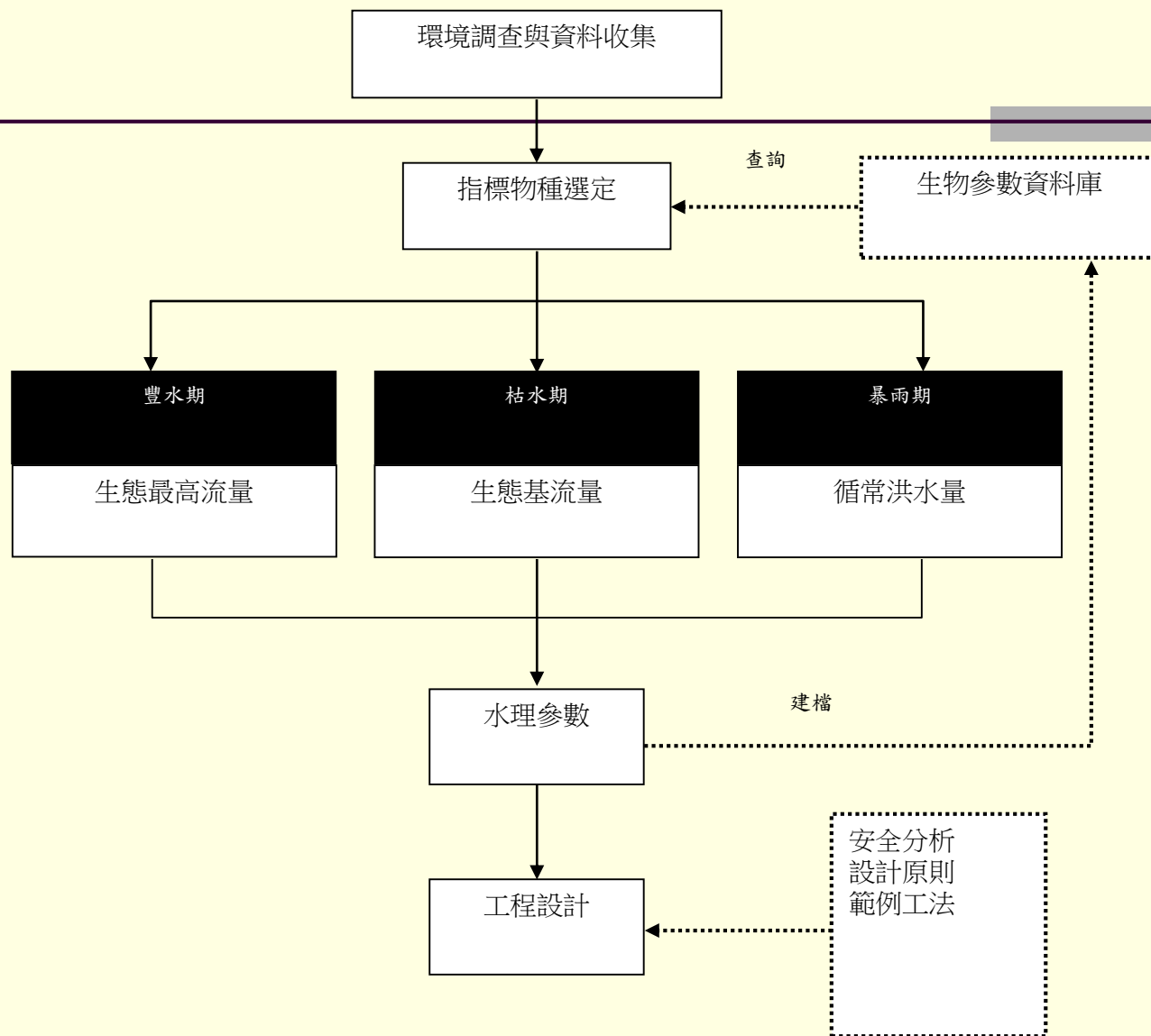


前言

- 生態與傳統工程。
- 水文與水理可彌補生態與傳統工程之鴻溝。
- 生態水文與水理乃應用傳統水力之理論，但融入生態之概念，以作為生態工法設計之依據。

生態工法水文水理設計流程



環境調查與資料收集

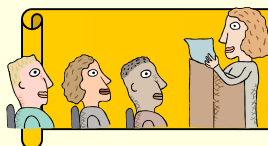
環境資料收集



水文資料



地文資料



水理資料



生態資料



水質資料

指標物種之選定

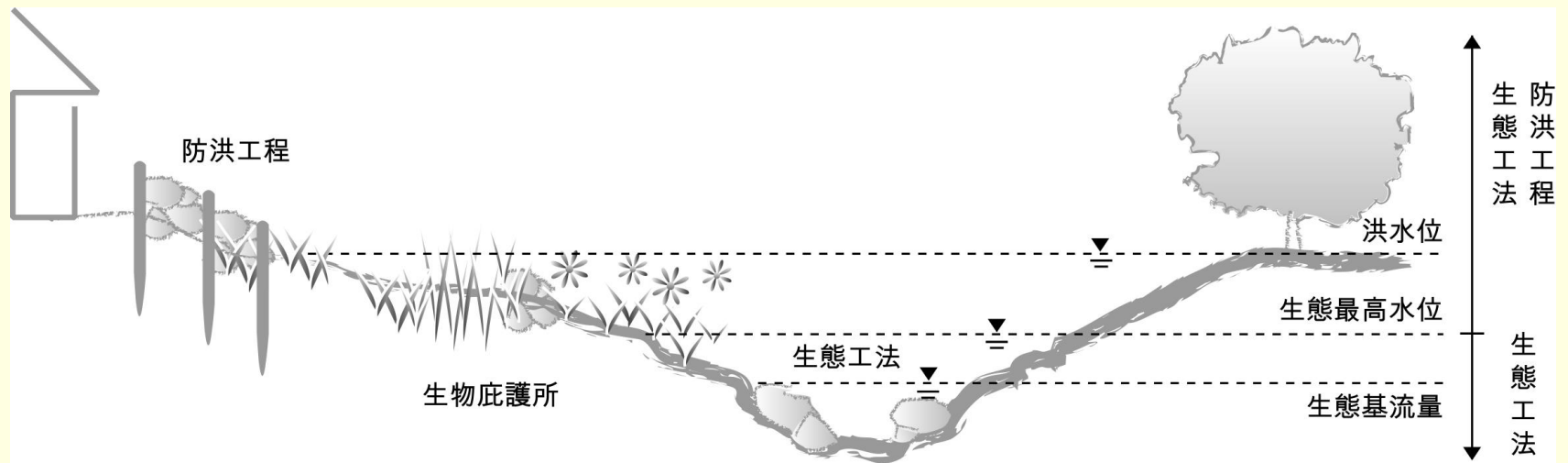
- 食物鏈。
- 任何單一之集水區生物種類往往超過上百種。
- 生態之復育與保護或工程之進行不可能考慮到所有之生物，並對其棲性及棲息地進行全面性之調查。
- 指標生物之選定通常為食物鏈中較高階之生物。

- ❁ 魚類之棲息地及活動因此將為河川水文與水理之重要依據。

魚類為生態之指標生物

- ❁ 魚類為河川食物網中高營養階層的消費者。
- ❁ 魚類整個生命週期皆在水底完成。
- ❁ 魚類對於河川物理性、化學性與生物性品質承載範圍較大。
- ❁ 在野外容易辨識。
- ❁ 魚類群落較為穩固。
- ❁ 魚類個體較大，目標明顯，在野外較易採集。
- ❁ 部分魚類也是人類的食物來源。

流量之評估

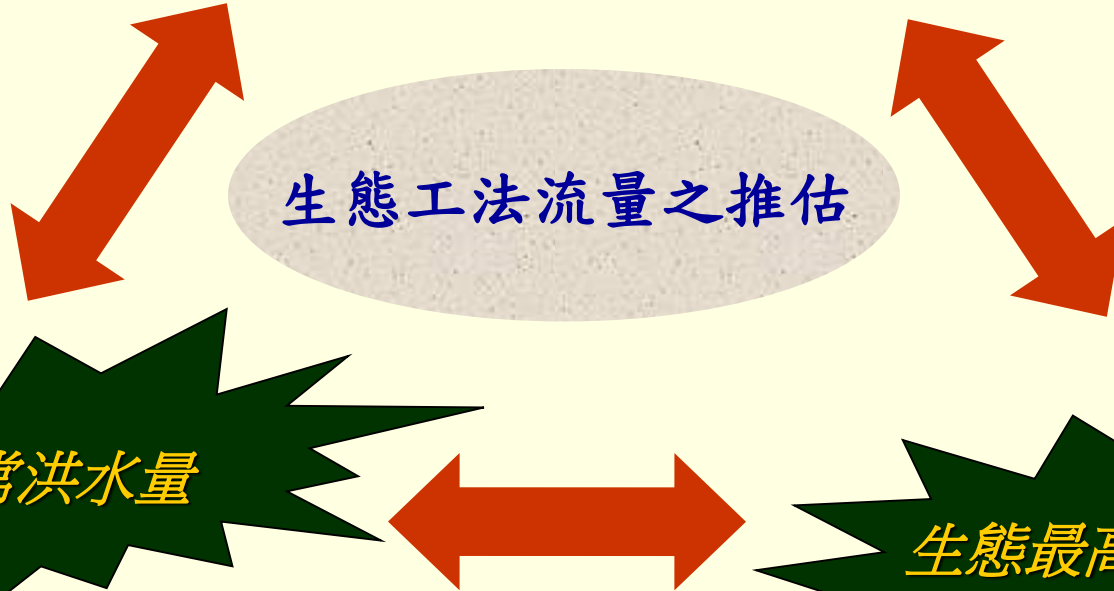


生態基流量

生態工法流量之推估

循常洪水量

生態最高流量



生態基流量之推估



棲地評估法。



生物指標評估法。

頻率分析法。



生態高流量之推估

- 生態高流量為指標物種可承受之極端流況時之流量，因此當流量超過生態最高流量時，則應考慮生物避難所之設置。
- 魚類之運動特性。

洪水量之推估

極端值分佈

$$x_T = u + \alpha y_T$$

頻率因子

$$x_T = \bar{x} + K_T s$$

機率繪點偏態係數

$$P(X \geq x_m) = \frac{m-b}{n+1-2b}$$

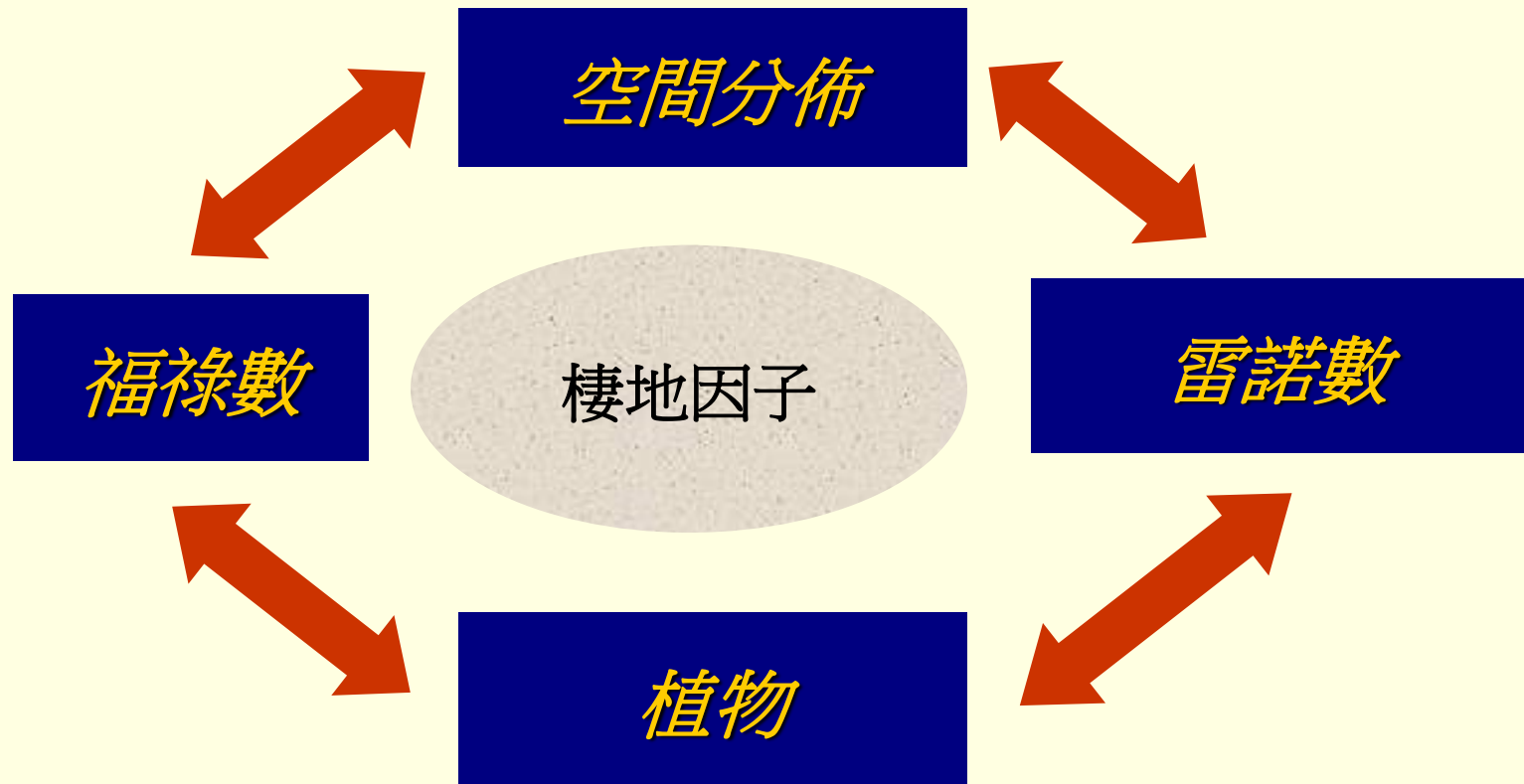
泥砂濃度之評估

- 當輸砂量及泥砂顆粒發生非自然之改變，便會對生態產生負面之影響。較小粒徑之泥砂對水生族群之影響尤其明顯，包括：
 - 阻塞並破壞魚類的腮
 - 破壞產卵場
 - 使渠底之魚卵及昆蟲之幼蟲窒息
 - 影響濁度，亦會吸附污染物質或有毒物質，將其帶入水體環境，並將逐漸釋放此些污染物質，破壞水質

污染物之推估

- 污染物之總類
- 污染物對指標性生物之影響
- 污染物之量測依循EPA之標準
- 污染物與流量之關係

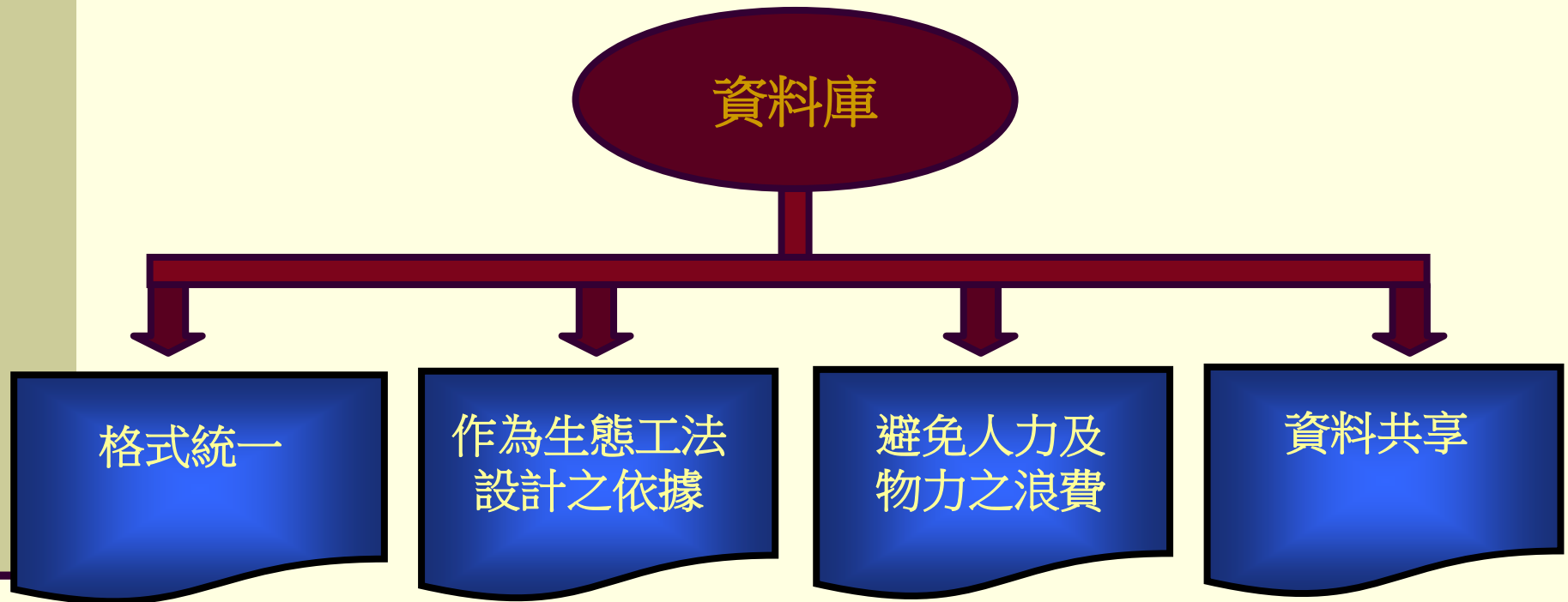
河川生態水理



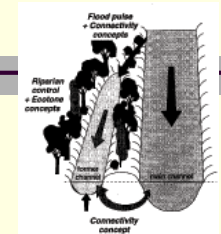
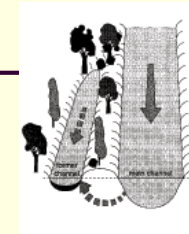
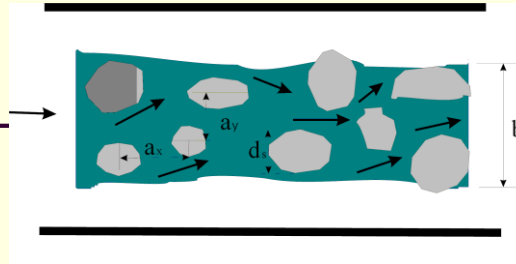
生物參數資料庫之建立

- 對不同生物因子與水理因子間之關係將可逐漸建立，因此可將所有之案例以統一之格式建立「生物參數資料庫」，
- 將來的生態工法便可於施工前確認該區域之指標物種，再透過資料庫之查詢得到指標物種之生物參數，作為生態工法設計之依據。
- 可節省大量之時間，且不必因重複進行生物及環境因子之調查，造成避免人力及物力之浪費。

生物參數資料庫之建立

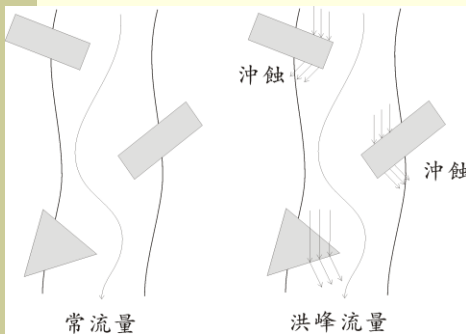


河川生態工法水理分析

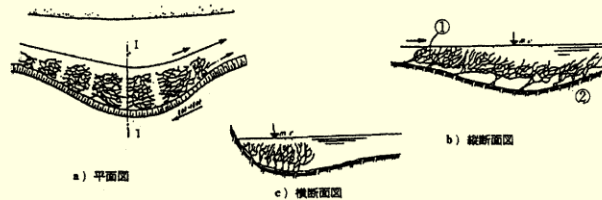
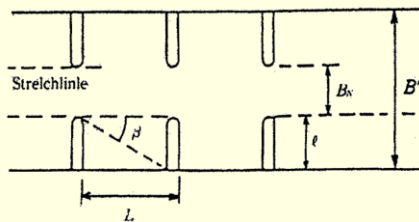
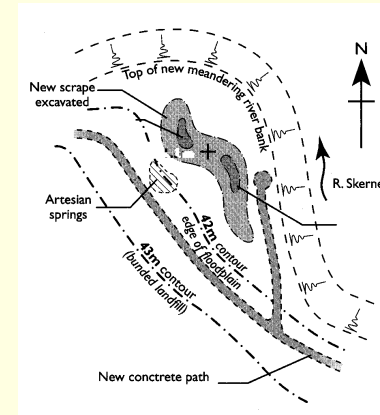
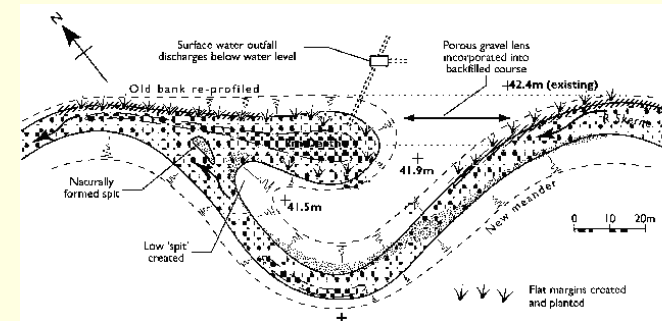


洪水前

洪水時



- 河川堤岸與河幅
- 拋石工法
- 石樑工法
- 導流裝置
- 護岸塊石
- 丁壩
- 庇護所之設計



拋石工法 之一

考慮河床及阻流石之粗糙度

$$Q = A \cdot V_m \text{ (cms)}, V_m : \text{平均流速(m/s)}$$

$$V_m = \frac{1}{\sqrt{\lambda_{ges}}} \sqrt{8g\gamma_{hy} I}$$

$$r_{hy} \text{ (水力半徑)} = \frac{A}{I_u}$$

A : 橫斷面積

I_u : 潤周

λ : 阻抗係數

I : 河床坡度

拋石工法 之二

● 河床阻抗係數 (λ_0)

(1) 粒徑較小者

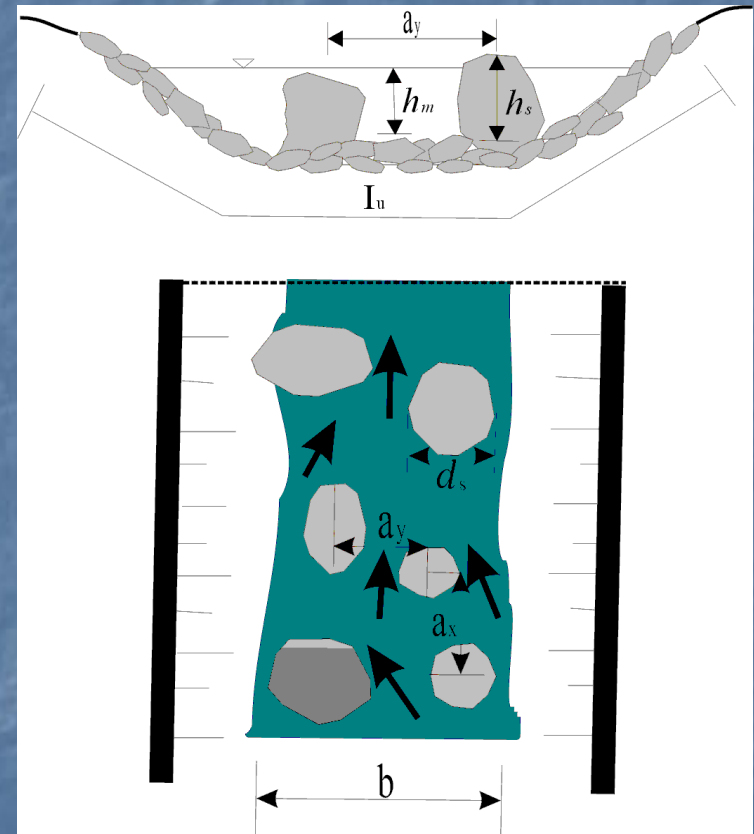
$$\frac{1}{k\sqrt{\lambda_0}} = -2 \log \left(\frac{k S / r_{hy}}{14.84 \frac{K_s}{s} \approx d_{90}} \right)$$

(2) 粒徑較大者

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_0}} = -3.2 \log \left[(0.425 + 1.01I) \frac{k}{h_m} \right]$$

$$I = 1:8 \sim 1:15, \quad d_s = 0.6 \sim 1.2m$$

$$k \approx \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2} \right) d_s, \quad h_m: \text{平均水深}$$



拋石工法 之三

(二) 阻流石阻抗係數 (λ_s)

$$\lambda_s = 4C_w \frac{\sum A_s}{A_{o.ges}}$$

$$C_w \approx 1.5 \text{ (形狀係數)}$$

$$A_s = d_s \cdot h_m \text{ (阻流石受衝擊之表面積)}$$

(三) 河道總阻抗係數 (λ_{ges})

$$\lambda_{ges} = \frac{\lambda_s + \lambda_o (1 - \varepsilon_o)}{1 - \varepsilon_v}$$

$$\varepsilon_v = \frac{\sum V_s}{V_{ges}} = \frac{\text{水面下阻流石體積總和}}{\text{河道容積 } A \cdot l}$$

$$\varepsilon_o = \frac{\sum A_{o.s}}{A_{o.ges}} = \frac{\text{阻流石總底面積}}{\text{河道底面積 } I_u \cdot l}$$

(四) 最大流速

$$V_{\max} = \frac{V_m}{1 - \frac{\sum A_s}{A_{ges}}}$$

石樑工法 之一

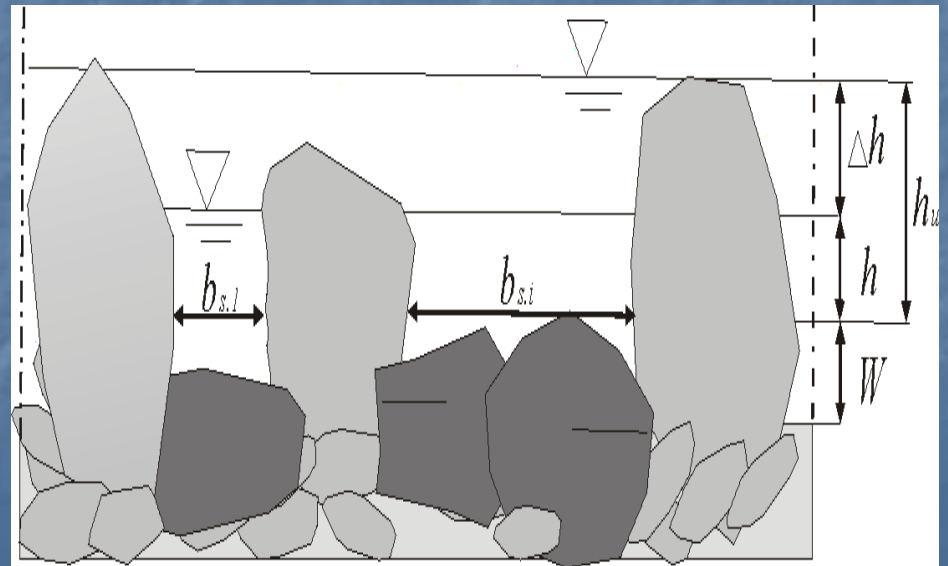
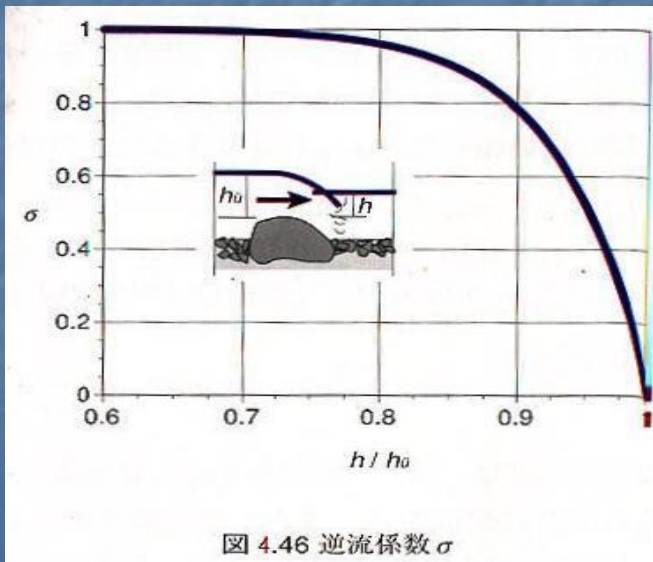


石樑工法

- 使上游流速降低，沈降性增加，具有攔砂性質。
- 低流量時可保有一定水位。
- 高流量時可形成保護魚類之避難所。

石樑工法 之二

- 考慮越流及逆流因素，推求流量 Q 。
- 上下游水位差 Δh ，逆流係數 σ ，水位比 h/h_m 。



石樑工法 之三

$$(1) Q = \frac{2}{3} \mu \sigma \Sigma b_s \sqrt{2gh_u}^{3/2} \text{ (cms)}$$

$$(2) \text{ 最大流速: } V_{\max} = \sqrt{2g\Delta h} \text{ (m/s)}$$

(3) 逸散度 E

$$E = \frac{\rho g \Delta h Q}{bh_m I_w} = \frac{\rho g \Delta h Q}{A \cdot I_w}$$

$$E \doteq 150 \sim 200 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^3} \right)$$

可形成良好魚類避難場所

導流裝置 之一

束縮河寬，形成深潭、淺灘。



導流裝置 之二

Δh : 側堰所形成之上昇水位

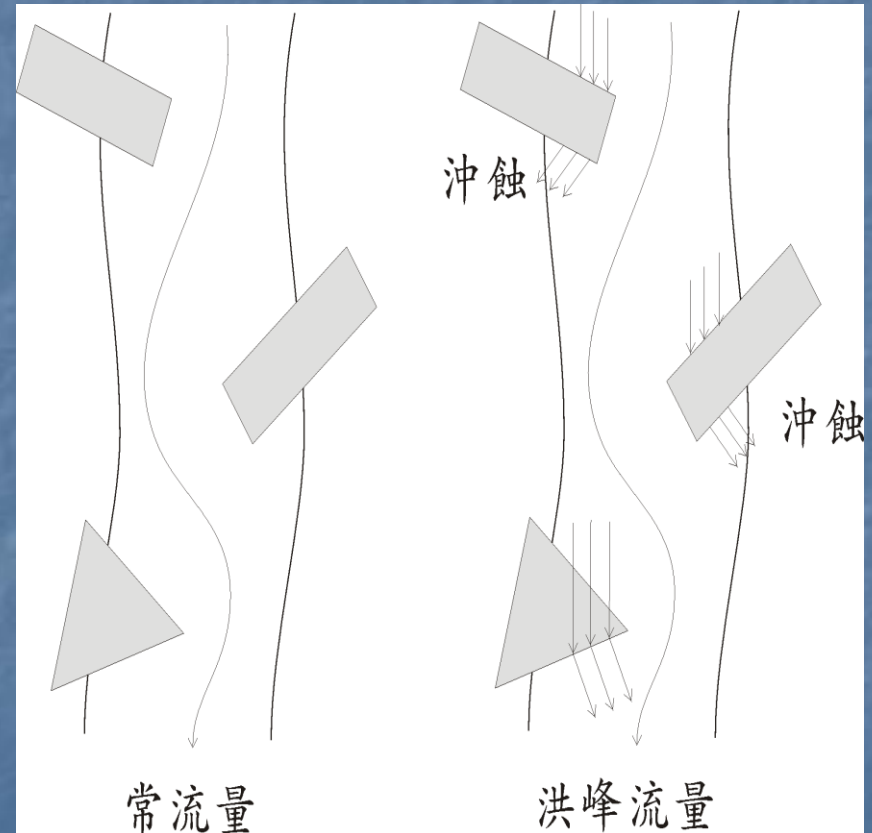
$$\Delta h = \lambda \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

v : 上游平均流速

$\lambda = \frac{s_1}{s_0}$: 阻流係數

s_0 : 河川斷面積

s_1 : 側堰斷面積



護岸塊石之疊砌

- 抵抗水流拖曳力之最小粒徑 D_m ；

$$D_m = \frac{1}{E_i^2 \times 2g \left(\frac{P_s}{P_w} - 1 \right)} \times V_0^2$$

D_m ：塊石之平均粒徑 (m)

V_0 ：代表流速 (m/sec)

P_s ：塊石之密度 $\left(\frac{kg}{m^3} \right)$

P_w ：水之密度 $\left(\frac{kg}{m^3} \right)$

g ：重力加速度 $\left(\frac{m}{sec^2} \right)$

E_i ：亂流影響係數 ($E = 1.2 \sim 0.86$)

若坡面之傾角為 θ 時，則塊石粒徑需加以修正，其修正值為 K

$$K = \frac{1}{\cos \theta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \theta}{\tan^2 \phi}}}$$

ϕ ：水中之安息角，

自然石塊為 38° ，碎石為 41°

計算釋例

台灣中部某一集水區欲整治河溪沖蝕護岸約150公尺長，以塊石疊砌（塊石乾砌法），若以25頻率年暴雨洪水為設計目標，護岸高達3.5公尺以上，其最大流速將達每秒6.18公尺。

試估計可抵抗沖刷曳引力下，推估疊砌塊石之最小粒徑。（經現場量測此區域平均坡度為 22° ，另亂流之影響採用 $E_i = 1.0$ ）

計算釋例

$$D_m = \frac{1}{1.0^2 \times 2 \times 9.81 \left(\frac{2.65}{1} - 1 \right)} \times 6.18^2 = 1.18m$$

$$K = \frac{1}{\cos 22^\circ \sqrt{1 - \frac{\tan^2 22^\circ}{\tan^2 38^\circ}}} = 1.25$$

修正後 $D_m = 1.25 \times 1.18 = 1.475m$

因此本工程護岸採用砌塊石保護時，其粒徑宜採用1.5公尺。