

(参考) 掃流区間における流木対策施設の設計

参 1.1 洪水、土砂量の規模等

掃流区間河道内あるいはその付近に流木対策施設を設置する場合は、洪水、土砂流の規模等を考慮して洪水や土砂流が安全に流下するように設計する。

解説

豪雨時に発生する洪水の規模等（ピーク流量、流速、水深、含砂率）は、原則として河川砂防技術基準計画編、河川砂防技術基準（案）調査編第5章、同第6章、河川砂防技術基準（案）設計編第3章に基づいて検討する。

洪水および土砂流の流速、水深等は土砂を含んだ流量を用いて Manning 式等により算出するものとし、流木を含むことによる流速、水深等への影響は考慮しないものとする。なお、流木の流速は洪水、土砂流の表面流速にほぼ等しいと考えられるので平均流速の約 1.2 倍として計算する。

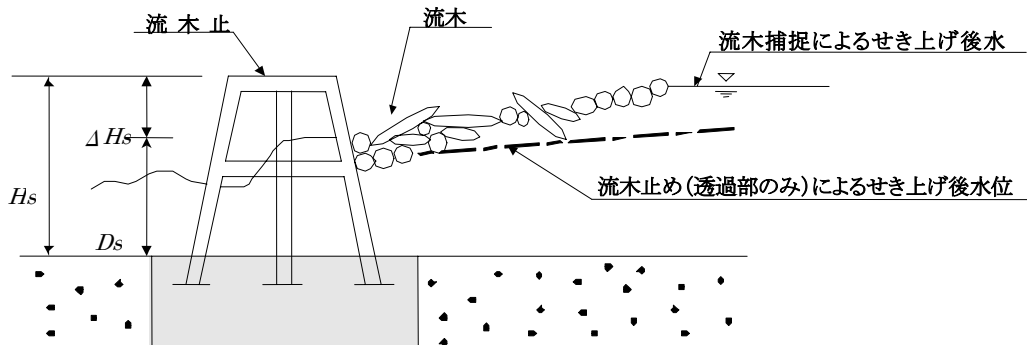
参 1.2 流木捕捉工の設計

参 1.2.1 透過部の高さ

流木捕捉工の透過部の高さは、流木止めによるせき上げを考慮した水位に流木の捕捉に必要な高さを加えた値以上とする。

解説

透過部は転石により閉塞しないように設計するものとし、透過部の高さは流木止めによるせき上げを考慮した水位に流木捕捉に必要な高さを加えた高さ以上とする。その概念を図一参 1 に示す。これらの決定の手順を以下に示す。なお、図中のきごうについては、 D_s ：流木止めによるせき上げを考慮した水位 (m)、 ΔH_s ：流木捕捉に必要な高さ (m)、 H_s ：流木止め (透過部) の高さである。



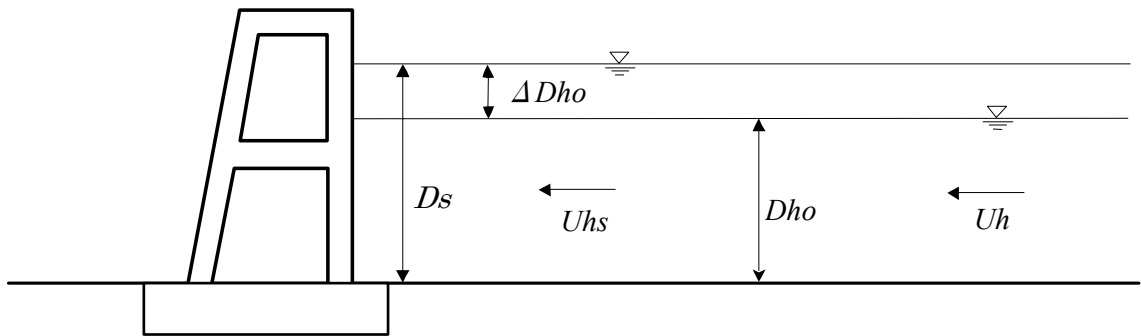
図一参 1 掃流区間に設置する流木捕捉工の透過部の高さ (H_s) の模式図

(1) せき上げ水位の計算

① せき上げ前の水深 D_{h0} 、平均流速 U_h

開水路形状：土砂混入流量により、 Manning 式等により求める。

堰形状：土砂混入流量によりせきの公式で求める。



図一参2 流木止めによるせき上げ水位

② 流木止め工によるせき上げ高

掃流区間に流木止め工を設置する場合には、大部分の流木は土砂流、洪水の表面を流下するため、これを捕捉するための流木止め工の高さは流木止め工によるせき上げを考慮した土砂流や洪水の水位よりも高いことが必要である。

なお、縦部材のみによるせき上げの水位は次式^{参1)}により算定できる。

$$\Delta h_{h0} = k_m \cdot \sin \theta_m \cdot \left(\frac{R_m}{B_p} \right) \frac{U_h^2}{2g} \quad \dots (参1)$$

ここで、 ΔD_{h0} ：流木止め工縦部材によるせき上げ高 (m)、 k_m ：縦部材の断面形状による係数 (鋼管で $K_m \doteq 2.0$ 、角状鋼管で $K_m \doteq 2.5$ 、H形鋼では $K_m \doteq 3.0$ を用いる)、 θ_m ：縦部材の下流河床面に対する傾斜角 (度)、 R_m ：縦部材の直径 (m)、 B_p ：縦部材の純間隔 (m)、 U_h ：上流側の流速 (m/s) である。

③ せき上げ後水深 D_s

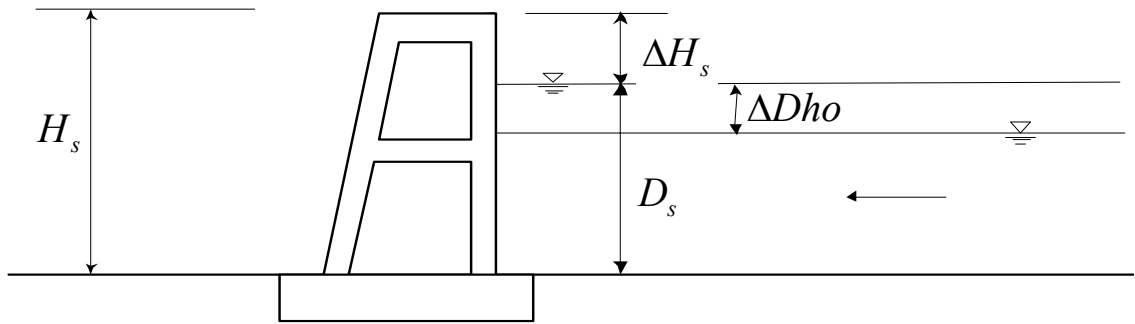
$$D_s = D_{h0} + \Delta D_{h0} \quad \dots (参2)$$

$$U_{hs} = \frac{Q}{D_s \cdot B_s} \quad \dots (参3)$$

ここに、 Q ：設計流量 (m^3/s)、 U_{hs} ：せき上げ後の平均流速 (m/s)、 B_s ：流下幅 (m) である。

(2) 流木止め工の高さ (H_s)

土砂礫等による閉塞は無いものとし流木止め工の高さは、せき上げ高を加えた水深 D_s に流木の捕捉に必要な高さ ΔH_s を加えたものとする。 ΔH_s は流木捕捉時の流木のせり上がりを考慮して、少なくとも最大流木径の2倍を確保する。



図一参3 閉塞の恐れのない場合の透過部の高さ

参 1.2.2 透過部における部材の純間隔

流木捕捉工の透過部における部材の純間隔は、透過部が転石で閉塞しない条件と流木を捕捉する条件とを満足するものとする。

解説

(1) 掃流により移動する最大礫径

掃流区間を流下する最大礫径は限界掃流力による移動限界礫径を参考に次の方法により求める。

①平均粒径に対する移動限界摩擦速度の2乗 U_{*cm}^2

次式^{参2)}から求める。

$$U_{*cm}^2 = 0.05 \cdot (\sigma/\rho - 1) \cdot g \cdot d_m \quad \dots (\text{参 4})$$

ここで、 d_m : 河床材料の平均粒径 (m)、 σ : 砂礫の密度、一般に 2600~2650kg/m³、 ρ : 泥水の密度、一般に 1000~1200kg/m³、 g : 重量加速度 (m/s²) である。

②摩擦速度の2乗 U_*^2

次式から求める

$$U_*^2 = g \cdot D_{h0} \cdot I \quad \dots (\text{参 5})$$

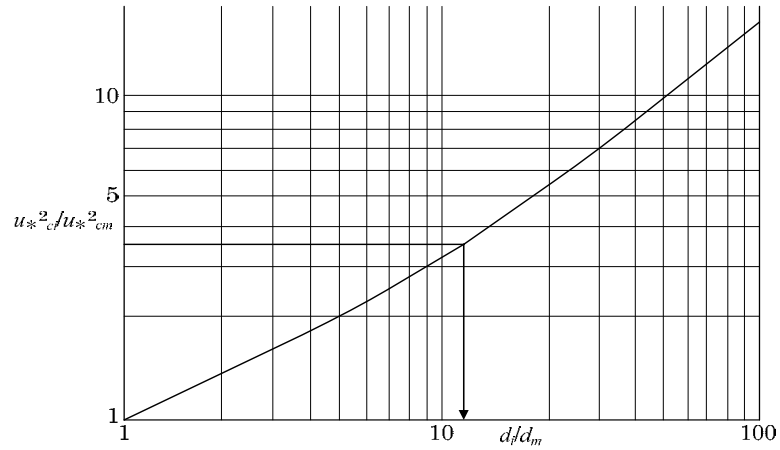
ここに、 D_{h0} : 水深 (m)、 I : 河床勾配である。

③摩擦速度比の2乗 U_*^2/U_{*cm}^2

①、②の値を用いて求める。

④付図の縦軸 U_*^2/U_{*cm}^2 が、③の U_*^2/U_{*cm}^2 に等しい点に対する d_i/d_m を求める。

$$\frac{d_i}{d_m} > 0.4 : \frac{U_{*ci}^2}{U_{*cm}^2} = \left(\frac{\log_{10} 19}{\log_{10} 19 \cdot \left(\frac{d_i}{d_m} \right)} \right)^2 \left(\frac{d_i}{d_m} \right) \quad \dots (\text{参 6})$$



図一参 4 粒径別限界掃流力

⑥現地の最大転石と比較して、小さい方を最大粒径とする。

(2) 透過部の部材の純間隔

透過部が転石により閉塞しないために上で求めた最大転石が下記の条件を満足するように部材純間隔を設定する。

$$B_p \geq 2d_i \quad \dots (\text{参 7})$$

ここで、 B_p : 透過部の純間隔 (m)、 d_i : 最大転石 (m) である。

流木を捕捉するために部材の純間隔は下記の式を満足する値とする。

$$\frac{1}{2}L_{wm} \geq B_p \quad \dots (\text{参 8})$$

ここで、 L_{wm} : 最大流木長 (m) である。

部材の純間隔は上記の条件を満足する範囲で選定する。

参 1.2.3 全体の安定性の検討

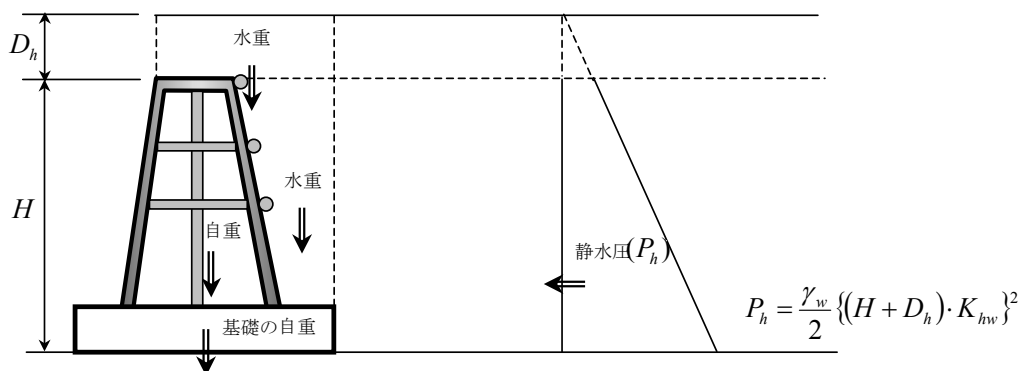
流木捕捉工の安定性の検討に当たっては、流木捕捉工が流木等により完全に閉塞された状態でも安定であるように設計する。

解説

掃流区間における流木捕捉工の安定性の検討は、原則として河川砂防技術基準計画編、河川砂防技術基準（案）設計編第3章によるものとする。なお、単独で設置される流木捕捉工の基礎部も含めたえん堤の高さは、えん堤高さ 5m 以下（床固工程度）を原則とするが、えん堤高さ 5m を超える場合は、以下の点に留意し検討するものとする。

- ・ 流木捕捉工の透過部の高さを出来るだけ低くするように水通し幅を広く取り水深を低くする。
- ・ 基礎厚が厚く基礎天端と下流河床面に大きな落差が生じる場合や流木捕捉工の高さが高く越流水に大きな落差が生じる場合には、前庭保護工を検討し安定を確保する。

掃流区間において、流木止め工が流木で閉塞された状態の場合は、図一参5に示すように静水圧が作用する。この場合静水圧の大きさは透過部の閉塞密度（ K_{hw} ）に影響を受ける。ここでは完全に閉塞された状態を想定して $K_{hw} = 1.0$ の静水圧（水の単位体積重量 $\gamma_w = 11.77\text{kN/m}^3$ ）とする。掃流区域の透過型流木捕捉工の場合、礫による捕捉が生じないように設計するので、堆砂圧は考慮しない。



※1) K_{hw} : 透過部の閉塞密度に応じた静水圧係数 ($K_{hw} = 1.0$)

図一参5 掃流区域の流木捕捉工の閉塞状況

表－参 1 流木対策施設（掃流区間）の設計外力（自重を除く）

	平 常 時	土 石 流 時	洪 水 時
えん堤高 5m以下 (基礎含む)			静水圧

参 1.2.4 部材の安定性の検討

掃流区間の流木捕捉工の透過部を構成する部材は、水圧および流木と礫の衝突に対して安全であるように設計する。

解説

土石流区間の流木捕捉工と同様に、透過部の構成断面は小さく重力式構造ではないので、部材の構造計算を行い、安全性を検証する。

流木の衝突による衝撃力は、土石流・流木対策施設設計技術指針 4.3 によるものとする。

掃流区間において、透過部材の構造計算に用いる設計外力としての流木の衝撃力の算定にあたっては、流木の衝突の計算における流速は表面流速を用いるものとし、下記の式で求める。流木は長軸が水流の方向と平行に流下し衝突する場合を想定して衝撃力を計算する。

$$U_{ss} = 1.2U_s \quad \dots (\text{参 9})$$

ここで、 U_{ss} : 表面流速 (m/s)、 U_s : 平均流速 (m/s) である。

参 1.2.5 透過部以外の設計

流木捕捉工の各部の構造の検討に当たっては、流木捕捉工が流木等により閉塞された状態においても安定であるように設計する。また、流木の衝突による衝撃力に対する安定も検討する。

解説

流木捕捉工の各部の構造（水通し断面、天端幅、下流のり、基礎、袖の構造、前庭保護工）の検討は、原則として河川砂防技術基準計画編、河川砂防技術基準（案）設計編第3章-によるものとする。即ち、流木捕捉工の各部の構造の検討に当たっては、流木止め（透過部）の上流側が流木等により安全に閉塞されて水が透過できない状態を想定して、不透過型砂防えん堤とみなして水通し断面、天端幅、下流のり、基礎、前庭保護工を設計する。流木捕捉工は砂防えん堤の副堤にも設置することができる。

流木捕捉工の水通し断面は、透過部への流木の閉塞による土砂流・洪水流の越流に備えて原則として透過部の上に設ける。

参 1.3 流木発生抑止工の設計

掃流区域の流木発生抑止工は溪岸侵食抑制機能を効率的に発揮し、洪水に対して安全であるように設計する。

解説

掃流区域の流木発生抑止工は、護岸工および流路工と同じ位置に同様の機能を持つように設置するものであるので、設計は河川砂防技術基準（案）設計編第3章に従うものとする。

参考文献

参 1) 土木学会 (1980) : 水理公式集 昭和 46 年改定版、社团法人 土木学会、p. 252

参 2) 土木学会 (1999) : 水理公式集 平成 11 年改定版、社团法人 土木学会、p. 158