

第4章 床固工

第1節 総説

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

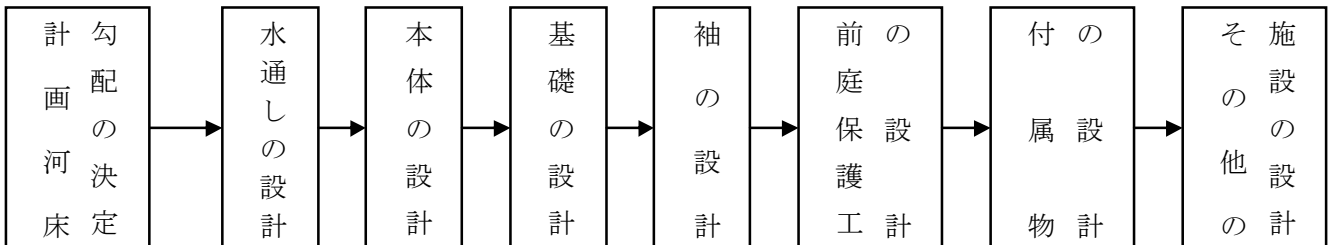
解説

床固工の機能としては、縦侵食を防止して河床の安定を図り、河床堆積物の流出を防止し、山脚を固定するとともに、護岸等の工作物の基礎を保護することが考えられる。床固工の規模、位置の選定に当たっては、これらを十分検討し決定しなければならない。

一般に床固工の高さは5m以下であり、計画河床勾配のもとに階段状に設置されることが多い。

床固工の構造及び安定計算は、不透過型砂防えん堤(本指針第2編第1章3.5)に準ずるものとし、その設計順序は図2-4-1に示すとおりであり、床固工完成後には、侵食や堆積の起こらない計画河床勾配を決定し、それに必要な床固工の位置や高さ等について検討する。更に、本体等の設計に必要な事項について概略検討し、水通し、本体、基礎、袖、前庭保護工、間詰め等の付属物の設計を行う。

図2-4-1 床固工の設計順序



第2節 基礎構造

2.1 位置

2.1.1 一般

床固工の位置は、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個所に計画する。
2. 支溪が合流する場合は、合流点下流に計画する。
3. 工作物の基礎を保護する目的の場合には、それらの工作物の下流部に計画する。
4. 溪岸の決壊、崩壊、及び地すべりなどの箇所においては、原則としてその下流に計画する。

解説

床固工は、縦侵食を防止して溪床を安定せしめるものである。

特に工作物の破壊する原因が基礎の洗掘である場合、また溪岸の決壊、崩壊、及び地すべりなどが縦侵食により、あるいは縦侵食と横侵食の両作用によって起こる場合は、当然それらの下流に設置すべきもので、この際工作物及び崩壊などの延長が長く、したがって、洗掘区間の長い場合の床固工は、1基では不足で、数基を階段上に設ける必要がある。

2.1.2 位置の選定

床固工の位置は、次の条件を考慮して選定する。

1. 溪流の屈曲部においては、屈曲区間を避けてその下流に計画するのがよい。
2. 溪流の幅員が広く乱流のはなはだしい箇所に設けて整流を行う。

解説

溪流の屈曲部の下流部とか溪床幅の大なる区間は乱流となりやすい。ここに設ける床固は水流の方向を修正して曲流による洗掘を防止あるいは緩和するもので、流路整備の効果をあげるため、河状に応じて階段状に床固工群を計画するが多い。

2.2 方向

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

解説

床固工における水通しの越流水は理論上床固工の方向に直角に放射されるものである。床固工水通し天端下流端中心を床固工の中心点と定める理由もここにある。床固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、床固工上下流部兩岸、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。したがって、方向は単独床固工にあっては下流の流心線に直角とし、また階段状の床固工群にあっては直上流床固工の水通し中心点における下流流心線上に床固の水通し中心点があるよう各床固に水通し位置を定めるのである。

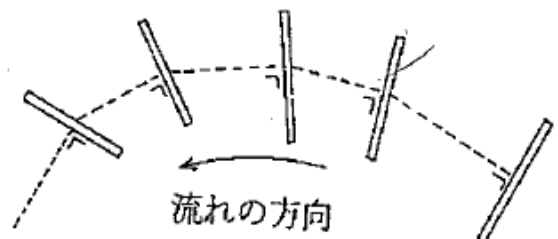


図 2-4-2 床固工の方向

2.3 高さ

1. 床固工の高さは通常の場合 5m程度以下とし、水叩き及び垂直壁を設けるときの落差 3.5～4.5mが限度である。
2. 床固工の高さ（水叩き及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及び床固工を長期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。

解説

床固工は原則として縦侵食を防いで溪床を安定せしめ、あるいは維持し、更に工作物基礎の洗掘を防止するのが目的であるから、高さを規定することは困難であるが、5m程度以下が普通で高いものを必要としない。また、床固工の施工箇所は沿岸の地形から高いものは施工困難の場合が多い。

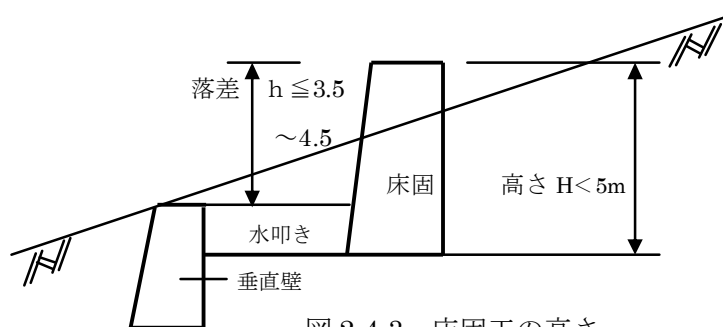


図 2-4-3 床固工の高さ

したがって、床固工 1 基によって安定し得る溪床の延長には限度があり、相当長区間にわたって縦侵食が行われ、あるいは溪流沿いの工作物の延長が長い場合には、階段状に床固工群を計画する必要があるが起ってくる。

2.4 溪床勾配

2.4.1 一般

1. 床固工は、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となることに注目すべきである。

解説

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、床固工の施工は時間が早過ぎるか、又はその必要がない。

このような場合はま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又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。

2.4.2 計画勾配

1. 溪流の溪床勾配は、流量すなわち流速及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。
2. 床固工下流法先は越流水流によって深掘され、溪床が低下するから、階段状床固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。
3. したがって、階段状床固工群においては基礎は下流床固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。

解説

床固工の計画勾配は、一応現溪床勾配の $1/2$ 程度を目途として計画するものとする。

一般に階段床固においては、下流床固の計画縦断線が旧溪床勾配と交る点の 2 倍の位置が上流床固の計画位置とする。

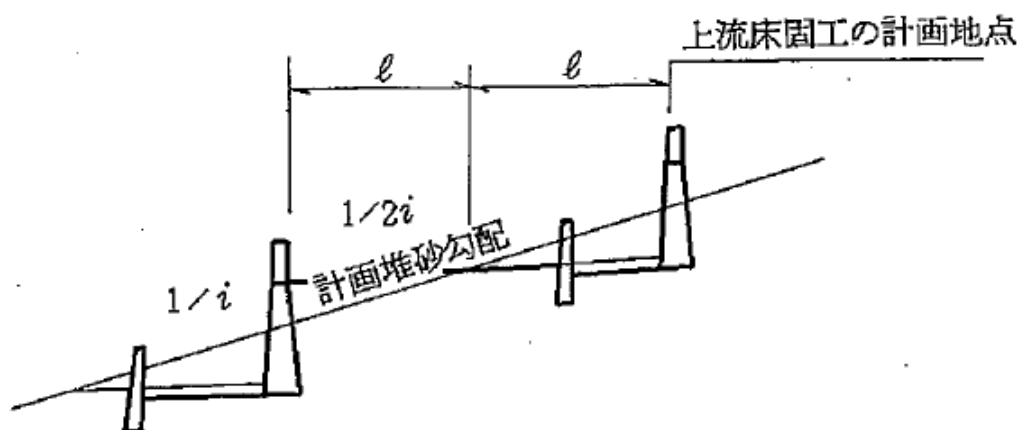


図 2-4-4 床固工縦断計画

2.4.3 階段状床固工

階段状床固工群施工区間においては、溪床勾配の屈折と曲流部の深掘によって起こる溪床勾配の局部的変動に注意しなければならない。

解説

溪流の溪床勾配は下流になるに従って緩やかとなるのが普通で、これによるはっきりした勾配の屈折が階段状床固工群施工区間に存在するか否かを特に注意し、それが存在する場合には床固工の高さと数を検討のうえ、床固工間の計画勾配がほぼ一致するようにしなければならない。また、曲流部の外側は水流によって溪床が深掘されるのが普通であるから、深掘程度の推定に努め、これが溪床勾配に与える変動を検討する必要がある。

第3節 床固工の設計

3.1 安定計算に用いる荷重及び数値

床固工の安定計算に用いる荷重及び数値は、不透過型砂防えん堤に準じて設計するものとし、安定計算に用いる設計外力は静水圧と土圧とする。
(本指針第2編第1章3.1及び3.2参照)

3.2 水通しの設計

床固工の水通し断面は、不透過型えん堤に準じて設計するものとするが、護岸工との組合せによるいわゆる溪流保全工内の床固工は、溪流保全工断面に合わせて計画することとなる。
(本指針第2編第1章3.5.2参照)

解説

溪流保全工内の床固工等の場合の水通しの高さは、対象流量を流し得る水深をマンシングの流速公式から求め、これに本指針第2編第1章3.5.2表2-1-6及び表2-1-7の余裕高以上の値を加えて求めることができる。

$Q = VA \quad \dots (2-4-1)$	Q : 対象流量(m ³ /s)	P : 潤辺(m)
$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \dots (2-4-2)$	V : 水通し天端の流速(m/s)	h ₃ : 越流水深(m)
$R = \frac{A}{P} \quad \dots (2-4-3)$	n : マンシングの粗度係数	B ₁ : 水通し底幅(m)
$A = h_3(B_1 + m_2 h_3) \quad \dots (2-4-4)$	R : 径深(m)	m ₂ : 袖小口勾配 (1 : m ₂)
$P = B_1 + 2h_3 \sqrt{1 + m_2^2} \quad \dots (2-4-5)$	I : 床固工上流河床勾配	
	A : 対象流量流過断面積 (m ²)	

ただし、越流水深(h₃)が、水通し底幅に対して著しく小さいか、又は、概略値を求める場合は次式を用いる場合もある。

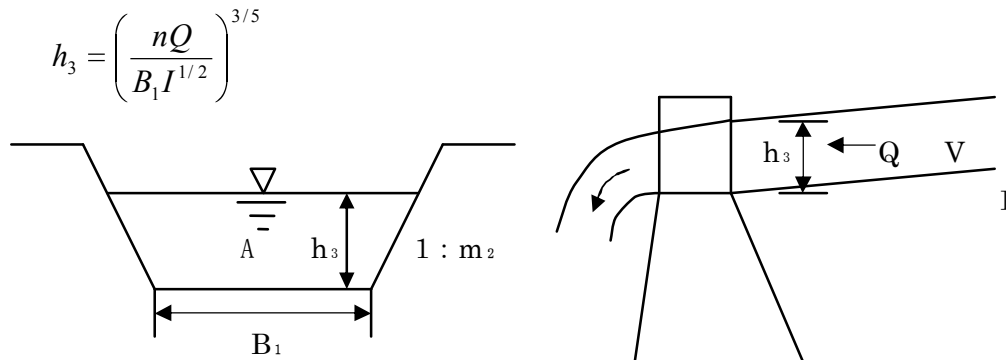


図2-4-5 マンシングの流速公式による越流水深

なお、余裕高については、曲流部の凹岸は凸岸に比べ水位が上昇するものであるから、上記余裕高に次式により算定した増高分(h)を加えたものとする。

グラシヨアの式

$$h = \frac{v^2}{g} \times 2.303 \times (\log R_2 - \log R_1) \quad \dots (2-4-6)$$

h：所要嵩上高(m)

V：水路曲線部の平均流速(m/sec)

g：重力加速度(9.8m/sec²)

R₁：水路内側の曲率半径(m)

R₂：水路外側の曲率半径(m)

3.3 本体の設計

床固工の本体は、不透過型えん堤に準じて設計するものとする。
(本指針第2編第1章3.5参照)

解説

床固工は、一般に重力式コンクリート形式が採用されるが、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工、ブロック床固工、鋼製床固工等を採用することがある。その場合は使用する部材及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。本体の水通し天端幅は、単独床固工で2.0mを標準とし、溪流保全工内の床固工については1.0～1.5mの範囲で定める。

3.4 基礎の設計

床固工の基礎は、不透過型えん堤に準じて設計するものとする。
(本指針第2編第1章3.6参照)

解説

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、粒度や締め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、締め具合や含水比によっては、圧密沈下や剪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。

土砂地盤の基礎処理等は、砂礫基礎の場合の基礎処理等を準用するものとする。

3.5 袖の設計

床固工の袖は、不透過型えん堤に準じて設計するものとする。
(本指針第2編第1章3.6参照)

解説

袖勾配は、単独床固工の場合、砂防えん堤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群の場合は、最上流の床固のみ袖勾配を設け、それより下流の床固には設けないのが普通である。

3.6 前庭保護工

3.6.1 一般

床固工の前庭保護工は、不透過えん堤に準じて設計するものとする。
(本指針第2編第1章3.8.1参照)

解説

床固工は、原則として前庭保護工を設けるものとする。

3.6.2 水叩き

床固工設置箇所が基礎が砂礫層から成る場合は、原則として水叩きを設けるものとする。

解説

水叩の縦断勾配は LEVEL を原則とするが、溪床勾配が急でやむを得ず勾配を付ける場合は計画縦断勾配までとする。

床固工は、単独であると階段状であるとかかわらず、洪水の越流によって下流法先が洗掘される。基礎が砂礫層であれば洗掘が生じ、床固工の破壊の原因となるから洗掘防止工法を施す必要があり、その代表工法が水叩き工法である。

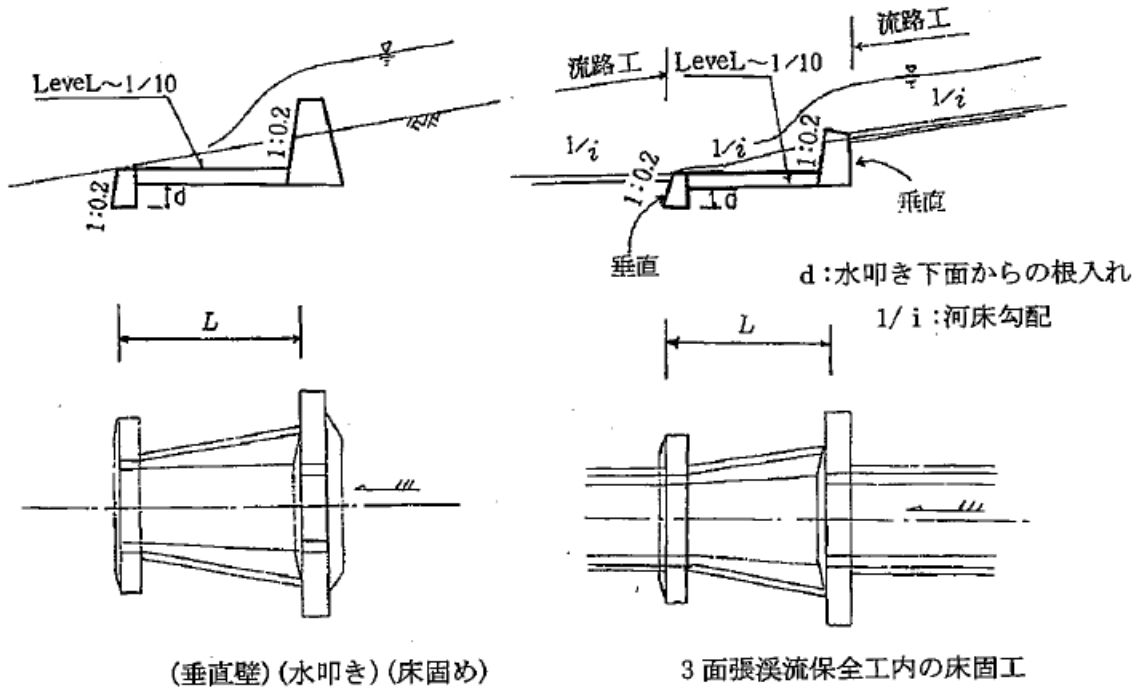


図 2-4-6 床固工構造図

1. 水叩きの長さ (L)

えん堤工に準じて水叩きの長さは、次式によるものとする。

$$L = \alpha(H_1 + h_3)$$

L : 床固天端下流端から垂直壁天端下流端までの長さ (m)

H_1 : 水叩き天端からの床固工の高さ (m)

h_3 : 床固工の越流水深 (m)

α : 係数であり 2.0~3.0 の範囲とする。 α は下記の式を参考に決定することができるが、鳥取県では $\alpha=2.0$ とする。

$$\alpha = 2.0 - \frac{1}{34}(H_1 - 3) \quad \cdots (2-4-7)$$

2. 水叩きの厚さ (t)

えん堤工に準じて水叩きの厚さは、次式によるものとする。

$$t = 0.2 (0.6H_1 + 3h_3 - 1.0) \quad \cdots (2-4-8)$$

3. 水叩きの勾配

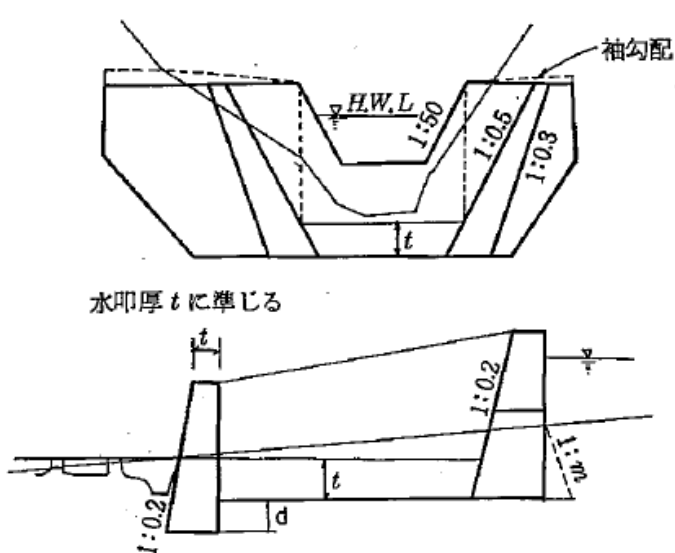
単独床固工は、えん堤工に準じ水平を原則とするが、やむを得ず勾配をつける場合でも 1/10 を限度とする。

3.6.3 垂直壁

1. 垂直壁の方向は、床固の方向に準ずる。
2. 垂直壁の天端高は、溪床面より高めないことを原則とし、根入れの深さは基礎が洗掘されない深さとする。この場合、水叩き下部より 1.5m を標準とする。
 なお、下流洗掘のおそれのある場合は護床工を設けなければならない。
3. 垂直壁の断面は、一律に下流法 1 : 0.2 とし上流法は垂直とする。
4. 垂直壁の水通し天端幅は、水叩き厚を標準とする。
5. 袖天端の勾配は、水平を原則とする。

3.6.4 側壁護岸

1. 天端の垂直壁への取付けは、垂直壁水通し肩と同高に取付けることを原則とし、上流は床固工本体の袖天端に合わせるものとする。
2. 基礎は、水叩き基礎に一致させなければならない。ただし、水叩きのない場合は、地形、地質を考慮して決定する。
3. 垂直壁の水通し袖小口へ側壁護岸の法面を接続させる場合は、垂直壁水通し袖小口勾配と一致させることを原則とする。
4. 床固工本体へ取付ける側壁護岸の法面及び法先は、床固の水通し肩より後退させなければならない。

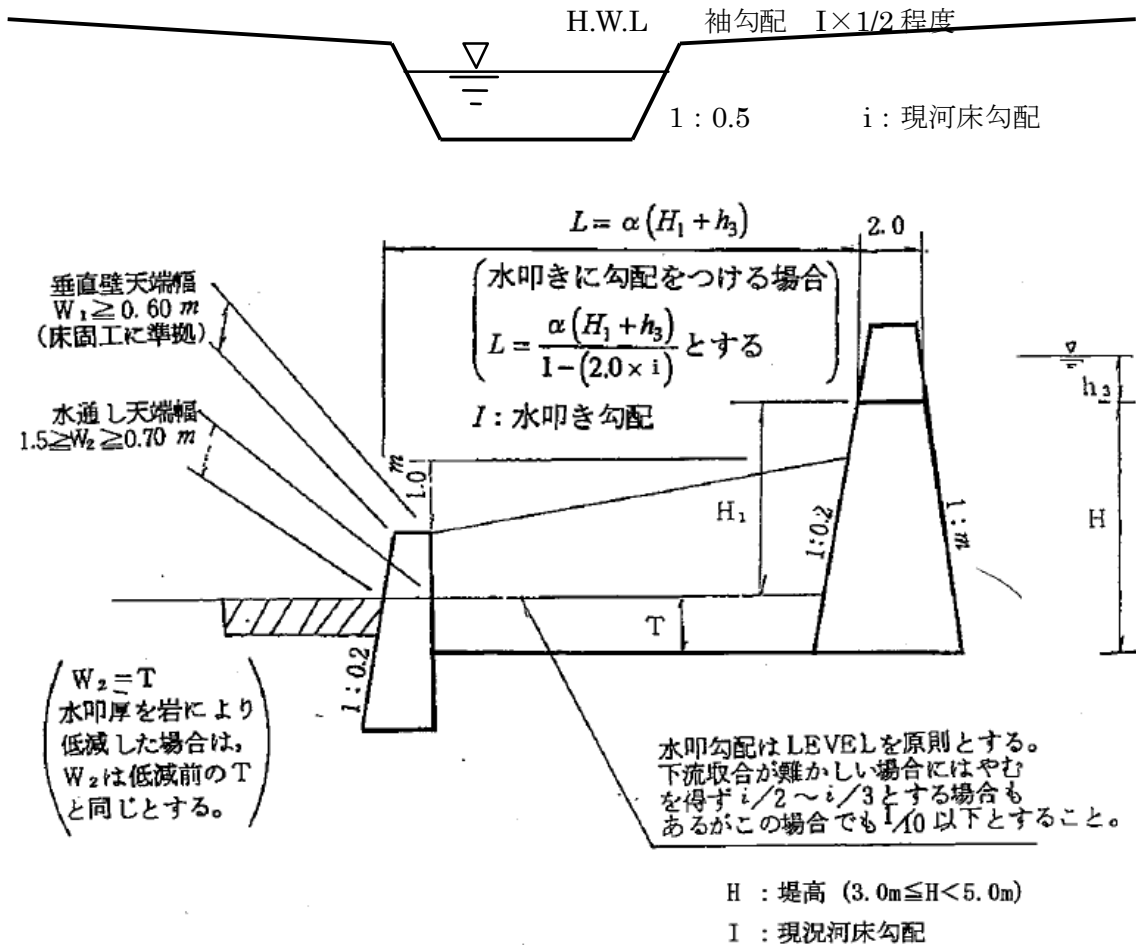


単独床固工、溪流保全工上流端の床固は砂防えん堤の袖勾配に準ずる。その他は、水平とする。

t : 水叩き厚
 d : 水叩き下面からの根入れ

図 2-4-7 床固工構造図

3.7 谷止工及び単独床固工の構造



※本堤の構造は、不透過型えん堤に準拠する。(本指針第2編第1章第3節 参照)

※垂直壁の天端幅及び根入れ(水叩き下面から)は、床固工に準拠する。

(本指針第2編第4章 参照)

※水叩厚は、不透過型えん堤に準拠する。(本指針第2編第1章3.8.3 参照)

※多段落としの場合は、えん堤工に準拠する。(本指針第2編第1章3.8 参照)

図 2-4-8