

## 第7章 溪流保全工

### 第1節 総説

溪流保全工は、溪流流路に沿ったある程度の区間や幅を対象に計画されるため、溪流空間の広い範囲へ影響を及ぼす。このため、溪流保全工の計画や設計にあたっては、面、縦断、横断的な環境特性を把握した上で、法線計画や、縦断及び横断計画等の基本諸元の検討段階から、環境への影響を考慮した対策を検討する。

#### 解説

溪流保全工は、溪流下流の比較的保全対象に接近した区域が計画対象となる場合が多く、景観や空間利用についても配慮する必要がある。また、長い区間や広い区域が計画の対象となるため、生態系にも面的な影響を与えることとなる。

これは、単一的な視点だけでなく、溪流の有する複雑かつ多様な生態系の保全を考慮することが必要である。例えば、魚類を保全する場合には、魚類の移動空間に配慮した流路の整備を行うだけでなく、その餌になる水生昆虫の生息環境や、昆虫のすみ家、隠れ家になる植生も保全する必要がある。

生態系の保全として、瀬と淵の形成等は溪流保全工の計画における根幹的な部分で関与する。このため、溪流保全工における生態系対策は重要であり、生態系の保全を考慮することは景観や空間利用にも寄与することとなる。

### 第2節 計画条件

#### 2.1 一般

溪流保全工は、一般に床固工と護岸工を併用して計画することを原則とする。

#### 2.2 上流端処理

溪流保全工計画区域の上流端には、原則としてえん堤若しくは床固工を施工するものとする。

#### 解説

溪流保全工の上流端には溪流保全工を施工する溪流の上流の荒廃状況、砂防工事の進捗状況を問わず、万一の土砂流出に対応するため、流出土砂抑制・調節効果を持つえん堤若しくは床固工の施工を必要とする。このえん堤若しくは床固工はしゃ水機能をも有するよう袖のかん入等は十分考慮して計画することが必要である。

2.3 土砂含有率

溪流保全工の計画に考慮する対象流量は、既に砂防工事が進捗しているものであるので、原則として、土砂含有率の減少した洪水流を対象とする。

解説

溪流保全工の計画における土砂の含有率については、本指針第2編第7章第3節「実施の順序」に準じて、表2-7-1を目途とする。

表2-7-1 土砂混入率

溪流の荒廃状況	土砂混入率
上流砂防工事が未完了の場合 屈曲、乱流防止の場合	0.10
上流砂防工事が完了している場合 上流砂防工事を施工中であり、施工中の事業により当該溪流対策が完了する場合。	0.05

2.4 橋梁等横断構造物

溪流保全工の計画に当たっては、橋梁、配水管等の横断構造物はなるべく少なくするものとする。

解説

やむを得ず設置する場合には上流からの流木等による破損等を考慮して、河川としての余裕高に0.5m加えた高さ（図2-7-1参照）をとることが望ましい。

橋梁等の横断構造物は、洪水時に流木等が詰まって災害の原因となりやすいため必要最小限とすることが望ましく、統廃合を図る。

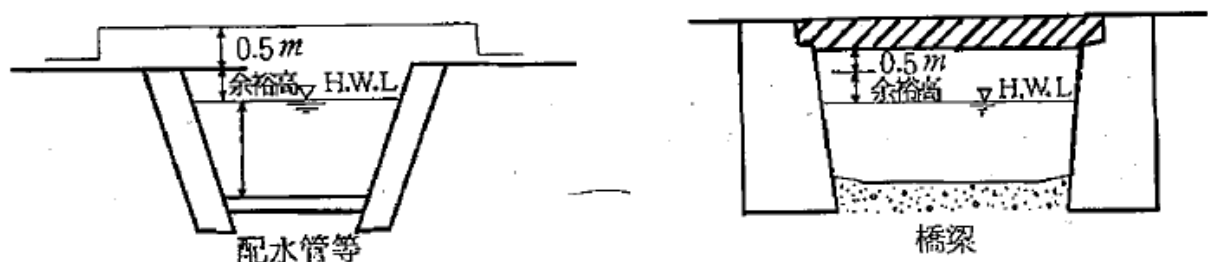


図2-7-1 横断構造物の桁下余裕高

溪流保全工の上部を横過する構造物は、流水のはね上がりによる落下や詰まりを防止するため、落差工の上下流15m程度（最小5.0m）は設置を避けるほうが望ましい。

## 2.5 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。

### 解説

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は避けること。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。

## 2.6 勾配の変化点

勾配変化のある場合はその折点に床固工を計画し、帯工によって勾配を変化させないことを原則とする。

### 解説

溪流保全工に勾配の変化を与える場合、上流の勾配による流れの物理的な影響をできる限り下流に及ぼさないために、勾配の変化点は床固工を施工し落差を設けることが原則である。

また、一つの勾配がかなり長い距離で続く場合、中間における護岸の基礎洗掘を防ぐ意味で、中間に帯工を設ける。この帯工の間隔は通常その勾配を表す分数の分母の数を距離に読み替えた程度を原則とする。

## 2.7 計画条件

溪流保全工の余裕高は、原則として計画流量によって決定するものとする。

ただし、余裕高は河床勾配によっても変化するものとし、計画高水位(H)に対する余裕高( $\Delta H$ )との比( $\Delta H/H$ )は下表の値以下とならないようにすること。

表 2-7-2

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

表 2-7-3

勾配	~1/10	1/10~1/30	1/30~1/50	1/50~1/70	1/70~1/100	1/100~1/200
$\Delta H/H$ 値	0.50	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10

解説

勾配の急な溪流では、河床変動、土砂流出等が起こり易く、流速が大きい関係もあって水面変動が大きい。このため大きな余裕高が必要となる。また、これは河幅との関係もあり、同一流量でも河幅が広ければ、計画高水位の水深が小さくなり、規定の余裕高で十分安定となる。

そこでこれら計画水位(H)と余裕高( $\Delta H$ )との比をとり、これらの値の下限値を勾配別に規定したものである。

2.8 水利

扇状地に溪流保全工を計画する場合、地下水、伏流水等に影響を及ぼす恐れがあるので、溪流保全工周辺の水利用に関しては、十分事前調査を実施すること。

解説

三面張り及び掘込み河道の溪流保全工を施工することによって施工前の伏流水、地下水がしゃ断され、あるいは水位が低下し流域周辺の水利用(湧水、揚水等)に著しく影響を及ぼすことがあるため、あらかじめ扇状地における水の挙動について十分に調査しなければならない。

第3節 実施の順序

溪流保全工の実施に際しては溪流上流部の荒廃状況を検討しなければならない。

1. 上流部が荒廃している場合

- (1) 砂防工事が未施工・・・溪流保全工の着手には時期が早過ぎる。
- (2) 砂防工事が施工中・・・上流の砂防工事が計画流出土砂量に対し原則として50%以上(土砂生産抑制、流出土砂抑制。調節量を含める)完了した後に溪流保全工を実施するものとする。
- (3) 砂防工事施工済み・・・溪流保全工の実施可

2. 上流部の荒廃が比較的少ない場合

下流部の屈曲あるいは乱流がはなはだしく、侵食の著しい場合は溪流保全工の計画を必要とすることが多いが、この場合今後の荒廃に対処するため、上流の砂防工事が計画流出土砂量に対し原則として50%以上完了した後に溪流保全工を計画するものとする。

解説

溪流保全工完成後に上流から土砂の流入が多いと人家集落等の中で土砂害を発生させる原因となる。そこで溪流保全工は上流からの土砂の流下を十分防止する設備ができた後に着手することが原則である。

鳥取県では、上流の砂防工事が進捗し、整備率で50%以上完了した後に溪流保全工に着手するものとする。

第4節 溪流保全工の設計

溪流保全工の設計の当たっては、機能、目的を考慮し、安全性、経済性について検討を行い、対象流量を安全に流下させるとともに、維持管理面及び周辺の水利用、地下水位、自然環境についても配慮して行うものとする。

解説

溪流保全工の設計は、地形、地質、流送土砂形態等の流域を含めた自然条件及び流路の変遷等その溪流の特性を調査し、それに適合した計画を立てる必要がある。また、施設の安全性、背後地域に対する施設の重要性等について配慮した設計が必要である。

溪流保全工の設計においては、形状、勾配、構造物、河床材料等を考慮し、計画流量に対する計画高水位等により試算を行い修正を繰り返して、適切に設計する必要がある。模型実験は、溪流保全工の対象とする地域の社会的、経済的重要性や想定される被害の質、量等を勘案したうえで、必要に応じて実施するものとする。なお、溪流保全工の設計順序は、次のとおりとするのが一般的である。



図 2-7-2 溪流保全工の設計順序

4.1 法線

1. 溪流保全工の法線は、現在及び過去の流路の変遷を良く調査して、できる限りなめらかに設計し、鋭い湾曲はさけなければならない。
2. 地形、地質上やむを得ず鋭い湾曲部を設ける場合は、曲りの内側の法線は後退させ、湾曲部の水衝を緩和させることが望ましい。
3. 本川と支川の合流については、それらの中心線がなるべく鋭角で合流するよう計画しなければならない。

解説

溪流保全工の法線は、流水のスムーズな流下をはかるため、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のであるが、土地利用の盛んな溪流の下流部及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く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が、用地取得の困難さを理由として、屈曲の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を忘れてはならない。

地形や土地利用上から曲線部を設ける場合は、原則として曲線半径と計画河幅の比を10～20以上、湾曲部を60°以上とする。やむを得ない場合であっても曲線半径と計画河幅の比を5以上とすること。

また、やむを得ず反曲線を設ける場合であっても、曲線部と反曲線部の間には計画河幅の6倍以上の直線部を設けることが望ましい。

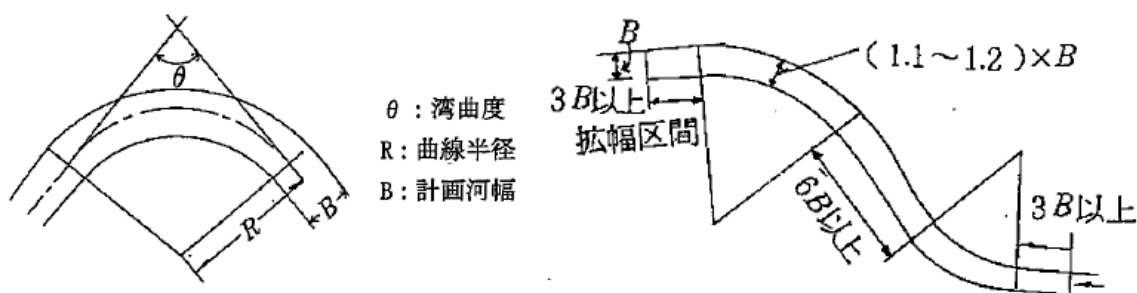


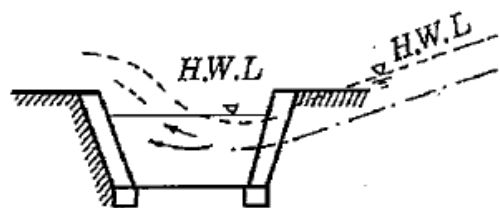
図 2-7-3 法線

土石流流下または堆積区間に設ける溪流保全工は、土石流の流下方向に直線とし、土地利用や用地取得の困難さ等を理由として屈曲させることは極力避けなければならない。

溪流保全工を必要とする区間に支川が流入する場合は、十分な支川処理を必要とする。

一般に支川の方が、流路勾配が急な場合が多く射流となるケースがある。これに対して本川の方は常流とすることが原則であるから、たとえ洪水のピーク到達時間がずれていたとしても射流から常流に変わる際に跳水現象を起こし、対岸にのり上げる危険性がある。このため、支川の流量等が本川に比べ無視できる程度のもを除き、本川にスムーズに合流させなければならない。

特に、合流する支川が比較的大きく、本川への影響が大なるときは十分注意する必要がある。



支川からの跳水により本川の護岸をのりこえる危険がある。

図 2-7-4 支川の影響

## 4.2 計画高水位

計画高水位は、計画河床の維持の面から縦断形及び横断形と相互に関連して決定するものとする。

### 解説

溪流保全工は掘り込み方式が原則であるので、周辺の地形条件を考慮して決定する。

計画水深は、等流計算により求める場合が多いが、急流河川等では水面のうねり、跳水、

河床変動、蛇行位置の変化等による水位の変動が大きいので、模型実験を必要とする場合もある。

三面張りおよび掘り込み河道の溪流保全工を施工することによって施工前の伏流水、地下水がしゃ断され、あるいは水位が低下し流域周辺の水利用(湧水、揚水等)に著しく影響を及ぼすことがあるため、あらかじめ扇状地における水の挙動について十分に調査しなければならない。

計画高水位は与えられた対象流量をもとに決定する。流れが等流であると仮定すると、 Manningの式から計画高水位  $h$  が得られる。なお、流速が  $5\text{m/sec}$  を越えないように断面を決定することが望ましい。

実際は与えられた河幅(溪流保全工幅)  $B$  のもとに  $h$  を仮定して  $Q$  を計算し、これが与えられた対象流量に近似するまで (2%程度) 繰り返して計算を行い、  $h$  を決定する。

$$Q = A \cdot V \geq Q' \quad \dots (2-7-1)$$

$Q$  : 計画流量 (m<sup>3</sup>/sec)

$Q'$  : 対象流量 (m<sup>3</sup>/sec)

$A$  : 溪流保全工流過断面積 (m<sup>2</sup>)

$$A = h(b + m_2 h)$$

$V$  : 土砂混入時の流速 (m/sec)

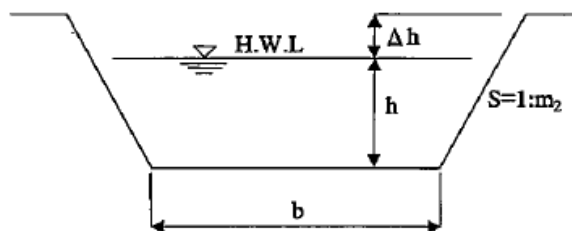


図 2-7-5 計画断面

$$V' = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \dots (2-7-2)$$

$V'$  : 平均断面流速 (m/sec)

$n$  : 粗度係数 (表 2-7-3 参照)

三面張りの場合  $n = 0.025$

その他  $n = 0.030$

$R$  : 径深 (m)  $[=A/P]$

$P$  : 潤辺 (m)

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m_2^2} \quad \dots (2-7-3)$$

$I$  : 計画河床勾配

$$V = V' \cdot \frac{\gamma}{\gamma + \alpha \cdot (d - 1)} \quad \dots (2-7-4)$$

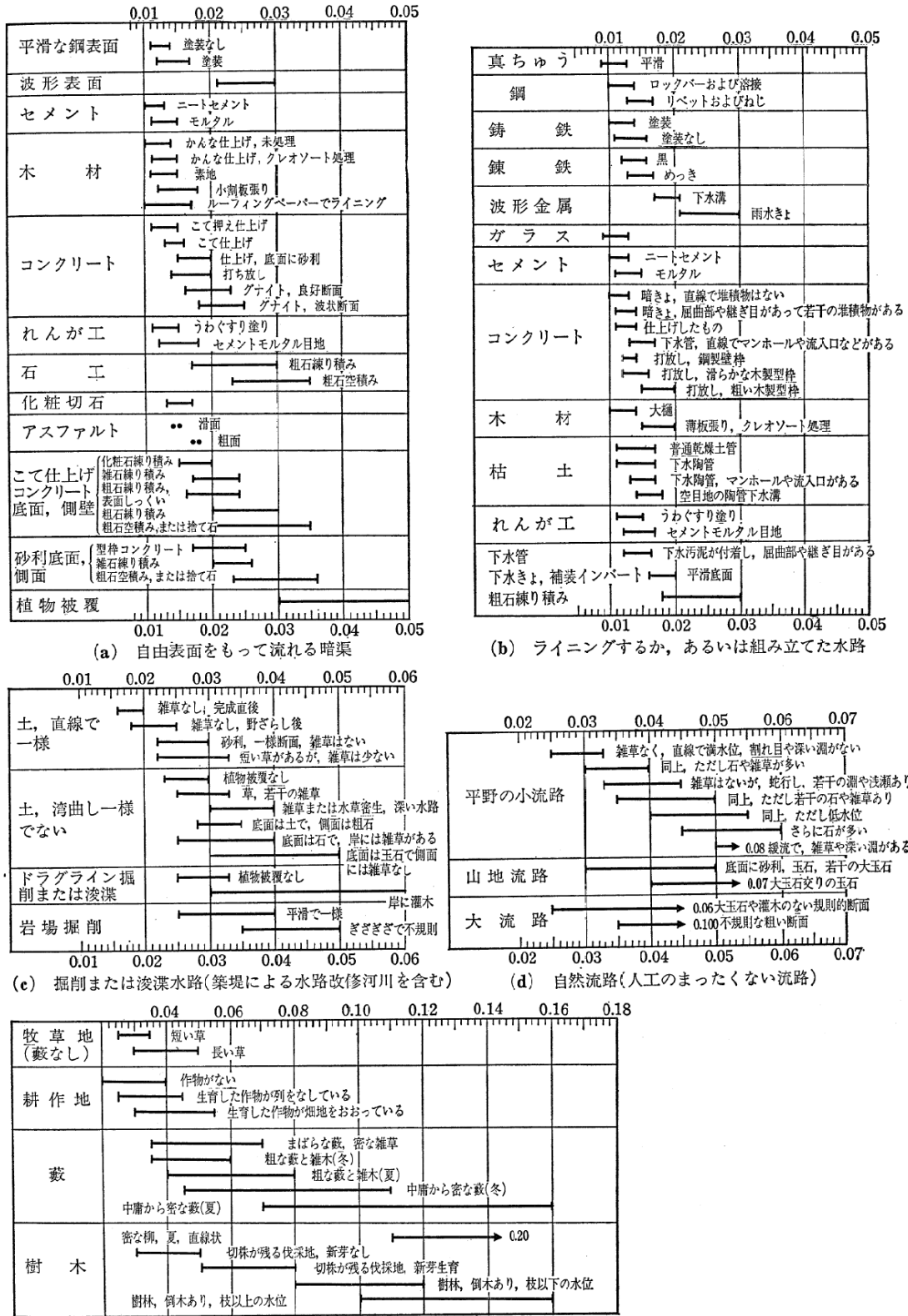
$\gamma$  : 清水の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>) [通常 9.8 kN/m<sup>3</sup>]

$d$  : 土石の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>) [通常 23.5~25.5 kN/m<sup>3</sup>で  $d = 25.5$  kN/m<sup>3</sup>]

$\alpha$  : 土砂混入率 (本指針第1編第6章第5節の表 1-6-11 参照)

なお、余裕高は河床勾配によっても変化するものとし、計画水位(h)に対する余裕高( $\Delta h$ )との比( $\Delta h/h$ )は表 2-7-3 の値以下とならないようにすること。

表 2-7-4 マニングの粗度係数





### 4.3 縦断形

#### 4.3.1 一般

溪流保全工の縦断形は、河床の安定を考慮するとともに掘り込み方式が原則であるので、周辺の地形条件や将来の維持管理等も勘案して決定するものとする。

なお、溪流保全工の上端及び下端において、河床勾配が急変しないようにし、支川が合流している地点においては、洗掘、堆積等に留意して設計するものとする。

#### 解説

溪流保全工を計画する溪流は、一般には急流であり、河床勾配を河床材料のみで安定させることができない場合が多く、床固工、帯工等を用いるか、場合によっては河床をコンクリート等で覆って河床の安定を図っている。

河床勾配を求める方法として、動的平衡計算と静的平衡計算がある。掃流砂量を求める式としては、アインシュタイン式、土研式等があり、これらに水流の基礎方程式を当てはめて計算する。

計画河床を河床材料のみで安定させるか、護岸工及び減勢工で安定させるかは、河床勾配、河床高及び横断形にも関連があるのみならず、平面形にも関係する。このため、計画河床勾配と河床高は試算的に求めて、他の横断形等を検討したうえで最終的に決定される。

計画縦断勾配は、一般的には現在の溪流の河床変動の資料より局所的な変動を除き大局的な安定を確かめたうえで、現在の河床勾配を採用するのが将来の維持管理上最も望ましい。河床変動の資料がない場合は、類似した河川の実績等を参考として求める場合もある。

溪流保全工の計画河床高は、現況より低くすることが通例であり、この場合は、上下流端に床固工あるいはえん堤等により落差を設けるとともに、下流端には、洗掘、堆積等が起きないように必要に応じて河床を整正して護岸工等を設けるのが普通である。

また、本川に支川が流入することによる洗掘、堆積を防ぐため、支川の縦断勾配は原則として本川に併せた勾配とする。このため、合流点直上流部の支川に落差工を設け、支川の縦断勾配を修正して合流させるなど、合流点付近の縦断勾配、平面形状等十分検討する必要がある。

#### 4.3.2 計画縦断勾配

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に計画する。

溪床勾配は掃流力が50%以上変化しないよう定める。

#### 解説

勾配の変化を余り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%以上の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。

1. 計画縦断勾配の決定方法

一般的には現在の溪流の河床変動の資料より局所的な変動を除き大局的な安定を確かめたうえで、現河床勾配の 1/2 から現河床勾配の間で決定するのが一般的である。(1/10～1/100) 河床変動の資料がないときは掃流力計算を行うが既往の実績例を参考にして求める場合もある。一般に計画勾配が 1/30 より急勾配の場合は底張工を検討する。

(1) 掃流力計算による方法

① 動的平衡勾配の検討

$$U_*^2 = g \cdot R \cdot I \quad \cdots (2-7-5) \quad U_* : \text{摩擦速度 (掃流力)}$$

$$R : \text{径深}$$

$$I : \text{エネルギー勾配}$$

② 静的平衡勾配の検討

$$U_*^2 c = 80.9 \cdot d \quad \cdots (2-7-6) \quad U_* c : \text{限界摩擦速度 (限界掃流力)}$$

$$d : \text{砂礫の平均粒径 (cm)}$$

$U_*^2 c \geq U_*^2$  となるように縦断勾配を決める。

[計算式]

河床勾配 1/30、計画水深 1.5m、河床を構成している砂礫の平均粒径 3cm の溪流の場合

$$\text{掃流力} : U_*^2 = g \cdot h \cdot I \quad (\text{近似式を } R=h \text{ とする}) = 9.8 \times 1.5 \times 1/30 = 0.490 \quad (m^2/sec^2)$$

$$\text{限界掃流力} : U_*^2 c = 80.9 \cdot d = 80.9 \times 3 = 242.7 \quad (cm^2/sec^2) = 0.024 \quad (m^2/sec^2)$$

故に  $U_*^2 > U_*^2 c$  となり河床礫が移動するため上記の計画の様な場合は河床勾配を緩とするか計画水深を小さくする又は、床張工等の配慮が必要となる。

(2) 既往の実績・・・現河床勾配の 1/2 から現河床勾配を目安とする。

河床変動の資料がない場合には、類似した河川の実績を参考とする。

一般には、現況河川において縦侵食が激しい場合は、現河床勾配の 1/2 を目安とし、横侵食、蛇行等が主体となって土砂生産されている場合は、現河床勾配の 2/3 程度を目安としている。

2. 溪床勾配を変化させる方法

溪流保全工の溪床勾配を変化させる場合、勾配の変化をあまり急激に行うと変化点付近で洗掘や堆積が生じ、溪流保全工の維持に困難を生ずるだけでなく、大きな災害の原因ともなりう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% 以上の変化をしないように勾配並びに水深をきめることを原則とする。又、勾配の変化点は落差工を計画し、帯工で変化させてはならない。

掃流力を 50%以上変化させないとは、上流を基準として  $U_{*A}^2/U_{*B}^2 = \frac{gR_A I_A}{gR_B I_B} \leq 2$  のことである。

一般的には、 $I_A \geq 1/30$  の場合  $u_{*A}^2/u_{*B}^2 \leq 2$

$I_A < 1/30$  の場合  $u_{*A}^2/u_{*B}^2 \leq 1.5$

程度を目安に計画するとよい。

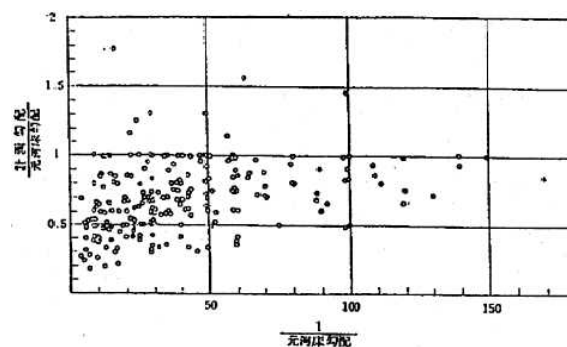


図 2-7-6 元河床勾配と計画勾配との関係

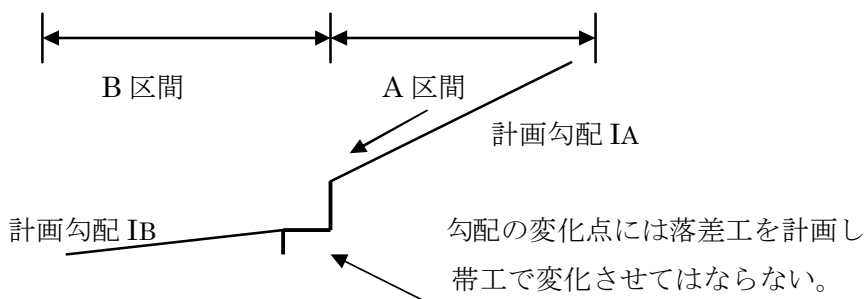


図 2-7-7

[計算方法]

掃流力を  $U_*^2 = g \cdot R \cdot I$  で表わし近似的に  $R=H$  として

$$A \text{ 区間の掃流力 } U_{*A}^2 = g \cdot H_A \cdot I_A$$

$$B \text{ 区間の掃流力 } U_{*B}^2 = g \cdot H_B \cdot I_B$$

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

ここで計画水深を同じにとれば

$$H_A = H_B \quad I_A/I_B \leq 2 \text{ となり}$$

縦断勾配の比による検討で変化点の勾配の決定ができる。

[計算例]

(例 1) A 区間の  $R_A=1.4\text{m}$ 、 $I_A=1/50$

B 区間の  $R_B=1.2\text{m}$ 、 $I_B=1/60$  とすると

$$\frac{U_{*A}^2}{U_{*B}^2} = \frac{g \cdot H_A \cdot I_A}{g \cdot H_B \cdot I_B} = \frac{9.8 \times 1.4 \times 1/50}{9.8 \times 1.2 \times 1/60} = 1.4 \leq 1.5 \text{ となり OK}$$

(例 2) A 区間  $I_A=1/50$ 、B 区間  $I_B=1/80$  で水深は、 $H_A = H_B$  とする。(但し  $R \neq H$ )

$$\frac{U_{*A}^2}{U_{*B}^2} = \frac{g \cdot H_A \cdot I_A}{g \cdot H_B \cdot I_B} = \frac{I_A}{I_B} = \frac{1/50}{1/80} = 1.6 > 1.5 \text{ となり OUT}$$

したがって  $\frac{I_A}{I_B} < 1.5$  となるよう  $I_B$  を決定する。

$I_B = 1/50 / 1.5 = 1/75$  勾配  $I_B$  は  $1/75$  より急勾配で決定する。

3. 計画河床高の決め方

計画河床高は現河床より下に切り込ませる。溪流保全工は完全掘込型式を原則として計画河床を決定する。但し現河道から遠く離れて捷水路を計画する場合（図2-7-8）の現河床は新水路と現河道の交点を結んだ高さを現河床高として考えてよい。

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、いったん破堤した場合の被害が著しいので安全性を高めるため掘り込み方式を採用することを原則とする。但し築堤工は本川との取付部分等に限るものとする。また地形上やむを得ず盛土となる場合でも余裕高程度とし、部分的なものにとどめる。

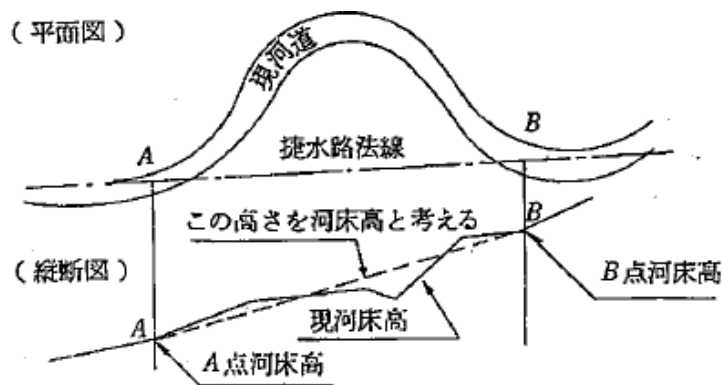


図2-7-8

4. 支川の合流する溪流保全工の縦断勾配は、本川の支川による洗掘、堆積を防ぐため、本支川が同一勾配かつ同一河床高で合流させることを原則とする。但し、支川の流量が小さい場合 ( $Q'/Q \leq 0.1$  かつ  $Q' \leq 3 \text{ m}^3/\text{s}$ ) は、本川の河床高よりも支川の河床高を高くしてもよい。

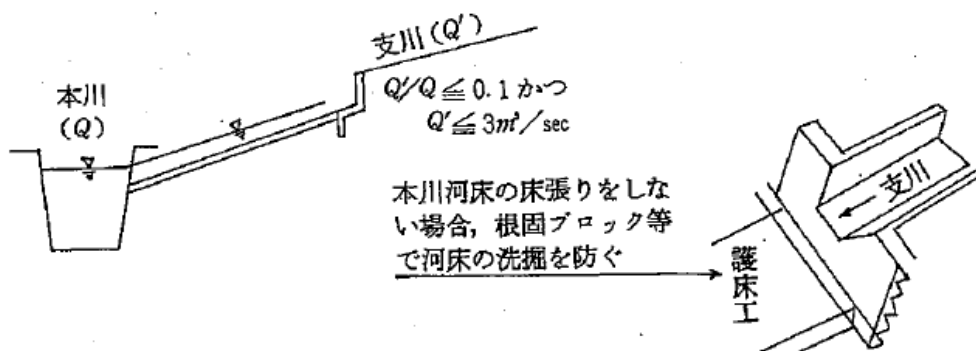


図2-7-9 支川の流域面積が本川よりかなり小さい場合

$Q'/Q > 0.1$  または  $Q' > 3\text{m}^3/\text{sec}$  の場合

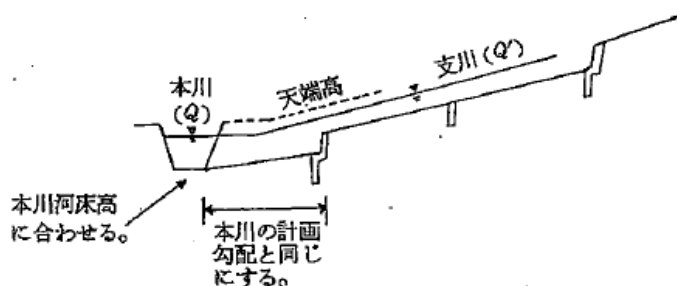


図 2-7-10 本・支川の流域面積の差の少ない場合

#### 4.4 計画断面 (横断形)

##### 4.4.1 一般

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、溪流保全工の縦断勾配、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。

解説

溪流保全工を設ける溪流は、一般に急流であり、溪流保全工を低水敷と高水敷に分けて複断面にすると、計画断面を維持させることが困難であり、単断面とする場合が多い。しかし、高水敷の利用等を考えなければならない場合は、河床材料、流出土砂等の河状をよく調査したうえで決定するものとする。

河幅が広く乱流、異常堆積の恐れがある場合は複断面を採用する。またその付近が現在遊休地のような状態であれば、現存する天然林を活用した緩衝帯を置いたりすることが望ましい。さらに自然の拡幅部は、不慮の土砂流出に備え、遊砂地として利用することが望ましい。

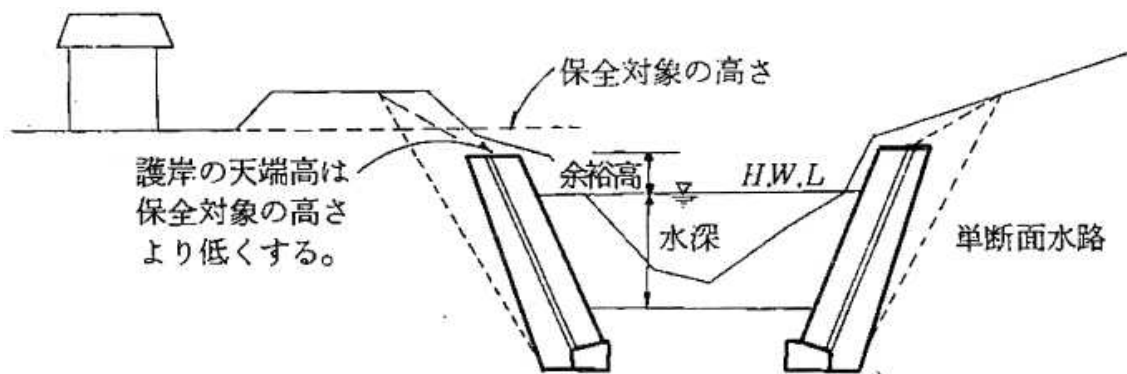


図 2-7-11 単断面水路

4.4.2 計画幅

流路工の計画断面は現河道幅を十分考慮し、現状より河幅が狭小にならないようにする。

解説

現河道幅をせばめることは、河川の機能を破壊するだけでなく計画高水流量に対する水深が大となるので、構造上危険サイドとなる。そのため最小限現河道幅を活かした計画断面とすることが好ましい。

河幅  $B$  と流量  $Q$  に関しては

$$B = \alpha \cdot Q^{1/2} \quad \dots (2-7-7)$$

$B$  : 河幅 (m) (底幅)

$Q$  : 流量 (m<sup>3</sup>/sec)

$\alpha$  : 係数

表 2-7-5  $\alpha$  の値

流域面積の大きさ (k m <sup>2</sup> )	$\alpha$ の値
$A \leq 1.0$	2~3
$1.0 < A \leq 10.0$	2~4
$10.0 < A \leq 100$	3~5
$100 < A$	3~6

で表わされる関係がある。 $\alpha$  の値は流量の大きさによって異なる。

溪流保全工の計画幅は、河床勾配、流送土砂、河床材料、河川の粗度および平面形状に密接に関係しており、対象流量を安全に流下させるためには流路工全体の計画の中で検討する必要がある。

一般には、他の条件を同一にすれば、溪流保全工幅を狭めることにより水深および流速は大となり、河床材料のみでは河床の維持が困難となる。また逆に広くすることは、堆積による河床上昇、用地取得面積の増加等となって制約を受ける。

したがって、溪流保全工の計画幅は、河床の安定性を主眼におき、構造物の有無、背後地の土地利用等を考慮して決定するものとする。また、溪流保全工を計画する場合の最小幅は、流木等を勘案し、小流域における計算断面が図 2-7-12 の断面より小さい場合でも、下幅 1.0m、水深 0.5m として計画する。

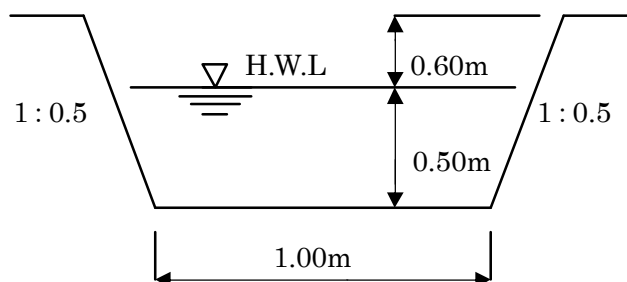


図 2-7-12 最小計画断面

4.4.3 湾曲部の横断形

溪流保全工の湾曲部では湾曲の状況、上下流の河道及び地形等の状況に応じて溪流保全工幅の拡大または凹部天端工の嵩上を考慮する。又湾曲部では外カーブ側に洪水が集中して流下するため強度の洗掘力が働く。そのため湾曲区間において洗掘防止を計画する。

解説

1. 溪流保全工の湾曲部における条件

(1) 曲線半径と河幅の比

$R/B > 10$  とする。

(2) 湾曲度 ( $\theta$ )

$\theta > 60^\circ$

但し溪流保全工の法線決定の際、湾曲部において地形、湾曲の状況、上下流の河道、その他の状況により前記の(1)あるいは(2)を満足出来ない場合は、溪流保全工幅の拡大又は凹部天端高の嵩上げを検討する。

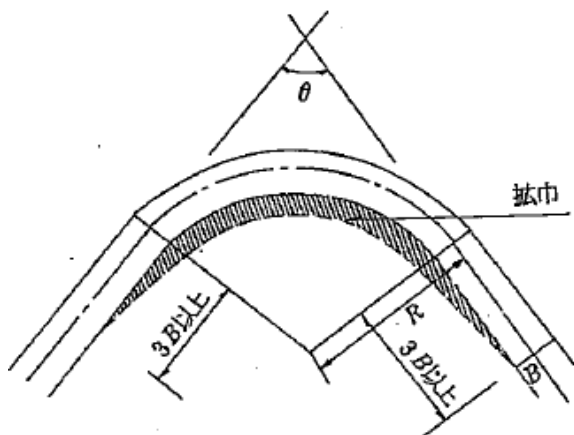


図 2-7-13

2. 湾曲部の拡幅

(1) 湾曲部では川幅を内側に拡幅し、

その取付長さは河幅の3倍以上の区間で行う。拡幅の程度は下の表を目安とする。

$R/B < 10$ 、 $\theta < 60^\circ$  の計画は避ける。

表 2-7-6

R/B	$\theta$	拡幅率
$5 < R/B < 10$	$\theta > 60^\circ$	20%
$R/B > 10$	$\theta < 60^\circ$	20%

(2) 摺りつけ区間 (平面形状)

やむをえず反曲線とならざるをえない場合は、曲線の連続を避け2つの曲線の間に直線区間を設ける。

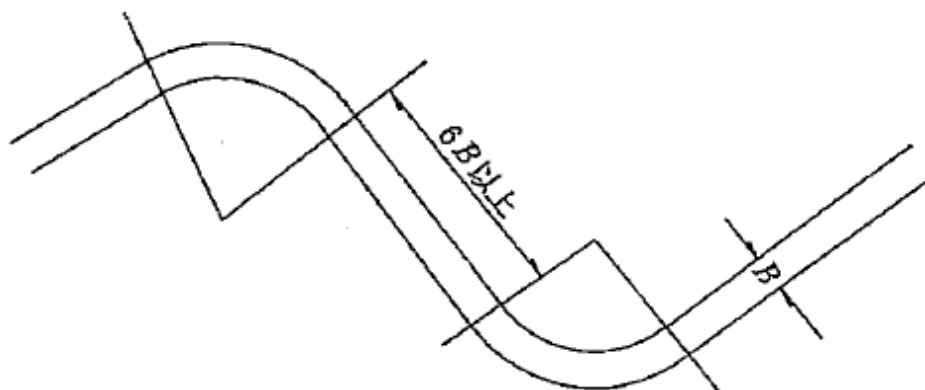


図 2-7-14

3. 湾曲部の天端嵩上げもしくは、三面張りの水路床横断勾配

湾曲部の凹岸では洪水の際に水位が上昇するので、護岸は凸岸部より高くする必要があります。

ナップによれば、静水面を仮定したとき、水路外側壁における水面高と静水面との差  $h$  は次式で表わされる。

$$h = b \cdot v^2 / r \cdot g \quad \dots (2-7-8)$$

$b$  : 水路幅 (m)

$v$  : 水路曲線部の平均流速 (m/sec)

$r$  : 水路中心線曲率半径 (m)

このほかグラシヨ一の式

$$h = (v^2 / g) \times \{2.303(\log R_2 - \log R_1)\} \quad \dots (2-7-9)$$

$R_1$  : 水路内側の曲線半径 (m)

$R_2$  : 水路外側の曲線半径 (m)

があるがほとんど同様の値を与える。

三面張りの場合は、このような曲がりによる水位差を消去し、流れが曲線水路に沿って安定して流れるようにするため、水路床に横断勾配を付ける。ただしこの横断勾配を水路曲線の始点に急に設けても流れはかえって不安定になるので、適当な緩和区間を必要とする。

横断勾配 (カント) は次式で表わされる。

$$\tan \phi = v^2 / r \cdot g \quad \dots (2-7-10)$$

$\phi$  : 水路上の傾斜角 (度)

$v$  : 水路曲線部の平均流速 (m/sec)

$r$  : 水路中心線の曲線半径 (m)

なお極端な S 字形の曲線や、流れが水路外側に偏ってしまうような急な曲がりの場合にはこれらの式は適用できない。この場合は法線形を改めなければならない。

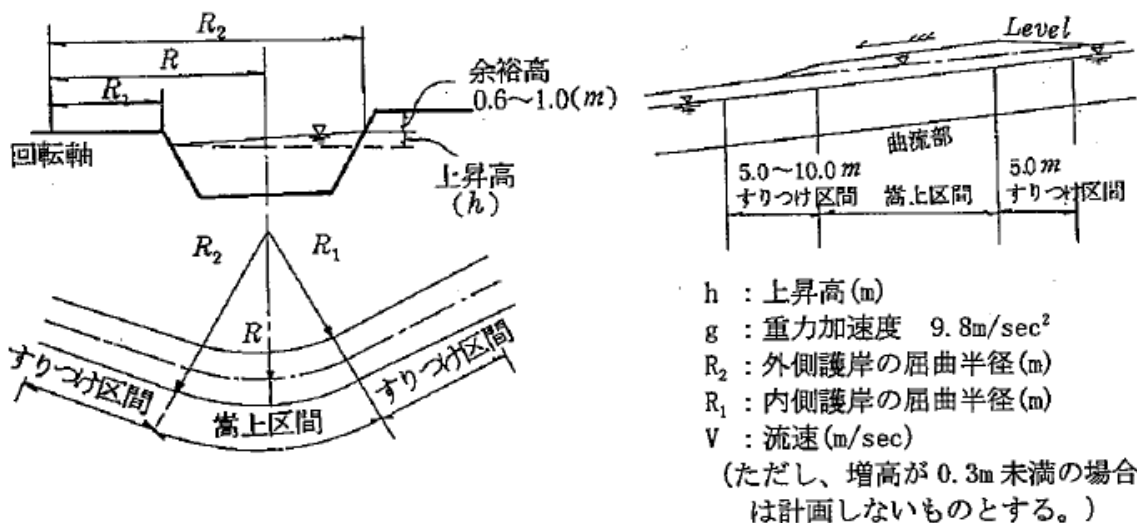


図 2-7-15 湾曲部の天端嵩上げ



4. 湾曲部の基礎洗掘防止

曲線部の外カーブ側は、洪水時には流水が集中して流下するため強度の洗掘力が働く。そこで直線部の護岸工よりも構造的に強固なものとする必要がある。特に二面張りの場合には根入れの深さを考慮する等洗掘に対処する構造とする。

拡幅あるいは、天端嵩上げの必要がある湾曲部においては、河床幅の  $1/2 \sim 1/3$ 、最高限度  $4.0m$  の範囲内で護床工を計画する。

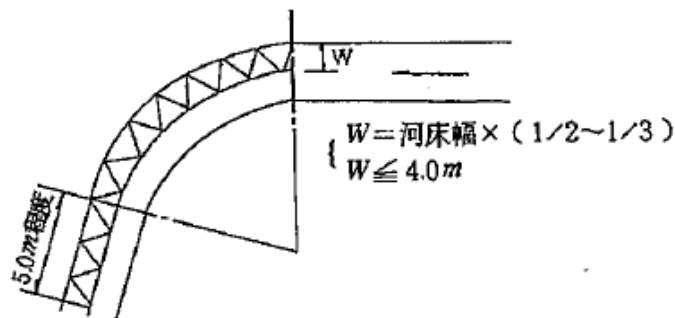


図 2-7-16

4.4.4 合流点における計画幅

合流点下流の溪流保全工幅は本川、支川の形状を考慮して決定する。

解説

1. 本川、支川とも土砂の流出が少なく、河床勾配、計画高水位が同じような河川の場合には（両方の掃流力が同じ場合）、合流点下流の溪流保全工幅は本川、支川の各流路幅の和をもって計画幅とすることがよい。（図 2-7-17 (A)）

これは、本・支川が同一勾配、同一水深の場合に適用できるものである。そして、これらの計画河幅は水深と勾配から決められる。もちろん合流点の下流に横工を設ける必要がある。

2. 本川に対し支川の掃流力の方が大きい場合には、合流点下流に土砂の堆積が生じ断面の不足をおこす危険がある。このような場合は  $a_3$  は  $a_1 + a_2$  よりも小さくして、掃流力を大きくすることが土砂堆積を防止する 1 の方法で、極端な場合には  $a_3 \doteq a_1$  とすることもある。（図 2-7-17 (B)）

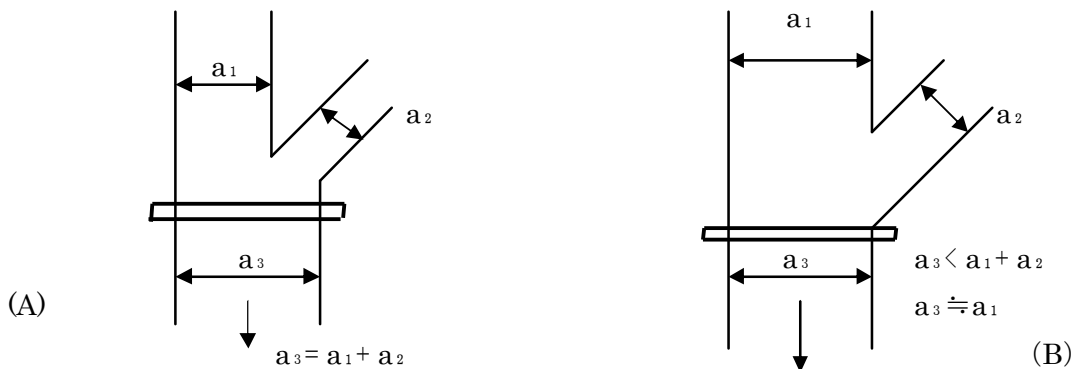


図 2-7-17 本川と支川の河幅

## 第5節 溪流保全工における護岸

### 5.1 一般

溪流保全工における護岸は、本編第5章に準じて設計するものとする。

なお、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の崩壊を防止するとともに、床固工の袖部を保護するために設けられるものであり、床固工にすり付けるとともに、床固工直下の護岸は、床固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。

#### 解説

護岸の破壊は、洗掘による護岸基礎部の破壊や土砂の吸出しによって生じていることが多い。そこで護岸の根入れ深は、洗掘による河床変動に対応できるように考えて、一般的には床固工天端等河床固定点から上流の静的平衡勾配を検討し、それに基づいて決定している。

また、砂礫堆等が形成された場合や、床固工の直下流、湾曲部外湾側では、河床変動が大きいため、必要に応じて根固工を併用する等の考慮が必要となる。溪流保全工の護岸は、一般にモタレ式が用いられ、その法勾配は5分を標準とする。

### 5.2 護岸構造

護岸工の構造は、原則として次によらなければならない。

1. 天端高は、溪流保全工断面計画によるものとし、曲線の外カーブ側の護岸高は内カーブ側の護岸高より高めなければならない。
2. 護岸工の法勾配は、1:0.5を標準とする。
3. 現河床材料では計画河床の維持が困難な場合、また計画幅が狭く護岸基礎の掘削が全幅に及ぶ場合などには底張工を計画する。
4. 護岸工には、10m以下に1箇所伸縮目地を計画する。
5. 護岸の水抜きは、2.0 m<sup>2</sup>に1箇所の割合で設置しなければならない。
6. 護岸の基礎根入れは、1.0m以上とする。
7. 護岸の基礎洗掘のおそれのある場合は、根固工を計画するものとする。

#### 解説

1. 湾曲部の横断形については、本指針第2編第7章4.4.3に準ずる。
2. 護岸の法勾配は1:0.5を標準とする。

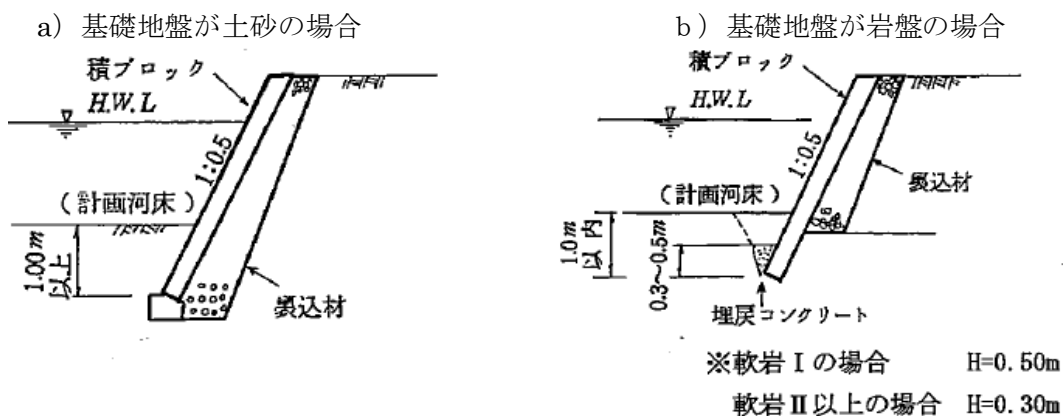


図 2-7-18 護岸一般図

3. 伸縮目地の間隔は、10m 以下で設けるものとし、目地材(エラストイト厚 10mm 等)を入れる。

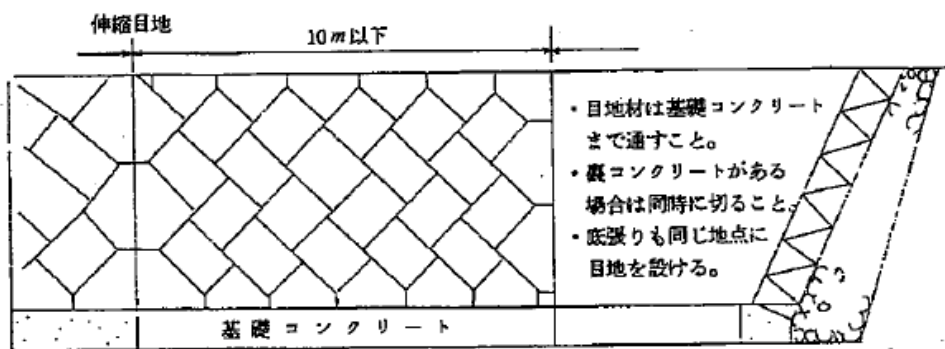


図 2-7-19 伸縮目地の設置

4. 水抜孔は、外径 60mm、厚 1.8mm の塩ビパイプを標準とする。
5. 護岸の根入れは 1.0m 以上を原則とし、下図を標準とする。

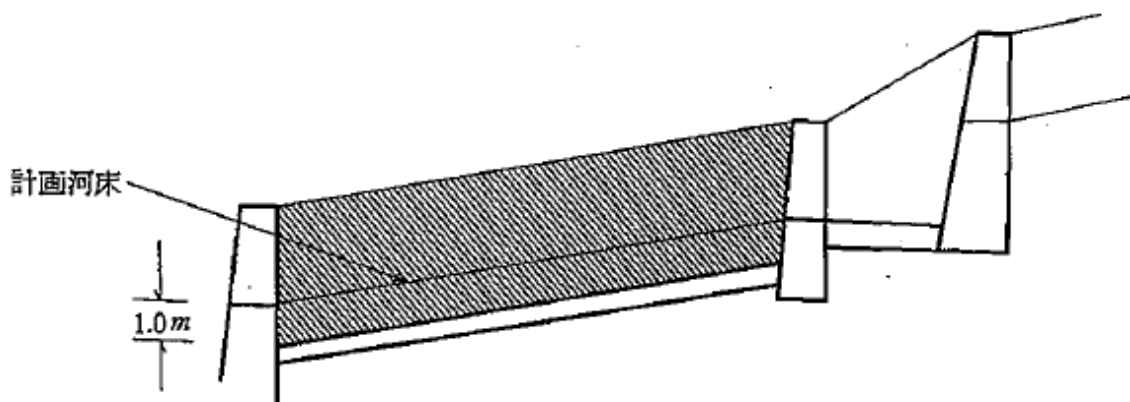


図 2-7-20 床固工、帯工下流の護岸根入れ

6. 護岸における根固工の重量等の算定は、本指針第2編第1章 3.8.5 に準じる。

5.3 底張工

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は避ける。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方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。底張りは、流勢及び摩耗に耐える構造とする。

解説

1. コンクリート底張工

(a) コンクリート三面張

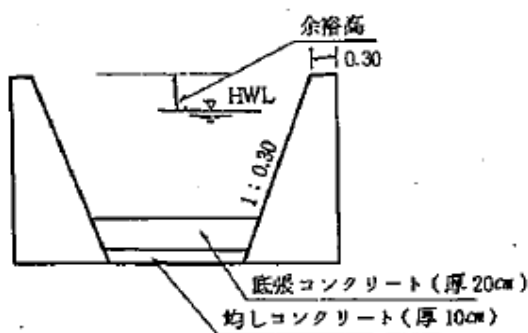


図 2-7-21

(b) ブロック石積三面張

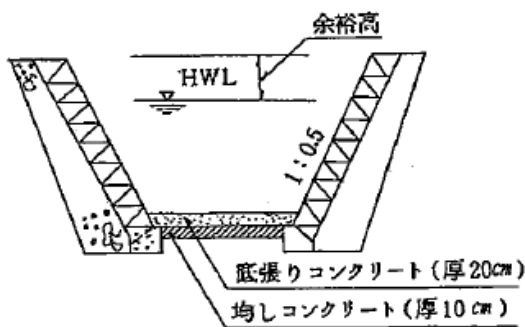


図 2-7-22

2. ブロック底張工

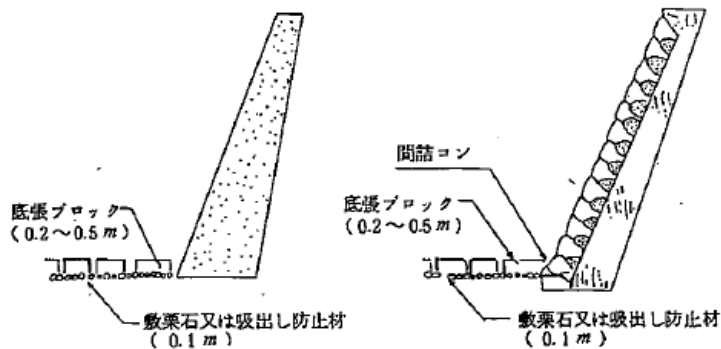


図 2-7-23

- ① 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、減勢工を必要とする場合がある。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。
- ② 溪床に岩盤が露出する場合は、底を張らないが、岩盤によって流水に接すると侵食されやすい岩質（き裂が多かったり風化しやすい軟岩Ⅰ、砂岩等）もあり、三面張りとしなければならない場合もある。

岩盤が露出した場合

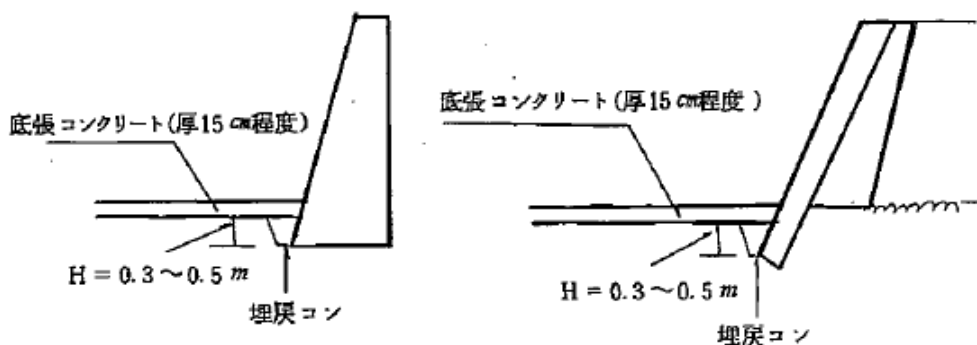


図 2-7-24

- ③ 三面張り溪流保全工の場合、浸透水対策工として、底張工底部の伏流水による底張りの破壊を防止する目的の伏流水排除工と、地下水補給を目的とする流水浸透工がある。伏流水排除工は、排除しやすいよう床固工上流部に設ける。流水浸透工は、流水が浸透しやすいように帯工上流部に設ける。

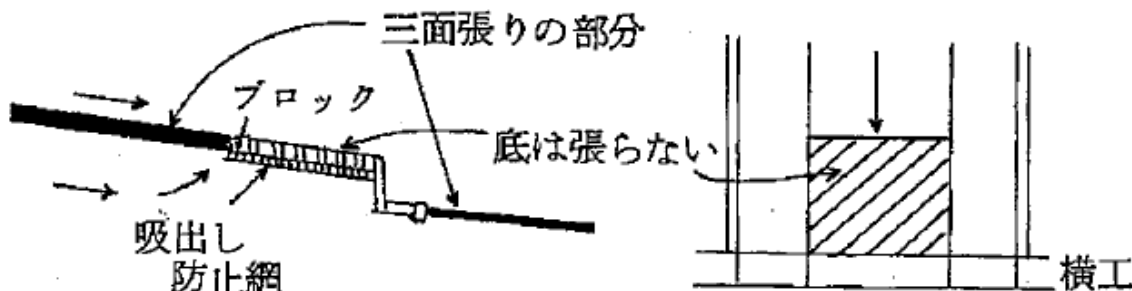


図 2-7-25 伏流水排除工

三面張工法採択の基準

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 現河床材料では、計画河床の維持が困難な場合。（掃流力&gt;河床抵抗）</li> <li>2. 計画幅が狭く、護岸基礎の掘削が全幅に及ぶ場合。</li> <li>3. 一般には計画河床の勾配が 1/30 より急勾配の場合、及び計画河床幅が 3.5m 未満の場合に三面張りとして計画する。</li> </ol> |
|--|

ブロック底張工採択の基準

1. 地下水の涵養が必要な箇所
2. 計画幅が狭く、護岸基礎の掘削が全幅に及ぶ場合。
3. 計画河床勾配が 1/30 より緩やかな場合。

5.4 合流点処理

1. 改修済の河川に合流させる場合は、本川築提高をレベルにバック堤処理を計画する。
2. 未改修である河川に合流させる場合は、原則として BHWL 影響区間は河川計画時に河川サイドで計画・施工するものとし、暫定工法として計画する。

5.5 上流端処理（止工）

溪流保全工の上流端でえん堤と直結する場合、原則として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、その間の結合は副堰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。

解説

えん堤工の水通し断面は、通常特に低えん堤を除いて、水理学上の堰の公式によって計算するものとし、溪流保全工の開水路による計画断面とのすり付けは、副えん堤または垂直壁より下流で調節するものとする。

ただし、えん堤の副えん堤または垂直壁に溪流保全工を取付ける場合は、超過流出土砂がえん堤に安全に貯留されることが必要条件であり、えん堤自体が調節効果、縦横侵食防止等の目的を持つ場合であればそのようなえん堤と溪流保全工の直結は、土砂害をまねく恐れが生ずるので、えん堤と溪流保全工の間には、適当な長さの土砂調節区間を設けることが望ましい。

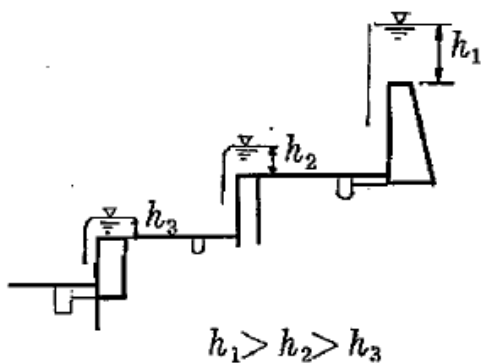


図 2-7-26 すり合わせによる水位の変化

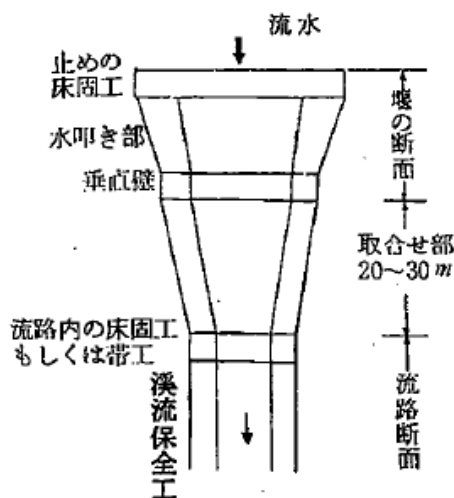


図 2-7-27 床固工からのすり合わせ例

## 5.6 護岸と床固の平面形状

護岸と床固の平面形状は、下記を標準とする。

1. 床固工の袖小口と護岸は、一致させるものとする。
2. 床固工本体直下で広げられた河幅は、垂直壁の水通し部で元の河幅に戻すことを原則とする。

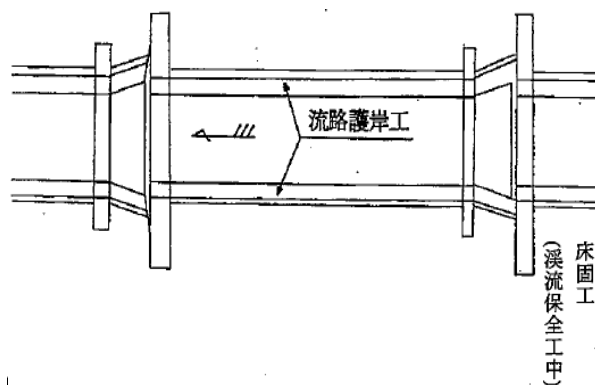


図 2-7-28 溪流保全工の平面形状

## 5.7 底張り部の末端処理

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の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。

### 解説

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場合、河床に深掘れが生ずる恐れがある場合がある。この場合には両者の流速、勾配、水深等を考慮して、必要とあればブロック等による護床工・減勢工を施工して、河床の維持流速の調節を図るものとする。

## 第6節 溪流保全工における床固工

### 6.1 一般

溪流保全工における床固工は、河床の洗掘を防ぎ、河床勾配を緩にして河床を安定させ、計画河床高の維持を図るために設けられる。

溪流保全工を計画する溪流は、一般には、河床勾配が急であり、河床材料のみでは、河床の維持が困難な場合が多い。そのため、床固を設置し落差工として河床勾配を緩にして、河床材料のみで維持するのが一般には得策となるため、溪流保全工の横断形、縦断形等総合的に検討して床固工の位置の選定をしなければならない。

## 6.2 計画位置

床固工の計画位置は、できる限り曲線部を避け、直線部に計画するものとし、次の地点には原則として計画しなければならない。

1. 溪流保全工計画区域の上下流端
2. 計画河床勾配の変化点
3. 法線形を維持するため必要とする地点（特に幅員が広く乱流が甚しい地点の整流を行う）
4. 支川の合流する場合、合流点下流地点
5. 溪流保全工の底張りの上、下流端
6. 工作物の基礎を保護するため、それら工作物の下流部

## 6.3 間隔と高さ

床固工の間隔は、設定された法線形及び計画河床勾配を維持するため、床固工の高さと床固工の間隔をそれぞれ相互に組合せて検討を行い決定する。

解説

床固工は、それぞれの目的とした位置に計画しなければならない。間隔については、次式による。

$$l = \frac{m \cdot n}{m - n} \cdot h \quad \dots (2-7-11)$$

$l$  : 床固工の間隔

$h$  : 床固工の落差

$n$  : 現在の溪床勾配の分母 ( $1/n$ )

$m$  : 計画溪床勾配の分母 ( $1/m$ )

適用範囲（床固工の落差を一定とする場合で、同一計画河床勾配とする区間）

河床勾配  $1/10 \sim 1/100$ 、流域面積  $20 \text{ km}^2$  以下、 $B$  : 溪流保全工幅 ( $m$ )、 $l$  : 床固工の間隔 ( $m$ )

また、経験的には、

$$1/30 > 1/m > 1/60 \text{ のとき} \quad l = (1.0 \sim 2.0) \cdot m$$

$$1/60 > 1/m \text{ のとき} \quad l = (1.0 \sim 1.5) \cdot m$$

$m$  : 静的平衡勾配の分母 ( $1/m$ )

$l$  : 横工の間隔（床固工もしくは帯工）

床固工は、万が一護岸工が破壊した場合、構造物の被害を最小限にとどめる役割をも持っているから、やむを得ず溪流保全工の一部を築堤とする場合であっても、床固工は現在の地盤に修まる所に位置を設定することが原則である。



6.4 床固工の重複高

溪流保全工における床固工（帯工を含む）は相互に十分な重複高をとるものとし、隣接する床固工の天端と基礎工が少くとも同高でなければならない。ただし、三面張の場合はこの限りではない。

解説

溪流保全工における床固工群は、階段床固工であるから、溪床が転石の累積、あるいは、それに近い場合は、隣接する床固工の水通しと基礎高を水平としてもさしつかえないが、溪床が砂、あるいは砂利層からなる場合は、床固基礎は前庭洗掘対策のため、下流床固工の水通し天端と重複させなければならない。

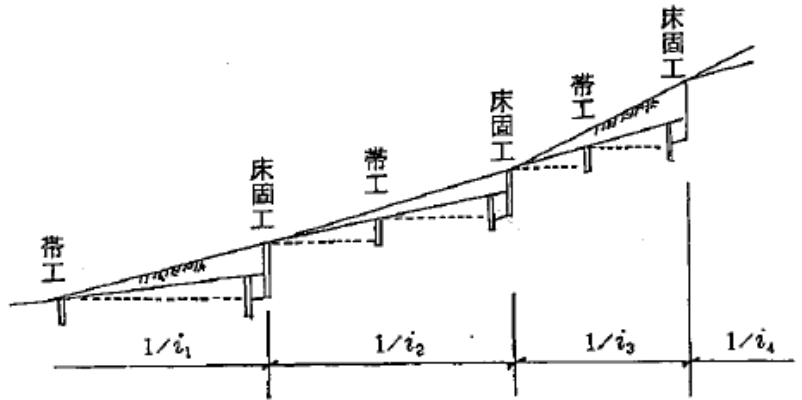


図 2-7-29 床固工の重複高

6.5 構造

床固工の落差高は連担地で 2.0m 以下、その他の地域で 3.0m 以下を標準とする。  
 本提の下流法勾配は 2 分、上流法勾配は安定計算により求めるものとする。安定計算は、不透過型砂防えん堤に準じるものとし、安定計算に用いる設計外力は静水圧と土圧とする。  
 なお、本項での対象とする床固工は、溪流保全工内の床固工であり、溪流保全工の最上流でえん堤工に直結しない床固工は単独床固工とし、本編第 4 章に準じるものとする。

解説

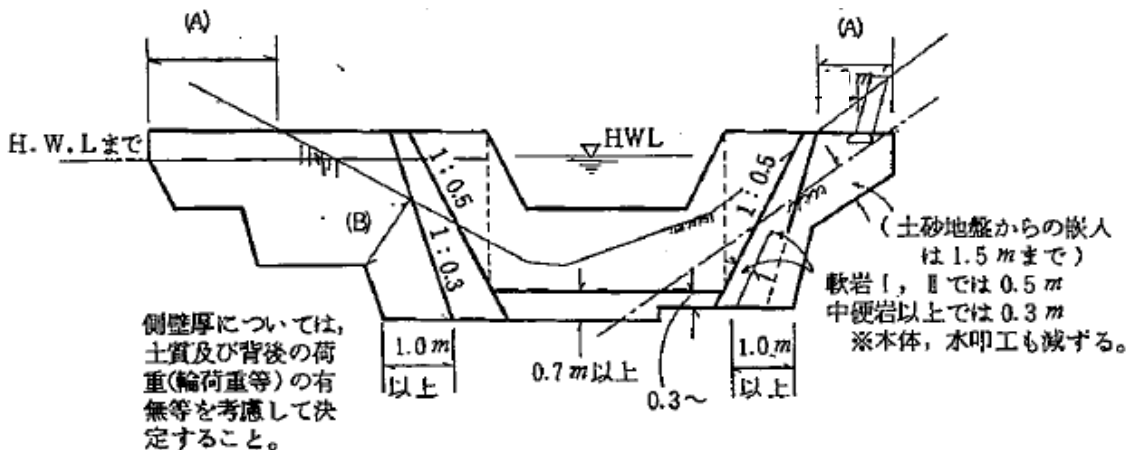


図 2-7-30 岩盤が露出した場合の本体、側壁、水叩きの嵌入深の標準図

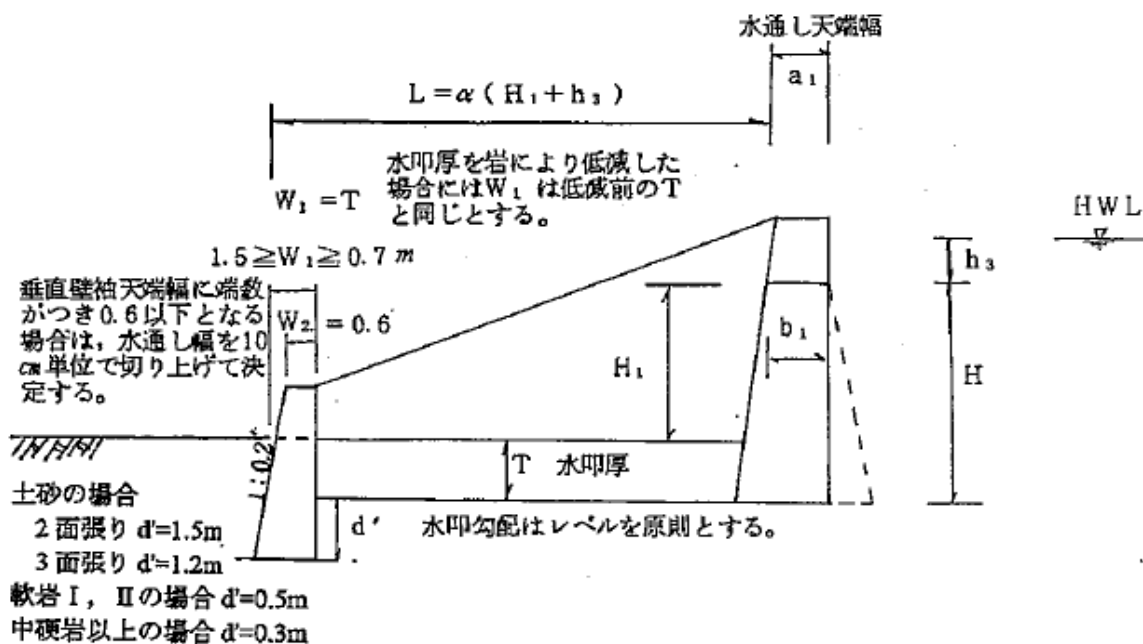


図 2-7-31 側面図

1. 天端幅

表 2-7-7 天端幅

名称	(a) 水通し天端幅	(b) 袖天端幅
本提	(a <sub>1</sub> ) 1.0m~1.5m (1.5mを標準とする)	(b <sub>1</sub> ) 最小幅0.6m
垂直壁	$W_1 = T$ とする。(ただし、この場合の $T$ は低減前のものとする。) また $W_1 \geq 0.7m$ とする。	

注) 川幅が 1.5m より狭い場合は、1.0m を最低とし最下流部の計画断面により決定。

2. 嵌入深

嵌入深については、本提、垂直壁ともに下表を標準とする。

表 2-7-8 嵌入深

土質	(A)	(B)
土 砂	2.0m 以上	1.5m 以上
軟岩 I、II	1.5m 以上	1.0m 以上
中硬岩以上	1.0m 以上	0.5m 以上

岩盤が上に土砂が載っている場合には

(A) :  $T_1 + 1.3T_2 + 2.0T_3 \geq 2.0m$

(B) :  $T_1 + 1.5T_2 + 3.0T_3 \geq 1.5m$

ここに、 $T_1$  : 土砂の厚さ、 $T_2$  : 軟岩 I、II の厚さ、 $T_3$  : 中硬岩以上の厚さ

3. 水叩長

$$L = \alpha (H_1 + h_3) \text{ [10cm 単位で切上げ]} \quad \dots (2-7-12)$$

$\alpha$  : 2.0~3.0 の範囲内であり、鳥取県では、下記の標準とする。

表 2-7-9  $\alpha$  の適用

$\alpha$	適用条件
2.5	三面張り並びに川幅が 5.0m 以上かつ越流水深 ( $h_3$ ) > 落差工 ( $H_1$ )
2.0	上記以外

4. 水叩厚

土砂の場合 :  $T=0.2 (0.6H_1 + 3h_3 - 1)$  [10cm 単位で切上げ]  $\dots (2-7-13)$

軟岩 I、II の場合 : 土砂の場合の 70% 以上

中硬岩以上 : 0.3m とする。ただし、極めて良質で洗掘の恐れのないものについてはこのかぎりではない。

5. 側壁工の水抜穴については、不透過型えん堤に準じる。

(本指針第2編第1章 3.8.6 参照)

6. 護床工

溪流保全工内の床固工の護床工は、二面張りでかつ岩着でない場合には、原則として護床工を設置する。

(a) 敷設延長

護床工の敷設延長を求めるには、ブライの公式等があるが、一般的には  $L = (H_1 + h_3) \times 3$  を目安とする。

(ブライの公式)

$$L = 0.67C_0 \sqrt{H_b q} \quad \dots (2-7-14)$$

$L$  : 水叩きの長さ + 下流側護床工の長さ (m)

$C_0$  : 浸透路係数 (表 2-7-10 による)

$H_1$  : 水叩き天端から床固工本提の水通し天端までの長さ (有効落差) (m)

$H_b$  : 濁水時下流側水位から床固工本提の水通し天端までの高さ (m)

一般に水叩き天端から床固工本提の水通し天端までの高さを取り、 $H_b = H_1$  とする。

$q$  : 単位幅流量 ( $m^3/s/m$ )

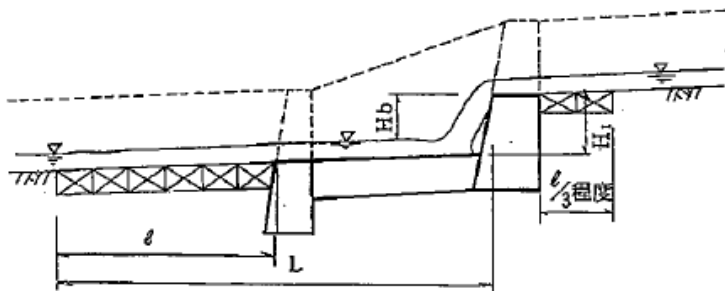


図 2-7-32 護床工の範囲

(注) 上流部の護床工は、横工付近の法線、河床材料等十分調査し必要に応じて計上する。

表 2-7-10 浸透路係数  $C_0$

土 質	$C_0$
砂・砂利交り土	9
玉石交り土	5

(b) 必要重量等の算定

護床工の必要重量等の算定は、本指針第2編第1章 3.8.5 に準拠する。

## 第7節 帯工

### 7.1 位置 (間隔)

帯工は、落差のない床固工で単独床固工の下流、及び階段状床固工群の間隔が大きく、なお縦侵食のおそれがある場合に計画するもので、その間隔は次による。

1. 二面張りの場合・・・計画河床勾配( $1/i$ )の分母( $i$ )を  $m$  に読みかえた距離に1箇所割で計画する。
2. 三面張りの場合・・・ $2 \times i$ を  $m$  に読みかえた距離に1箇所割で計画する。
3. 隣接する床固工の間に等間隔で計画する。
4. 単独帯工、あるいは現河床維持を目的とする帯工は、縦侵食の行われている箇所、あるいはそのおそれのある箇所に計画する。

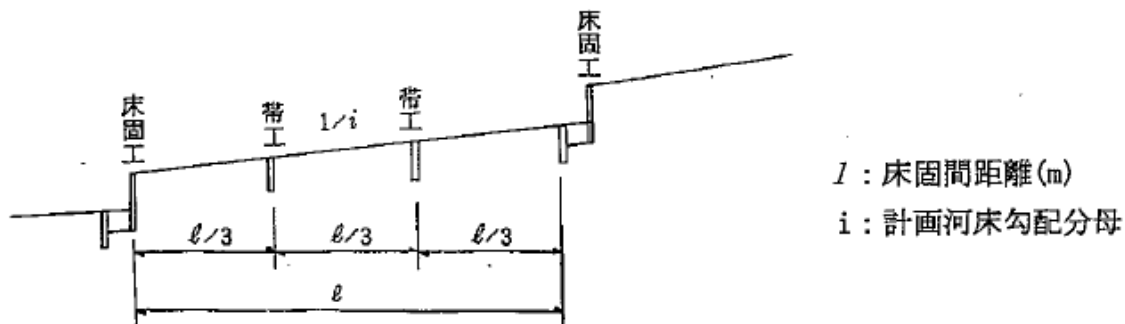


図 2-7-33 帯工位置図 ( $I = 3i$  のとき)

7.2 構造

1. 帯工の構造は、溪流保全工の床固工の垂直壁に準ずる。
2. 帯工の袖の嵌入は、護岸表法肩より 2.0m を標準とする。
3. 帯工下流部は、必要により護床工を計画するものとし、長さは計画水深の 3 倍程度とする。

解説

帯工の構造は次図のとおりとする。

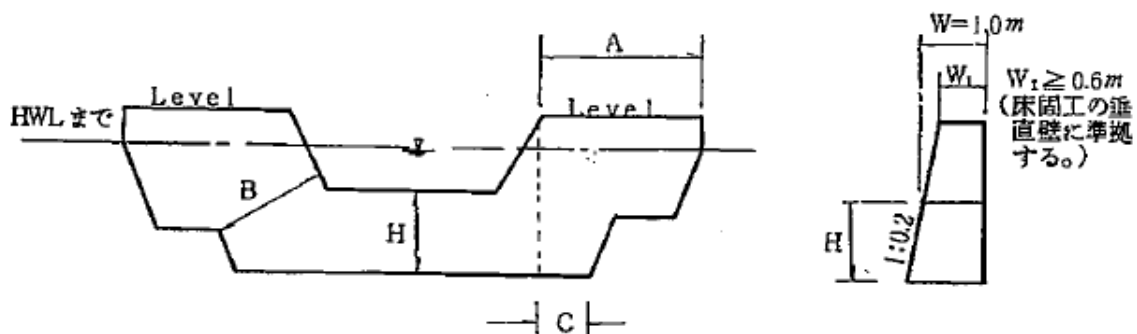
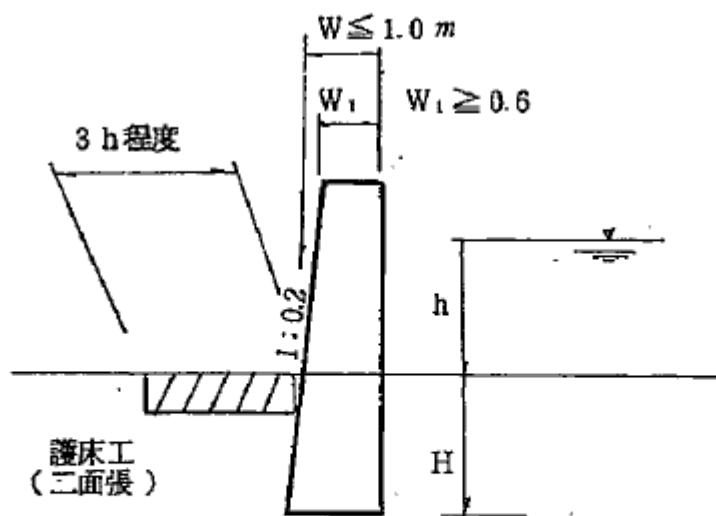


図 2-7-34 帯工

表 2-7-11 嵌入深さの標準

	A	B	C	H	
				2面張	3面張
土砂	2.0m 以上	1.5m 以上	1.0m 以上	1.5m	1.0m
軟岩 I	1.5m 以上	1.0m 以上	1.0m 以上	1.0m	0.8m



$W_1$  の厚さは、床固工（溪流保全工の中）の垂直壁と同等とすること。

図 2-7-35 側面図

第8節 管理用道路幅

溪流保全工及び護岸工等には必要最小限の範囲で管理幅（道路）を確保するものとする。  
なお、最大幅員は3.0mとする。

解説

管理幅は、砂防設備を維持管理するために必要な幅とする。

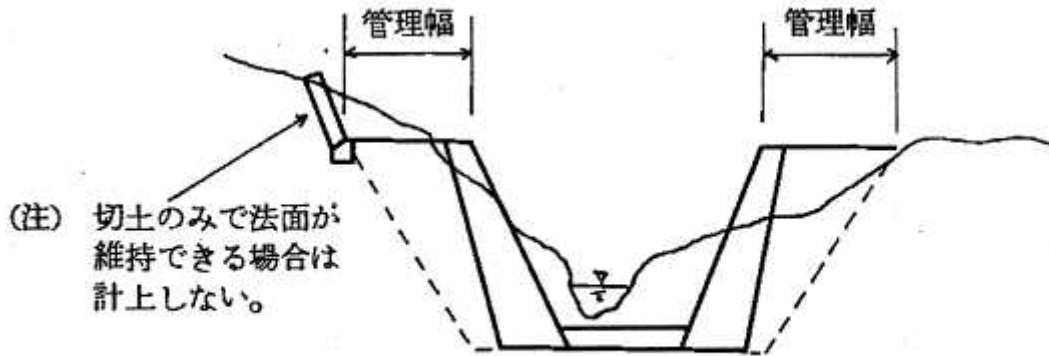


図 2-7-36 管理幅

一般には、次に示す基準を参考に定めるものとする。

1. 河幅が 5m 未満・・・兩岸とも 1m 以上
2. 河幅が 5m 以上 10m 未満・・・片岸を 3m、対岸を 1m 以上
3. 河幅が 10m 以上・・・兩岸とも 3m