



鋼製砂防構造物設計便覧の改訂について

砂防技術研究所

1. はじめに

鋼製砂防構造物は、屈撓性や透過性などの機能面、工程短縮や通年施工あるいは省力化などの施工面等でコンクリート構造物では得にくい長所があることから、現在までにこれらの長所を生かした多くの製品が開発され使用されており、また、近年、自然との調和をはかる上で、またコスト縮減の面でも鋼製砂防構造物に対する期待が高まってきている。

当センターは、鋼製砂防構造物の適切な計画・設計と効果的利用を図ることを目的として、昭和57年以降、鋼製砂防構造物に関する研究委員会を設け学識経験者の助言と指導を受けつつ研究活動を続けており、これらの成果は昭和58年に「鋼製砂防構造物に関する研究」として発表、更に60年、62年、平成5年に便覧および改訂版を刊行してきた。

このたび本委員会では、平成12年6月までの研究成果・知見を加えるとともに、鋼製流木捕捉工の計画および設計に関する一般事項を別編として加えて、「鋼製砂防構造物設計便覧」改訂4版を刊行した。

本改訂では、平成12年7月の土石流対策技術指針(案)、流木対策指針(案)の改訂やその他関連技術基準類(道路橋示方書・同解説、港湾施設の技術上の基準・同解説等)の改訂に合わせ整合性をとるとともにこれまで寄せられてきた意見も参考にしてより扱いやすい便覧を目指し、項目構成の変更、記述の追加などを行った。また、本委員会において新たに審査された製品を追加記載した。以下に主な改訂項目とその内容の概要を紹介する。

なお、本改訂は平成11年～12年に亘り次に示す委員の指導と助言を受けて取りまとめたものであり、委員および関係各位に対し感謝の意を表する次第である。

鋼製砂防構造物委員会委員の構成

委員長 水山 高久 京都大学大学院教授
 委員 石川 信隆 防衛大学校教授
 委員 中村 浩之 東京農工大学大学院教授
 委員 南 哲之 建設省河川局砂防部砂防課砂防事業調整官

委員 仲野 公章 建設省土木研究所砂防研究室長
 委員 佐藤 弘史 建設省土木研究所構造研究室長
 委員 三木 洋一 建設省関東地方建設局利根川水系砂防工事事務所長
 委員 坂口 哲夫 長野県土木部砂防課長
 委員 池谷 浩 (財)砂防・地すべり技術センター砂防技術研究所長
 (職名は平成12年7月現在)

2. 主な改訂項目とその概要

2-1. 主な改訂項目

- ① 数値を S I 単位表示に変更
- ② 透過型砂防堰堤の土砂捕捉機能・効果量を新たに詳述
- ③ 透過型砂防堰堤の開口部の設定について新たに記述
- ④ 土石流区間の最下流に設置する場合の透過型堰堤のスリット間隔について記述
- ⑤ 透過型砂防堰堤の安定計算に用いる荷重の組合せについて追記
- ⑥ 透過型砂防堰堤の構造計算法の新しい考え方を記述
- ⑦ 底版コンクリートの考え方について新たに記述
- ⑧ 不透過型堰堤の転倒に対する安全性検討の式を追記
- ⑨ 不透過型堰堤の安定計算に用いる荷重の組合せを変更
- ⑩ 不透過型堰堤の中詰めせん断抵抗に新しい研究成果を追記
- ⑪ セル式堰堤について追記
- ⑫ 新型鋼製砂防構造物 (L型) の出来形管理基準値を追記
- ⑬ 土石流区間の計画流木捕捉量について記述
- ⑭ 副堤に流木捕捉工を設置する場合の設計の考え方について記述
- ⑮ 既設本堤に設置する N 型流木捕捉工の設計例を記述



2-2. 主な改訂項目の概要

① 数値をS I単位表示に変更

SI単位系へ換算後の数値の有効桁数や丸め方については関連技術書との整合を図った。表-1に示す。

表-1 数値をS I単位表示

項目	便覧(H12版)での採用値	出典	換算の考え方
清水の単重	11.8kN/m ³ (堰堤高15m未満の場合)	1)、2)	1.2×9.8小数点以下1桁に丸める
	9.8kN/m ³ (堰堤高15m以上の場合)		1.0×9.8小数点以下1桁に丸める
土石流の単重	計算値×9.8kN/m ³	2)	
鋼材の単重	77kN/m ³	4)	
鋼材の許容応力	N/mm ²	4)、5)	
コンクリートの許容応力	N/mm ²	1)、6)	
コンクリート(無筋)の単重	22.5kN/m ³	1)	2.3×9.8小数点以下1桁に丸める
コンクリート(鉄筋)の単重	24.5kN/m ³	4)	
堆砂の見掛け単重	15~18kN/m ³	4)	
中詰め単重	割石(18,16),砂利・玉石(18kN/m ³)	5)	
	砂・普通土(18),砕石(17kN/m ³)	3)	×10
地盤の許容支持力	6000~100kN/m ²	3)	×10

1) : 建設省河川砂防技術基準(案)(平成9年版)

2) : 土石流対策技術指針(案)(平成12年版)

3) : 砂防設計公式集

4) : 道路橋示方書・同解説(平成8年版)

5) : 港湾の施設の技術上の基準・同解説(平成11年版)

6) : コンクリート標準示方書(平成8年版)

② 透過型砂防堰堤の土砂捕捉機能・効果量を新たに詳述

「土石流対策技術指針(案)」にあわせ、土石流区間に設置する透過型砂防堰堤の土砂捕捉効果量は、堰堤天端における平常時堆砂勾配から計画堆砂勾配までの調節量に加え、底版コンクリート天端から堰堤天端までの貯砂量であるとし、部分透過型の場合には、上記に加えて底版コンクリート天端までの貯砂量を評価するとした。

③ 透過型砂防堰堤の開口部の設定について新たに記述

透過型砂防堰堤の開口部の空間は土石流流下時まで確保しておくことが重要であり、そのため現地地形の谷幅に配慮しながら、土石流が流下すると判断される谷幅程度に開口部の幅を設定するものとしている。

④ 土石流区間の最下流に設置する場合の透過型堰堤のスリット間隔について記述

「土石流対策技術指針(案)」では、「人家直上流で透過型砂防ダムを設置する場合、透過部の形状に十分な検討を要する」、「(土石流を)さらに確実に捕捉しようとする場合は(開口部の大きさが最大礫径の)1.0倍程度とする」とある。この記述を踏まえ、本改訂版では土石流後続流を意識した実験結果の概要を紹介している。すなわち透過型砂防堰堤を最下流部に設置する場合は、土石流の確実な捕捉および捕捉土砂の再流出防止のために、縦材は最大礫径程度に配置し、横材は開口部の上部分で最大礫径程度に配置することが考えられるとしている。

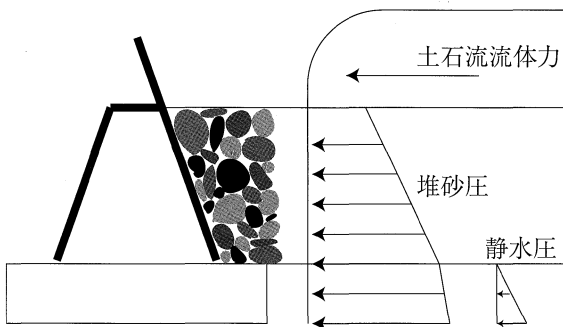
また、最大礫径以下で下流に流下させてはいけな

い礫がある場合は、その対象となる礫径に対して

開口部の大きさを決定することが望ましいとしている。

⑤ 透過型砂防堰堤の安定計算に用いる荷重の組合せについて追記

高さ15m未満の土石流区域に設置される透過型砂防堰堤の安定計算に用いる荷重は、平成5年版便覧では、原則として自重、堆砂圧と土石流流体力としていたが、本改訂版では、「土石流対策技術指針（案）」にあわせて、部分透過型の場合は底版コンクリート天端まで水圧を考慮し、またその部分の堆砂圧は水中の堆砂圧を考慮すると追記した。図-1に示す。



注) 上載荷重として土石流荷重を見込む。

図-1 土石流時の透過型砂防堰堤の設計荷重

⑥ 透過型砂防堰堤の構造計算法の新しい考え方を記述

礫および流木の衝突に対する透過型砂防堰堤の構造照査は、平成5年版便覧では以下のどちらかで行うこととしていた。

- i) 相当大きな塑性変形を生じても土石流捕捉後の堆砂圧に対抗しうる状態にあることとして、例えば構造全体の許容最大変形量（構造高の2%）で規定する方法。
- ii) 部材の局部に大きな変形を生じても構造系全体としては耐荷力を失っていない状態にあることとして、例えば部材（中空鋼管）に発生する許容塑性変形量（下記）で規定する方法。

$$D/t \leq 40 \text{ のとき } \delta < 20 \delta_E$$

ここに、D：鋼管外形（mm）

t：鋼管の板厚（mm）

δ ：たわみについての構造の一部の変形（mm）

δ_E ：部材降伏状態のたわみ（mm）

本改訂版では上記 ii) に対して部材（中空鋼管）に発生する許容塑性回転角（下記）で規定する方法を新しく記述した（便覧中の参考資料2Ⅲに詳細記述）。許容塑性変形量と許容塑性回転角のどちらを採用するかは、構造物の特性や計算の容易性などを考慮して選択するものとしている。

$$\theta_{p,max} \leq \theta_{ps} = 1.355 / (D/t)$$

ここに、D：鋼管外径（mm）

t：鋼管の板厚（mm）

$\theta_{p,max}$ ：部材に発生する最大塑性回転角（rad）

θ_{ps} ：許容塑性回転角（rad）

- ⑦ 底版コンクリートの考え方について新たに記述
透過型砂防堰堤の底版コンクリートは地盤に荷重を伝達するため、内部応力がコンクリートの許容応力を越えないことを照査する必要があるとしている。また、満砂後の越流水は透過部枠内の底版コンクリート上に落下するため、砂礫地盤で底版コンクリート下流端と溪床に落差がある場合など以外は洗堀防止のためのカットオフは必要無いとしている。

⑧ 不透過型堰堤の転倒に対する安全性検討の式を追記

鋼製不透過型堰堤本体の転倒に対する安定条件は、平成5年版便覧ではコンクリート重力式堰堤と同様に、原則として堰堤の自重および外力の合力が堤底の中央1/3以内に入ることとしていたが、堤体材料として土砂や石礫を用いる性質上堤底に引張応力は生じないと考えられることから、転倒の安全性は、一般に次式によって確かめられるとし、この時の安全率は、堰堤高15m未満では1.2以上とし、堰堤高15m以上では1.5以上とした。



ただし、杵堰堤の抵抗要素を鋼骨組に期待する場合は、堰堤の自重および外力の着力点が堤底の中央1/3内にあることが望ましいとした。

$$F = M_r / M_o$$

ここに、F：安全率

M_o：単位幅あたり断面に作用する外力による転倒モーメント(kN・m)

M_r：単位幅あたり断面の自重等による抵抗モーメント(kN・m)

- ⑨ 不透過型堰堤の安定計算に用いる荷重の組合せを変更

高さ15m未満を対象とする鋼製不透過型堰堤の安定計算において、平成5年版便覧では高さに応じて浮力や地震時荷重も考慮していたが、本改訂版では自重の他の荷重はコンクリート重力式堰堤と同様とした。ただし、土石流区間に用いる場合は土石流時の検討も行うこととした。表-2に示す。

- ⑩ 不透過型堰堤の中詰めのせん断抵抗に新しい研究成果を追記

中詰材のせん断抵抗モーメントの推定式として、平成5年版便覧では従来用いられている鋼矢板セル式係船岸の設計計算法である北島式を記載していた。これは矩形断面における抵抗モーメントの推定式である。本改訂版では、北島式に加えて、上流面が傾斜（階段型）している場合についても検討された香月・石川・伊藤の推定式をあわせて記述した。表-3に示す。

- ⑪ セル式堰堤について追記

セル式堰堤は壁面材を円筒形に組み合わせた構造であり、水平力によって生じるせん断変形に対する抵抗要素を中詰材のみと考えると、そのため、中詰材の土圧に対して部材力を算定するとした。

- ⑫ 新型鋼製砂防構造物（L型）の出来形管理基準値を追記

鋼製透過型として鋼製L型スリットダムの据付時許容誤差の値を追記した。図-2に示す。

- ⑬ 土石流区間の計画流木捕捉量について記述

「流木対策指針（案）」に合わせて記述している。流木容積率（ β ）は、透過型では、 $\beta \leq 30\%$ 、不透過型の場合は既往の捕捉事例に基づいて求めるものとするが、対象溪流において捕捉事例がない場合は $\beta \geq 2\%$ としてよいとなっている。

- ⑭ 副堰堤に流木捕捉工を設置する場合の設計の考え方について記述

前庭部に設置する流木捕捉工の設計は、土石流区間においては、これまで上流の土石流対策堰堤の整備基数により設計上の流域区分を設け、それぞれの安定計算、構造計算に用いる荷重について設定していた。本改訂版では「流木対策指針（案）」に合わせて、本堤で土石流を捕捉したものとして掃流状態と考え、安定計算および構造計算に用いる荷重は越流水深を考慮した静水圧としている。また、本堤で土石流が完全に捕捉できない場合には、上記の検討に加え土石流区間で用いる土石流の流体力と堆砂圧を作用させて安全性の検討を行うこととしている。

- ⑮ 既設本堤に設置するN型流木捕捉工の設計例を記述

土石流危険溪流等における流木対策を目的に既設砂防堰堤の本堤水通し部に設置し、土石流と同時に流木を捕捉する形式で平成12年に開発されたN型流木捕捉工の特徴・設計方法について記述している。

3. おわりに

指針改訂との整合性をとるとともに、より扱いやすくすることを目指して便覧を改訂したが、今後解決しなければならない技術的課題も残されている。より合理的な便覧としていくために、今後鋼製砂防構造物の施工後の追跡調査が不可欠であり、また、施工性、自然環境との調和、およびコスト縮減にも配慮した鋼製砂防構造物の検討が重要である。このため、鋼製砂防構造物に関する調査・研究をさらに進める必要がある。



表-2 鋼製不透過型堰堤の設計荷重の組み合わせの比較

(1) 平成5年版			
堰堤高さ	設計荷重 I	設計荷重 II	設計荷重 III
5m未満	洪水時静水圧		
5～8m未満	洪水時静水圧	洪水時静水圧 堆砂圧	
8m～15m未満	洪水時静水圧	洪水時静水圧 浮力、堆砂圧	常時静水圧 浮力、堆砂圧 地震時慣性力 地震時動水圧

(2) 平成13年版			
堰堤高さ	洪水時	平常時	土石流時
15m未満	静水圧	—	静水圧、堆砂圧 土石流流体力
15m以上	静水圧、浮力 堆砂圧	静水圧、浮力 堆砂圧、 地震時慣性力 地震時動水圧	静水圧、浮力 堆砂圧 土石流流体力

表-3 香月・石川・伊藤の推定式

$$M_s = \frac{P_t}{6} (2h_1^2 + h_2^2 + 3h_1h_2 - \eta H^3)$$

ここで、 H ：堤体高 (m)

h_1 ：前壁から45°に延長した線が後壁面と交わる点Tの高さ (m)

h_2 ：T点から堤体頂部までの高さ ($H - h_1$) (m)

η ：前壁面下部の増分礫圧の基準値に対する低減係数

P_t ：後壁面に生ずる増分礫圧の基準値 (kN/m^2)

$$= 4 MP_v \tan \phi_s$$

ϕ_s ：中詰材のせん断抵抗角 (度)

P_v ：底面に作用する垂直礫圧 (kN/m^2)

M ：無次元モーメント

$$= a\gamma_a + b\gamma_a^c$$

γ_a ：許容せん断変形量

a, b, c ：実験定数

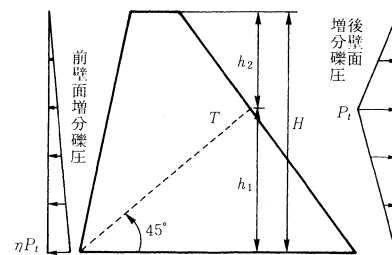


図-2 増分礫圧モデル

この抵抗モーメントは、図-2 に示す香月・石川によって提案された増分礫圧モデルを、底面周りのモーメントとして積算したものである。



図-3 鋼製透過型堰堤の据付け時許容誤差

透過型砂防ダムの据付け時の許容誤差は、表-3による。

表-3 鋼製透過型砂防ダムの据付け時許容誤差

項目	タイプ	許容誤差 (単位: mm)
堤 長	格・B	$L = \pm 50^{*1}$
	L	$l = \pm 10^{*2}$
堤 幅	格	$W = \pm 30$ $w = \pm 10^{*2}$
	A	$w = \pm 5$
	B・L	$w = \pm 10^{*2}$
高 さ	格・B・L	$H = \pm 10^{*2}$
	A	± 5

格：格子形鋼製砂防ダム

図a参照

A：鋼製スリットダムA型

図b参照

B：鋼製スリットダムB型

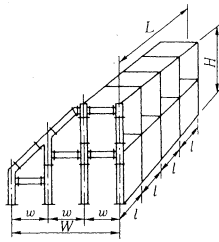
図c参照

L：鋼製L型スリットダム

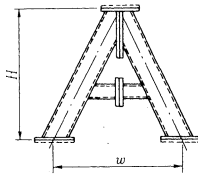
図d参照

*1 建設省土木請負工事必携より

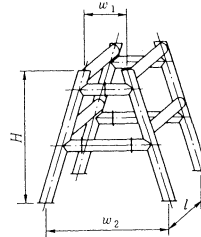
*2 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編より



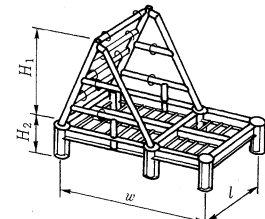
図a 格子形鋼製砂防ダム



図b 鋼製スリットダムA型



図c 鋼製スリットダムB型



図d 鋼製L型スリットダム