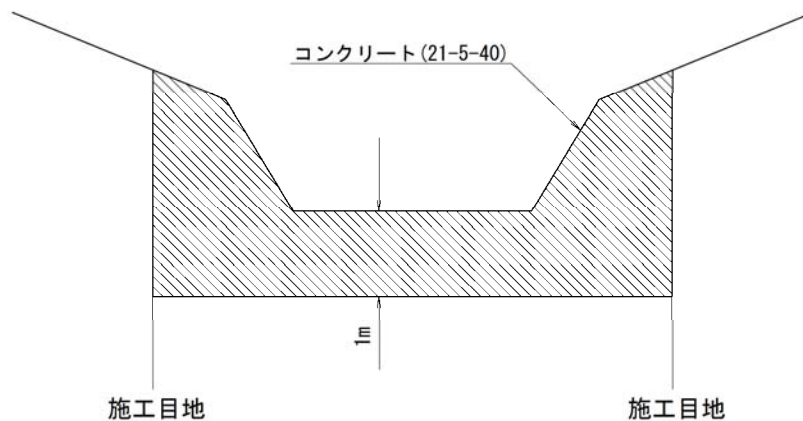


図 2-4-8 堤冠保護工施工範囲

(4) 流木止め

流木の流下の恐れがある場合には、必要に応じて流木止めを設けるものとする。

流木止めを本堤や副堤に設置する際は、水通し断面は、図 2-4-9 のように流木止めを含まない断面とする。

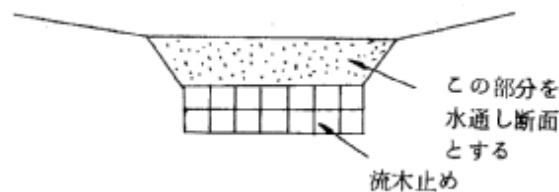


図 2-4-9 流木止めのある場合の水通し断面

なお、流木止めの設計は、流木止めのみの安定性についても安定計算を実施するものとする。流木止めの型式には、スリット方式やスクリーン方式等があり、その設計にあたっては、流木除去が可能なように考慮する必要がある。

出典：〔4〕
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
2.9(H9.10)P18
一部加筆

4-8 堤体腹付け補強対策

腹付け補強厚さは、施工上必要な幅として 1.5m を最小とする。

ただし、盛土等により作業ヤードが確保できる場合や、石積で修景する場合は別途考慮する。

また、新旧コンクリートの一体化を目的として、既設堤体のチップングおよび用心鉄筋を配置するとともに、現場状況に応じて天端の新旧打設目からの浸透防止対策を行う。

既設堤体コンクリートの強度が不足している部分は撤去等の処理を行うとともに、無視できない漏水についても止水、グラウト等の処理を行う。

平成 9 年に発生した腹付け部の剥離（関東地整、利根川水系）で、天端の新旧コンクリート打継目からの流水の流入した事例から、浸透水も剥離を助長させた一因であると考えられることから、現場状況に応じて浸透防止対策を行う。

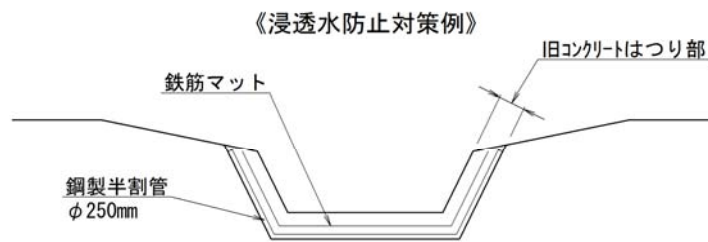
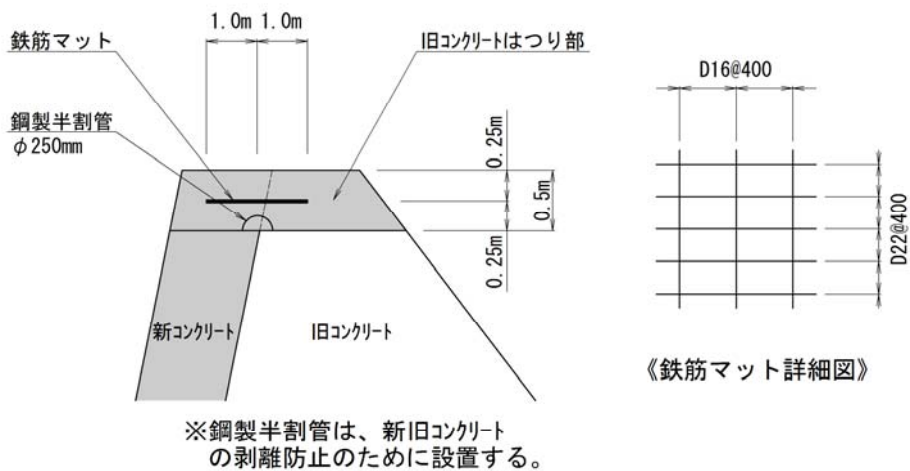


図 2-4-10 浸透防止対策例

5. 透過型砂防えん堤の設計

透過型砂防えん堤の設計は、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策指針）同解説」「土石流流木対策設計技術指針同解説」に基づくこととし、必要に応じて「鋼製砂防構造物設計便覧」を参照するとよい。

5-1 基本事項

5-1-1 透過型砂防えん堤の種類

透過型砂防えん堤は、機能面から土石流を直接捕捉するタイプと掃流の堰上げによって出水中の土砂の流出を遅らせるタイプに分けられる。

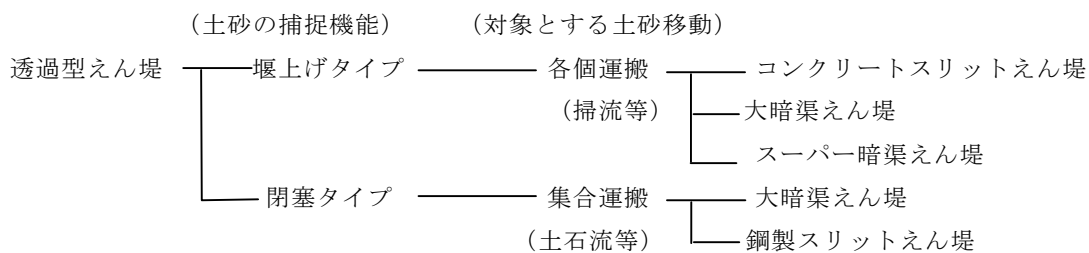


図 2-5-1 透過型砂防えん堤の種類

コンクリートスリット砂防えん堤は水通しの一部が鉛直方向に開口しているスリット構造のコンクリート砂防えん堤として位置づけられるが、設計の基本は不透過型コンクリート砂防えん堤に準じる。

なお、透過型砂防えん堤は以下の点に留意して計画・設計するものとする。

- (1) 土石流区間の透過型砂防えん堤は鋼製を原則とし、流下する土砂については、下流のえん堤などで捕捉あるいは調節できるように計画する。
- (2) コンクリートスリット砂防えん堤の場合、透過部総断面積が小さいために、先行流の湛水により、土石流先頭部に含まれる巨石は湛水の上流端附近に停止して透過部断面が閉塞せず、巨石を含まない土砂がスリットを通過したり、減水時の短時間に流下してしまう危険性がある。
- (3) 掃流区間に設置する透過型砂防えん堤は、コンクリートスリット砂防えん堤を原則とする。鋼製スリットえん堤では各個運搬される土砂がすり抜けてしまうので、鋼製スリットえん堤は設置しない。掃流区間に設置されたコンクリートスリットえん堤は大量の土砂がえん堤下流部に堆積するので、下流河道内、あるいは下流のえん堤により安全に堆積するように計画する。

土石流区間は、一般に溪床勾配 $I = 2^\circ$ （概ね 1/30）以上の区間で、掃流区間は 2° （1/30）未満の区間である。

大暗渠えん堤は、砂防えん堤堤体の一部に暗渠を設置したもので、土石流時に流下してくる石礫によって大暗渠を閉塞させるものである。鋼製スリット砂防えん堤は透過部断面が土石流中の石礫を閉塞するように鋼管を設置したものである。

出典：[5-1-1]
砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策指針）同解説
3.3.1.3(H19.3)
P62, 63
一部加筆

出典：[5-1-1]
砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策指針）同解説
(H19.3)P4 一部加筆

5-1-2 設計流量

土石流区間の設計流量は、土石流ピーク流量とする。なお、掃流区間の場合は、「本章 4. 不透過型砂防えん堤の設計」と同様とする。

土石流区間の透過型砂防えん堤の水通し断面を設計する場合、土石流ピーク流量を用いて算出する。土石流ピーク流量は、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策指針）同解説 2.7.3」に示した方法に基づき算出する。

5-1-3 設計荷重

基本的には「本章 4. 不透過型砂防えん堤の設計」と同様とする。

ただし、透過構造に応じた設計外力が作用するものとし、次のことを考慮するものとする。

- ①堆砂圧は土石流が上載されるものとして台形分布とする。
- ②透過部分（スリット部分）には、砂礫、および水は詰まっていない状態で自重を算定する。
- ③透過型鋼製スリット砂防えん堤のように透過率の高い場合においても、図 2-5-2 に示す堆積圧、および流体力を外力として堤体全体の安定性、部材の安全性を検討する。土石流自重が上載荷重となるので堆砂圧は台形分布となる。
- ④部分透過型砂防えん堤において基礎コンクリートが厚い場合、基礎天端まで水位があるものとして静水圧を作用させる。

出典：[5-1-2]

土石流・流木対策設計
技術指針同解説

2.1.4.1(H19.3)P21

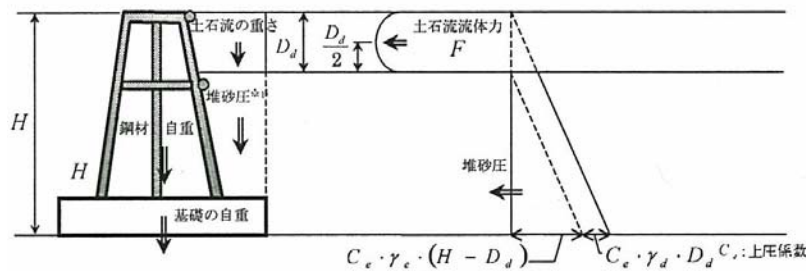
一部加筆

出典：[5-1-3]

土石流・流木対策設計
技術指針同解説

2.1.4.1(H19.3)P19

一部加筆



※1) 堆砂圧の鉛直力を算出の際は、土砂の単位体積重量 ($\gamma_e = C_s \sigma g$) を用いる。

図 2-5-2 透過型鋼製スリット砂防えん堤の設計外力

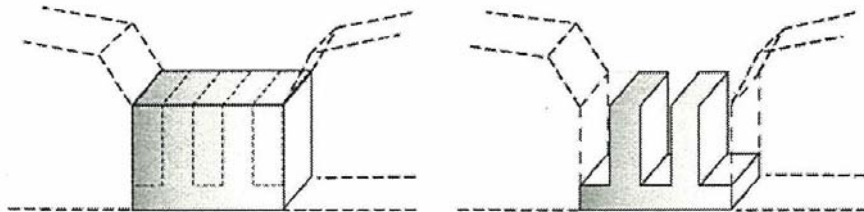
コンクリートスリット砂防えん堤の場合の設計外力、および安定条件等は、不透過型砂防えん堤に準じて行うものとする。ただし、堤体自重は水通し部の堤体ブロック全体の重量と、スリット部を含んだ水通し部のブロックの体積より算出した容積の単位体積重量を用いて計算する。(図 2-5-3 参照)

$$rc = W / V$$

ここで、 rc : 見かけのコンクリート単位体積重量

W : スリット部を除いた堤体重量

V : スリット部を含む堤体積



(a) スリット部を含む水通しの堤体積 V (b) スリット部を除いた水通しの堤体積 W/rc

図 2-5-3 スリット部における水通しの堤体積

5-1-4 設計水深

土石流区間に設置する鋼製透過型砂防えん堤の場合、設計流量を流しうる水通部の越流水深を設計水深として定める。

掃流区間に設置するコンクリートスリット砂防えん堤の場合、「本章 4. 不透過型砂防えん堤の設計」と同様とする。

出典 : [5-1-4]

土石流・流木対策設計

技術指針同解説

(H19.3)P8

5-2 透過型砂防えん堤の安定条件

透過型砂防えん堤は堤体全体が滑動、転倒および支持力に対して安定であるとともに、透過部を構成する部材が材料の強度に対して安全でなければならない。

透過型砂防えん堤堤体全体の安定条件は、「本章 4. 不透過型砂防えん堤の設計」に準ずる。

出典 : [5-2]

土石流・流木対策設計

技術指針同解説

2.1.4.1(H19.3)P19

一部加筆

5-3 本体構造

透過部の部材は、設計外力に対し安全でなければならない。一部の部材が破損したとしても砂防えん堤全体が破壊につながらないように、フェールセーフの観点から、できるだけ冗長性（リダイダンシー）の高い構造とする。

出典：[5-3]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
2.1.4.2(H19.3)P22

5-3-1 水通し

水通し断面は、原則として「本章 4. 不透過型砂防えん堤の設計」によるが、透過部閉塞後も安全に土石流を流せる断面とする。

透過型砂防えん堤の透過部が完全に閉塞した場合に土石流ピーク流量を流し得る十分な水通し断面を有する構造とする。鋼製スリット砂防えん堤の場合は、余裕高を考慮しなくても良い。

出典：[5-3-1]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
2.1.4.3(H19.3)P25
一部加筆

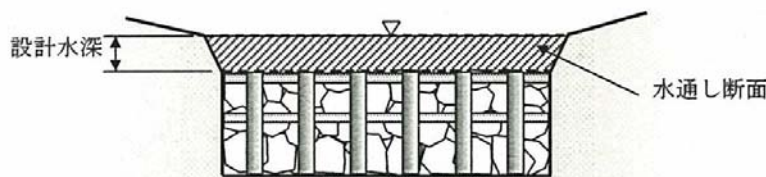


図 2-5-4 透過型砂防えん堤の水通し

出典：[図 2-5-4]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
2.1.4.3(H19.3)P25
図-13

(1) 開口部の大きさ

透過型砂防えん堤の開口部の大きさは、土石流の最大礫径、および施設の目的により決定する。ただし、スリット砂防えん堤の開口部の最小幅は、施工性、維持管理を考慮し、1.0mとする。土石流の最大礫径は、土石流として流出すると予想される土砂の粒径をダム計画地点より上流の溪床、およびえん堤サイト下流各々200m間の溪床堆積物を踏査し、200個以上の巨礫の頻度分布を調べ、累加曲線の95%程度をもって最大礫径とする。

実験によると、土砂濃度が高い場合においては、水平純間隔及び鉛直純間隔が最大礫径(D_{95})の1.5倍より小さければ、透過部断面が閉塞することが分かっているため、機能上、必要な場合、水平純間隔及び鉛直純間隔を1.5倍まで広げることができる。

出典：[(1)]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
2.1.4.3(H19.3)
P25~26
一部加筆

表 2-5-1 透過型砂防えん堤における透過部断面の設定について（土石流捕捉）

機能	水平純間隔	鉛直純間隔	最下段の透過部打面高さ
土石流の捕捉	$D_{95} \times 1.0$ ※1	$D_{95} \times 1.0$ ※1	土石流の水深以下 ※2

※1 上述の通り、水平純間隔・鉛直純間隔を最大礫径(D_{95})の1.5倍まで広げることができる。

※2 上述の通り、最下段透過部断面高さを最大礫径(D_{95})の1.5倍まで狭くすることができる。

出典：[(1)]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
2.1.3.1(H19.3)P9

また、掃流区域で堰上げ型スリット砂防えん堤を計画した場合は、次式を満足するものとする。

$$b \leq 1.5 d_{1\max} \text{ かつ } b > 3.0 d_{2\max}$$

ここに、 $d_{1\max}$ ：洪水時の最大礫径（10cm単位）（100年確率程度）

$d_{2\max}$ ：中小洪水時の最大礫径（10cm単位）（10年確率程度）

出典：[表 2-5-1]
土石流・流木対策設計
技術指針同解説
2.1.4.3 表-6
(H19.3)P27

5-4 スリットの構造

5-4-1 鋼製スリットの選定

鋼製スリットの選定については、設計耐力等の性能規定、経済性及び環境面等を考慮して現場にあった最適なものを選定する。

5-4-2 スリットの数

スリットの本数は、スリット部の流下能力が中小洪水流量以上になることを原則とし、スリット密度およびスリット幅の総和を勘案し決定する。

1個当たりのスリットを流下する流量 Q は、逆台形堰の越流式により求めるものとし、全体の流量は $n \cdot Q$ となる。堰上型の場合は、えん堤高、スリットの深さ、スリットを流下する流量等の関係を十分考慮し、スリット幅の総和を決定する。スリット幅の総和が同じであれば、複数本のスリットにしても土砂調節効果は同じであることから、スリットの本数はスリット底部の摩耗や施工性を考慮して決定する。

5-4-3 スリットの深さ

スリットの本数は、上流側の現河床高程度を下限とし、砂防えん堤の基礎根入れ深さを確保するものとする。また、山脚固定等の目的を兼ねる場合は、これを考慮した本数の検討が必要である。なお、垂直壁、もしくは副堤の水通し天端よりスリットの本数を高くしなければならない。

スリットの深さは、水位変動を大きくし土砂調節効果を高める必要性から、できるだけ大きい方が望ましい。

堰上型の場合、スリット砂防えん堤は、堰上げによって土砂濃度を低下させ堆砂を促進するタイプであり、砂防えん堤上流で流水が減勢して堰上げられることが必要である。したがって、砂防えん堤上流の流れが射流である場合には、スリット部での越流水深（水位）が跳水対応水深より大きくなる必要がある。

スリットの敷高は、生態系（魚類等の移動経路の確保）あるいは景観上から下流水面との段差が少ない方が好ましい。ただし、スリットの敷高を垂直壁、もしくは副堤の水通し天端より低くすると、土砂の流出を阻害する恐れがある。したがって、スリットの敷高は、副堤水通し天端標高程度とすることが望ましい。

5-4-4 スリットの配置

スリットの配置は、単スリットでは水通しの中央を原則とする。複スリットでは溪岸に悪影響を与えないように決定する。

スリットの位置が溪岸に近いと、土砂流出に伴い、溪岸侵食が生じやすくなる。また、スリットから落下する土砂を含む流れが側壁に衝突すると、側壁天端の越水や破損等を起こす恐れがある。このため、スリットは原則として水通しの中央付近となるよう計画する。

5-5 袖の安定性、および構造

不透過型砂防えん堤と同様とする。（「本章 4. 不透過型砂防えん堤の設計」参照）

5-6 前庭保護工

透過型砂防えん堤の前庭保護工は、透過部が閉塞した状態について設計流量に対してえん堤本体の安定性が維持できるよう必要に応じて計画する。

捕捉された土石流の後続流による洗掘が予想される場合、および透過部下端と溪床面との間に落差を生じる構造や透過部面積率が小さい場合等には、不透過型砂防えん堤に準じた前庭保護工を必要とする。

なお、減勢工や副堤については、その必要性を十分吟味して計画する。

第3節 床固め工（標準）

1. 基本事項

1-1 目的

床固め工は、溪床の縦侵食防止、溪床堆積物の再移動防止により溪床を安定させるとともに、溪岸の侵食又は崩壊などの防止又は軽減を目的とした施設である。なお、床固め工は、護岸工などの基礎の洗掘を防止し、保護する機能も有する。

出典：[1-1]
河川砂防技術基準
同解説 計画編
2.4(H17.11)P181

1-2 位置

床固め工の配置位置は、次の事項を考慮して計画するものとする。

- ① 溪床低下の恐れのある箇所に計画する。
- ② 工作物の基礎を保護する目的の場合には、それら工作物の下流部に計画する。
- ③ 溪岸の侵食、崩壊及び地すべり等の箇所においては、原則としてその下流に計画する。

出典：[1-2]
河川砂防技術基準
同解説 計画編
2.4(H17.11)P181

床固め工の高さは、通常の場合5m程度以下である。

また、床固め工は、流水の掃流力などによる溪床の低下を防ぐとともに、不安定土砂の移動を防ぎ土石流などの発生を抑制する機能や溪床の低下の防止と溪床勾配の緩和、乱流防止により溪岸の侵食・崩壊を防止・軽減する機能を有する。

溪岸侵食・崩壊の発生箇所若しくは縦侵食の発生が問題となる区間の延長が長い場合には、床固め工を複数基配置するなどの検討を行い、溪床溪岸の安定を図る。

出典：[1-2]
河川砂防技術基準
同解説 計画編
2.4(H17.11)P181

1-3 床固めの方向

床固め工の方向は、次の事項を考慮するものとする。

- ① 床固め工の方向は、原則として計画箇所下流部の流心線に直角とする。
- ② 床固め工を階段状に計画する場合の各床固め工の方向は、原則として各計画箇所下流部の流心線に直角とし、各床固め水通しの中心点は、その直上流の床固め水通しの中心点における流心線上に定めるものとする。

床固め工における水通しの越流水は、理論上床固め工の方向に直角に放射されるものである。床固め工の方向を定めるに当たっては、水通しの幅一杯に越流する洪水流が、床固め工上下流部両岸、あるいは、そこにある工作物に衝撃を与え害を及ぼさないよう注意しなければならない。



図 3-1-1 床固め工の方向

1-4 溪床勾配

床固め工の溪床勾配は、次の事項を考慮するものとする。

- ① 床固め工は、一般に溪流の上流部が安定している場合の、あるいは荒廃していても砂防工事の進行した後の下流部において侵食が行われる所に計画するもので、床固め工によって新しく溪床勾配が形成されることが多い。
- ② 床固め工によって形成される溪床勾配は、上流部の状態がよく、流下する砂礫の形状が小さいほど緩くなることを注目すべきである。
- ③ 溪流の溪床勾配は、流量すなわち流速および水深と溪床の抵抗力によって定まるもので、したがって、床固め工の上流溪床の計画勾配は、これを考慮して、侵食と堆積の起こらない、その流路に適合したもので定めなければならない。
- ④ 床固め工下流のり先は、越流水流によって洗掘され、溪床が低下するから、階段状床固め工群間の計画勾配決定に当たっては特にこの点に注意を要する。
- ⑤ 階段状床固め工群においては、基礎は下流床固め工の計画溪床勾配線以下に根入れをしなければならない。

溪流の上流部が荒廃しているときは、盛んに砂礫が流送されて下流部溪床が上昇する傾向が強く、縦侵食を伴わないのが普通で、床固め工の施工は時期が早過ぎるか、またはその必要がない。

このような場合は、先ず上流部に砂防工事を施工する。上流部が荒廃していない場合には、下流部に縦侵食が起こって床固め工の必要が生じてくる。すなわち、上流から土砂の流送が全くないか、またはわずかの場合に縦侵食が行われるから、この部分に設ける床固めの上流には現勾配と異なった溪床勾配が形成され、しかも上流部の状態がよければよいほど、また砂防工事が進行すればするほど、形成される勾配も小さな値をとるものである。

2. 床固め工の設計

床固め工の設計にあたっては、その目的が達成されるようにするとともに、安全性および将来の維持管理等についても考慮するものとする。

床固め工の設計は、原則的として「本章第2節4.不透過型砂防えん堤の設計」に準ずるが、垂直壁をもおけない場合等は一般に、床固め工の突出高は、溪床面から少なく貯水することはなく、外力は水圧として考える必要はない。

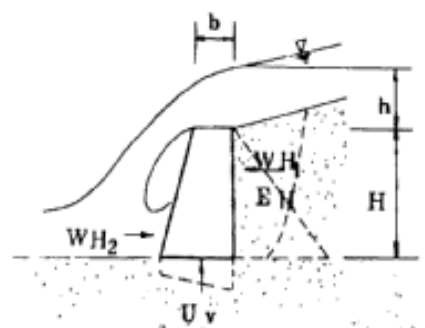


図 3-2-1 設計荷重の例

WH_1 : 間隙水圧
 WH_2 : 水 圧
 EH : 土 圧
 U_v : 揚 水 圧

出典：[2.]
 河川砂防技術基準
 (案)同解説 設計編Ⅱ
 3.1(H9.10)P18
 一部加筆

2-1 水通し

床固め工の水通しは、「本章第2節4.不透過型砂防えん堤の設計」に準ずるものとする。

出典：[2-1]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
3.3(H9.10)P19
一部加筆

2-2 本体

床固め工は、一般に重力式コンクリート型式が採用されるが、地すべり地や軟弱地盤等の特殊な条件の場合には、枠床固め工、ブロック床固め工、鋼製床固め工等を採用することがある。

なお、その場合は使用する部材および安定を確かめたうえで、現地条件に応じた断面等を決定するものとする。

出典：[2-2]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
3.4(H9.10)P19
一部加筆

(1) 高さ

床固め工の高さは、次の事項を考慮するものとする。

- ① 床固め工の高さは、通常の場合 5m 程度以下とし、水叩き、および垂直壁を設けるときも、落差 3.5～4.5m が限界である。
- ② 床固め工の高さ（水叩きおよび垂直壁を設置する場合を含む）が、5m 程度以上を必要とする場合、および床固め工を長区間にわたって設ける必要のある場合は、階段状に計画するのが適当である。

(2) 天端幅

床固め工の天端幅は、原則的として「本章第2節4.不透過型砂防えん堤の設計」に準ずるが、これによりがたい場合であっても、最小 1.0m とする。

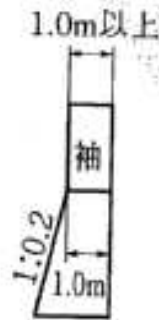


図 3-2-2 天端幅の例

(3) 断面形状

床固めの断面形状は、原則として「本章第2節4.不透過型砂防えん堤の設計」に準ずるが、高さが 3.5m 以内においては下流のり勾配を 1:2.0、上流のり勾配を垂直とし、3.5m を越える場合は別途検討するものとする。

2-3 基礎

基礎がシルトや細砂の場合は、特に透水によるパイピング等に注意する必要がある。

また、粒度や縮まり具合のいかんによっては、地震時に流動化現象を起こす恐れがある。粘土の場合は、縮まり具合や含水比によって、圧密沈下やせん断破壊を起こすことがあり、荷重に対する支持力や締め固まりの状況等について、十分注意を払う必要がある。

出典：[2-3]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
3.5(H9.10)P18
一部加筆

2-4 袖

単独床固めの場合は「本章第2節4.不透過型砂防えん堤の設計」に準ずるのを原則とするが、一定計画のもとに設置される床固め群の場合は、最上流の床固めのみ袖勾配を設けないのが普通である。

また、床固めの施工箇所が両岸、あるいは片側が築堤、宅地、耕地等である場合は、護岸工があっても床固め工の袖は護岸工に関係がなく十分にかん入しなければならない。

出典：[2-4]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
3.6(H9.10)P20
一部加筆

2-5 前庭保護工

床固め工には、原則として前庭保護工を設けるものとする。

床固めの設置箇所が砂礫層からなる場合は、原則として水叩きを設けるものとする。

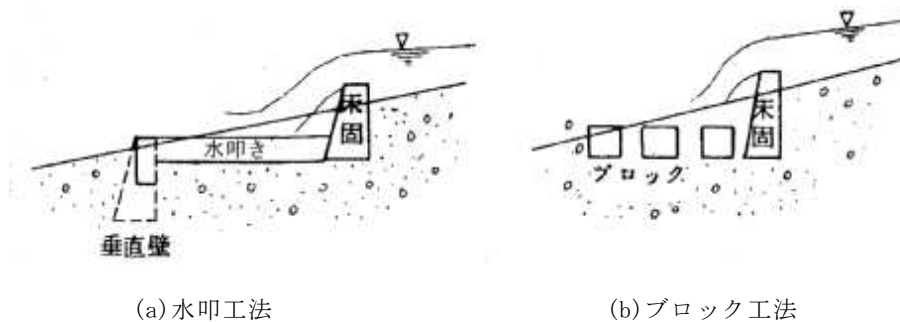


図 3-2-3 水叩きの例

出典：[2-5]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
3.7(H9.10)P20
一部加筆

3. 帯工

帯工は、床固め工間において床固め工間隔が大きい場合、局所的洗掘により河岸に悪影響を及ぼすことが多く、その対策として用いられる。

単独床固め工の下流および階段状床固め工群の間隔が大きく、なお縦侵食が行われ、あるいはその恐れがある場合は、帯工を計画する。

なお、帯工の間隔は、通常その勾配を表わす分数の分母の数を距離に読み替えた程度を原則とし、また帯工の高さは、下流河川の河床変動を考慮して決定するものとする。

出典：[3.]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
3.8(H9.10)P20
一部加筆

第4節 護岸工および水制工（標準）

1. 護岸工の設計

護岸の設計にあたっては、その目的とする機能が発揮され、流水、流送土砂等の外力に対して安全とするとともに、維持管理面についても考慮する。

護岸の機能としては、山脚の固定、溪岸崩壊防止、横侵食防止等が考えられる。

護岸は、流水による河岸の決壊や崩壊を防止するためのものと、流水の方向を規制してなめらかな流行にすることを目的としたものがある。

護岸工は「河川砂防技術基準 同解説 計画編 第13章第4節護岸、第5節水制」「河川砂防技術基準(案)同解説 設計編Ⅱ 第3章第4節護岸、第5節水制」「改訂版 砂防設計公式集」に準じ、設計を行うものとする。

なお、一般的な護岸の設計順序を 図4-1-1 に示す。

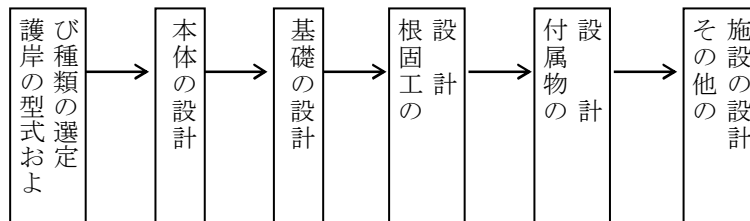


図 4-1-1 護岸設計の順序

1-1 護岸工の位置

護岸工の位置は、次の事項を考慮するものとする。

- ① 溪流において、水流、あるいは流路の湾曲によって、水衝部、あるいは凹部溪岸山腹の崩壊の増大、または崩壊の恐れがある場合、この部分に護岸工を計画する。
- ② 溪流下流部の土砂堆積地、または耕地、および住宅地等の区域において、溪流が決壊し、若しくはその恐れがある場合、護岸工を計画する。
- ③ 溪流の決壊、または崩壊防止のためには、床固め工、あるいはえん堤工のほか、山脚の根固めに護岸工を必要とする場合が多い。



図 4-1-2 護岸工の位置

出典：[1.]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
4.1 (H9.10)P20, 21
一部加筆

出典：[図 4-1-1]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
4.1 表 3-7 (H9.10)P21

1-2 護岸工の型式、種類の選定

一般には溪流は、流速が大きいため容易に基礎が洗掘され、また水流が土砂および転石を含むことが多く護岸の受ける衝撃も大きいから、簡単な工作物ではすぐに破損する恐れがあり、護岸の型式および種類の選定においては、必要な設置箇所の地形、地質、河状、その護岸の目的に対する適合性、安全性、経済性等の各要素について考察し、型式、種類の選定を行うものとする。

1-3 護岸の天端高

護岸工の天端高は、次の事項を考慮するものとする。

- ① 護岸工の天端高は、計画高水位に余裕を加えた高さとするのが原則である。
- ② 溪流の曲流部における凹岸の護岸は、強固に計画するとともに、特に天端高を増さなければならない。

1-4 護岸の根入れ

護岸の根入れは河床の洗掘等を勘案して十分なものでなければならない。

なお、護岸工を単独で計画する場合は、現河床の最深部より深くすべきである。また、計画河床が定めてある場合は、それより 1.0m 以上の根入れを行うことが望ましい。

出典：[1-4]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
4.5(H9.10)P21, 22
一部加筆

2. 水制工の設計

水制工の設計にあたっては、流送土砂形態、対象流量、河床材料、河床変動等を考慮して、その目的とする機能が発揮されるようにするとともに、安全性、維持管理面等についても考慮するものとする。

出典：[2.]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
5.1(H9.10)P21, 22
一部加筆

水制の目的としては、流水や流送土砂をはねて溪岸構造物の保護や溪岸侵食の防止を図るものと、流水や流送土砂の流速を減少させて縦侵食の防止を図るものがあり、水制工の設計にあたっては、所要の機能と安全性を確保できるように十分考慮する必要がある。

2-1 水制工の位置

水制工の位置は、次の事項を考慮するものとする。

- ① 水制工は、一般に溪流の下流部、または砂礫円錐地帯の溪床幅が大で溪床勾配の急でない箇所に計画する。
- ② 直線に近い区域で両岸に水制を計画する場合は、水制の頭部を対立させ、その中心線の延長が中央で交わるように位置を定める。
- ③ 溪流上流部においても、溪流沿いの水流の衝撃に起因する崩壊の脚部等に水制を設け、水流を遠ざけて崩壊の増大を阻止する。

水制工は、一般に溪流の下流部、あるいは砂礫円錐地帯の乱流区域に計画することが多く、このような区域では、左右両岸対象の位置に計画して各水制頭部間の新水路河床を水流で低下させ、同時に水制間に土砂を堆積させ、流路が固定してから水制頭部を導流工、あるいは護岸工で連結させ、整備完了するのである。

また、荒廢溪流の上流部においては、水制工を計画することはまれであるが、有利な場合がある。

すなわち、短区間の崩壊地においては、崩壊の上流端に下向き非越流水制を一つ計画し、水流を崩壊の脚より遠ざけることによって、崩壊の増大を防止することができる。

また、崩壊地が長区間にわたる場合は、多数の非越流水制を計画する。一般に崩壊箇所に対して片岸のみ計画するが多い。

2-2 水制の方向

溪流においては、上向き水制が有利であるが、普通は直角水制を用いることが多い。
なお、流線、またはその接線に対して $70\sim 90^\circ$ の間の角度が適当である。

直角水制においては、水制間の中央に土砂の堆積を生じ、頭部における溪床の洗掘は比較的弱く、下向き水制においては、水制間の砂礫堆積は直角水制より少なく、また頭部の洗掘は最も弱い。

上向き水制の場合は、水制間の砂礫の堆積は溪岸や水制に沿い前二者よりもはるかに多いが、頭部の洗掘作用は最も強い。

溪流において水流が水制を越流する場合は、直角水制においては偏流を生ずることはないが、下向き水制では岸に向かって偏流し、上向き水制では溪流の中心に向かって偏流する。

したがって、一般には越流下向き水制は、できる限り避けるべきである。

2-3 長さ、高さ、および間隔

水制の長さ、高さ、および間隔は、水制工の目的、河状、上下流、および対岸への影響、構造物自体の安全性を考慮して定めるものとする。

第5節 溪流保全工（流路工）（標準）

1. 基本事項

1-1 目的

溪流保全工は、山間部の平地や扇状地を流下する溪流などにおいて、乱流・偏流を制御することにより、溪岸の浸食・崩壊などを防止するとともに、縦断勾配の規制により溪床・溪岸浸食などを防止することを目的とした施設である。溪流保全工は、床固め工、帯工と護岸工、水制工などの組み合わせからなる。

溪流保全工は、多様な溪流空間、生態系の保全及び自然の土砂調節機能の活用から、拡幅部や狭さく部などの自然の地形などを活かし、必要に応じて床固め工、帯工、水制工、護岸工などを配置するよう計画するものとする。

1-2 計画高水位

溪流保全工における計画高水位は、計画河床の維持の面から、縦断形および横断形と相互に関連させて決定するものとする。

計画の規模は、一般に計画降雨の降雨量の年超過確率で評価するものとし、その決定に当たっては、河川の重要度を重視するとともに、既往洪水による被害の実態、経済効果等を総合的に考慮して定めるものとする。

1-3 法線

溪流保全工の法線は、できる限りなめらかに計画するものとする。

溪流保全工の法線は、流水のスムーズな流下を図るため、また、将来における維持のため直線に近いことが望ましいが、土地利用の盛んな溪流の下流部および砂礫円錐地帯においては、法線の規正が困難な場合が多いため、現流路に沿って計画法線を決定しなければならない場合が多い。しかし、用地取得の困難さを理由として屈曲著しい現流路に沿うことは避けるべきで、あくまでも溪流保全工本来の目的に沿ってできる限り滑らかとする必要がある。

溪流保全工最下流部が、河川若しくは海に流入する際、河川の背水水位、および満潮水位については、「河川砂防技術基準 同解説 計画編 第2-1章 1.2 計画高水位」を参考とすること。

1-4 縦断形

溪流保全工の溪床勾配を変化させる場合には、上流部より下流部にかけて次第に緩勾配になるよう計画するものとする。

溪流保全工においては、掘込み方式を採ることを原則とし、築堤工は本川との取付部分等に限るものとする。

溪床勾配は、掃流力が 50% 以上変化しないように定め計画するものとする。

勾配の変化を急激に行うと、変化点付近に洗掘や堆積の現象が生じ、溪流保全工の維持に困難を生ずる場合もあるので、勾配の変化点においては、その上下流で掃流力が 50% 以上変化をしないように勾配、並びに水深を決めるのが望ましい。

出典：[1-1]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
5.1(H9.10)P21, 22
一部加筆

出典：[1-2]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
6.2(H9.10)P24
一部加筆

出典：[1-3]
河川砂防技術基準
同解説 計画編
1.2(H17.11)P127

砂防工事としての溪流保全工は、通常勾配が急で、流速が大きいため、築堤方式では、破堤、決壊等の危険性が高く、またいったん破堤した場合の被害が著しいので、できる限り築堤方式を避け、掘込み式とし、安全性を高める工法を採用すべきである。

1-5 断面

溪流保全工の計画断面は、原則として単断面とし、その計画幅は、対象流量、流路の縦断勾配、平面形状、地形、地質、背後地の土地利用状況等を考慮して定めるものとする。

溪流保全工の計画断面等は、「河川砂防技術基準(案)同解説 設計編Ⅱ 第3章第6節流路工」および「改訂版 砂防設計公式集」に準ずる。

出典：[1-5]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
6.4 (H9.10)P24, 25
一部加筆

2. 溪流保全工（流路工）の設計

2-1 溪床

溪流保全工は、原則として底を張らない構造とするものとする。

ただし、溪流保全工を計画する区間において、その河床を構成する粒径に対する限界流速が計画勾配と計画水深によって生ずる流速より小さくなる場合には水路を三面張りとしてもよい。

溪流保全工を計画する際には、原則として底を張らない構造とする。溪床勾配等で、河床の抵抗力より掃流力がまさる場合においても、勾配緩和等計画段階で検討しできるだけ三面張りを避けること。しかし勾配緩和、河幅拡大等を考慮しても、なおかつ掃流力のほうが河床の抵抗力より大なる場合には三面張りとすることを考慮すること。長い三面張り区間では適当に垂直壁を設け、地下水路の発達を防ぐ必要がある。

2-2 護岸工と床固め工の取付け

溪流保全工における護岸は、溪流保全工を設計する区域の溪岸の崩壊を防止するとともに、床固め工の袖部を保護するために設けられるものであり、床固め工にすり付けるものとし、床固め工直下の側壁護岸は、床固め工から対象流量が落下する位置より後退させるものとする。

2-3 砂防えん堤との取付け

砂防えん堤と溪流保全工を直結する場合、原則として砂防えん堤の水通し断面は堰の公式によって計算し、溪流保全工の断面は流量公式によって計算するものとして、その間の結合は、副えん堤または垂直壁より下流でなじみよくすり付けるものとする。

3. 溪流保全工（流路工）における護岸工

溪流保全工における護岸は、溪流保全工を設置する地域の溪岸崩壊を防止するとともに、床固め工の袖部を保護するために設けられるものであり、「本章第4節護岸工および水制工」に準じて設計するものとする。

4. 溪流保全工（流路工）における床固め工

溪流保全工における床固め工は、計画河床を安定させるとともに維持するために設けられるものである。なお、この床固め工の構造設計については「本章第3節床固め工」に準ずる。

出典：[4.]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
6.6(H9.10)P26
一部加筆

4-1 位置

一般に溪流保全工の上下流端、計画河床勾配の変化点、流路底張り部の上下流端、計画河床の決定において必要となる箇所に設けられる。

4-2 重複高

溪流保全工における床固め工は、相互に十分な重複高をとるものとし、隣接する床固め工の天端と基礎は少なくとも同高でなければならない。

溪流保全工における床固め工群は、階段状に設けられる。溪床が転石の累積あるいはそれに近い場合は相互に隣接する床固め工の水通しと基礎高を水平としても差し支えないが、溪床が砂あるいは砂利層で形成されている場合は、床固め工基礎は、前庭洗掘対策のため、下流床固め工の水通し天端と重複させなければならない。ただし、三面張りの場合はこの限りでない。

5. 底張り

溪流保全工の底張りは、流水、および摩耗に耐える構造として設計するものとする。

出典：[5.]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
6.7(H9.10)P26
一部加筆

なお、床張りの末端処理は、三面張り溪流保全工から二面張り溪流保全工に移行する部分では、流速の差により二面張り溪流保全工の上流端付近の護岸基礎部分に洗掘が生ずる恐れがあり、護床工、減勢工を考慮するものとする。

また、三面張り下流端には少なくとも帯工を設け、吸出しの防止を図るものとする。

第6節 山腹工（標準）

山腹工の設計は、「河川砂防技術基準(案)同解説 設計編Ⅱ 第3章第7節山腹工」に準ずる。

1. 基本事項

1-1 目的

山腹工とは、とくしや地、あるいは崩壊地に植生を導入し、表土の風化、侵食、崩壊の拡大を防止して、土砂生産の抑制を図ることを目的とするものである。

出典：[1-1]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
7.1(H9.10)P27
一部加筆

1-2 工種

山腹工の工種は、その目的から次の2つに大別される。

なお、それぞれのなかに含まれる代表的な工種は、図6-1-1のとおりである。

① 山腹基礎工

のり切等を行った後の堆積土の安定を図るとともに、山腹排水路を設け、雨水による侵食を防止することにより、施工対象地を将来林地とするための基礎作りを行う工種である。

② 山腹緑化工

施工対象地に直接植生を導入して緑化を図る工種である。

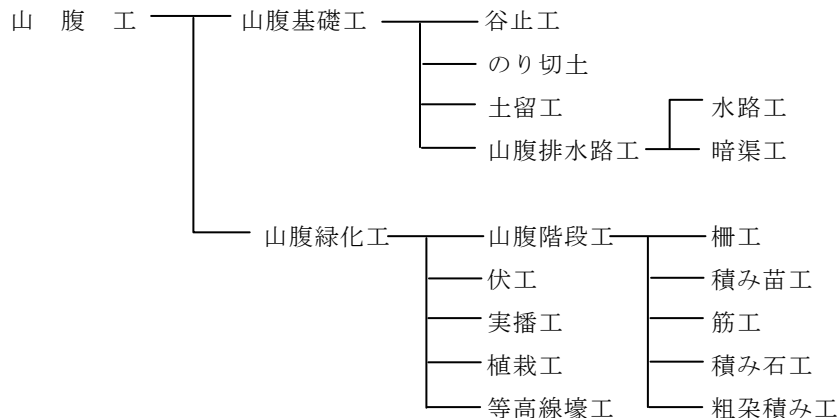


図6-1-1 代表的な工種

1-3 工種の選定

山腹工の計画にあたっては、計画対象地域の地形、地質、土壌、気象、および山脚固定えん堤との関連等を十分調査し、最も適正な工種の選定をしなければならない。

また、山腹工は、それぞれの工種の機能が相互に有効に働くように、工種の配置、組合せを考慮するものとする。

2. 山腹工の設計

山腹工の設計に当たっては、その目的である機能が十分発揮できるよう考慮し、安全性、維持管理等についても考慮するものとする。

出典：[2.]
河川砂防技術基準
(案)同解説 設計編Ⅱ
7.1(H9.10)P27

附件4 防砂工程

第 1 節 基本事項	1	5-6 前庭保護工	22
1. 適用範圍	1	第 3 節 固床工(標準)	23
2. 適用基準等	1	1. 基本事項	23
3. 設計基本概念	1	1-1 目的	23
3-1 與環境之間的協調	1	1-2 位置	23
第 2 節 防砂壩(標準)	3	1-3 固床工的方向	23
1. 防砂壩的種類	3	1-4 溪床坡度	24
1-1 依照防砂壩建築材料區分的分類	3	2. 固床工的設計	24
1-2 依照防砂壩建築目的區分的分類	4	2-1 溢洪口	25
1-3 依照防砂壩類型區分的分類	4	2-2 本體	25
1-4 依照防砂壩結構類型區分的分類	5	2-3 基礎	26
2. 防砂壩各部位的名稱	6	2-4 壩翼	26
3. 防砂壩的配置	7	2-5 前庭保護工	26
3-1 位置	7	3. 帶工	26
4. 不透過性防砂壩的設計	7	第 4 節 護岸與丁壩(標準)	27
4-1 基本事項	8	1. 護岸工的設計	27
4-1-1 計畫洪水量	8	1-1 護岸工的位置	27
4-1-2 設計負重	8	1-2 護岸工的類型、種類的選定	28
4-2 溢洪口的設計	9	1-3 護岸的壩頂高	28
4-2-1 溢洪口的位置與截面	9	1-4 護岸的埋置	28
4-3 重力混凝土防砂壩本體設計	9	2. 丁壩的設計	28
4-3-1 壩頂寬	9	2-1 丁壩的位置	28
4-3-2 截面形狀	10	2-2 丁壩的方向	29
4-4 基礎設計	11	2-3 長度、高度與間隔	29
4-4-1 截水牆	11	第 5 節 溪床保護工(流路工)(標準)	30
4-4-2 階梯形工法	12	1. 基本事項	30
4-5 壩翼的設計	12	1-1 目的	30
4-6 前庭保護工的設計	12	1-2 計畫高水位	30
4-6-1 以副壩、水褥池構成的消能設施	13	1-3 中心線	30
4-6-2 水墊	13	1-4 縱斷型	30
4-6-3 側牆護岸	14	1-5 截面	31
4-6-4 護床工	14	2. 溪床保護工(流路工)的設計	31
4-7 附屬設施的設計	14	2-1 溪床	31
4-8 壩體增厚補強對策	16	2-2 護岸工與固床工的銜接	31
5. 透過性防砂壩的設計	17	2-3 與防砂壩之間的銜接	31
5-1 基本事項	17	3. 溪床保護工(流路工)的護岸工	31
5-1-1 透過性防砂壩的種類	17	4. 溪床保護工(流路工)的固床工	32
5-1-2 設計流量	18	4-1 位置	32
5-1-3 設計負重	18	4-2 重疊高	32
5-1-4 設計水深	19	5. 溪床底襯	32
5-2 透過性防砂壩的安定條件	19	第 6 節 坡面工(標準)	33
5-3 本體結構	20	1. 基本事項	33
5-3-1 溢洪口	20	1-1 目的	33
5-4 梳子型結構	21	1-2 工程種類	33
5-4-1 鋼製梳子結構的選定	21	1-3 工程種類的選定	33
5-4-2 梳子型縫隙的數量	21	2. 坡面工的設計	33
5-4-3 梳子型結構的高度	21		
5-4-4 梳子型結構的配置	22		
5-5 壩翼的安定性與結構	22		

附件4 防砂工程

第1節基本事項

1. 適用範圍

本章闡述與防砂壩、固床工、護岸以及丁壩(攔水壩)、溪床保護工(流路工)、坡面工相關的設計思考概念。

本章針對防砂工程設施配置計畫之中的土石生成抑制設施配置計畫、土石流失控制設施配置計畫，整理歸納發生土石生成與土石流失現象的地點，以及在該地點使用的防砂工程種類。

表1-1-1 主要防砂工程設施配置計畫與防砂工程種類

依據水系防砂工程計畫與土石流對策計畫規劃的防砂工程設施配置計畫分類	發生土石生成與土石流失現象的地點	防砂工程種類
土石生成抑制設施配置計畫	山坡	坡面基礎工程、坡面綠化工程、山坡坡面補強工程、山坡保育工程
	溪床、溪岸	防砂壩、床固工、帶工、護岸工、溪床保護工
土石流失控制設施配置計畫	溪流、河川	防砂壩、床固工、帶工、護岸工、丁壩、溪床保護工、導流工、沉砂池工程

2. 適用基準等

表1-2-1 規格書等文件之名稱

指南、綱要等文件名稱	發行日期	發行者
河川防砂工程技術基準暨其解說 計畫篇	2005年11月	日本河川協會
河川防砂工程技術基準(草案)暨其解說 設計篇Ⅱ	1997年10月	"
防砂工程基本計畫策定指南(土石流、漂流木對策指南)暨其解說	2007年3月	國土技術政策總合研究所
土石流、漂流木對策設計技術指南暨其解說	2007年3月	"
修訂版防砂工程設計公式集(手冊)	1984年10月	全國治水防砂工程協會
鋼製防砂工程結構物設計便覽(2009年度版)	2009年9月	防砂工程/山崩技術中心
防砂工程砂土水泥設計、施工便覽	2011年10月	"
其他相關法令等	-	-

3.設計基本概念

設計防砂工程設施的時候，必須要在確保治水的安全性的同時，做出能夠保護自然環境、並且把美好的大自然留存給後代子孫的考量。

雖然溪流是有可能會發生恐怖的土石流災害的環境，但同時也是受到大自然環境恩賜的休憩場所。因此，在設計防砂工程設施的時候，就必須要在確保治水的安全性的同時，做出能夠保護自然環境、並且把美好的大自然留存給後代子孫的考量。

3-1 與環境之間的協調

為了創造出與自然之間彼此協調的健康生活方式與健全的環境，必須對周遭環境做出審慎的考量，在設置防砂工程設施的時候，活用溪流自然環境，推動「與環境彼此協調的防砂工程設施」方案。

所謂的「與環境彼此協調的防砂工程設施計畫」，就是要儘量保留溪流本身所具備的自然形貌，針對溪流本身所具備的良好天然生態環境做考量，並且同時保護、創造美麗的自然景觀。在防砂工程設施的規劃方面，就必須在研討合理的土石流因應計畫的同時，對針對環境做好考量。

在各種防砂工程設施中對於環境做出考量的範例如表1-3-1所示。

表1-3-1 與環境彼此協調的防砂工程設施範例

設施	研討項目
坡面工	<ul style="list-style-type: none">○實施坡面基礎工時審慎規劃比較適合周遭環境的施工方式、材料等。<ul style="list-style-type: none">• 利用間伐材(坡面工節約工法等)○實施栽植工程時，選擇適當的地點與樹種。<ul style="list-style-type: none">• 搭配2~4種樹種，使栽植的樹木與自然植生相近。
防砂壩工程	<ul style="list-style-type: none">○施工時審慎規劃比較適合周遭環境的結構、材料、景觀修護方式等。<ul style="list-style-type: none">• 採用梳子型防砂壩設計• 依照實際需求，確保魚道(魚用迴游通路、多段式跌水工)• 採用景觀修護混凝土塊體製作混凝土格籠• 以石材、間伐材(木材)等覆蓋於外部• 防砂壩前方須極力以土壤覆蓋並種植植物。• 有效地活用施工現場自然產生的砂石(活用防砂工程砂土水泥工法)
固床工	<ul style="list-style-type: none">○審慎規劃下游區域的河道中心線、河道橫截面形狀以及截面結構。<ul style="list-style-type: none">• 針對溪流中的魚類、兩棲類生物進行配置(魚道、大山椒魚用通道)• 設置魚用迴游通路、窪地• 多段式跌水工、在所有斷面位置設置魚道、讓坡度和緩化

設施	研討項目
河道	<ul style="list-style-type: none"> ○審慎規劃下游區域的河道中心線、河道橫截面形狀以及截面結構。 • 極力活用現有河道，採用彎曲或具有弧型的河道中心線設計 • 保護、創造具有出淺灘或深淵的河床結構，避免河床的直線化 • 利用現有河道較寬的部分做為沉砂池 • 將溪岸的坡度減緩(同時要考量後方土地利用狀況、確保相關用地) • 確保低水位河床(確保河道內部的植生區域、河床坡度較陡而無法維持多個斷面的狀況下則可除外)
護岸工 (地基固結)	<ul style="list-style-type: none"> ○審慎規劃結構、材料。 • 因應水文特性，採用併用植生與木材或石材的溪岸保護工法 • 採用蛇籠、拋石等具有多元化空隙結構的材料 • 在混凝土護岸覆蓋土壤，引進植生(隱藏式護岸) (除了低水位河床區域以外，以不對下游造成不良影響為原則覆蓋土壤) • 採用多樣化自然造型塊體或攀緣植物覆蓋護岸 • 在護岸後方的地面種植樹木，創造溪畔林
跌水工	<ul style="list-style-type: none"> ○儘量不要在現有河床坡度改變的位置以外實施跌水工。 • 審慎規劃結構、材料、景觀修護方式等 ○對魚道的確保投注心力。 • 設置魚用迴游通路、窪地 • 多段式跌水工、在所有斷面位置設置魚道
綠色防砂 工程	<ul style="list-style-type: none"> ○將綠色環境保護功能、防災功能活用到最大限度。 • 整建土石流災害緩衝樹林區域 • 環境保護功能(生物多樣化功能、景觀功能、水質淨化功能) • 防災功能(土石生成預防功能、土石流失抑制功能、流失土石調整功能、土地利用抑制功能)

第2節 防砂壩(標準)

1. 防砂壩的種類

1-1 依照防砂壩建築材料區分的分類

依照防砂壩建築材料區分的分類結果如表2-1-1所示。

表2-1-1 依照防砂壩建築材料區分的分類

混凝土防砂壩	混凝土是一般防砂壩會採用的材料。另外，也有採用事先加工過的混凝土材料的建築方式，例如混凝土格籠防砂壩、混凝土塊體防砂壩等。
混凝土塊體防砂壩	堆疊混凝土塊體而建造的防砂壩，因為對於基礎地盤的需求條件較少，所以在山崩地形時常採用這種建築方式。
卵石混凝土防砂壩	在混凝土中混入卵石(直徑30~50cm)的結構被稱作卵石混凝土。只要混凝土與用作骨料的石塊的附著性足夠，那麼卵石混凝土的強度跟混凝土就是同等的，以此為前提，可以利用很容易在施工現場取得的卵石作為骨料，節約混凝土的用量。
鋼製防砂壩	近年來，鋼製防砂壩的施工案例越來越多。以種類來說，可以分為格籠壩、梳子壩、格子壩、雙壁板樁圈堰、立體格子壩、透水柵等。
砌石防砂壩	可分為乾砌石與漿砌石兩種，雖然耐磨耗性良好，但近年來石工減少，施工案例也隨之減少。
土石防砂壩	可分為堆石壩與堆土壩等種類。
木製防砂壩	這是一種在圓木架成的方形格框中填充卵石的建築，是一種自古以來就一直使用的木製水壩設計，以往因為可以採用在施工現場就近取用建築材料建設出穩定的建築，所以評價相當高，但是從耐久性的角度來看，木材並不適合用來建設永久性建築物，採用這種設計的包括臨時建築物，或者是建設在小規模荒地上，用來維持短期穩定性的建築物。
砂土水泥防砂壩	防砂工程用砂土水泥是利用施工現場自然產生的砂石與水泥、水泥漿等攪拌、混合而製成的，這個名詞是用在防砂工程設施本身與其附屬設施的建設以及地盤改良工程各種材料的總稱。

1-2依照防砂壩建築目的區分的分類

依照防砂壩建築目的區分的分類結果如表2-1-2所示。

表2-1-2 依照防砂壩建築目的區分的分類

土石生成預防設施	透過固定坡腳的方式防止山坡崩塌等災害，或是防止災害擴大、減輕災害狀況	透過防砂壩的設置，讓砂石沉積在上游區域，利用這些沉積的砂石，使溪床高度提升，固定坡腳，具有預防山坡崩塌等災害或防範其災害程度擴大的功能。
	防止溪床發生縱向侵蝕的現象或減輕其程度	透過防砂壩的設置，讓砂石沉積在上游區域，具備可以防止溪床縱向侵蝕的功能。
	防止溪床中沉積的不穩定砂石流失或減輕其程度	透過防砂壩的設置，發揮避免不穩定砂石流失的功能。
土石流失控制設施	抑制砂石的流失或調整其程度	利用其沉積容量攔蓄流失的砂石，發揮抑制砂石流失的功能。這種功能會因為砂石沉積而消失，因此如果在計畫過程中可以預期到這種現象會發生，就有必要透過除石等程序恢復其功能。
	攔阻土石流或減輕其流勢	當防砂壩處於滿砂狀態時，可以透過其結構上比穩定坡度還要陡一些的坡度，使土石流沉積在砂石攔蓄區。而可以活用其沉積容量時，就可以利用沉積容量攔阻土石流，發揮攔阻土石流的功能，但這種功能會因為砂石沉積而消失，因此如果在計畫過程中可以預期到這種現象會發生，就有必要透過除石等程序恢復其功能。

1-3依照防砂壩類型區分的分類

目前可以列舉的代表性防砂壩類型，可以區分為不透過性防砂壩與透過性防砂壩，依照防砂壩內型區分的分類，如表2-1-3所示。

表2-1-3 防砂壩的類型

不透過性防砂壩	不僅在土石流發生時，而是在平時也會攔蓄流失砂石的防砂壩就屬於不透過性防砂壩。從以往就有許多地點有建設這種防砂壩，但是近年來有研究結果指出，不透過性防砂壩會分隔生態系統，而且會阻絕對於下游河川的砂石供應，因此而造成河床降低，使河川流水的成分惡化等問題，對生態系統造成影響。而鋼製透水柵的設計，在中低水量的狀況下可以攔蓄砂石，所以屬於不透過性防砂壩，但由於透水柵間距的設計有所差異，如果能在中低水量的狀況下讓砂石流往下游，也會有被分類為透過性防砂壩的狀況。
---------	--

<p>透過性、部分透過性防砂壩</p>	<p>透過性防砂壩與部分透過性防砂壩可以依照其攔阻或調整砂石調整的機制分類為「攔阻土石流用的透過性與部分透過性防砂壩」以及「調節砂石用的透過性與部分透過性防砂壩」。攔阻土石流用的的透過性與部分透過性防砂壩，會因為土石流中夾帶的大型石礫，使其可透過部位的截面遭受堵塞，因此可以攔阻土石流。另外，只要可穿透部位的截面確實已完全堵塞，受攔阻的砂石就幾乎沒有往下游流出的危險，所以為了攔阻土石流，須在土石流區間配置透過性與部分透過性防砂壩。</p> <p>另一方面，調節砂石用的透過性與部分透過性防砂壩，會對水流產生回水效應，降低水流的掃流力，暫時堆積流砂。要讓調節砂石用防砂壩發揮預定的效果，並不需要堵塞可透過部位的截面。因此，調節砂石用透過性與部分透過性防砂壩會有在洪水的後半階段讓堆積在防砂壩的砂石往下游流出的危險性，所以不可以配置在土石流區間。</p>
---------------------	--

1-4 依照防砂壩結構類型區分的分類

依照防砂壩結構類型區分的分類，如表2-1-4所示。

表2-1-4 依照防砂壩結構類型區分的分類

<p>混凝土重力式防砂壩</p>	<p>混凝土重力式防砂壩是一種常見的壩型，利用壩體混凝土本身的重量來抵抗外力，在設計與施工方面都很簡單。</p>
<p>填充式空體重力防砂壩</p>	<p>此種壩型屬於空體重力防砂壩，傳統的空體重力防砂壩設計可以緩和底面應力，並且也有節約混凝土用量的效果，但是灌漿板模的費用較高，對於小規模防砂壩來說是一種不利因素，最近比較沒有採用這種設計的壩型。填充式空體重力防砂壩則會以金屬網製成的板模圍出空體的部位，再將砂石填充在其中，利用這個結構來代替一般的板模，使空體重力防砂壩的缺點——板模費用得以大幅削減，除了可以節約混凝土用量以外，在壩址的基礎地盤支撐力較小，採用一般混凝土重力式防砂壩有可能會產生不等沉陷等現象的狀況，或者是需要緩和底面壓力等的狀況下可以採用這種壩型。另外，這種壩型可以節約混凝土，也可以把挖掘作業挖出的土壤填充在空體部位裡，對於廢土處理也有利。</p>
<p>土石防砂壩</p>	<p>土石防砂壩是利用砂土石礫建築防砂壩的本體，因此最好是可以在施工現場附近找到優質的材料。完全以堆石的方式建造整個防砂壩的案例較少，也有以混凝土等材料建造溢洪口，但在壩翼部分採用土石結構的設計。土石防砂壩與空體重力壩相同，適合用在支撐力較小的壩址的地盤。</p>

拱壩式防砂壩	<p>拱壩型防砂壩是一種將大部分的外力從河床部位傳導往側面，藉此求取穩定性的結構。因此，相較於其他壩型來說，壩址的地質、地形是否良好就相對地比較重要。這種壩型可以節約相當大量的混凝土。</p>
三次元防砂壩	<p>三次元防砂壩的結構，會將作用在壩體上的負重傳導到作為基礎的地盤與側邊的岩盤，並且透過防砂壩與岩盤之間的摩擦力與剪切阻力來維持穩定的。雖然它能節省的混凝土量不如拱壩型防砂壩那麼多，但相較於混凝土重力式防砂壩，還是可以節約相當多的混凝土量。</p>
格籠式防砂壩	<p>採用格籠式防砂壩的狀況包括由於地質條件而必須要使壩體具備可撓性的狀況、需要緊急施工的狀況、或者是需要透水性的狀況。</p>
梳子防砂壩	<p>梳子防砂壩可以分為數種，包括攔阻砂石流前端的大型礫石群，讓土石流的流勢減弱的鋼管梳子壩，還有設置在土石流掃流區域之中，利用本身的貯砂容量調節土石流的輸出量的類型等等。</p>
雙壁板樁圈堰式防砂壩	<p>雙壁板樁圈堰式防砂壩是利用板樁或是金屬網、混凝土等分別組裝在上下游端，以此代替板模的設計，在施工方面比較容易。</p>
砂土水泥防砂壩	<p>砂土水泥防砂壩，是一種有效活用施工現場產生的砂石來當作壩體材料的壩型結構。這種壩型需要確認施工現場產生的砂石的可利用總量、粒徑、有機物含量等相關砂土特性、地形特性等。</p>

2. 防砂壩各部位的名稱

防砂壩各部位的名稱如圖2-2-1所示。

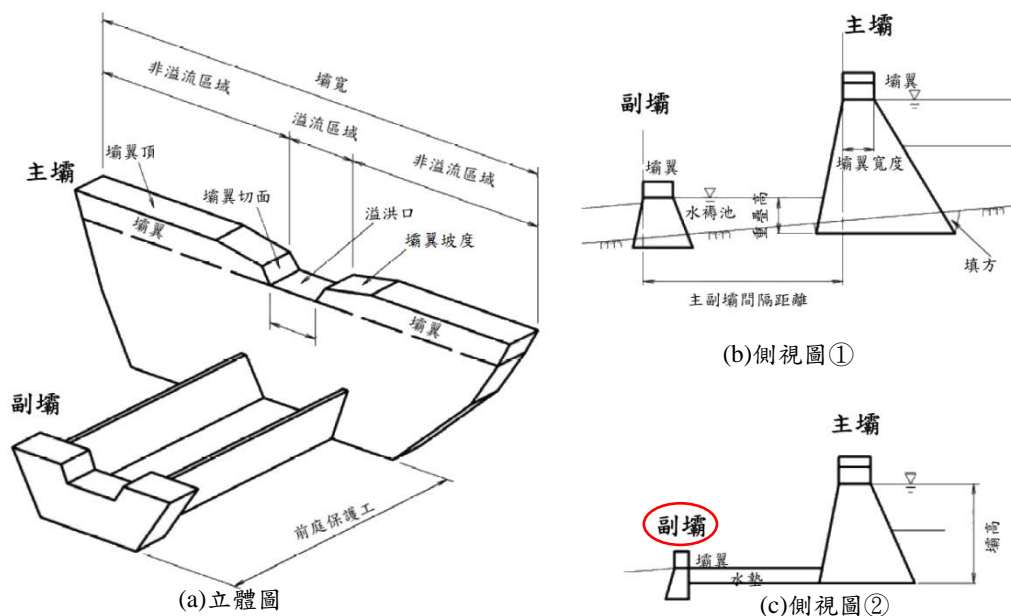


圖2-2-1 防砂壩各部位名稱

譯註：上圖紅圈處原文為本堤(主壩)，應為原文有誤，譯文修正為副壩。

另外，前庭保護工中的防砂壩下游橫向建築體包括副壩與截水牆。

① 副壩

當主壩高度在15m以上、主壩下游的基礎地盤有可能遭受惡性淘刷或有河床降低的風險，以及水墊混凝土厚度超過2m並設置水褥池的狀況下，副壩一般來說會是單獨設置的結構物，周遭沿盤狀況惡劣時，也有可能同時施作水墊被覆工。必須以壩內坡度等設計設計，使副壩可以獨力維持其結構穩定。

② 截水牆

截水牆是設置在水墊下游的結構物，用來避免水墊混凝土下游遭受淘刷的結構物。另外，其上游端坡面為垂直面。

3. 防砂壩的配置

3-1 位置

要將防砂壩用作土石生成預防設施時，其設置位置必須要考量對於防砂壩的預期效果、地形、地質、不穩定砂石等因素後予以決定。

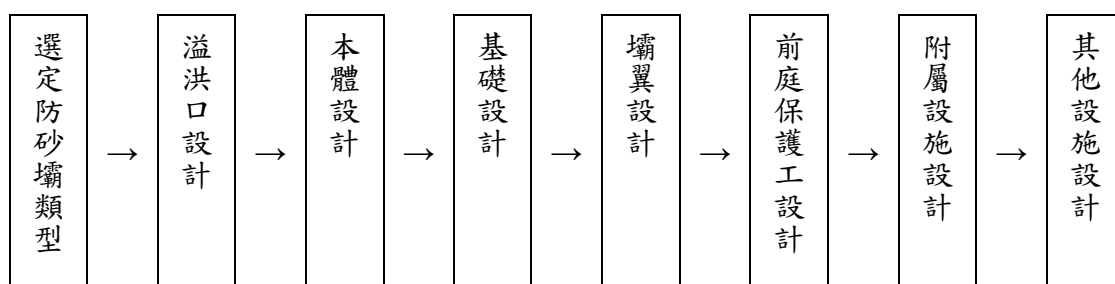
- ① 透過固定坡腳的方式防止山坡崩塌等災害，或是防止災害擴大、減輕災害狀況：原則上來說，選在有發生崩塌等災害的危險的山坡的下游直接鄰接處
- ② 防止溪床發生縱向侵蝕的現象或減輕其程度：原則上來說，選在縱向侵蝕流域的下游直接鄰接處
- ③ 原則上來說，選在不穩定溪床沉積物的下游直接鄰接處

要將防砂壩用作土石流失控制設施時，其設置位置對於防砂壩的預期效果等因素後予以決定。

- ④ 抑制砂石的流失或調整其程度、攔阻土石流或減輕其流勢：設置在溪床較窄而其上游谷地寬度比較寬廣的位置，或是與支流河流的位置的下游直接鄰接處等效益較好的地點。

4. 不透過性防砂壩的設計

有關不透過性防砂壩的設計，須遵循「河川防砂工程技術基準暨其解說 計畫篇 第3-2 章防砂工程設施配置計畫」、「河川防砂工程技術基準(草案)暨其解說 設計篇Ⅱ 第3章第2節 防砂壩」、「修訂版防砂工程設計公式集」、「防砂工程基本計畫策定指南(土石流、漂流木對策指南)暨其解說」、「土石流、漂流木對策設計技術指南暨其解說」等。



4-1 基本事項

4-1-1 計畫洪水量

訂立防砂壩設計流量時，須以砂石移動現象的「掃流區間與土石流區間」為基礎，利用該目標區域設計降雨量的年度超過機率(1/100 ~ 1/200)或採用既有的年度最大數據之中較大的數值，並且考量砂石含有率。

計畫洪水量的計算，通常會使用下列的合理化公式。

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

$$Q' = (1 / 3.6) \cdot f \cdot \gamma \cdot A \quad \dots \text{合理化公式}$$

前式中，Q：對象流量(m³/s)

Q'：利用合理化公式求得的尖峰流量(m³/s)

α：砂石混入率

f：流出係數

γ：洪水到達時間內的平均雨量強度(mm/h)

A：流域面積(km²)

但是，對於土石流區間，原則上要遵循「防砂工程基本計畫策定指南(土石流、漂流木對策指南)暨其解說」，對土石流尖峰流量也要做好安全設計。

表2-4-1 近畿地方整備局轄下的計畫規模範例

	六甲山系	瀨田川水系	木津川水系	九頭龍川水系
計畫雨量 *	110mm/hr	60mm/hr (田上) 70mm/hr (信樂)	60mm/hr (名張市、青山町、山添村) 91mm/hr (曾爾村、御杖村、美杉村)	90mm/hr
對象機率	1/200	1/100	1/100	1/100
砂石混入率	50%	掃流區域： 10% 土石流區域： 50%	掃流區域：10% 土石流區域：50%	20%

表中的「計畫雨量*」為前述水系中的範例數值，使用在尖峰流量的計算之中。至於洪水到達時間內的平均降雨強度，則須依據該地的降雨強度算式(第11章水路，第5節府縣別降雨強度)求取より求める必要。

4-1-2 設計負重

會對防砂壩發生作用的外力包括靜態水壓、土砂壓力、上揚力、地震時產生的慣性力、地震時產生的動態水壓、溫度變化造成的膨脹力、伸縮力、土石流造成的負重等，須因應設計條件採用適切的外力設定予以設計。

另外，對於發生土石流時的設計負重，除了必須遵循「河川防砂工程技術基準(草案)暨其解說 設計篇Ⅱ第3章 防砂工程設施的設計」進行研討以外，也必須依照「土石流、漂流木對策設計技術指南暨其解說」考量土石流的流力，進行雙方面的研討，並且同時滿足雙方的安全需求。

4-2 溢洪口的設計

4-2-1 溢洪口的位置與截面

溢洪口的中心位置原則上應設定在既有河床的中央位置，而決定其位置時須考量防砂壩上下游的地形、地質、溪岸狀態、水流方向等因素。

(1) 溢洪口底寬 B1

溢洪口底寬以接近既有溪床寬度為基準，原則上要在3m以上。

(2) 溢洪口的高度 H3

設計溢洪口高度時，須將透過倒梯形壩的越流公式所求得對象流量所對應的越流水位 h_3 ，加上表2-4-2所示的出水高 h_3' 以上的數值來決定。

但是，當採用土石流尖峰流量計算時，須依循「土石流、漂流木對策設計技術指南暨其解說」來求取流水深，並以該數值與土石流中預期會流出的最大石礫直徑加以比較，取其較大者作為溢流水深 h_3 。

表2-4-2 對應於計畫流量的出水高

計畫流量	出水高
未滿 $200\text{m}^3/\text{s}$	0.6 m
$200\sim 500\text{m}^3/\text{s}$	0.8 m
$500\text{m}^3/\text{s}$ 以上	1.0 m

表2-4-3 與各種溪床坡度對應的設計水深與出水高比例的最小值

計畫堆砂坡度	(出水高)/(設計水深)
1/10以上	0.50
1/10 ~ 1/30	0.40
1/30 ~ 1/50	0.30
1/50 ~ 1/70	0.25

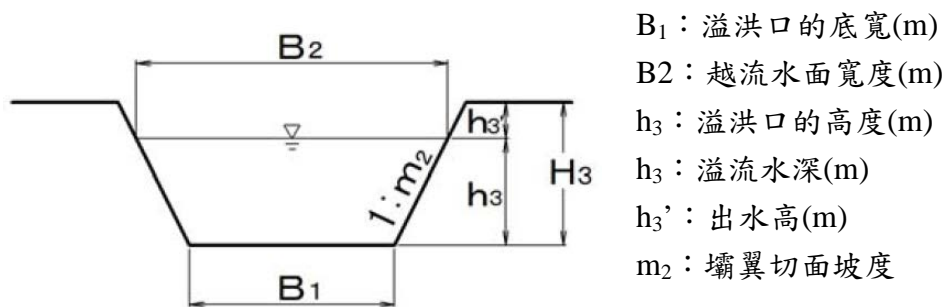


圖2-4-2 溢洪口截面

4-3 重力混凝土防砂壩本體設計

4-3-1 壩頂寬

決定防砂壩的壩頂寬，須考量壩址附近的河床結構材料、流出砂石形態、對象流量等的因素，其寬度必須要能抵抗流出砂石等物體所造成的衝擊，而溢洪口部分則必須要有可以承受通過該處的砂礫所造成的磨損摩耗的寬度。

在近畿地區轄下，重力式混凝土防砂壩的壩頂寬一般會採用表2-4-4所示的數值。

表2-4-4 近畿地區轄下的壩頂寬(標準)

	六甲山系	瀨田川水系	木津川水系	九頭龍川水系
掃流區間	3.0 m	2.0 m	2.0 m	2.5 m
土石流區間		3.0 m	3.0 m	

4-3-2 截面形狀

對於用作防砂壩用途的一般重力式防砂壩來說，為了保持它本身的安定，必須滿足以下三個條件。另外，決定防砂壩的截面的時候原則上越流水深を考慮するものとする。

- ① 為了避免防砂壩的上游端產生拉伸應力，防砂壩本身的重量與外力的合力的作用線，元灰上必須在底部的中央1/3以內。
- ② 防砂壩底與基礎地盤之間不可以有滑動的現象。
- ③ 防砂壩內部所產生的最大應力不可以超過材料的容許應力，而且地盤所承受的最大壓力也必須在地盤的容許支撐力以內。

(1) 下游端坡度

a. 越流部位

防砂壩的下游表面規劃，必須盡力避免遭受越流砂石所造成的損傷，防砂壩的越流部位的下游端坡度一般為1:0.2。

另外，若流出砂石粒徑較小，而且砂石量較小的狀況下(即使在中小出水量

下，砂石流出量也較小的溪流)，為了經濟上的考慮，也可以選擇比較和緩的坡度。

但是，如果要把下游端坡度和緩化，其上限為1：1.0，且該坡度必須比利用以下算式代入流速U(使砂石流失較為活化的流速)與壩高H所求出的坡度還陡。

譯註：原文為V，應為原文有誤，譯文修正為U。

$$\frac{L}{H} = \sqrt{\frac{2}{g H}} U$$

前式中，L：溢洪口邊線至堤底邊界的水平距離

H：壩高(m)

U：使砂石流失較為活化的流速U (m/s)

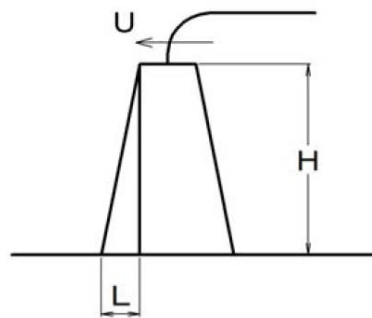


圖2-4-3 下游端坡度

b. 非越流部位

非越流部位的截面，標準與越流部位的截面相同。

但是，在非越流部位不需要考量跌落砂礫的衝擊與磨耗等因素，所以可以比下游端坡度和緩。至於是否要將非越流部位的形狀變更得與越流部位相同，則要在考量安全性與施工難易度之後再決定。

若要變更越流部位的截面時，除須考量平時與洪水時的安定性以外，對於高度15m以上的防砂壩，其截面必須能在未滿砂、未積水、而且從下游端承受地震所造成的慣性力作用的狀態之下，也能維持安全性。

譯註：黃標部位原文即為「越流部」，不確定是否原文有誤。

c. 上游端坡度

須以安定計算求取重力式混凝土防砂壩的越流部位上游端坡度。

4-4 基礎設計

由於安全性等因素的考量，防砂壩的基礎地盤原則上應為岩盤。
但是，如果因為計畫因素限制，必須於砂礫基盤上建壩時(浮壩)，原則上除了應該將壩高限制在未滿15m的範圍以外，還必須選擇均一的地層。

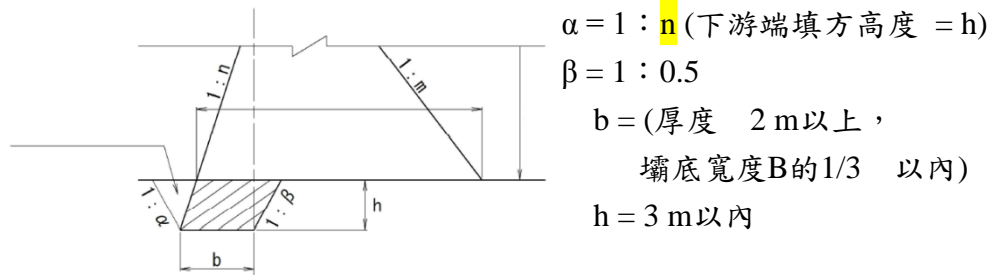
若無法確保基礎地盤所需要的強度時，則必須進行適切的地基處理，以期能夠因應預測可能會發生的現象。

另外，有關防砂壩的地基處理，除了必須從可以因應能預測可能會發生的現象的施工方法之中，考量經濟性、施工性等因素之中加以選擇、設計以外，由於防砂壩的規模或基礎的狀態也會使施工方法有顯著的差異，也必須比較、研討數種施工方法，從中選擇適切的工法，並且以適合該工法的設計方法加以設計。

4-4-1 截水牆

必須在可以確保防砂壩所必需的基礎埋置的情況下，設置截水牆作為管湧與壩體下游對策。

- ① 為了避免應力集中在截水牆的部位，因此截水牆的寬度必須限制在壩底寬度B的1/3以內，並須考量其施工性後再決定截水牆寬度。另外，最小寬度為2m。
- ② 截水牆的高度(h)，以設計為3m以內的案例為多。在安定計算之中，截水牆不視作壩體處理。上は壩體として扱わないものとする。



譯註：黃標部位原文為「n」，應為原文有誤，譯文修正為h。

圖2-4-4 截水牆的適用條件

4-4-2 階梯形工法

以岩盤為基礎的防砂壩，若在壩軸線上直接鄰接上游處的岩盤河床坡度陡急，採用一般的水平防砂壩基礎面設計會讓基礎對於岩盤的埋置體積明顯增長，造成經濟上的不利因素時，可以採用階梯形結構。

可以把基礎面設計成階梯結構防砂壩，僅限於以岩盤為基礎的防砂壩，若為砂礫基礎合時則不得採用。階梯結構以下列的圖2-4-5為標準，上游端埋置深度為標準埋置深度2倍左右時可以採用。

進行安定計算時，以圖中的H為壩高，利用規劃階梯結構前的水平基礎面進行計算。

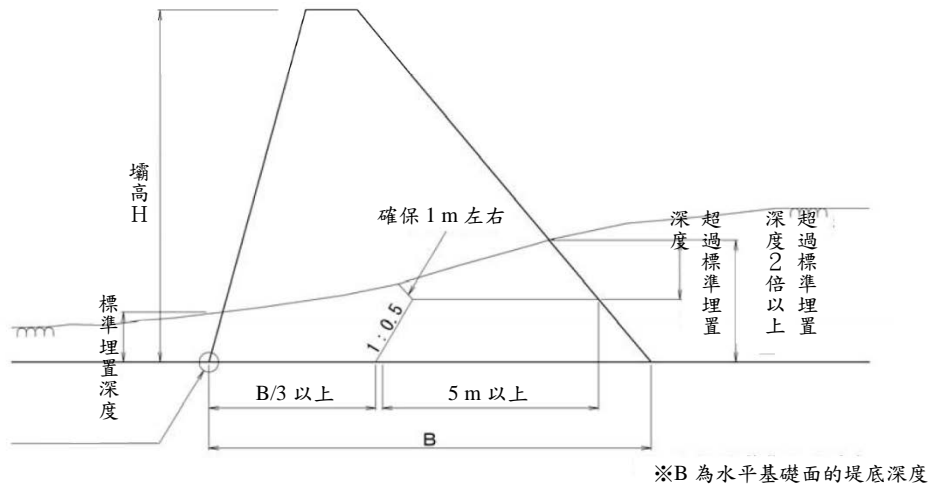


圖2-4-5 階梯形工法截面模式圖

4-5 壩翼的設計

防砂壩的壩翼設計須以不讓洪水越流為原則，且須針對所預期的外力，設計為安全的結構。另外，用作土石流、漂流木對策時，其結構須在石礫衝擊力與漂流木的衝擊力之中較大者與土石流流力總和之條件下仍為安全之結構。

壩翼的兩側不僅會不時遭受洪水等外力衝擊，還有可能遭受異常的洪水或土石流的越流侵襲，此種狀況所引起的壩翼破壞或下游區域淘刷，很有可能變成防砂壩本體的破壞的原因。為了因應前述狀況，壩翼必須設計足夠壩翼坡度，壩翼嵌入深度的部分則須深入具有與本體相同程度安定性的地盤，尤其是在砂礫地盤上建壩時，更須依照實際需求，於上下游建造擋土牆，確保壩翼基礎的安定性。

4-6 前庭保護工的設計

前庭保護工必須可以針對來自防砂壩的跌水、跌落砂礫對於基礎地盤的淘刷作用以及下游河床降低的現象發揮其所必須發揮的預防效果，且其設計在跌水、跌落砂礫的衝擊之下須能保持安全性。

前庭保護工由副壩以及水褥池所構成的消能設施、水墊、側牆護岸、護床工等所構成。

自防砂壩越流而下的水流，一般來說會是从高處落下的自由落體，水流對於掉落地點的衝擊壓力會對防砂壩的基礎部位造成淘。另一方面，在衝擊之後，水流會往下游高流流下，在水流流至足以使其狀況回復與河川現況相同的水理條件的位置以前，都會在沿途造成河床降低的現象。因此為了避免防砂壩基礎與下游河床遭受不良影響，會設置前庭保護工作為對策。

另外，若預期土石流會自壩翼越流而下時，則須如圖2-4-6所示，將前庭部位的側牆護岸設計成考量過土石流越流的結構。

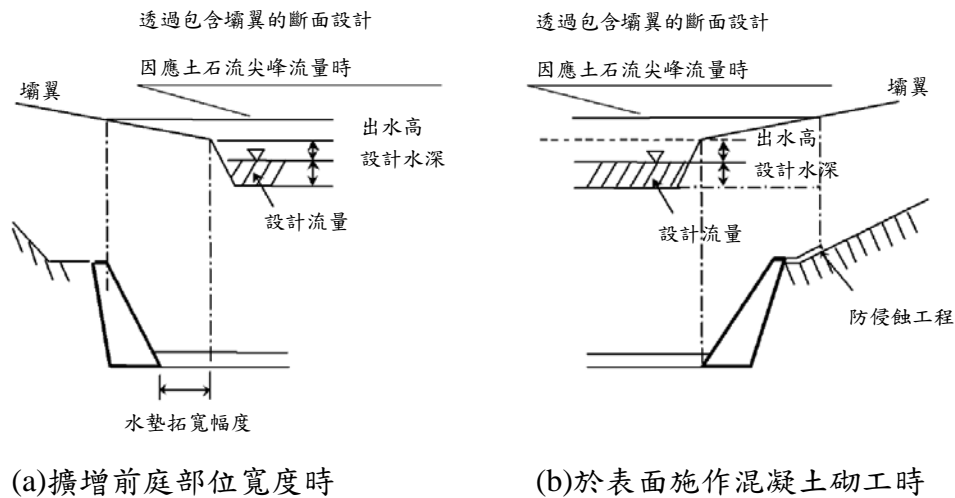


圖2-4-6 考量土石流設計之側牆護岸範例

4-6-1 以副壩、水褥池構成的消能設施

副壩的位置以及壩頂高度的設計，必須要能針對防砂壩基礎地盤淘刷以及下游河床降低等現象之預防發揮其所必須發揮的效果。

副壩的溢洪口、本體、基礎、壩翼的設計，須遵循「本節 4.不透過性防砂壩的設計」之內容。

但是，壩翼坡度原則上為水平設計。

另外，在土石流頻發的流域中，則須參考「土石流、漂流木對策設計技術指南暨其解說 2.1.3.4前庭保護工」。

4-6-2 水墊

水墊的設計必須對防砂壩下游的河床淘刷之預防與防砂壩基礎的安定與兩岸崩塌之預防發揮充分的效果，並且在跌水、跌落砂礫的衝擊與上揚力的影響之下，維持其安全性。

未設置副壩時，須於水墊下方末端設置截水牆。另外，截水牆的結構與水墊的厚度須以「河川防砂工程技術基準(草案)暨其解說 設計篇Ⅱ 第3章2.8.3」為準。

4-6-3 側牆護岸

側牆護岸的結構設計，須能預防可能發生在主壩與副壩或截水牆之間，由防砂壩溢洪口頂端落下的水流造成的侵蝕現象。

相較於對象流量的落下位置，側牆護岸基礎的平面位置須在距離防砂壩較遠

處。側牆結構之設計須以「河川防砂工程技術基準(草案)暨其解說 設計篇Ⅱ 第3章2.8.3」為準。另外，側牆的排水口原則上不得設置在可以預期會造成常態性積水的水位以下。

4-6-4 護床工

護床工之結構設計必須可以預防副壩與截水牆的下游的河床遭受淘刷。

護床工須針對河床材料、河床坡度、對象流量等因素統整性研討後予以設計。

4-7 附屬設施的設計

歸類於防砂壩附屬設施的排水口、填方、漂流木擋柵等，其設計須能達成其功能與安全性。

(1) 排水口

防砂壩須依照實際需求設置排水暗渠，依據以下所示之目的，設計能充分發揮其效果之大小、數量、形狀與配置方式。

- ① 調節流失砂石量
- ② 排出堆砂後滲透水，減輕水壓
- ③ 於施工過程中切換水流

另外，由於防砂壩本身的結構，排水口部位較容易發生應力集中的現象，因此必須依照實際需求以鋼筋等材料予以補強，慎重地因應。

另外，對於截面較小的排水暗渠(約在0.6m×0.6m以下)，採用硬質聚氯乙稀管。

(2) 填方

基礎與壩翼的嵌入部位的挖掘處須以填方保護。

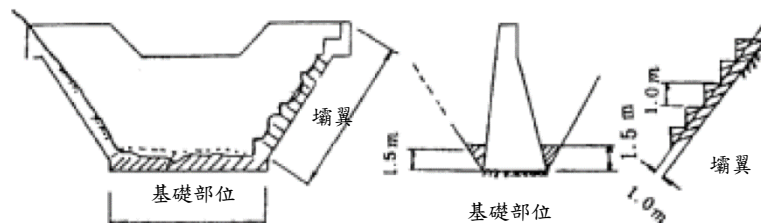


圖2-4-7 填方範例

另外，一般來說，填方都會在挖掘部位施作，有關基礎部位挖掘處的填方，若基礎地盤為岩盤，則以混凝土施作，若基礎地盤為砂礫，則以砂礫或混凝土施作。有關本體與地基相接處或壩翼嵌入部位的填方，於岩盤處以混凝土施作，

於砂石盤處則設置擋土牆，並以砂石掩埋的狀況比較多。

填方混凝土的灌漿高度以1m為原則，與本體的混凝土同時灌漿。

(3) 壩頂保護工

能預測到溢洪口會因為細流砂石或是石礫而遭受磨耗或是缺損的狀況下，須對壩頂部施加保護，避免此種狀況。

有關壩頂保護工，須斟酌其施工方式，以下圖的施工範圍為準。

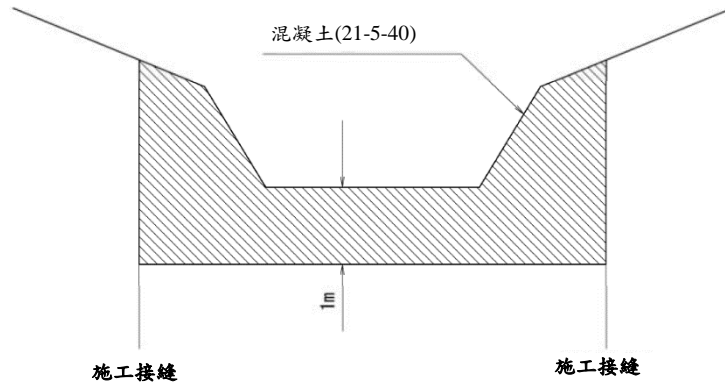


圖2-4-8 壩頂保護工施工範圍

(4) 漂流木擋柵

在有可能會有漂流木流下的狀況下，須依照實際需求設置漂流木擋柵。

將漂流木擋柵設置在主壩或副壩時，溢洪口的截面須如圖2-4-9所示，其範圍不包括漂流木擋柵。

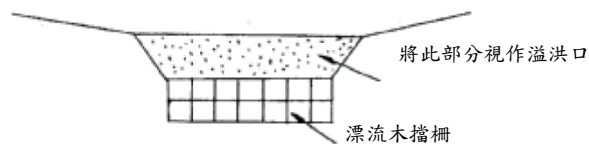


圖2-4-9 設置漂流木擋柵時的溢洪口截面

另外，設計漂流木擋柵時，亦須針對漂流木擋柵的本身單獨計算其安定性。

漂流木擋柵的類型可以選用梳子型或透水柵型設計，其設計須針對日後去除漂流木的可行性作考量。

4-8 壩體增厚補強對策

由於施工上的必要性，厚度最小為1.5m。

但是，要以填土等方式確保作業場所或堆石修護景觀時則予以另行考量。

另外，為了讓新舊混凝土可以一體化，可以對既有壩體進行打毛並配置外加鋼筋，並依照現場狀況針對壩頂部位新舊灌漿部位之間的接縫實施滲透防止對策。

在去除既有壩體上混凝土強度不足的部分或進行其他處理時，也要對無法忽略的漏水狀況進行防水處理、灌漿等處理。

從1997年發生的增厚部位剝離事件(關東地方整備局，利根川水系)之中，流水從壩頂部位新舊灌漿部位之間的接縫流入的案例判斷，滲透水也可能是助長剝離現象的一個成因，須依照現場狀況實施滲透防止對策。

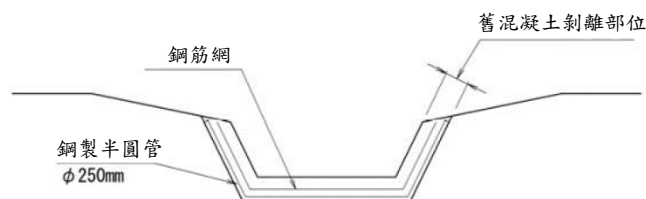
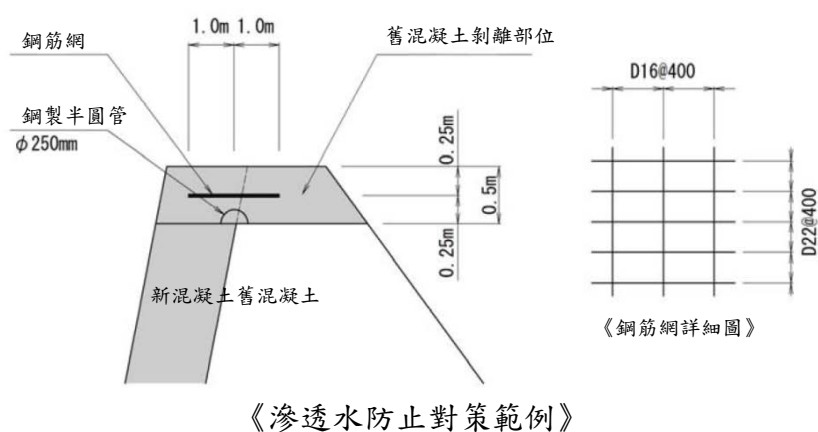


圖2-4-10 滲透防止對策範例

5. 透過性防砂壩的設計

透過性防砂壩的設計須依據「防砂工程基本計畫策定指南(土石流、漂流木對策指南)暨其解說」、「土石流、漂流木對策設計技術指南暨其解說」，並可依照實際需求，參照「鋼製防砂工程結構物設計便覽」。

5-1 基本事項

5-1-1 透過性防砂壩的種類

透過性防砂壩可以從功能面上區分為直接攔阻土石流的類型與透過墊高掃流的方式沿池池水流中的砂石的流出的類型。

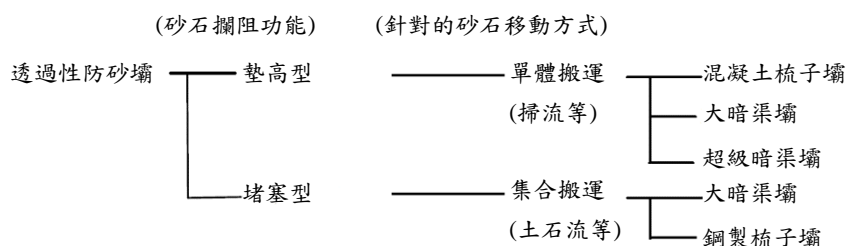


圖2-5-1 透過性防砂壩的種類

混凝土梳子防砂壩在定位上就是溢洪口範圍中有一部份在鉛直方向有開口，開口處為梳子型結構的混凝土防砂壩，其設計的基本概念以不透過性混凝土防砂壩為準。

另外，計畫、設計透過性防砂壩時，須留意以下重點。

- (1) 土石流區間的透過性防砂壩原則上應為鋼製，對於流下的砂石，須規劃下游的防砂壩等設施加以攔阻或調節。
- (2) 設置混凝土梳子壩時，因為其可透過部位的總截面積較小，所以有可能因為土石流先頭造成的積水而使土石流先頭部分夾帶的巨石停止在積水的上游端附近，使得透過部的截面沒有遭受堵塞，使得巨石以外的砂石通過梳子型結構部位，或者是砂石在水量減少時在短時間內流下的危險性。
- (3) 設置於掃流區間的透過性防砂壩原則上應為混凝土梳子壩。鋼製梳子壩會讓單體搬運的砂石通過，所以不得設置鋼製梳子壩。掃流區間裡設置的混凝土梳子壩會讓大量的砂石堆積在壩體下游部位，因此必須加以計畫，使砂石可以安全地沉積在下游河道或下游防砂壩中。

所謂的土石流區間，一般來說是指稱溪床坡度 $I = 2^\circ$ (約為1/30)以上的區間，掃流區間則為未滿 2° (1/30)的區間。

所謂的大暗渠壩，就是防砂壩壩體的一部分之中設置暗渠的設計，會在發生土石流時，利用流下的石礫堵塞大暗渠。鋼製梳子壩則是在透過部截面設置鋼管，

使土石流中石礫可以將截面堵塞住的設計。

5-1-2 設計流量

土石流區間的設計流量須為土石流尖峰流量。另外，若為掃流區間時，則與「本章 4.不透過性防砂壩的設計」相同。

設計土石流區間的透過性防砂壩的溢洪口截面時，採用土石流尖峰流量進行計算。土石流尖峰流量則依據「防砂工程基本計畫策定指南(土石流、漂流木對策指南)暨其解說 2.7.3」中所示方法計算。

5-1-3 設計負重

基本上與「本章 4.不透過性防砂壩的設計」所述相同。但是，由於透過結構所造成的設計外力作用，須考量以下事項。

- ① 土砂壓力方面，須將土石流的覆蓋考量進去，其壓力為梯形分布。
- ② 可透過部分(梳子型結構部分)須以未堵塞砂礫與水分的狀態計算其自重。
- ③ 即使是像透過性鋼製梳子壩這種透過率較高的狀況，也必須將圖2-5-2所示之堆積壓以及流力等視作外力，針對整體壩體的安定性以及部件的安全性作研討。由於土石流自身的重量即為覆蓋負重，因此土砂壓力為梯形分布。
- ④ 當部分透過性防砂壩的基礎混凝土較厚時，將自基礎底面制基礎頂端為止的部分視作有水位存在，考量其靜態水壓。

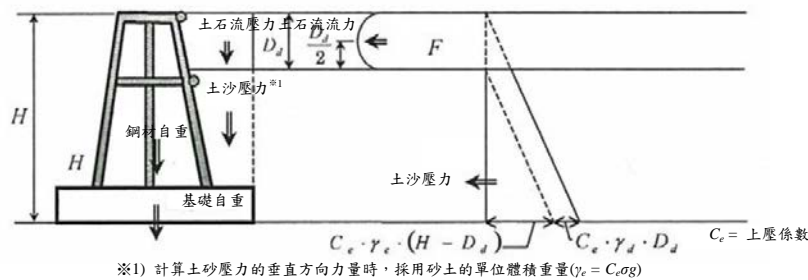


圖2-5-2 透過性鋼製梳子壩的設計外力

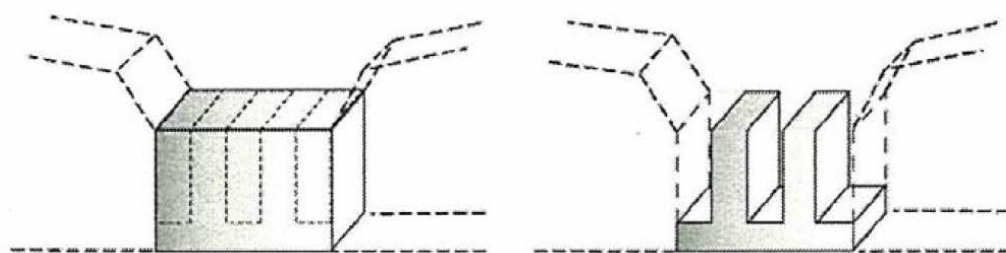
設計混凝土梳子壩時的設計外力與安定條件等，以不透過性防砂壩為準實施。但是，其壩體自重則採用以溢洪口壩體區塊整體的重量與包含梳子型結構部位的溢洪口區塊的體積所計算的單位體積重量作計算。(圖2-5-3 參照)

$$rc = W/V$$

前式中，rc：見かけ的混凝土單位體積重量

W：不包含梳子型結構部位的壩體重量

V：包含梳子型結構部位的壩體體積



(a)包含梳子型結構部位的溢洪口壩體
體積V

(b)不包含梳子型結構部位的溢洪口壩
體積W/rc

圖2-5-3 梳子型結構部位的溢洪口壩體體積

5-1-4 設計水深

於土石流區間設置鋼製透過性防砂壩時，將設計流量通過溢洪口部位時可能會造成的越流水深視作設計水深。

於掃流區間設置混凝土梳子壩時，與「本章 4.不透過性防砂壩的設計」相同。

5-2 透過性防砂壩的安定條件

透過性防砂壩除須在壩體整體的滑動、翻倒以及支撐力方面維持安定以外，在構成其透過部位的部件材料強度方面亦須具備安全性。

透過性防砂壩壩體整體的安定條件以「本章 4.不透過性防砂壩的設計」為準。

5-3 本體結構

可透過部位的部件，必須可以在設計外力條件下保持安全性。從失效安全的角度來看，為了可以在部份部件破損的情況下，避免防砂壩整體遭受破壞，須儘量設計成冗餘性(redundancy)較高的結構。

5-3-1 溢洪口

溢洪口的截面方面，原則上依據「本章 4.不透過性防砂壩的設計」的內容，其截面設計須能在可透過部位遭受堵塞後一樣可以讓土石流安全地流過。

當透過性防砂壩的可透過部位完全堵塞後，其溢洪口截面仍須可以充分令土石流尖峰流量流通。若為鋼製梳子壩時，可以不必考量的出水高。

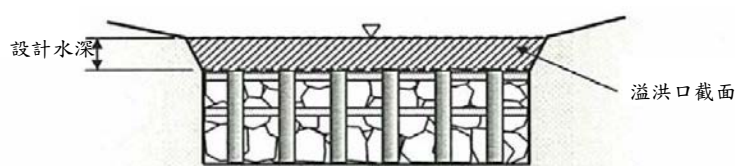


圖2-5-4 透過性防砂壩的溢洪口

(1) 開口部位大小

透過性防砂壩的開口部位大小須依照土石流的最大礫徑以及建設該設施的目的來決定。

但是，由於施工性、維護管理的考量，梳子壩的開口部位的最小寬度須為1.0m。

土石流的最大礫徑，也就是土石流中會夾帶流出砂石的粒徑的預測最大值，須以實地調查方式，針對防砂壩計畫地點上游溪床以及壩址下游等兩個方向各200m範圍內的溪床沉積物加以調查，對巨礫採取200個以上的樣品，分析其粒徑分布，以累積曲線分布為約95%左右者為最大礫徑。

依照實驗結果可以了解，在砂石濃度較高時，當水平純間隔與鉛直純間隔小於最大礫徑(D_{95})的1.5倍時，可透過部位的截面就會因此而堵塞，因此在從功能角度來看，若實際情況需要時，可以將水平純間隔與鉛直純間隔增加到最大礫徑的1.5倍。

表2-5-1 透過性防砂壩的可透過部位截面的設定相關說明(土石流攔阻)

功能	水平純間隔	鉛直純間隔	可透過部位最下方的衝擊面高度
攔阻土石流	$D_{95} \times 1.0$ ※1	$D_{95} \times 1.0$ ※1	土石流的水深以下 ※2

※1如上所述，水平純間隔、鉛直純間隔可以增加到最大礫徑(D_{95})的1.5倍。

※2如上所述，可以將可透過部位最下方的截面高度縮小至最大礫徑(D_{95})的1.5

倍。

另外，在掃流區域規劃墊高型梳子壩時，須滿足以下算式。

$$b \leq 1.5d_{1\max}, \text{ 且 } b > 3.0d_{2\max}$$

前式中， $d_{1\max}$ ：洪水發生時的最大礫徑(以10cm為單位)(機率條件為100年左右)

$D_{2\max}$ ：中小型洪水發生時的最大礫徑(以10cm為單位)(機率條件為10年左右)

5-4 梳子型結構

5-4-1 鋼製梳子結構的選定

在鋼製選定梳子結構時，須考量設計耐力等的性能規定、經濟因素以及環境因素等因素，選擇最適合施工現場的類型。

5-4-2 梳子型縫隙的數量

決定梳子型縫隙的數量時，以令梳子型結構部位的流通能力在中小型洪水量以上為原則，斟酌其梳子型縫隙密度與梳子型縫隙寬度之總和。

每個梳子型縫隙所能流通的流量 Q 須以倒梯形壩的越流公式計算，整體流量則為 $n \cdot Q$ 。若為墊高型防砂壩時，須充分考量壩高、梳子型縫隙的深度、流通於梳子型縫隙的流量等因素之間的關係，決定梳子型縫隙寬度的總和。只要梳子型縫隙的寬度總和相同，即使梳子型縫隙較多，其砂石調節效果也是一樣的，所以要考量梳子型縫隙底部的磨耗與施工性等因素來決定梳子型縫隙的數量。

5-4-3 梳子型結構的高度

梳子型結構的地基高度以近似於上游端之當前河床高度為下限，也必須確保防砂壩的基礎埋置深度。另外，要兼顧坡腳固定等目的時，就需要研討可以滿足相關需求的地基高度。另外，截水牆或副壩的溢洪口頂端不得比高過梳子型結構的地基高度。

為了可以增加水位變動，提高砂石調節效果的必要性，梳子型結構的高度最好可以越高越好。

若為墊高型時，梳子壩的設計會是透過墊高水流而降低砂石濃度，藉此促進沉積的類型，必須要在防砂壩上游讓流水去勢減緩，墊高水流。因此當防砂壩上游的水流為射流時，在梳子型結構部位的溢流水深(水位)必須比對應於對應於水躍條件下的水深還要深。

為了生態系統(確保魚類等生物的移動路徑)的或景觀上的考量，梳子型結構的地基高度與下游水面的段差最好設計得小一點。但是，如果梳子型結構的地基高度比截水牆或副壩的溢洪口頂端還低時，就有可能會造成砂石流出的阻礙。因

此，梳子型結構的地基高度最好與副壩溢洪口的頂端標高接近。

5-4-4 梳子型結構的配置

有關梳子型結構的配置，若為單層結構，以設置在溢洪口中央為原則。若為多層梳子型結構，則決定時須注意不要給溪岸造成不良影響。

若梳子型結構的位置接近溪岸，則在砂石流出的同時，也很容易造成溪岸的沖蝕。另外，如果從梳子型結構落下的含有砂石的水流衝擊到側牆的話，就有可能會造成水流從側牆頂端越過或造成側牆破損等問題。因此，原則上應將梳子型結構規劃在溢洪口中央附近。

5-5 壩翼的安定性與結構

與不透過性防砂壩相同。（「參照本章 4.不透過性防砂壩的設計」）

5-6 前庭保護工

規劃透過性防砂壩的前庭保護工時，須依照實際需求，令其能在可透過部位遭受堵塞的狀態之下也能在承受設計流量的條件下維持壩體本體的安定性。

對於可以預期會在攔阻土石流之後受到後續水流淘刷的狀況、可透過部位下端與溪床表面之間有落差的結構，以及可透過部位所占面積比率較小的狀況下，必須依循不透過性防砂壩的規範，施作前庭保護工。

另外，有關消能設施或副壩方面，則須充分考量其必要性後再行規劃。

第3節固床工(標準)

1.基本事項

1-1 目的

固床工是一種用來預防溪床的縱向侵蝕、預防溪床沉積物再度移動防止，藉此使溪床更為安定，並且防止溪岸遭受侵蝕或崩塌等問題或減輕其程度的設施。另外，固床工也有可以防止護岸工等基礎工事遭受淘刷並加以保護的功能。

1-2 位置

配置固床工的位置，須考量以下事項後予以規劃。

- ① 規劃於有可能發生溪床降低的位置。
- ② 若其目的為保護施作物基礎時，則規劃於該施作物的下游。
- ③ 在發生溪岸侵蝕、崩塌與山崩等現象的位置，原則上規劃於其下游。

固床工的高度一般在5 m左右以下。

另外，固床工還具有防止溪床因為流水的掃流力等因素而降低、防止不穩定砂石移動、抑制土石流等現象的發生的功能，以及防止溪床降低、緩和溪床坡度、防止亂流並藉以防止溪岸的遭受侵蝕、崩塌，或減輕其程度的功能。

如果發生溪岸侵蝕、崩塌的區間或有可能縱向侵蝕問題的區間的長度較長時，須針對是否配置多處固床工等對策的進行研討，謀求溪床溪岸的穩定。

1-3 固床工的方向

決定固床工的方向時，須考量以下事項。

- ① 固床工的方向原則上須與規劃位置下游的流心線呈直角。
- ② 將固床工規劃為階段狀時，其方向原則上須與各規劃位置下流的流心線呈直角，各固床工的溢洪口中心點須規劃在位於其上游方向，與其直接鄰接的固床工的溢洪口中心點所在的流心線上。

於固床工處通過溢洪口的越流水，理論上要與固床工的方向呈直角放射狀流下。

決定固床工的方向時，必須注意在越流時充滿整個溢洪口寬度的洪水水流是否會對固床工上下游部位的兩岸或該處的施作物造成衝擊或造成危害。

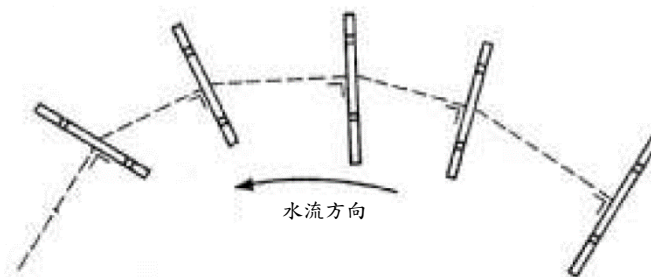


圖3-1-1 固床工的方向

1-4 溪床坡度

有關固床工的溪床坡度，須考量以下事項。

- ① 一般來說，施作固床工的規劃通常會在一般溪流上游狀況安定的狀況下進行，或者是在上游處於荒溪狀態，但已經施作防砂工程，因此會對下游造成侵蝕的狀況下進行，固床工往往會造成新的溪床坡度形成。
- ② 若上游的狀態越好，流下的砂礫形狀越小，因為固床工而形成的溪床坡度會就會越和緩，需要加以注意。
- ③ 溪流的溪床坡度是受到流量——也就是流速與水深，以及溪床抵抗力所決定的，因此固床工上游溪床的計畫坡度也必須考量此一因素，規劃成一個不會引發侵蝕與沉積，適合其流路的坡度。
- ④ 固床工下游端外緣會受到越流水流淘刷，使溪床高度降低，在決定階段狀固床工群組之間的計畫坡度時須特別注意。
- ⑤ 階段狀固床工群組的基礎必須埋置至低於下游固床工計畫溪床坡度線以下之位置。

當溪流的上游處於荒溪狀態時，上游處沉積的砂礫比較容易被流送到下游而使溪床上昇，因此一般情況下不會造成縱向侵蝕，此時施作固床工尚嫌過早，或是根本不需要實施。

在這種情況下，應該要先在上游施作防砂工程。若上游並非荒溪，則有可能在下游造成縱向侵蝕，因此就有必要施作固床工。也就是說，如果完全沒有來自於上游的砂石流送，或者是流送量很少的時候，就會造成縱向侵蝕，在此種位置設置的固床工的上游會形成與現有坡度不同的溪床坡度，而且上游的狀況越好，或者是防砂工程的進展越多，所形成的形成坡度數值也會越小。

2. 固床工的設計

有關固床工的設計，除了必須達成其目的以外，也必須考量安全性與未來的維護管理等因素。

固床工的設計原則上以「本章 第2節 4.不透過性防砂壩的設計」為準，在不設置截水牆等結構的狀況下，一般來說固床工相較於溪床面的突出高度較少，不會因此而積水於其中，必須要把水壓納入外力的考量之中。

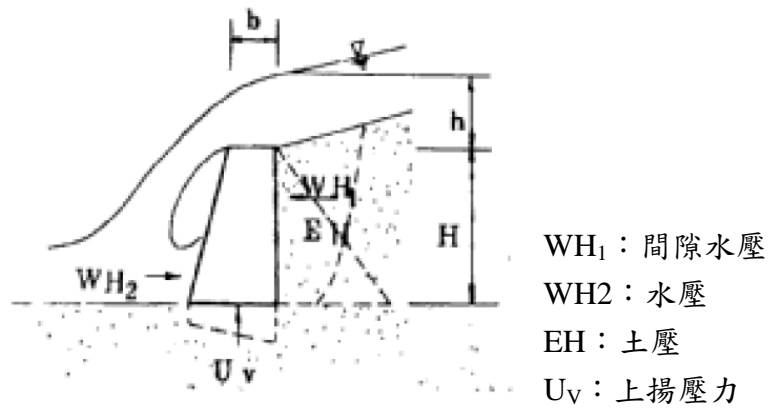


圖3-2-1 設計負重範例

2-1 溢洪口

固床工的溢洪口的設計以「本章第2節 4.不透過性防砂壩的設計」為準。

2-2 本體

固床工一般採用重力式混凝土類型的設計，建設於山崩地或較為軟弱的地盤等特殊條件位置時，也會採用格籠固床工、塊體固床工、鋼製固床工等設計。

另外，在該種情況下，須先確認採用的部件及其安定性，依照現場條件決定截面等之設計。

(1) 高度

有關固床工的高度，須考量以下事項。

- ① 固床工的高度一般在約5m以下，設置水墊與截水牆時，其落差以落差3.5~4.5m為極限。
- ② 若固床工的高度(包括設置水墊與截水牆之情況)需要超過5m左右之範圍以上，以及須在較長之區間中施作固床工時，將其規劃為階段型較為適當。

(2) 頂寬

固床工的頂寬設計原則上以「本章第2節 4.不透過性防砂壩的設計」為準，即使難以依照前述內容施作，亦須以最小1.0m為限。

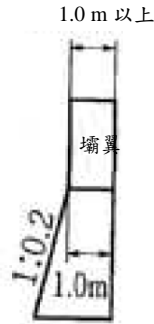


圖3-2-2 頂寬範例

(3) 截面形狀

固床工的截面形狀設計原則上已「本章第2節 4.不透過性防砂壩的設計」為準，高度在3.5m以內時，下游端坡度定為1：2.0，上游端坡度則為垂直，高度超過3.5m時則另行研討。

2-3 基礎

當基礎地盤為淤泥或細砂性質時的場合，必須特別注意由於水分滲透而造成的管湧等現象。

另外，由於粒度或緊實程度的影響，也有可能在地震時發生土壤液化現象的風險。當基礎地盤為黏土時，依照其緊實程度或含水比率的不同，有可能會發生壓密沉陷或剪斷破壞等狀況，因此對於負重支撐力與緊實程度之狀況等因素，必須充分加以注意。

2-4 壩翼

設計單一固床工時，其原則以「本章第2節 4.不透過性防砂壩的設計」為準，但若在特定規劃下設置固床工群組時，通常僅會在最上游的固床工省略其壩翼坡度。

另外，在施作固床工的位置的兩岸處，或者是其中一邊有堤防、住宅地、耕地等存在時，即使已有設置護岸工，不計其護岸工之影響，其固床工之壩翼仍須予以充分埋置。

2-5 前庭保護工

固床工原則上應設置前庭保護工。

若固床工的設位置由砂礫層構成，原則上應設置水墊。

(a)水墊工法 (b)塊體工法

圖3-2-3 水墊範例

3.帶工

在固床工之間の間隔過大時，往往會因為局部的淘刷現象而對河岸造成不良影響，帶工即為其對策。

若單獨設置的固床工與下游或階段狀固床工群組の間隔較大，而且有發生縱向侵蝕的狀況，或者是有發生縱向侵蝕的可能時，須規劃帶工。

另外，決定帶工間隔的原則，通常是以代表該處坡度的分數的分母視作其間隔距離，而帶工的高度則須考量下游河川的河床變動狀況再作決定。

第4節 護岸與丁壩(標準)

1. 護岸工的設計

設計護岸時，除須令其發揮符合目的之功能以外，尚須考量面對流水、流送砂石等外力下之安全性以及維護管理面的因素。

護岸的功能包括固定坡腳、防止溪岸崩塌防止、防止橫向侵蝕等。

設置護岸的目的包括：防止水流造成河岸崩塌，以及調控水流方向，使其流動更為緩和。

護岸工的設計須遵循「河川防砂工程技術基準暨其解說 計畫篇 第13章第4節護岸、第5節丁壩」、「河川防砂工程技術基準(草案)暨其解說 設計篇Ⅱ 第3章第4節護岸、第5節丁壩」以及「修訂版防砂工程設計公式集(手冊)」。

另外，一般的護岸設計步驟如圖4-1-1所示。

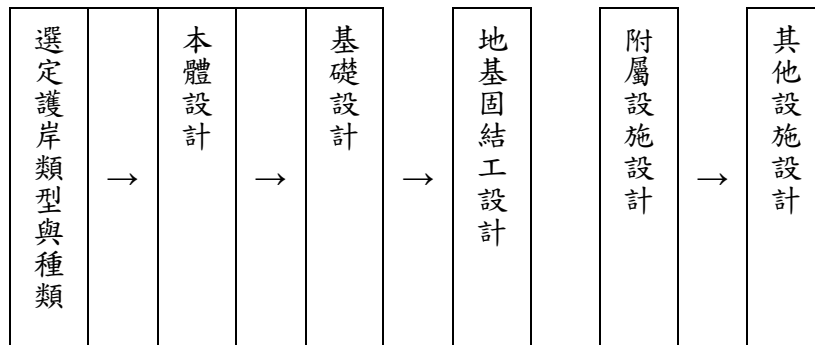


圖4-1-1 護岸設計的步驟

1-1 護岸工的位置

選定護岸工的位置時，須考量以下事項

- ① 在溪流中，若有會因為水流或流路彎曲而使水流衝擊處或凹部溪岸的山坡崩塌增大，或有使山坡崩塌之風險時，於該部分規劃護岸工。
- ② 在溪流下游的砂石沖積地或耕地與住宅地等區域中，若有溪岸潰決或有其風險時，則規畫護岸工。
- ③ 為防止溪岸潰決或崩塌防，除固床工或堰堤工程外，也有許多狀況下會需要以護岸工在山腳進行地基固結。

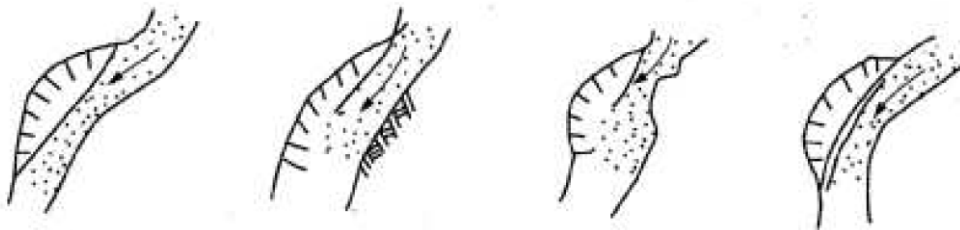


圖4-1-2 護岸工的位置

1-2 護岸工的類型、種類的選定

一般來說，溪流的流速較大，比較容易淘刷基礎地盤，而且水流中往往夾帶砂石與石塊，因此護岸遭受的衝擊也較大，因此簡易的施作物會有在短期內破損的風險，選擇護岸類型與種類時，須針對必須設置護岸的地點的地形、地質、河川狀況，以及相對於該護岸的目的適切性、安全性、經濟性等的各種要素予以研討。

1-3 護岸的壩頂高

決定護岸工的壩頂高時，須考量以下事項。

- ① 護岸工的壩頂高原則上須在達到計畫高水位時仍保有餘裕。
- ② 在溪流曲流部位的凹岸所設置的護岸，其規劃除須堅固以外，尤其需要特別增加其壩頂高。

1-4 護岸的埋置

規畫護岸的埋置時，必須充分勘查河床的淘刷狀況等因素。

另外，單獨規劃護岸工時，其深度應比現有床深度最深處更深。另外，決定了規劃設置護岸的河床位置以後，其埋設深度最好可以比該處河床更深入1.0m以上。

2. 丁壩的設計

設計丁壩時，須考量流送砂石形態、對象流量、河床材料、河床變動等因素，不但須令其發揮符合其目的之功能，並須同時對安全性、維護管理等因素作考量。

設置丁壩的目的包括：將流水與流送砂石彈開，保護溪岸結構物或防止溪岸侵蝕，以及減少流水或流送砂石的流速，防止縱向侵蝕。設計丁壩時，必須充分加以考量，確保它能達成所需要的目的與安全性。

2-1 丁壩的位置

決定丁壩的位置時，須考量以下事項。

- ① 丁壩一般來說是規劃在溪流下游或沙洲地帶中溪床寬度大而溪床坡度並不陡急的位置。
- ② 在接近直線的區域兩岸規劃丁壩時，須令兩岸丁壩的頭部彼此相對，且坐落於其中心線之延長線會在河道中央相交的位置。
- ③ 即使在溪流上游，仍須在溪流沿岸因水流衝擊而造成崩塌的坡腳等地設置丁壩，使水流避開該處，防止崩塌擴大。

丁壩一般多規劃於溪流下游或沙洲地帶的亂流區域，在這樣的區域裡，在兩岸左右對稱的位置規劃丁壩，使水流在各丁壩頭部之間的新水路之上加深河床深度，同時讓砂石堆積在丁壩之間，使流路固定之後，再以導流工或護岸工連接丁壩頭部，此時河道整治就完成了。

另外，在荒溪的上游規畫丁壩的狀況雖然比較少見，但也有些可以造成有利結果的狀況。

也就是說，在較短區間的崩塌區域中，在崩塌的上游處規劃一個朝向下游的非越流丁壩，使水流偏離崩塌的坡腳處，就可以防止崩塌擴大。

另外，在崩塌區域的區間較長的狀況下，就要規劃多個非越流丁壩。一般來說，對於崩塌區域規劃的丁壩往往只會選擇其中一邊的溪岸。

2-2 丁壩的方向

在溪流之中，雖然朝向上游的丁壩設計較為有利，但通常採用直交丁壩的狀況比較多。另外，丁壩與水流流線或其切線的角度以 $70\sim 90^\circ$ 間的角度為適當。

對於直交丁壩來說，在丁壩之間中央處會產生砂石堆積的現象，而丁壩頭部的溪床淘刷會比較弱，對於朝向下游的丁壩來說，丁壩間的砂礫堆積會比直交丁壩少，而它的丁壩頭部的淘刷是最弱的。

如果是朝向上游的丁壩，丁壩之間的砂礫會沿著溪岸或丁壩堆積，而且堆積量比前二者都多很多，而其丁壩頭部的淘刷作用是最強的。

在溪流中，若水流會以越流方式流過丁壩，則直交丁壩不會造成偏流，但朝向下游的丁壩就會造成流向岸邊的偏流，朝向上游的丁壩則會造成朝向溪流中心的偏流。

因此，一般來說應該儘量避免朝向下游的越流丁壩。

2-3 長度、高度與間隔

決定丁壩的長度、高度與間隔時，須考量丁壩的目的、河流狀況、對於上下游與對岸的影響，以及結構物本身的安全性。

第5節 溪床保護工(流路工)(標準)

1. 基本事項

1-1 目的

溪床保護工這種設施的目的，就是在山間的平地或扇狀地流下溪流中，透過對於亂流、偏流的控制，預防溪岸遭受侵蝕或防止崩塌，並同時透過對於縱向坡度的限制，避免溪床、溪岸遭受侵蝕等現象影響。溪床保護工由固床工、帶工與護岸工、丁壩等設施組成。

溪床保護工的規劃，須活用多元化的溪流空間、生態系統的保全手法與自然砂石調節功能，乃至於活用溪流開展與河道縮減的部位等自然地形因素，依照實際需求配置固床工、帶工、丁壩、護岸工等施作物。

1-2 計畫高水位

決定溪床保護工的計畫高水位時，要從維護河床的角度出發，並且考量縱斷型與橫斷型之間的相關性。

計畫的規模一般以計畫降雨量的年度超過機率做評估，此一決定除須重視河川本身的重要度以外，還必須針對以往洪水災害的實際情況與經濟效果等因素進行統整性的考量。

1-3 中心線

規劃溪床保護工的中心線時，要儘可能地讓中心線和緩圓滑。

有關溪床保護工的中心線，為了讓水流可以順暢和緩地流下，並且考量到未來的維護作業，最好可以設計成接近直線的構型，但是在土地利用較為頻繁的溪流下游與沙洲地帶，往往難以取出筆直的中心線，沿著現有流路決定計畫中心線的狀況比較多。

但是，要避免單純因為難以取得相關用地而沿用有明顯彎曲現象的現有流路，最好儘量依循溪床保護工原本的目的，儘量讓流路圓滑順暢。

當溪床保護工最下游的部位位於河川或是入海口時，有關其河川回水水位與滿潮水位方面，須參考「河川防砂工程技術基準暨其解說 計畫篇 第2-1章1.2計畫高水位」。

1-4 縱斷型

當溪床保護工改變溪床坡度時，須自上游往下游逐漸以較緩的坡度進行規劃。

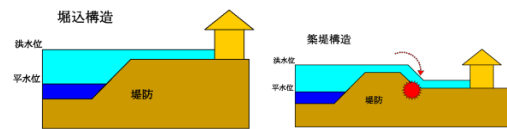
實施溪床保護工時，以採取單面坡堤防的設計為原則，而雙面坡堤防工程僅限於與主流交會處等地點。

規劃溪床坡度時，須避免掃流力有50%以上的變化。

如果對坡度進行了劇烈的變化，則坡度變化點附近就會發生淘刷或堆積的現象，有時候這會造成溪床保護工的維護工作出現困難，因此在坡度的變化點上，最好可以選定一個不會令其上下游的掃流力變化50%以上的坡度以及水深。

譯註：原文為掘込(單面坡)築堤(雙面坡堤防)，不太確定是否有中文詞彙，也不確定目前這樣翻是否能表達原義，附上解說圖做說明(圖片取自京都府網站：

<http://www.pref.kyoto.jp/tango/tango-doboku/suigai.html>)



用於防砂工程的溪床保護工，通常坡度較急、流速較大，因此以雙面坡堤防的設計施作時，發生毀堤潰堤的危險性較高，而且一旦毀堤，危害就會很嚴重，因此應儘量避免採用雙面坡堤防的設計，而要採用單面坡堤防的設計，並選用安全性較高的施工方式。

1-5 截面

溪床保護工的計畫截面，原則上為單截面，決定其計畫寬度時，須考量對象流量、流路的縱向坡度、平面形狀、地形、地質、背後腹地的土地利用狀況等因素。

溪床保護工的計畫截面等之設計須遵循「河川防砂工程技術基準(草案)暨其解說 設計篇Ⅱ 第3章第6節流路工」以及「修訂版防砂工程設計公式集(手冊)」。

2. 溪床保護工(流路工)的設計

2-1 溪床

溪床保護工原則上須選擇不施加溪床底襯的結構。

但是，如果在規劃溪床保護工的區間裡，利用對應於構成該地河床的粒徑的極限流速低於計畫坡度與計畫水深所產生的流速時，亦可採用三面人造(兩側溪岸與溪床等三面均為人造設施)的設計。

規劃溪床保護工時，原則上不採用溪床底襯的設計。因為溪床坡度等因素影響，而使河床的抵抗力低於掃流力時，也要在規劃的時候事先研討，儘量利用坡度緩和等方式，避免採用三面人造的設計。但是，如果將坡度緩和、擴大河寬等方式都納入考量以後，掃流力還是比河床抵抗力大的話，就必須考慮三面人造的設計了。對於較長的三面人造，需要設置適當的截水牆設施，避免地下水路產生。

2-2 護岸工與固床工的銜接

設置溪床保護工護岸的目的，在於防止溪床保護工所規劃的區域的溪岸崩塌，並同時保護固床工的壩翼，其位置須貼近固床工，相較於自固床工落下的對象流量，位於固床工正下方的側牆護岸的位置須在距離較遠處。

2-3 與防砂壩之間的銜接

當防砂壩與溪床保護工直接連接時，原則上防砂壩的溢洪口截面須以壩的公式計算，而溪床保護工的截面須以流量公式計算，二者之間的銜接，須在比副壩或截水牆更下游的位置妥善加以實施。

3. 溪床保護工(流路工)的護岸工

設置溪床保護工護岸的目的，在於防止溪床保護工所規劃的區域的溪岸崩塌，並同時保護固床工的壩翼，須依照「本章第4節 護岸與丁壩」加以設計。

4. 溪床保護工(流路工)的固床工

設置溪床保護工固床工的目的，在於讓所規劃的河床位置維持安定的狀況。另外，此一固床工的結構設計以「本章第3節固床工」之內容為準。

4-1 位置

一般來說，會設置在溪床保護工的上下游端、計畫河床坡度的變化點、施作流路底襯的上下游端，以及針對該計畫河床所決定的必要位置。

4-2 重疊高

溪床保護工的固床工必須在彼此之間設計足夠的重疊高，鄰接的固床工頂端與地基高度至少必須等高。

溪床保護工裡的固床工群組須以階段狀的設計設置。若溪床中有石塊堆積或處於類似之狀況下時，彼此鄰接的固床工的溢洪口與地基高度亦可設計為水平等高，但若溪床中有沉砂或形成砂礫層時，為了避免固床工前庭遭受淘刷，固床工的地基部分必須要有與下游固床工的溢洪口頂端有重疊高的設計。但是，如果是三面人造則不在此限。

5. 溪床底襯

溪床保護工的溪床底襯結構設計須能抵流水與磨耗的影響。

另外，有關溪床底襯結構的末端處理，在三面人造溪床保護工通往兩面人造(僅有兩側溪岸為人造設施)溪床保護工的部分，會因為流速差異而使兩面人造溪床保護工上游端附近的護岸地基部分遭受淘刷的風險，因此需要考量是否施作護床工與消能設施。

另外，三面人造的下游端至少需要設置帶，避免砂土被吸出。

第6節坡面工(標準)

1. 基本事項

坡面工的設計，須以「河川防砂工程技術基準(草案)暨其解說 設計篇Ⅱ 第3章第7節坡面工」為準。

1-1 目的

坡面工的目的，就是在剝蝕地或崩塌地引進植被，防止表土遭受風化、侵蝕並避免崩塌擴大，抑制砂石生成。

1-2 工程種類

坡面工的工程種類可以利用其目的分成以下兩大類。

另外，其中各自所包含的代表性工程種類如圖6-1-1所示。

① 坡面基礎工

在實施整地工之後，為了維持填土的安定性，設置山坡排水路，防止雨水侵蝕的工法，同時也可以為施工區域打下未來栽種林地的基礎。

② 坡面綠化工程

直接對施工區域引進植被，進行綠化的工法。

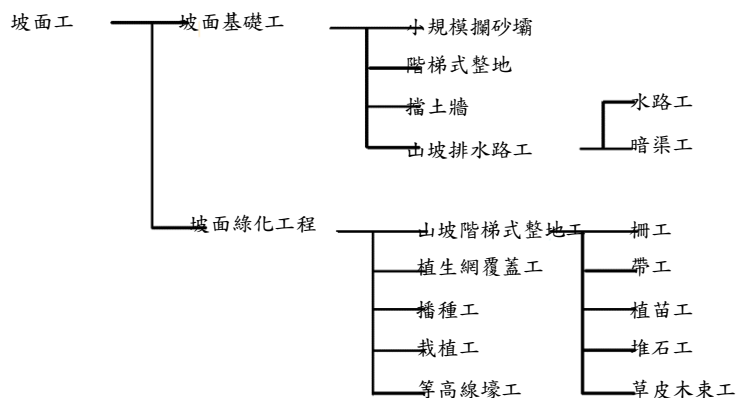


圖6-1-1 代表性工程種類

譯註：上圖中大部分施工方式均不太確定是否有中文詞彙，譯文與原文相差較多者，為查詢其施作方式後翻譯的名稱。

1-3 工程種類的選定

有關坡面工的計畫，必須針對計畫對象區域的地形、地質、土壤、氣象以及坡腳固定壩之間的關係等進行充分的調查，選擇最為適切的工程種類。

另外，為了讓同屬於坡面工的各種工程的功能彼此有效協同運作，必須針對工程種類的配置與搭配方式進行考量。

2. 坡面工的設計

考量坡面工的設計時，必須充分發揮其設置目的之功能，並且同時也要考量到安全性、維護管理等因素。