

第3章 流砂調整えん堤

第1節 総説

1.1 設計手順

砂防えん堤の設計に当たっては、その目的とする機能が発揮され、かつ、その機能が長期間保持されるよう安全性を考慮するとともに、経済性、維持管理面等についても考慮するものとする。

(本指針第2編第1章1.1に準じる。)

1.2 えん堤型式の選定

えん堤の型式には、重力式コンクリートえん堤、アーチ式コンクリートえん堤等があり、その選定に当たっては、地形、地質等の自然条件、施工条件、地域条件等を考慮しなければならない。

(本指針第2編第1章1.2に準じる。)

第2節 設計の基本

2.1 位置

2.1.1 一般

えん堤計画箇所は、溪床及び両岸に岩盤が存在することが最も好ましいが、目的によっては砂礫層上に計画しなければならない場合がある。この場合には前庭部の保護を十分に考えなければならない。

(本指針第2編第1章2.1.1に準じる。)

2.1.2 位置選定

えん堤を設計する場合、支溪の合流点付近においては、一般に両方の溪流の基礎えん堤として役立つように、合流点の下流部にえん堤の位置を選定する。

(本指針第2編第1章2.1.2に準じる。)

2.1.3 階段状えん堤群の位置選定

階段状えん堤群においては、原則として一つのえん堤の計画堆砂線が現溪床を切る点を上流えん堤の計画位置とする。

(本指針第2編第1章2.1.3に準じる。)

2.2 方向

2.2.1 えん堤の方向

えん堤の水通しを越流する水流は、一般的に水通し天端下流端の線すなわちえん堤軸に直角に落下するから、えん堤の方向は水通し中心点において計画箇所下流の流心線に直角に定めることを原則とする。

(本指針第2編第1章2.2.1に準じる。)

2.2.2 階段状えん堤の方向

階段状のえん堤群における各えん堤の方向は、原則として各えん堤の水通しの中心点（水通し天端の下流端）において、計画箇所下流の流心線に直角に定めるものとし、各えん堤の水通しの中心点は直上流えん堤の水通しの中心点における流心線上に定めるものとする。

(本指針第2編第1章2.2.2に準じる。)

2.2.3 えん堤軸

えん堤軸は直線を原則とし、稜線の上流側に決定する。

えん堤サイト下流で山脚が逃げる場合、等高線に直角となる様、袖部を折り曲げ堤長を減ずることができる。

(本指針第2編第1章2.2.3に準じる。)

2.3 高さ

1. えん堤の高さは、溪流の土砂生産抑制計画より定めなければならない。
2. えん堤の高さは、目的及び施工箇所の状態に応じて定める。
3. えん堤の高さの決定に際しては、基礎の地質を十分に調査しなければならない。特にえん堤の高さが15m以上となる場合には岩盤調査を併せて実施しなければならない。ここでいう岩盤調査とは、地質の良否、支持力、透水性、断層の有無、走向節理などに関する調査をいう。(本指針第1編第7章参照)
4. えん堤の高さについては、貯砂量と工費との関係についても検討する必要がある。

(本指針第2編第1章2.3に準じる。)

2.4 計画堆砂勾配

えん堤の堆砂勾配は、現況河床勾配の $1/2$ を原則とする。ただし、現況の河床勾配が急で流出土砂の粒径が大きく、かつ流出土砂量の多い場合は、現況河床勾配の $2/3 \sim 3/4$ 程度を採用する。

解説

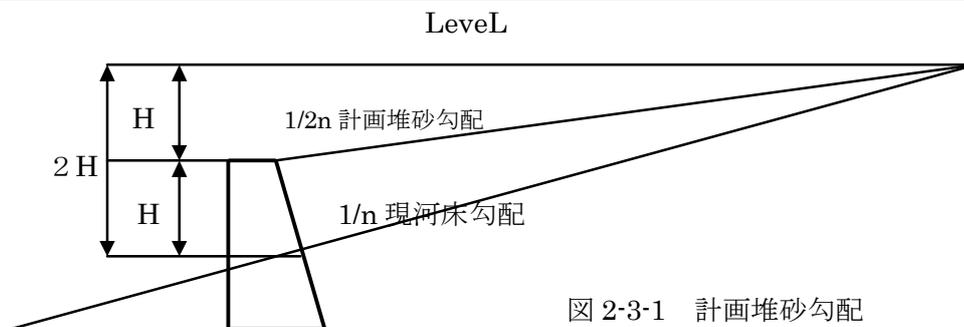


図 2-3-1 計画堆砂勾配

2.5 計画貯砂量

1. 堆砂勾配は、現河床勾配の $1/2$ を原則とする。ただし、現況の河床勾配が急で流出土砂の粒径が大きく、かつ流出土砂が多量の場合は、 $2/3 \sim 3/4$ 程度を採用することがある。
2. 貯砂量の計算は、計画えん堤地点より上流の貯砂横断図により算出する。

解説

貯砂横断の方向は、流心線に直角とする。ただし、屈曲が著しく横断線が交差する場合は、貯砂後の仮想流心線に直角とする。

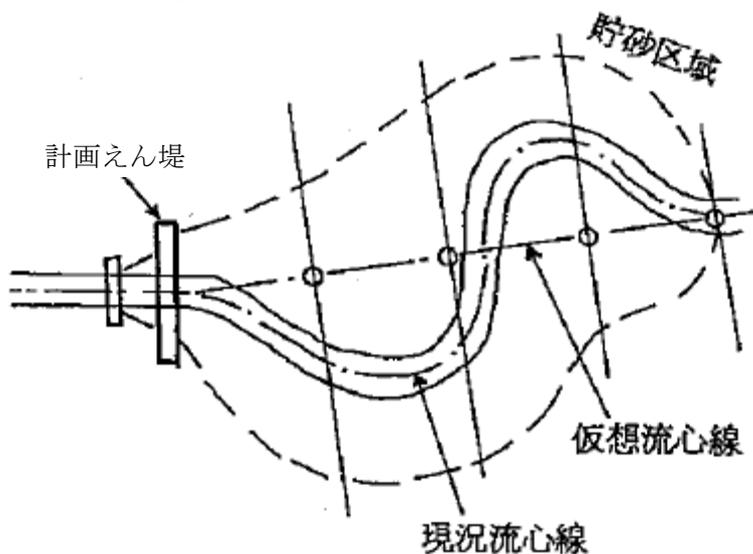


図 2-3-2 貯砂横断方向

第3節 安定計算に用いる荷重及び数値

3.1 安定計算に用いる荷重

えん堤の設計で考慮する荷重は、自重、静水圧、堆砂圧、揚圧力、地震時慣性力、地震時動水圧があり、えん堤の型式、高さにより選定するものとする。

解説

安定計算に用いる荷重の組み合わせは、重力式コンクリートえん堤では自重のほかは次表のとおりとする。

表 2-3-1 設計荷重の組合せ

	平 常 時	洪 水 時
えん堤高 15m未満		静水圧
えん堤高 15m以上	静水圧、堆砂圧、揚圧力、地震時慣性力、地震時動水圧	静水圧、堆砂圧、揚圧力

自重、静水圧、堆砂圧、揚圧力、地震時慣性力、地震時動水圧の算出は、本指針第2編第1章3.1に準じる。

3.2 安定計算に用いる数値

砂防えん堤の安定計算に用いる数値は、必要に応じて、実測により求めるものとする。

(本指針第2編第1章3.2に準じる。)

第4節 不透過型えん堤の設計

4.1 水通しの設計

4.1.1 水通しの位置

水通しの位置は、原則としてその中心が現河床の中央に位置するように定めるものとし、えん堤上下流の地形、地質、溪岸の状態、流水の方向を考慮して定めなければならない。

(本指針第2編第1章3.5.1に準じる。)

4.1.2 水通し断面の決定

えん堤の水通しは、対象流量を流し得る十分な断面を有するものとする。
水通し断面は、原則として逆台形とする。
水通し幅は、現溪床幅を考慮し、水流によるえん堤下流部の洗掘に対処するため、側面侵食等の著しい支障を及ぼさない範囲において、できる限り広くし、3m以上を原則とする。
水通しの高さは、計画水位の上に、余裕高の値を加えて定める。

解説

水通しの高さ、余裕高、袖小口勾配は、本指針第2編第1章3.5.2に準じる。

4.2 本体の設計

4.2.1 安定条件

重力式コンクリートえん堤は、地形、地質及び流出土砂形態を考慮し、提体及び基礎地盤の安全性が確保できるように設計するものとする。

提体の安定計算においては、次の条件を満足するものとするものとする。

1. 原則として、えん堤の提底端に引張応力が生じないように、えん堤の自重及び外力の合力の作用線が提底中央の1/3以内に入ること。
2. 提底と基礎地盤内との間及び基礎地盤内で、滑動を起こさないこと。

えん堤内に生じる最大応力度が、材料の許容応力度を越えないとともに、地盤の受ける最大圧力が地盤の許容支持応力度以内であること。また、基礎地盤が砂礫の場合は、浸透破壊に対しても安定であること。

(本指針第2編第1章3.5.3に準じる。)

4.2.2 断面形状

(1) 天端幅

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するが、2.0mを標準とする。

解説

砂防えん堤の天端幅は、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も耐えるような幅とする必要がある。

重力式コンクリートえん堤の天端幅は、一般に表2-3-2の値を参考として決定する。しかし、アーチ式コンクリートえん堤では、構造上から必要となる提頂部のアーチリング厚から天端幅を定める場合もある。

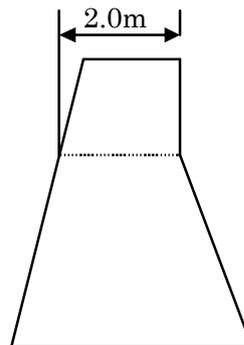


図 2-3-3

表 2-3-2 天 端 幅

項目 \ 天端幅 (m)	1.5~2.5	3.0 ~ 4.0
河床構成材料	砂混じり砂利 ~ 玉石混じり砂利	玉石 ~ 転石
流出土砂形態	流出土砂量の比較的少ない地区 ~ 常時流出土砂の流出が多い地区	小規模の土石流発生地区 ~ 大規模の土石流常襲地区

(2) 下流法勾配

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ようにする。えん堤の越流部における下流のりの勾配は一般に1 : 0.2とする。
 なお、粒径が細かく、中小出水においても土砂の流出が少ない流域面積の小さい溪流では、これより緩くすることができる。

(本指針第2編第1章 3.5.5 (2) に準じる。)

(3) 上流法勾配

上流法勾配は、本指針第2編第3章 4.2.1 での安定条件を満足する断面形状を検討により構造上の安全性を確保し、施工性等を考慮して決定するものとする。

(本指針第2編第1章 3.5.5 (3) に準じる。)

(4) 非越流断面

非越流部断面は、原則として越流部断面と同一とする。

非越流部の断面を越流部と変える場合は、平常時、洪水時の安全性のほか、15m以上のえん堤については、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安全性を確保する必要がある。

(本指針第2編第1章3.5.5(4)に準じる。)

4.2.3 安定計算

安定計算は、本指針第2編第3章3.1の表2-3-1に示す設計荷重を組み合わせで行うものであり、本指針第2編第1章3.5.6に準じて行うものとする。

4.3 基礎の設計

4.3.1 基礎地盤の安定

基礎地盤は、原則として岩盤とする。

(本指針第2編第1章3.6.1に準じる。)

4.3.2 基礎根入れ

えん堤基礎の根入れは、一般に所定の強度が得られる地盤であっても、基礎の不均質性や風化の速度を考慮して定めるものとし、岩盤の場合で1m以上、砂礫地盤の場合は2m以上とする。

(本指針第2編第1章3.6.2に準じる。)

4.3.3 基礎処理

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。

(本指針第2編第1章3.6.3に準じる。)

4.3.4 カットオフの構造

カットオフは、遮水を目的とする場合、下流部の洗掘から基礎部を保護する場合等に計画する。カットオフは、その目的を明確にし計画を行う。

(本指針第2編第1章 3.6.4 に準じる。)

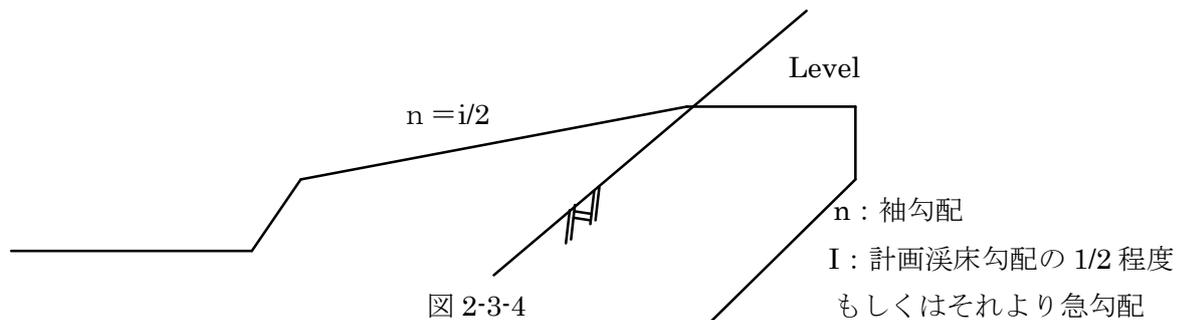
4.4 袖の設計

4.4.1 袖天端勾配

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えん堤の本体の破壊の原因になりやすい。このため、袖はこれらに対処するため十分な袖勾配をつける。

袖勾配は、計画溪床勾配の 1/2 程度もしくはそれより急な勾配をつけることを原則とする。

解説

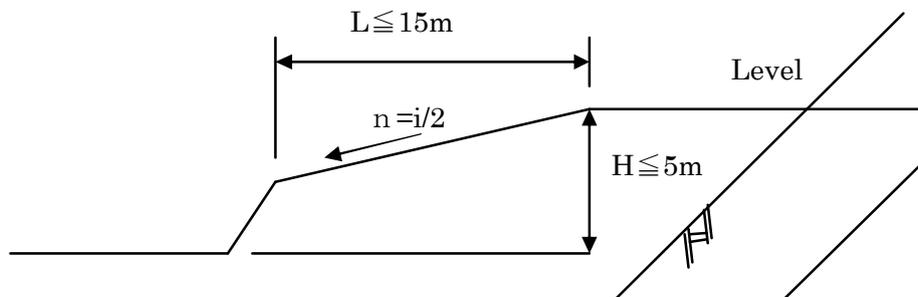


1. 袖部の嵩上げ高

本指針第2編第1章 3.7.3 に準じる。

2. 袖が長い場合の処理

袖が長くなる場合は、袖高で 5m もしくは長さが 15m に達した地点から水平とする。



4.4.2 袖天端幅

袖天端の幅は、本来はそのえん堤に想定される外力に対して安全であり、かつ、管理上に支障のない幅で、水通し天端幅と同一かそれより若干小さくし、下限値を2.0mとする。

(本指針第2編第1章3.7.4に準じる。)

4.4.3 袖の嵌入

袖の嵌入の深さは、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。

(本指針第2編第1章3.7.5に準じる。)

4.4.4 袖折れえん堤の設計

1. えん堤サイトの直下流の地形が谷状から急に開けて袖長が長くなる場合は、経済性を考慮して上流側に袖を折ることを検討する。(折れ角度は45°以下とする。)
2. 折れ部より袖端部までの袖勾配は、次式により算出し、山際においては水平とする。
3. 袖部の折れ点には、継手工を設けず、少なくとも3.0m以上離し、袖部の軸方向に直角に設ける。

(本指針第2編第1章3.7.6に準じる。)

4.5 前庭保護工の設計

4.5.1 前庭保護工

前庭保護工は、えん堤からの落下水、落下砂礫による基礎地盤の洗掘及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。

(本指針第2編第1章3.8.1に準じる。)

4.5.2 副えん堤工

副えん堤の位置及び天端の高さは、えん堤基礎地盤の洗掘及び下流河床低下の防止に対する効果が十分発揮されるよう定めるものとし、副えん堤の水通し、本体、基礎部、袖の設定は主えん堤に準じて行うものとする。

ただし、袖天端勾配は、水平を原則とする。

(本指針第2編第1章3.8.2に準じる。)

4.5.3 水叩き

水叩工は、えん堤下流洗掘を防止し、えん堤基礎の安定及び両岸の崩壊に対する効果が十分発揮されるよう設計するものとし、えん堤を越流して落下してくる衝突水及び流送砂礫に対して安全なものとすると同時に、揚圧力に対しても十分耐えるものとしなければならない。副えん堤を設けない場合は、必ず水叩き下流端に垂直壁を設けなければならない。

(本指針第2編第1章3.8.3に準じる。)

4.5.4 垂直壁

1. 垂直壁には必ず袖を設けなければならない。
2. 袖の天端勾配は、LEVELとする。
3. 水通し断面は、主えん堤の水通し断面とする。
4. 水通し天端厚は、最小厚70cm、最大厚2.0mとする。
但し、垂直壁に落差がつく場合の天端厚は、最小厚1.5mとする。
5. 下流法勾配は1:0.2、上流法勾配は直とする。
6. 根入れの深さは水叩き下端より1.5m以上(土砂)を標準とする。
7. 垂直壁の天端は、溪床面より高めないことを原則とする。

(本指針第2編第1章3.8.4に準じる。)

4.5.5 護床工

副えん堤と併用しない水叩き工は、水叩き末端には必ず垂直壁を設け、その直下流には必要に応じて護床工を設けなければならない。

(本指針第2編第1章3.8.5に準じる。)

4.5.6 側壁護岸工

側壁護岸は、えん堤水通し天端より落下する流水によって、本えん堤と副えん堤、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する。

(本指針第2編第1章3.8.6に準じる。)

4.5.7 取付護岸工

取付護岸工は、えん堤直下流の流路法線を整備するためのもので、必要最小限度長として計画する。

(本指針第2編第1章3.8.7に準じる。)

4.6 付属物の設計

4.6.1 水抜き暗渠

えん堤には、必要に応じ水抜き暗渠を設ける。

水抜き暗渠は、その目的により大きさ、数及び配置を定めるものとする。

(本指針第2編第1章3.9.1に準じる。)

4.6.2 間詰工

えん堤の上下流の余掘部を所定の高さまで、基礎部及び嵌込部を間詰により保護しなければならない。

(本指針第2編第1章3.9.2に準じる。)

4.6.3 伸縮目地

えん堤袖直角方向のひびわれに対処するため、えん堤の延長が20m以上となる場合にはおおむね10m～15m毎に1箇所の伸縮目地を設けるものとする。

その位置は、原則として水通し部をはずし、水通し肩より3.0m以上離れた位置に設ける。

(本指針第2編第1章3.9.3に準じる。)

第5節 透過型えん堤の構造

5.1 透過型砂防えん堤の効果量

透過型砂防えん堤の効果量は、土砂調節機能に応じて評価する。

(本指針第2編第1章2.6に準じる。「ただし、土石流を土砂流に読み替える。」)

5.2 安定性の検討

(1) 安定条件

透過型砂防えん堤は堤体全体が滑動、転倒及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。

(本指針第2編第1章4.1.1に準じる。)

(2) 設計外力

基本的には、不透過型えん堤の設計外力と同様とするが、透過構造であるため堆砂面下の静水圧は見込まず、堆砂圧を与える。

解説

透過部分（スリット部分）には砂礫及び水は詰まっていない状態で自重を算定する。

また、透過型鋼製えん堤の場合は、下表により所定の安全率を満足させるものとする。

表 2-3-3

えん堤高さ	設計荷重	安全率
15m未満	堆砂圧及び自重	1.2

なお、温度荷重を考慮すべき場合もある。

15m以上の透過型えん堤の設計外力は河川砂防技術基準（案）に基づくが、採用にあたっては実験等により十分検討を行うこととする。

なお、コンクリート・スリットえん堤の場合の設計外力、安定条件等は、不透過型えん堤に準じて行うものとする。

5.3 本体の設計

5.3.1 水通しの位置

不透過型えん堤と同様とする。本指針第2編第1章4.3.1に準ずる。

5.3.2 水通し断面

原則として不透過型えん堤と同様とするが、透過部閉塞後（スリット部）も安全に土石流を流せる断面とする。

（本指針第2編第1章4.3.2に準じる。「ただし、土石流を土砂流、土石流ピーク流量を計画高水流量に読み替える。」）

5.3.3 開口部の設定

透過型砂防えん堤の開口部の幅、高さ、位置は、土石流や流木を効果的に捕捉できるように設定する。

（本指針第2編第1章4.3.3に準じる。「ただし、土石流を土砂流に読み替える。」）

5.3.4 部材及び構造

透過型砂防えん堤は土石流発生時に長時間砂礫の衝突をくり返し受ける可能性があるため、摩耗や一部の破損が構造物全体に致命的な影響を及ぼさないように部材、構造を選択する。

（本指針第2編第1章4.3.4に準じる。「ただし、土石流を土砂流に読み替える。」）

5.4 基礎の設計

不透過型えん堤と同様とする。本指針第2編第1章4.4に準ずる。

5.5 非越流部の安定性及び構造

不透過型えん堤と同様とする。本指針第2編第1章4.5に準ずる。

5.6 前庭保護工

透過型えん堤の前庭保護工は、砂防えん堤本体の安定性が維持できるよう現地の地質、地形等を考慮して必要に応じて計画する。

（本指針第2編第1章4.6に準じる。）