

令和4～5年度 河川砂防部会の活動報告

- 【活動テーマ】**
1. 鋼製砂防構造物設計便覧の改訂
 2. 砂防施設の改築設計における留意事項
 3. 砂防事業設計積算基準書の留意事項

テーマ1：鋼製砂防構造物設計便覧の改訂		テーマ2：砂防堰堤の改築設計における留意事項		テーマ3：砂防事業設計積算基準書の留意事項	
氏名	会社名	氏名	会社名	氏名	会社名
1 海野 広行	㈱南日本技術コンサルタンツ	1 福村 慎二	鹿児島土木設計㈱	1 園田 勝徳	大福コンサルタント㈱
2 宮下 誠矢	㈱新日本技術コンサルタント	2 松本 秀和	㈱みともコンサルタント	2 寒水 俊一	新和技術コンサルタント㈱
3 福留 健太	三州技術コンサルタント㈱	3 植村 桂樹	㈱国土技術コンサルタンツ	3 一松 隆	㈱大進
4 小瀬戸鉄平	㈱久永コンサルタント	4 今村 真也	朝日開発コンサルタンツ㈱	4 壽 祐太郎	㈱建設技術コンサルタンツ
5 江崎すばる	㈱大亜	5 中井上和樹	霧島エンジニアリング㈱	5 三島 勇人	コスモコンサルタンツ㈱
6 内菌功嗣郎	㈱サタコンサルタンツ	6 永田 瑞樹	㈱錦城	6 井料 俊也	㈱日峰測地
7 五反田慎也	㈱アジア技術コンサルタンツ	7 大窪 和也	中央テクノ㈱	7 中原 知洋	建設情報コンサルタンツ㈱
8 東 健太	㈱萩原技研	8 梶原 牧人	㈱大翔		

『テーマ1』

鋼製砂防構造物設計便覧の改訂

- 【目次】**
1. はじめに
 2. 改定の経緯
 3. 耐荷性能に関する改定
 4. 土石流捕捉機能に関する改定
 5. その他の改定
 6. まとめ

1. はじめに

3

● 新編・鋼製砂防構造物設計便覧（令和3年版）目次構成

第1章 総説

- 1.1 目的
- 1.2 適用範囲・基準
- 1.3 鋼製砂防構造物の概要
- 1.4 用語の解説

第2章 基本事項

- 2.1 荷重
- 2.2 設計に用いる数値
- 2.3 材料
- 2.4 腐食しろ
- 2.5 余裕しろ

第3章 鋼製透過型砂防堰堤の設計

- 3.1 鋼製透過型砂防堰堤の要求性能
- 3.2 鋼製透過型砂防堰堤の土砂捕捉機能
- 3.3 礫径調査
- 3.4 部材間隔の設定
- 3.5 透過部の設定
- 3.6 鋼管フレームの設計
- 3.7 構造計算
- 3.8 安定計算
- 3.9 底版コンクリートの設計
- 3.10 前庭保護工の設計
- 3.11 非越流部の設計

第4章 鋼製不透過型砂防堰堤の設計

- 4.1 鋼製透過型砂防堰堤の土砂捕捉機能
- 4.2 水通し部の設計
- 4.3 本体の設計
- 4.4 袖部の設計
- 4.5 前庭保護工の設計
- 4.6 安定計算
- 4.7 構造計算

第5章 品質管理・施工管理及び施設の維持管理

- 5.1 品質管理
- 5.2 施工管理
- 5.3 維持管理

参考資料

SABO技術ノート

4

● 用語の定義

安全性や維持管理に関する基準（砂防関係施設点検要領(案)）等が整備されたことから、鋼製透過型砂防堰堤の部位の名称などが追加。

捕捉性能に影響する礫径調査に関する用語が追加。

新たに33の用語が追加され、計62の用語について解説

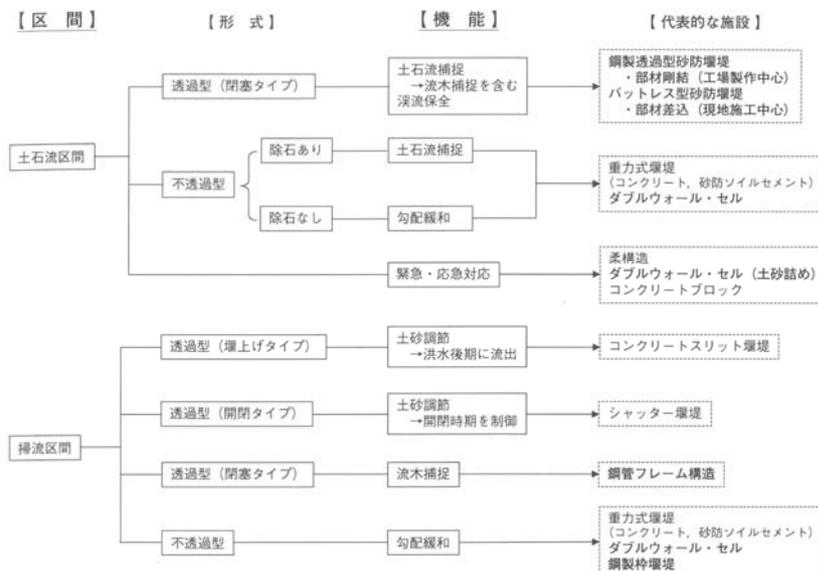
例) 越流部、開口部、鋼製部、礫径調査、礫径加積曲線
外的安全性、内的安全性 etc…

5

● 鋼製砂防構造物の機能および材料による分類

砂防施設における鋼製砂防堰堤を機能と材料から分類し、位置づけを示した。

【鋼製砂防堰堤の位置づけを機能面から整理したもの】



新編・鋼製砂防構造物設計便覧（p.9）より

図 1.5 区間及び機能による主な砂防堰堤の分類

6

● 鋼製砂防構造物の機能および材料による分類

【鋼製砂防堰堤の位置づけを材料面から整理したもの】

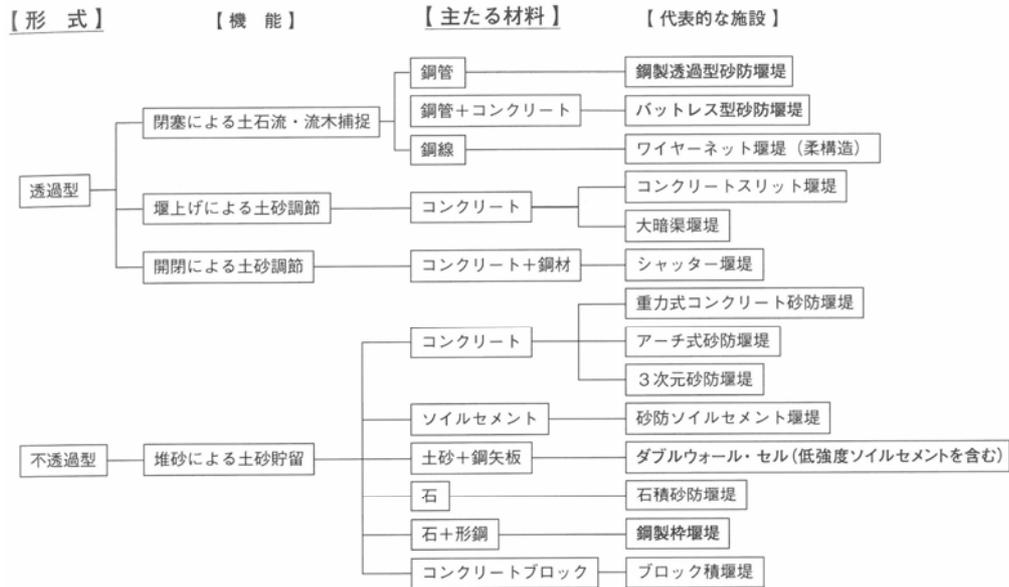


図1.6 形式及び材料による主な砂防堰堤の分類

新編・鋼製砂防構造物設計便覧（p.11）より

2. 改定の経緯

● 改定の経緯

平成21年度版の刊行から10年以上が経過。

その間、各地で計画規模を超える豪雨による災害が頻発しており、鋼製砂防構造物としての新たな課題も顕在化されるようになっていた。

多様化する土砂災害事例・構造物の損傷事例から内容を見直す必要があり、今後の設計に必要な項目を追記・修正し『新編・鋼製砂防構造物設計便覧』として発刊された。

9

● 鋼製砂防構造物の損傷事例



写真2.7 越流礫による部材の喪失

新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.54~56) より



写真2.6 底版近傍の柱根元のへこみ



写真2.8 継手部の損傷事例1

10

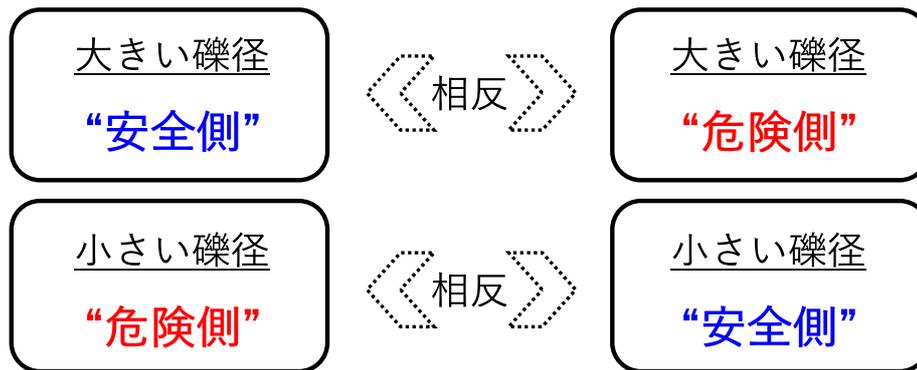
● 鋼製便覧の改訂において大きく変更された内容

これまでは最大礫径 D_{95} を共通の礫径として設計していた。
しかし、『耐荷性能』に関わる部分は大きい礫径は“安全側”となるが、『土石流捕捉性能』に関わる部分は大きい礫径は“危険側”となり、相反する条件となっていた。

そのため、それぞれの検討に用いる礫径を別々に設定するように変更された。

【耐荷性能に関わる部分】

【土石流捕捉性能に関する部分】



11

● 「追加・改訂」された主な項目

【耐荷性能】に関する項目

- ・ 鋼製透過型砂防堰堤に関する事務連絡への対応
- ・ 余裕しろの数値の見直し
- ・ 礫径調査で求めた礫径について
- ・ 鋼管の最小板厚の見直し
- ・ 満砂後の天端から越流する礫が衝突する部材について

【土石流捕捉性能】に関する項目

- ・ 礫径調査で求めた礫径について
- ・ 土石流捕捉性能を規定するために用いる礫径について
- ・ 縦材および横材の配置方法について

12

3. 耐荷性能に関する改定

● 鋼製透過型砂防堰堤に関連する事務連絡の対応

- ・ 鋼製砂防構造物の損傷事例に対して通達された国土交通省の事務連絡より、鋼製便覧に対応方針が追加された。

	鋼製便覧ページ	事務連絡	発出日
南木曾（礫径と勾配）	P-77	「鋼製透過型砂防堰堤の留意事項について」	平成26年11月6日
根知川（本川と支川）	P-21、76	「砂防堰堤等の計画・設計における留意事項について」	平成31年2月7日
大武川（越流礫）	P-55、115	「大武川流域の砂防堰堤の損傷をふまえた当面の対応について」	令和2年6月15日

南木曾 事務連絡「鋼製透過型砂防堰堤の留意事項について」

鋼製透過型堰堤で特に外力条件が厳しい現場では、極めて大きい礫が流下する可能性がある場合、その巨礫が衝突しても、**堰堤構造全体として捕捉機能が喪失しない構造設計**とする。

根知川 事務連絡「砂防堰堤等の計画・設計における留意事項について」

砂防堰堤の配置計画では、本川のみでなく、**支川等からの土石流等外力の可能性も考慮**する。

※事務連絡について、対応方針が追加された。 14

● 余裕しろの数値の見直し

- ・天端からの越流礫が作用する部材の余裕しろが追加された。
- ・構造体として安全性及び安定性への影響度、礫の衝突頻度、部材の位置などを考慮し、余裕しろに幅を持たせることとした。

表 2.20 部位に対する腐食しろ及び余裕しろ

形式	部位	腐食しろ*1	余裕しろ				
			通常	緩和条件			
土石流	透過型	最上流部材	0.5mm	3.5mm	へこみを許容した機能部材の場合1.5mmまで下げてもよい。取り替え前提の部材は0.0mmでもよい。		
		底版近傍の部材		3.5mm		摩耗や損傷を緩和する対策を施した場合には1.5mmまで下げてもよい。	
		越流礫の衝突する部材		3.5mm			機能部材で外れても他の部材で補える場合や取り替え前提の部材は0.0mmでもよい。
		その他の部材		1.5mm			
		継手部材		1.0mm			
	天端部材	3.5mm					
	不透過型	上流のり面部材	3.5mm	-			
		下流のり面部材	0.0mm	-			
		最上流部材	0.5mm	1.5mm	砂礫の摩耗以外に礫衝突も考慮する場合3.5mmとする。取り替え前提の部材は0.0mmでもよい。		
	透過型	底版近傍の部材		1.5mm			
越流礫の衝突する部材		1.5mm					
その他の部材		1.5mm					
不透過型	継手部材	1.0mm		-			
	天端部材	1.5mm	-				
	上流のり面部材	1.5mm	-				
	下流のり面部材	0.0mm	-				

*1ただし、取り替えを前提とした部材については、腐食しろを見込まなくてもよい。

【余裕しろの幅】

構造部材で鋼管フレームの形状維持に重要な部材	3.5mm
余剰部材で万が一外れても他の部材で補える場合	1.5mm
取り替えを前提とした部材	0.0mm

※安定性を確保できるように部材の強度や位置によって、リダンダンシーの高い構造となるように設計することが重要

新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.57) より
15

● 土石流に対する安全性能照査に用いる礫径

安全性照査に用いる礫径

渓床勾配の目安	最上流堰堤	2基目以降	越流礫
$1/3 (20^\circ) \leq I$ ※土石流発生区間	D100		D95
$1/6 (10^\circ) \leq I < 1/3 (20^\circ)$ ※土石流流下区間	D100	D95	D80
$1/30 (2^\circ) \leq I < 1/6 (10^\circ)$ ※土石流堆積区間	D95		D80

土石流発生区間については、礫径調査対象の最大の巨礫が到達する可能性を考慮しD100とする。

土石流流下区間については、最上流堰堤に衝突する礫は礫径調査対象の最大の巨礫が到達する可能性を考慮しD100とする。2基目以降の堰堤は、従来とおりD95を用いる。ただし、最上流の堰堤から200m以上離れている場合には、礫径調査の範囲が異なるため、その区間の礫径調査対象の最大礫径であるD100とする。

土石流堆積区間については、従来とおりD95を用いる。

● 「鋼管」の最小板厚の見直し

鋼製透過型の主要構造の最小板厚（規定の変遷）

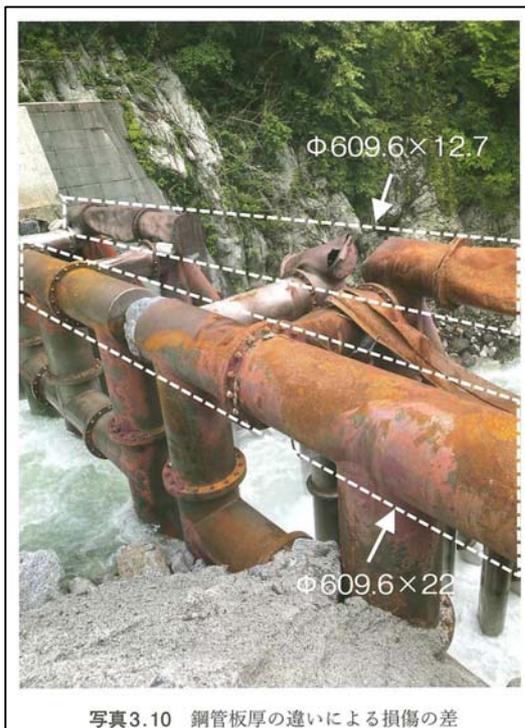
	昭和60年	昭和6年	平成5年	平成13年	平成21年	令和3年
最小板厚	6mm以上	6mm以上	8mm以上	8mm以上	8mm以上	22mm以上
D/t	40以下	40以下	40以下	40以下	40以下	30以下
腐食しろ	1.5mm	1.5mm	1.5mm	1.5mm	0.5mm	0.5mm
余裕しろ	設定なし	設定なし	3.5mm	3.5mm	3.5mm	3.5mm

構造部材のうち、**礫衝突を想定する鋼管の板厚は22mm以上**、かつ腐食しろと余裕しろを見込んだ**径厚比を $D/t < 30$** とする。

ただし、透過部の高さが5 m以下の場合は板厚8mm以上かつ径厚比を $D/t < 30$ とする。

17

● 「鋼管」の最小板厚の見直し



これまで、礫衝突に対する鋼管は径厚比のみを規定していたことから、コスト低減を目的に鋼管径を小さくすることで鋼管板厚を薄くする傾向にあった。

そのため、板厚が薄くなったことで礫衝突により鋼管が容易にへこむようになってきた。

これまでの捕捉事例および損傷事例から、**鋼管板厚が22mm以上になると設計時に想定していた礫衝突によるへこみはほとんど見受けられないことが分かっている。**

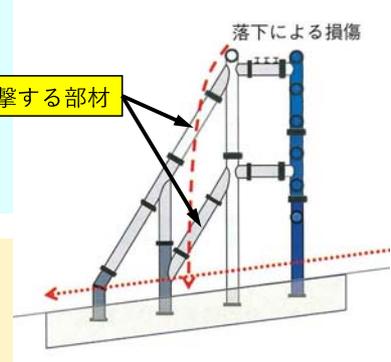
● 満砂後の天端から越流する礫が衝突する部材

どのような礫がどの箇所にも何回衝突するか推定することは困難であるため

以下と仮定し、部材の板厚を決定する。

- ・ 衝突頻度の高い最多礫径を対象
- ・ 最多礫径 1 回の衝撃力で評価

越流落下礫が直撃する部材



部材ごとのへこみ率の許容値は以下となる。

【天端からの越流礫が衝突する**構造部材**】

最多礫径 1 回の衝突でへこみ率 2 % 以下となる板厚とする
→ 変形が累積しないものと見なす

【天端からの越流礫が衝突する**機能部材**】

最多礫径 1 回の衝突でへこみ率 10 % 以下となる板厚とする
※ 取り替え前提の部材は 10 % 以上でもよい

4. 土石流捕捉機能に関する改定

● 「礫径調査」で求めた礫径について

「3.3 礫径調査」にて、以下のように定義されている。

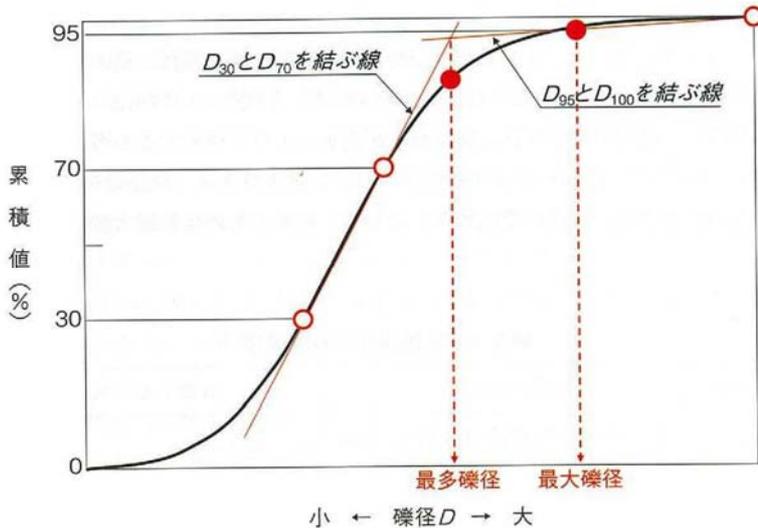
D_{max} : 土石流として移動するとは考えにくい巨礫

D_{100} : 礫径加積曲線の最大値

D_{95} : 礫径加積曲線の95%礫径 (最大礫径として定義)

D_{80} : 礫径加積曲線の80%礫径 (と定義されているが・・・)

下図 D_{100} D_{95} と D_{30} D_{70} の交点：最多礫径帯の最大値 (最多礫径として定義)



新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.78) より

以降、「3.4.1 土石流捕捉性能を規定するために用いる礫径」から、「**最多礫径 (D_{80})**」という形で使用されている。

※左図で定義した最多礫径を D_{80} と呼んでいると思われるが、 D_{80} と言われたとき、80%礫径と最多礫径のどちらを指すのか曖昧であるため、気をつけたい点である。

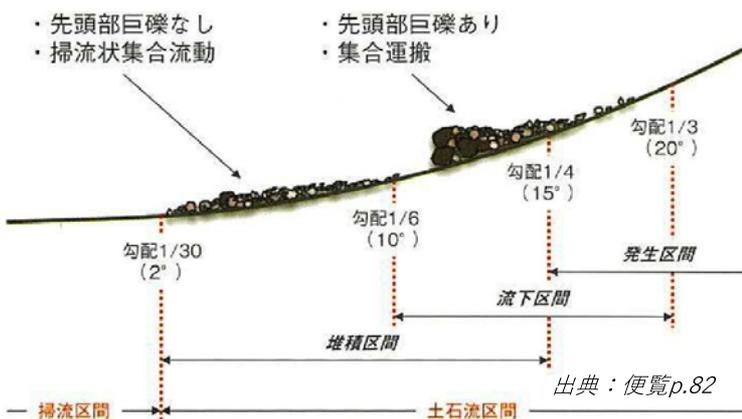
21

● 土石流捕捉性能を規定するために用いる礫径

(そもそも...) 部材間隔の設定に用いる最大礫径を D_{95} としている理由

- ✓ D_{100} 近辺の礫は現地に点在している絶対数が少ない
- ✓ この礫径で部材間隔を広く設定すると、アーチアクションが発揮されず透過部が閉塞しない可能性がある

しかし、堆積区間で巨礫が土石流フロント部を形成しない場合、 D_{95} で部材間隔を設定しても、**同じ理由で透過部が閉塞せず、礫が通過してしまう**可能性がある。



新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.81) より

したがって、渓床勾配を目安として部材間隔の設定に用いる礫径を下表のように設定

渓床勾配の目安	礫径
$1/3(20^\circ) \leq I$ ※	D_{95}
$1/6(10^\circ) \leq I \leq 1/3(20^\circ)$	D_{95}
$1/30(2^\circ) \leq I \leq 1/6(10^\circ)$	D_{80}

※ $1/3(20^\circ) \leq I$ では、土石流フロント部の形成前に到達する可能性から、透過型堰堤の妥当性について検討する必要あり。

22

● 縦材及び横材の配置方法

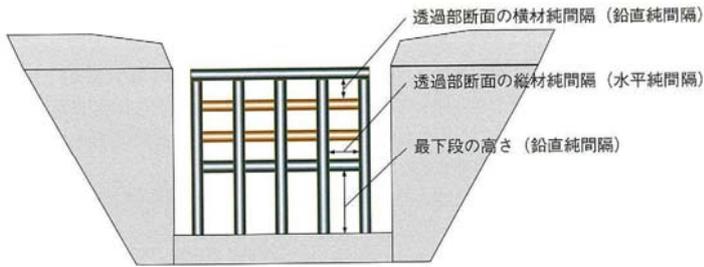


図3.23 透過部断面の純間隔

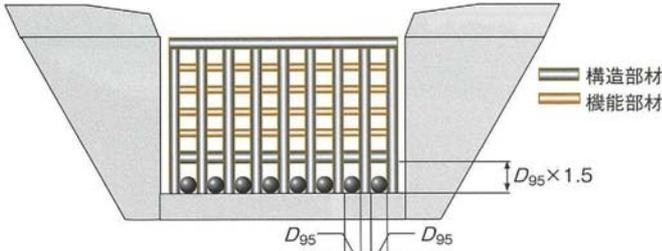


図3.24 最下段の部材間隔

新編・鋼製砂防構造物設計便覧（p.84,85）より

縦材純間隔：最大礫径 D_{95} の2倍程度以下に設定すれば礫同士のアーチアクションにより閉塞するが…

✓ 土石流フロント部が形成されない可能性も踏まえ、設定礫径 $\times 1$ （※堆積区間では最大礫径 D_{80} ）

なお、流木長の1/2以下とすれば、先行して閉塞されることも考えられるが、礫の捕捉を優先。

横材純間隔：最大礫径 D_{95} の2倍程度以下に設定すれば土石流フロント部を捕捉できるが…

✓ 堆砂により溪床勾配が緩くなると後続流が通過する可能性があるため、設定礫径 $\times 1$
※堆積区間では最大礫径 D_{80}

最下段の横材配置：土石流フロント部の巨礫を捕捉しつつ、平常時の土砂を流下させる。

✓ 最大礫径 $D_{95} \times 1.5$ 以下（※ただし、堆積区間など土石流フロント部が形成されにくい場合、最大礫径 $D_{95} \times 1$ 程度とする）

23

● 設計流木長

・流木捕捉工の部材間隔の設定に用いる流木長の設定方法が解説に追加された。

最大流木長

… 立木の最大樹高と土石流の平均流下幅から推定

→ 流下中の折損によって、大幅に短くなる可能性がある。



最大流木長で部材間隔を設定すると、流木がすり抜ける確率が高い。

→ 平均流木長やそれより短い流木長での設定が望ましい。



「一般的な流木長 5m」と「現地調査の平均流木長」を比較して

小さい値を設計流木長とする。

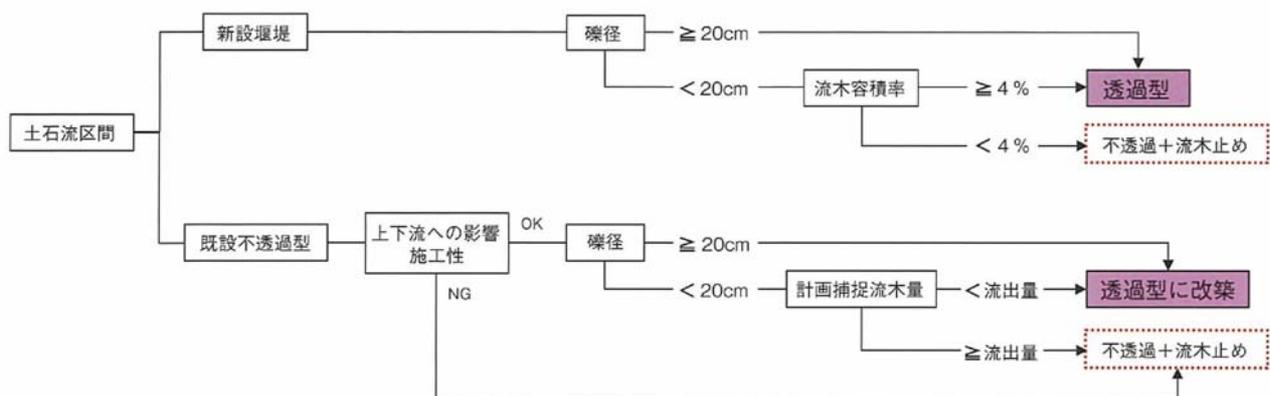
5. その他の改定

25

● 鋼製透過型砂防堰堤の適用の目安

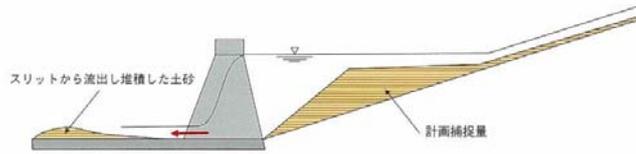
『礫径』と『流木量』を指標にした適用判定フローが目安として追加された。

鋼製透過型砂防堰堤の適用判定フロー（土石流区間）

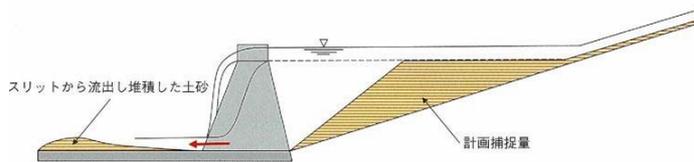


● 土砂調節のための透過型砂防堰堤

堰上げ型透過型砂防堰堤の「非越流タイプ」と「越流タイプ」について、それぞれ下図が示され、留意事項について解説が記載された。



土砂調節のための透過型砂防堰堤（非越流タイプ）



土砂調節のための透過型砂防堰堤（越流タイプ）

- ・堰上げ型の前庭部は、本堤水通し部からの越流水をもとに設計するのではなく、スリットから吐き出される土砂による堰堤下流の侵食防止や土砂の遊砂空間として検討する。
- ・水通し部から越流しないため、本堤の下流法勾配を1：0.2にする必要はなく、地形や施工に配慮して有利な断面でも良い。

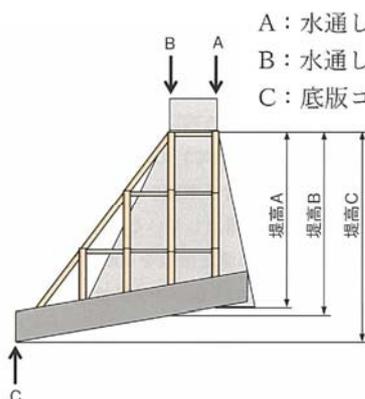
新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.63～64) より

27

● 堰堤の軸

鋼製透過型砂防堰堤の堰堤軸について下記のとおり解説が記載された。

- ・鋼製透過型砂防堰堤は、非越流部の天端上流端（下図A）を堰堤軸とする。
- ・非越流部の天端上流端と透過型の頂部を一致させる必要はない
- ・流向に対する堰堤軸は、湾曲部を避け、土石流捕捉機能から下流に対してできるだけ偏心しないよう考慮する。



鋼製透過型砂防堰堤の堤高

- A：水通し部の天端上流端・・・満砂後の流水の落下の基点
- B：水通し部の天端下流端・・・重力式コンクリート砂防堰堤の堰堤軸
- C：底版コンクリート下流端・・・施設高が最も高くなる位置



非越流部天端上流端と透過部頂部が一致していない捕捉事例

新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.74～75) より

28

● 非越流部を人工地山にする場合

・地山への嵌入の目的

- ①浸透路長を確保して浸食を防止
- ②安定した地盤に定着(不安定土塊の除去)



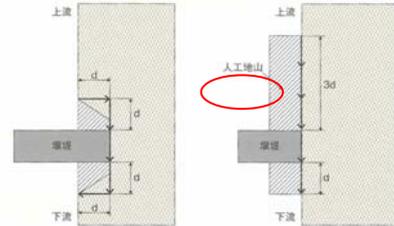
長大斜面など地形によっては、**多大な掘削量で山の安定性や現場工事の安全性に欠ける**

透過型砂防堰堤では①、②は不要
※但し②は人工地山が条件

・人工地山工法について

- ア)法勾配 : 土質及び発注元基準、鋼矢板で直も可
- イ)袖嵌入長 : 砂礫の一般的な**2.0m**
不安定土塊除去なら嵌入は不要
- カ)地山天端幅 : 礫の衝突や摩耗に抵抗できる厚さ
延長は**嵌入深さの上流側3倍、下流側1倍**

人工地山の水の湿潤線:袖部嵌入長の4倍=地山嵌入



不透過型砂防I躍捉の地山嵌入と人工地山における湿潤線

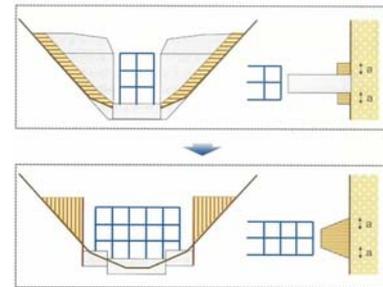
・非越流部について

透過部を大きく取れば、**非越流部と人工地山を一体化**でき、非越流部は小さくなる。

また、透過部との隙間は以下の方法でもよい。

鋼矢板等で隔壁を作り小口を直にする

鋼製横部を張り出して人工地山の隙間を挟める



鋼製透過型砂防堰堤の非越流部の形状

◎人工地山にすることで、**施工費の縮減、現場作業の安全性の向上**が可能となる

新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.136,137) より

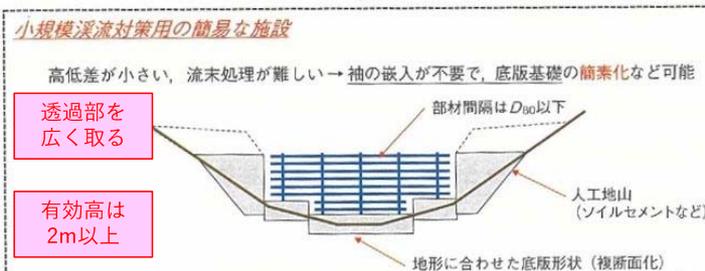
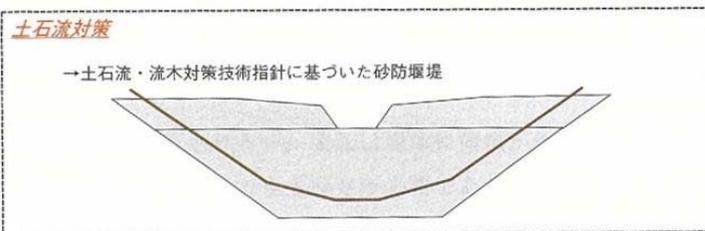
29

● 小規模溪流対策用の鋼製透過型砂防堰堤

小規模溪流とは・・・

- ・流路が不明瞭で常時流水がなく、平常時の土砂移動が想定されない溪流
- ・基準点上流の渓床勾配が10°程度以上で溪流全体が土石流発生・流下区間
- ・支渓の合流がない溪流

※計画流出土砂量は1,000m³以下なら、規模の応じた施設を設計してよい



土石流対策と小規模溪流対策施設

◎小規模な施設は**土石流対策と流木対策を兼用**できる透過型構造が効果的

◎小規模とすることで**簡素化が可能**

◎満砂後に越流水が想定される場合は、**浸食対策を施す必要**がある

新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.138) より

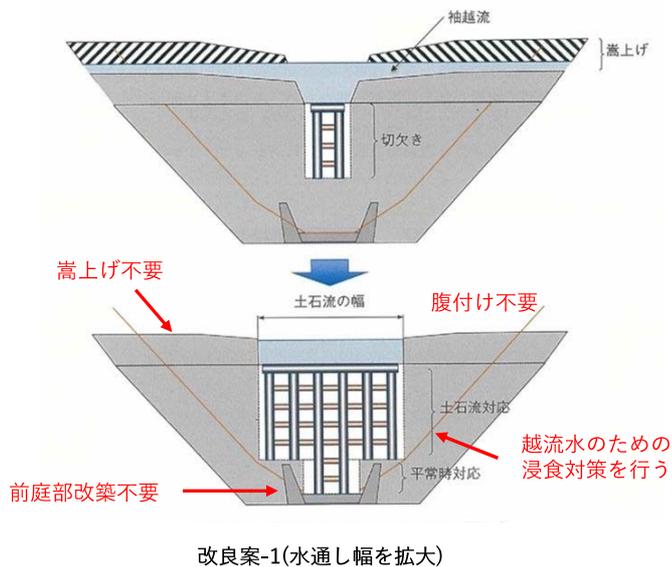
30

● 老朽化した堰堤の透過型への改築

老朽化した不透過型砂防堰堤の透過型への改築について、2つの方法を参考に示す。

案1.水通し断面が足りない場合

→嵩上げの代わりに水通し幅を広げて透過部を形成し、下流河道に合わせて平常時対応の複断面化



案2.水通し天端幅が足りない場合

→腹付け増厚する代わりに水通し天端を切下げて安全率を満たす堤幅に収まるようにする。



新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.182,183) より

31

【利点】

- ①透過型に切り欠いた深さ分だけ、効果量が増え整備率が向上する。
- ②鋼管フレームを設置するために大きく切り欠くことで、劣化の可能性のある部分を削除できる。
- ③除石するので、堰堤に掛かる堆砂圧等の負荷が軽減され、変状の進行を防止できる。
- ④腹付けは非越流部のみとなり、コンクリート使用量を抑えることができる。
- ⑤透過型の水通しは余裕高が不要なため、そのままの断面でも流下能力が向上することになる。

● 底版コンクリートの保護

底版コンクリートの設計において、越流礫の衝突に関する具体的な記載はないことから、Q&A-12に越流礫から底版コンクリートを保護する方法を示した。

【底版コンクリートの損傷】

- ・ 堤高が高い場合、越流礫で損傷する恐れがある
- ・ 土砂移動が激しい溪流では流砂で摩耗しやすい

【対策方法】

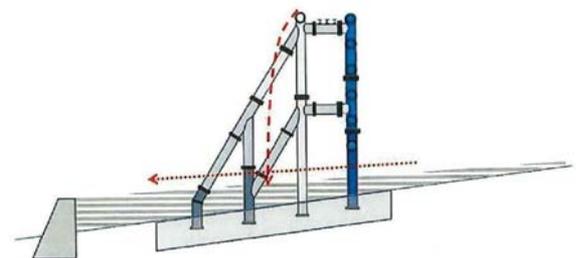
堰堤下流部に河床より高い副堰堤を配置する等行い、底版コンクリート面への土砂堆積を促進させるような設計を行う。

副堰堤無し



副堰堤有り

(堆砂による緩衝効果の期待)

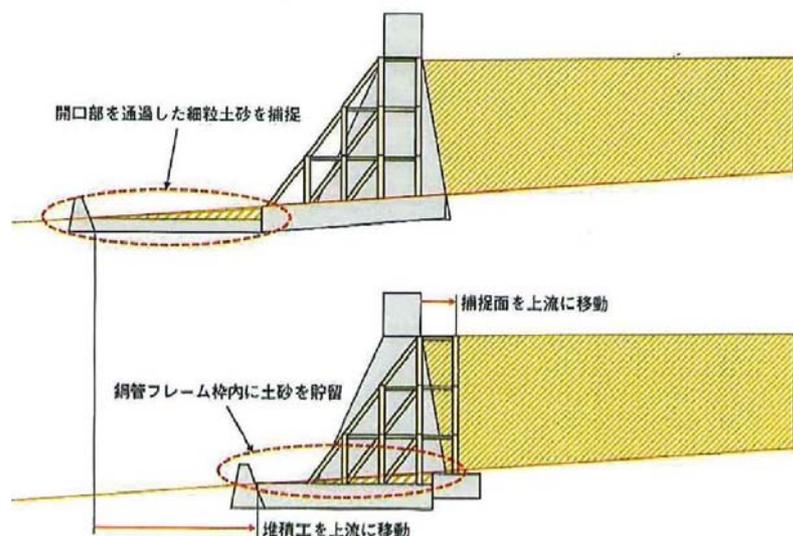


新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.127) より 33

● 平常時に流下する土砂の貯留

Q&A-13に平常時や中小出水時に透過型砂防堰堤を通過する土砂を捕捉するための堆積工の考え方を示した。

堆積工の機能を一部底版コンクリートに持たせることで、施設延長を抑えることが可能である。

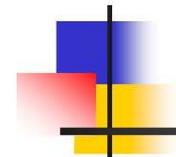


新編・鋼製砂防構造物設計便覧 (p.130) より

34



6. まとめ



35

● 鋼製便覧の改訂において大きく変更された内容

【耐荷性能】に関する項目

- ・ 安全照査に用いる礫径の使い分け。
- ・ 鋼管（機能部材）の最小板厚の設定、径厚比の変更。
- ・ 鋼管（構造部材）の径厚比の変更。
- ・ 越流落下礫に対する部材の最小板厚の設定。

【土石流捕捉性能】に関する項目

- ・ 土砂捕捉性能を規定する礫径として、最多礫径 D_{80} を設定。
- ・ 土石流堆積区間では、最多礫径 D_{80} を用いて部材間隔を決定。
(※土石流流下区間ではこれまで通り最大礫径 D_{95} を用いる)

36

● 最後に・・・

鹿児島県の砂防事業設計積算基準(H29)では、基本的に「土石流・流木対策設計技術指針解説（国土交通省）」の考えに準拠していることから、鋼製砂防構造物設計便覧の改定で追加・変更された内容の利活用については注意が必要である。

例)

- ・ 透過型砂防堰堤の適用を判定する最大礫径の基準
→ (鹿児島県) 60cm以上、(便覧) 20cm以上
- ・ 安全照査に用いる礫径の使い分け
→ (鹿児島県) 使い分けなし、(便覧) 渓床勾配による
- ・ 土石流堆積区間での部材間隔決定の基準
→ (鹿児島県) 最大礫径D₉₅、(便覧) 最多礫径D₈₀