



營建工地逕流廢水及作業廢水污染削減管理

講 授：廖萬里

主辦單位：桃園市政府環境保護局

民 國 111 年 6 月 29 日

講授大綱

前言

- 一、營建工地廢水量估算原則
- 二、營建廢水污染特性
- 三、營建工地廢水設施與管理
- 四、營建廢水沉砂池設置原則
- 五、營建廢水工程管理

前言 – 營建逕流廢水

營建工程的整地、開挖與回填將擾動現地土壤，使土層容易受到水之侵蝕。管理不當的營建工地將成為逕流廢水污染源。營建工地逕流廢水即是流經工地之雨水夾帶土壤、營建作業產生之污水與油料、混凝土漿液、油漆、溶劑，以及任意棄置堆放之廢棄物與員工垃圾及施工材料等。

雨水沖刷鬆動土壤之沖積物所產生之逕流廢水，是營建工地的最主要水污染源。未經處理之營建工地逕流廢水可以在短時間內造成水體濁度瞬間增高及大量之河床沉積物，對水域造成相當程度之物理和化學性及水域生物之危害。

前言 – 他山之石

當前先進國家相當重視營建逕流廢水之污染防治，甚至較我國之規定嚴格。例如美國加州規定，對於營建施工區域將擾動一英畝（0.405公頃）以上土壤面積的營建專案，需要向「（美國加州）水資源控制委員會（State Water Resources Control Board, SWRCB）」提交「意向通知」（Notice of Intent, NOI），並提出由業主或其指定的代表人員簽署的許可申請，並支付許可證費用。營建業主提交 NOI 取得許可後，SWRCB 將發給廢棄物（含廢水）排放者識別證號（Waste Discharger Identification Number, WDID），進行嚴密管控。

前言 – 他山之石

加州政府亦規定營建工程專案需要提出「暴雨雨水污染預防計畫 (Storm Water Pollution Prevention Plan (SWPPP) Manual) 手冊」。該手冊須包括「(暴雨逕流)最佳管理實施方法 (Best Management Practices, BMP)」，內容除了防止逕流水污染之防治措施和方法外，還必須包括設置可目視可見與不可見(non-visible)污染物排放之監控系統；此外，如果處理後之逕流廢水直接排入水體，還需要提出「水體沉積物監控計畫(sediment monitoring plan)」。

前言 – 逕流廢水產生

- 。 營建工程為整理施工場地(整地)和構築結構物之基礎(興建)，往往需要進行地表清理與整地及開挖工作，這些施工過程將擾動土壤表面，並可能將地表下之污染沉積物質暴露出地面。
- 。 通常最大量之營建廢水是地表逕流廢水，當雨水落在或流過受干擾的土壤時產生的，它能將鬆散的地表物（包括土壤顆粒與不適用物質）及挖出的沉積物污染物從工地產源，隨水流到工區以外的地點。



河(渠)道施工之
逕流廢水源



回填作業之逕流廢水源



開挖暫堆置於現地土
方的潛在逕流廢水源

前言 - 逕流廢水以外之營建工地廢水源

- 1. 作業廢水**：包括澆置混凝土和養護之廢水、鑽掘基樁施工廢水、機械和車輛清洗廢水、裸露地灑水及鋼板便道清洗之廢水、。
- 2. 地下湧水**：深開挖時之地下湧出水（* 地下湧水如未漫流至工地作業環境，或未與作業廢水混合情形，得排入雨水下水道或排入鄰近水體，但須按照相關法令規定排放。）
- 3. 工地生活污水**：浴廁污水、員工清洗污水等。



開挖之地下湧水



地錨施工(鑽孔及灌漿)作業廢水

前言 - 逕流廢水以外之營建工地廢水源

1. 作業廢水

① 鑽掘開挖產生之作業廢水

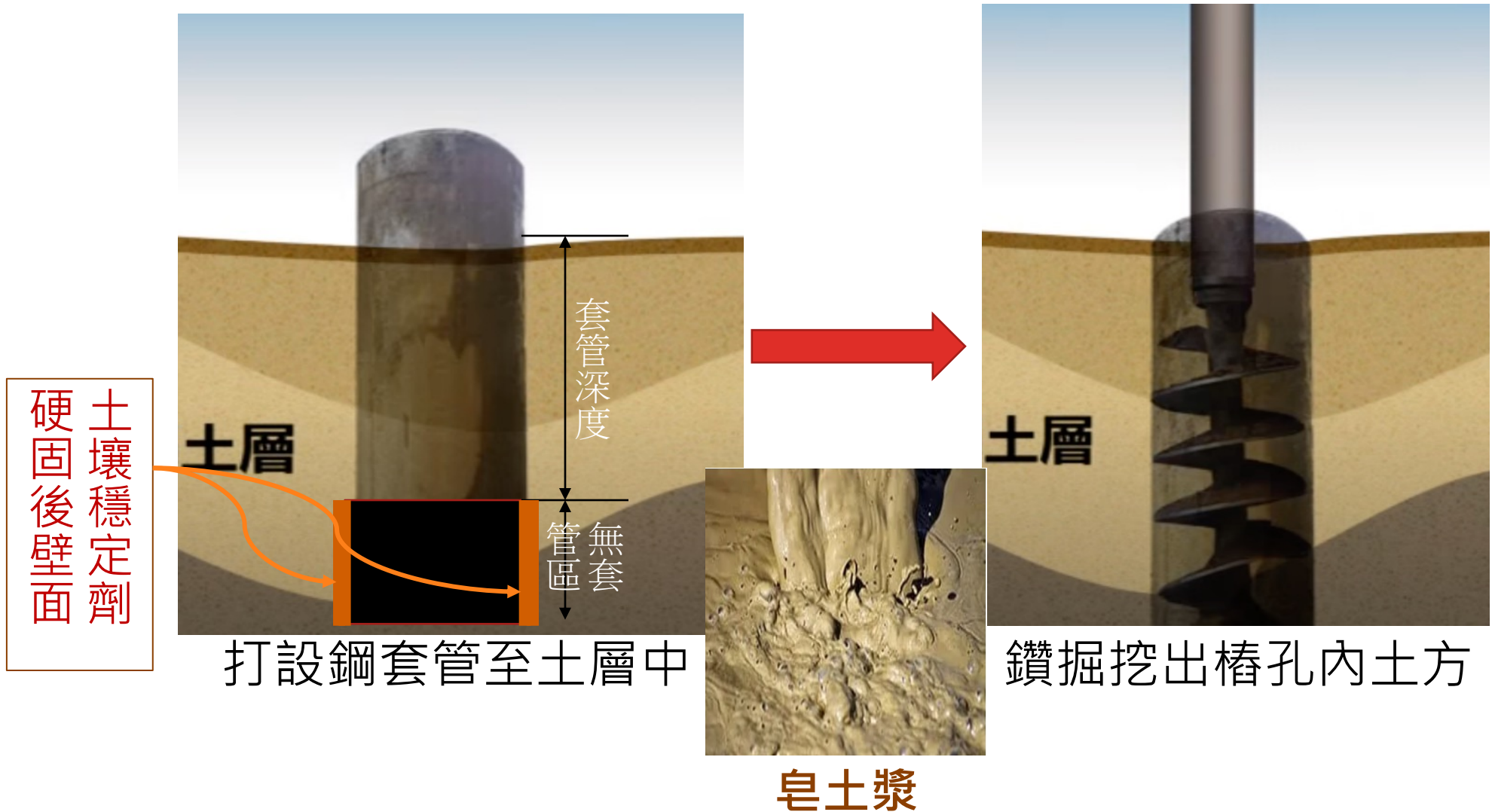
鑽掘開挖工程包括隧道及地下管道之潛盾工法開挖、基樁鑽掘工程等，茲以基樁鑽掘工法說明作業廢水產生例。

- 結構物基礎之基樁工程常會使用一定長度之鋼套管打入土層中，再用挖掘機將套管內之土壤挖掘出，鋼套管以下之土層則直接挖掘或鑽掘出，為防止樁孔壁土層崩坍，一般採用皂土穩定液或高分子土壤穩定液穩定孔壁。廢水產源包括**過量使用土壤穩定液**及鑽掘出之**孔底濕淤泥**。

前言 - 逕流廢水以外之營建工地廢水源

- 穩定鑽掘孔壁之皂土穩定液因需要於工廠或使用大型攪拌機拌和，加上使用後的攪拌設備清洗問題，國內已經很少使用，取代的是高分子土壤穩定液（例如氫化聚丙烯醯銨類PHPAs）。
- 含有PHPAs廢水之處理需要用到物理化學處理法，例如：
初步沉澱 → 混凝沉澱 → 臭氧(O₃)氧化 → 砂濾 → 排放

前言 - 逕流廢水以外之營建工地廢水源



前言 - 逕流廢水以外之營建工地廢水源



鑽掘樁孔時產生之作業廢水：

- ✓ 超量使用之土壤穩定漿液
- ✓ 樁底挖掘出之溼淤泥液
- ✓ 施工清洗作業水

前言 – 影響營建工地廢水量因素

- 營建工地廢水產量受到基地大小、氣候、施工管理影響：
 - ✓ 雨季及多雨地區之逕流廢水量大
 - ✓ 施工面積 (面積越大落入之雨水量越多)
 - ✓ 裸露地之面積 (不透水鋪面越多，逕流廢水越多)
 - ✓ 施工項目 (清洗的設備或作業用水之工項愈多，廢水越多)
 - ✓ 地下水位 (地下水位越高，開挖湧出地下水風險越高)



不透水鋪面積越大逕流廢水越多



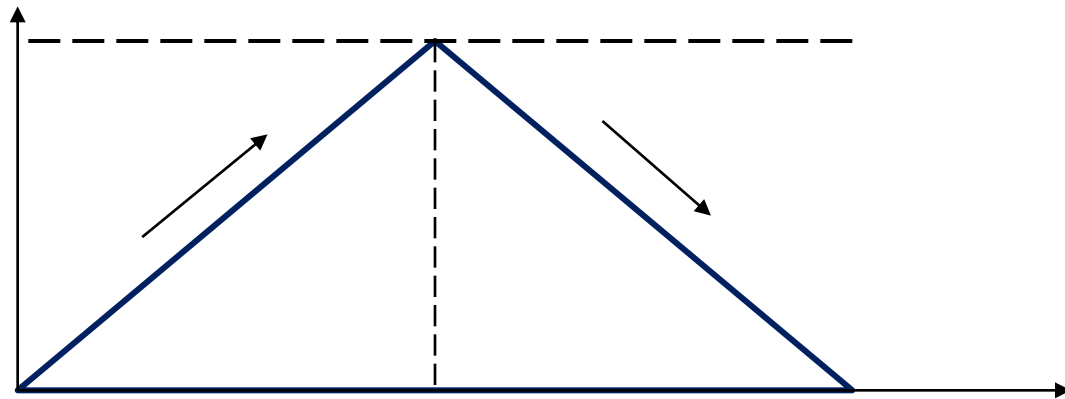
地下水位越高湧出水越多

一、營建工地廢水量估算原則

- 營建工地廢水產生量之估算原則，下列估算參數可資參考：
 - 計算「平均日作業廢水量 (Q_{av})」
 - Q_{av} 用以估算「最大日廢水量」
= 最大日「作業水量」+ 最大日「逕流量」
 - 一般情形，最大日污水量可估計為「平均日污水量」1.2 – 1.4倍。
 - ✓ 「最大日廢水量」為設計廢水處理設施之容量依據。

一、營建工地廢水量估算原則

- 逕流量計算須根據流域狀況與水文資料，常用計算方法包括：
 - ✓ 合理化公式（可參考農委會之「水土保持技術規範」）
 - ✓ 三角形單位歷線法（假設單位時間暴雨產生的逕流量線為三角形）
 - ✓ 經驗公式



一、營建工地廢水量估算原則

- 逕流量估算之「合理化公式」：

$$Q_P = \frac{CIA}{360}$$

Q_P = 洪峰流量 (立方公尺 / 秒, m³/s)

A = 集水面積 (公頃 = 10,000 m²)

I = 降雨強度 (公釐/小時, mm/h)

C = 逕流係數 (0.45 ~ 1.00)

逕流係數

(參考農委會之「水土保持技術規範」)

逕流係數選用參考表

地表狀況	逕流係數
山區河川	0.75~0.85
陡峻山坡地	0.75~0.90
平緩山坡地或山嶺區	0.60~0.80
丘陵地或森林地	0.50~0.75
平坦耕地	0.45~0.60
水田及水塘	0.70~0.80
市街區(建築面積 \geq 60%者)	0.50~0.90
村落(建築面積 $<$ 30%者)	0.30~0.50
工業區	0.50~0.80
不透水鋪面或路面及路側邊坡	0.85~0.95
施工中地表完全裸露	0.90~1.00

逕流係數越大
逕流水量越大

營建工程逕流廢水估算例

- 營建工地面積2.05公頃，其土地利用情形如下表，暴雨屬於短延時降雨(降雨時間小於2小時)，假設降雨強度為每小時150 mm。
- 根據合理化公式計算得之該工區逕流量：

$$\begin{aligned} Q &= 1/360 (CIA) \\ &= 1/360 \times 0.82 \times 150 \times 2.05 \\ &= 0.70 \text{ m}^3/\text{秒} \\ &= 2,520 \text{ m}^3/\text{小時} \end{aligned}$$

土地利用	A (公頃)	C (逕流係數)
辦公區	0.05	0.5
施工區	1.5	0.8
綠地區	0.03	0.75
不透水鋪面	0.22	0.95
裸露地	0.25	0.9
合計	2.05	
平均		0.82

一、營建工地廢水量估算原則

- 參考108年「桃園市雨水流出抑制設施設計參考手冊」計算降雨強度：

例：下列公式(1)為桃園市中壢、平鎮、大園等區，公式(2)為桃園區、龜山區等之5年暴雨重現期的Hornor公式降雨強度(I)：

$$I = \frac{2924.78}{(t+30.02)^{0.83}} \dots\dots(1)$$

$$I = \frac{1549.916}{(t+23.99)^{0.72}} \dots\dots(2)$$

t：集流時間(分鐘)，可假設等於降雨延時(t分鐘內平均降雨量，mm/小時)。*「降雨延時」通常指「有效降雨延時」，即降雨後逕流發生到結束期間的降雨時間。」

營建廢水量估算例

例：某營建工地作業廢水平均日廢水量 (Q_{av}) $600 \text{ m}^3/\text{天}$ ：

- 最大日廢水量 (Q_{max}) = $600 \text{ m}^3 \times (1.3) = 780 \text{ m}^3$

- 地下水滲入量 (Q_{inf}) = $780 \text{ m}^3 \times (15\%) = 117 \text{ m}^3$

∴ 最大日總作業廢水量 = $780 \text{ m}^3 + 117 \text{ m}^3 = 897 \text{ m}^3$

營建廢水量估算例

- 上例之營建工地面積 1.20 公頃 = 12000 m²
- 工地座落於桃園市龜山區，該區之降雨延時 $t = 60$ 分鐘

$$I = \frac{1549.916}{(t+23.99)^{0.72}} = 63.80 \text{ mm/h}$$

- 工地位於工業區內 (逕流係數0.5~0.8)，採用 $C = 0.50$

$$Q_P = \frac{CIA}{360} = \frac{0.50 \times 63.80 \times 1.20}{360} = 0.106 \text{ m}^3/\text{s} \times (24 \times 60 \times 60) = 9,188 \text{ m}^3/\text{天}$$

$$\therefore \text{最大日總廢水量} = 897 \text{ m}^3 + 9188 \text{ m}^3 = 10,085 \text{ m}^3/\text{天}$$

二、營建廢水污染特性

■ 營建工地廢水常見污染物種類

- ✓ 砂粒
- ✓ 粉泥
- ✓ 水泥漿
- ✓ 油脂
- ✓ 高分子化合物 (Macro Molecular Compound, MMC , 營建工程使用之MMC主要為塑膠類和樹脂類)

二、營建廢水污染特性

■ 營建工地廢水(未處理)污染物濃度

- ✓ 懸浮微粒 (SS) 50 ~ 數萬 mg/L (毫克/公升)
- ✓ 酸鹼值(pH) $\text{pH} < 6.0 \sim \text{pH} > 12$



二、營建廢水污染特性

- 營建工地的廢水含有高濃度之泥沙及雜質，若未經妥善處理排放至工地鄰近水體或土壤中，可能造成之危害：
 1. 使承受水體 (溝渠、河川、池塘、湖泊等) 之底泥增加
(公共危害)
 2. 堵塞公共排水管線，造成暴雨時因排水系統宣洩不及而淹水
(公共危害)
 3. 使承受水體的生態系統受害
(環境危害到下一世代)
 4. 污染地下水
(最終會污染飲用水源與水體)

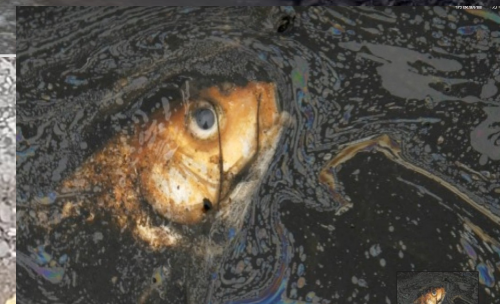
營建工地廢水不當排放之環境衝擊



地層下陷

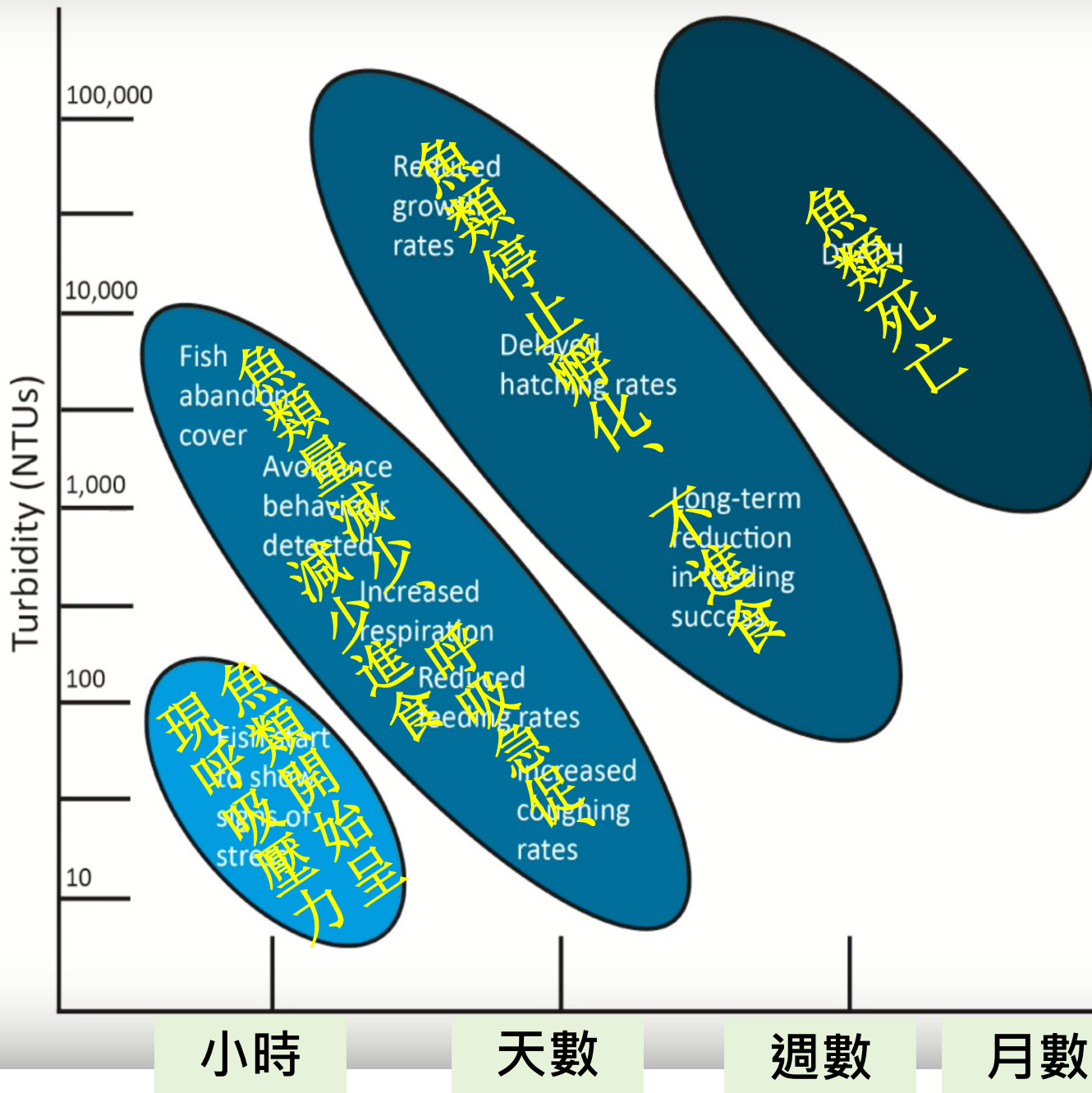


雨水排水管渠阻塞



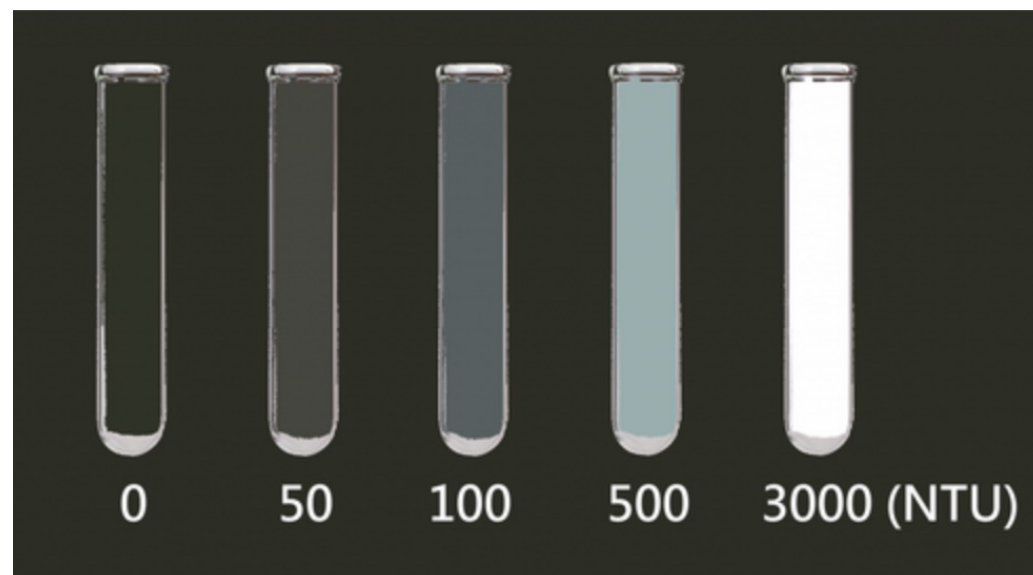
排放油脂之危害

水質濁度



水質濁度 (TURBIDITY)

- 濁度為水樣中懸浮物質，包含泥土、粉砂、微細懸浮物、浮游生物等的含量，濁度愈高代表水樣愈混濁。
- 濁度的單位是NTU (nephelometric turbidity unit) - 1公升的水中含有1毫克 (mg) 的二氧化矽 (SiO_2) 時，濁度為 1 NTU(或俗稱1度)；自來水容許最大濁度 2 NTU。



資料來源：陳奕竹，「認識原水濁度」，台大氣候變遷與永續發展研究中心

三、營建工地廢水設施與管理

■ 工地廢水收集設施

- 收集系統設置目的是施工期間所產生之廢(污)水不得任其漫流及任意排放。
- 含油脂之營建廢水及廢油，應先收集於特定容器(貯槽)內，清運至可處理該類廢液之處理設施，或委託代處理業處理。

三、營建工地廢水設施與管理

■ 工地廢水收集設施

- 整地及開挖與填土作業，必須於施工工區適當位置，作業區之低窪處、溝渠進/出流處等，設置臨時導水收集設施，必要時，應設置攔砂（泥）設施以減緩水流及攔截沖蝕流失之土石。

攔阻污水及濾沙土設施



攔阻污水及滷沙土設施



洗車廢水管理原則

1. 工地車行出口應設置洗車台清洗車輛，無設置洗車台空間時，得以加壓沖洗設備清洗。並應設置廢水收集坑及妥善處理洗車廢水設施（* 主要為沉砂池）。
2. 洗車台不得設置於工地較低地區，避免逕流水流入增加集水坑負荷。
3. 若工區出入口有變動可能，應設置可移動式洗車台。
4. 洗車台寬度應能容納所有可移動機具，寬度應大於最大移動工程機具寬度的 1.2 倍。
5. 洗車台收集之廢水，應去除可沉澱物及油脂，方可溢流導入溝渠排放。
6. 每一噴水口設置間隔50公分以下，沖洗高度範圍應涵蓋輪胎上之護板，噴水加壓馬達應達15馬力以上。

可移動式洗車台



設置妥適導水溝及進出水口設施

進、出水口鋪設混凝土坡面，可保護進、出水口



出水口鋪設卵礫石覆蓋適當素地面積，可減少出水口素地被水流沖刷掏空之問題

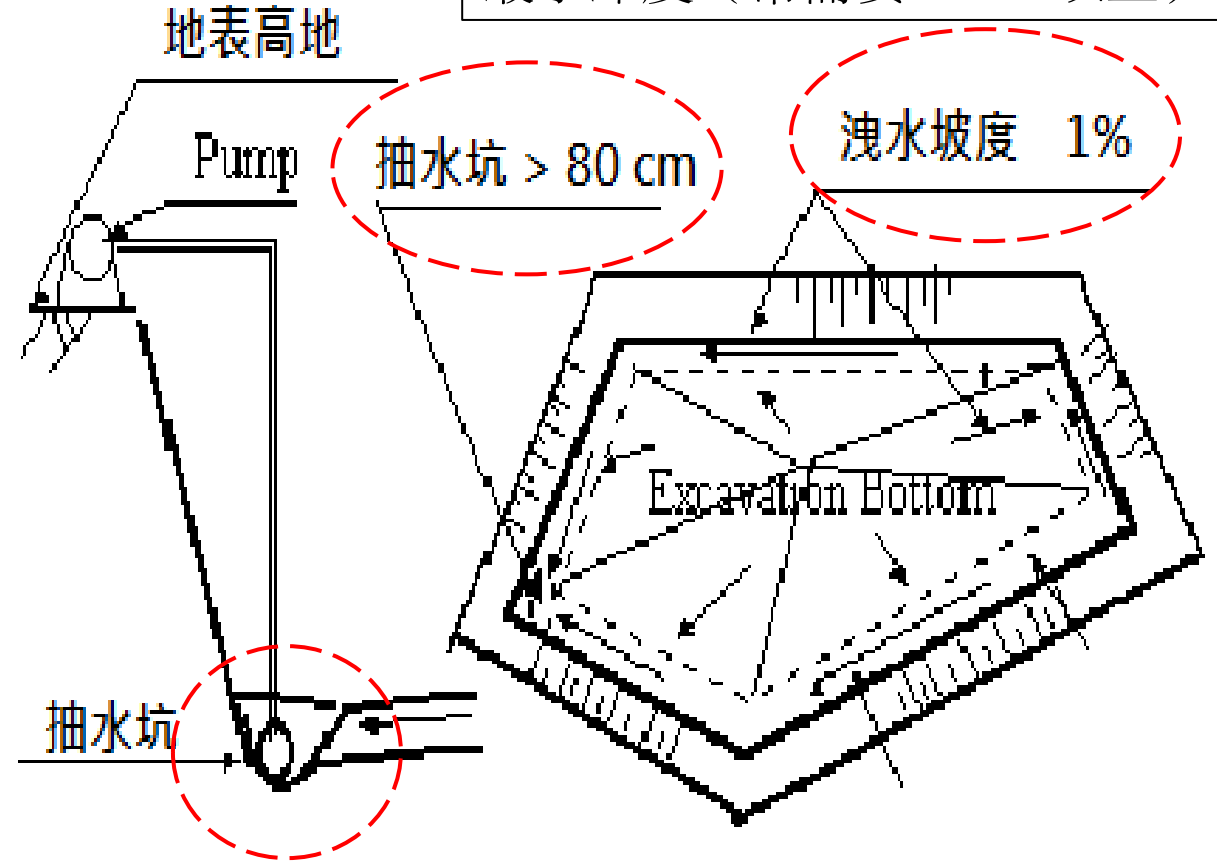
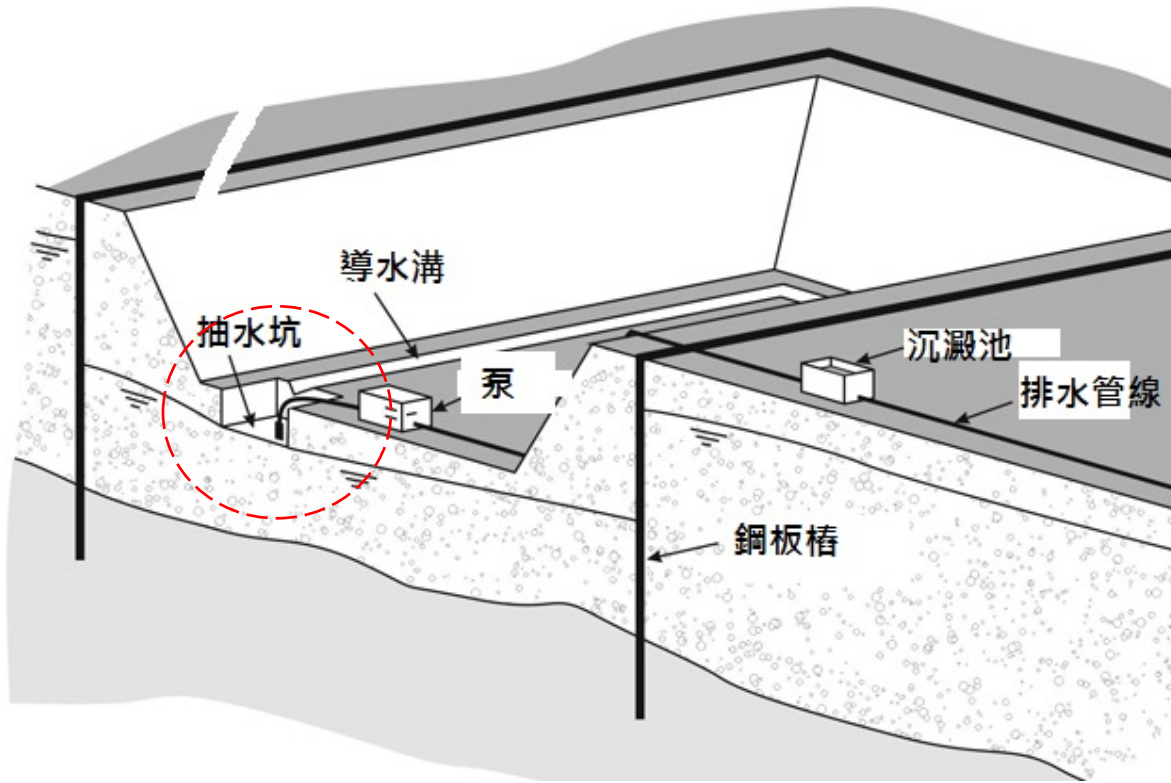
導水溝設置型式



導水溝之溝底及溝壁使用不易被
逕流水沖刷之設施或材料

開挖區積水抽排系統設計

需配合採用之沉水泵大小之容許
最小深度（常需要25cm以上）



四、營建廢水沉砂池設置原則

- 一. 於營建工程廢水之污染防治，沉砂池主要用於沉澱去除廢水中之砂礫、土粒類之粒狀污染物，對於廢水中之懸浮有機物較不具去除效果。
- 二. 營建工地設置沉砂池之目的主要為：
 1. 減少營建廢水排放管渠內之淤泥沉積量。
 2. 保護營建工地抽排廢水設備免於異常磨損。
 3. 減少廢水承受水體之濁度進而影響水體含氧量。
 4. 減少廢水承受水體之床底積泥及積砂量。

四、營建廢水沉砂池設置原則

依據營建署「下水道工程設施標準」之沉砂池設置規定：

- 一. 沉砂池淤砂量之多寡依季節、地質及地表狀況變化，沉砂量以計畫開發面積每公頃三十立方公尺 ($30 \text{ m}^3/\text{公頃}$) 估算。
- 二. 在山坡地開發施工期間，應以計畫開發面積 $20 \text{ m}^3/\text{公頃}$ 至 $150 \text{ m}^3/\text{公頃}$ 之沉砂量估算，設置臨時沉砂池。
- 三. 沉砂池無法設置處，得以包含沉砂容量之雨水調節池代之。

四、營建廢水沉砂池設置原則

(續：「營建署下水道工程設施標準」沉砂池設置規定)

四. 矩形池之池底坡度為 0.5% ~ 1.0% 。

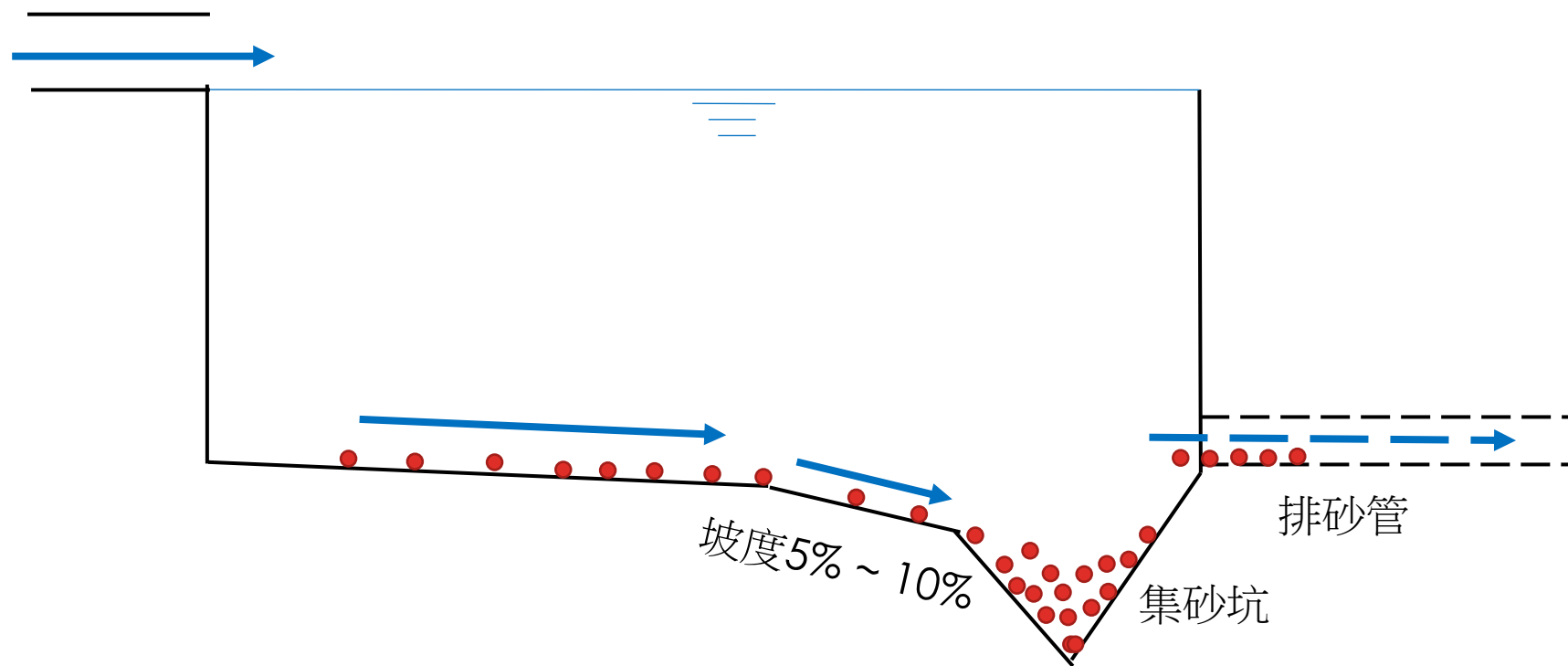
五. 池之有效深度應配合進流管渠之有效水深而定，池底應加 10% ~ 30% 有效水深且至少三十公分以上之沉砂槽。

四、營建廢水沉砂池設置原則

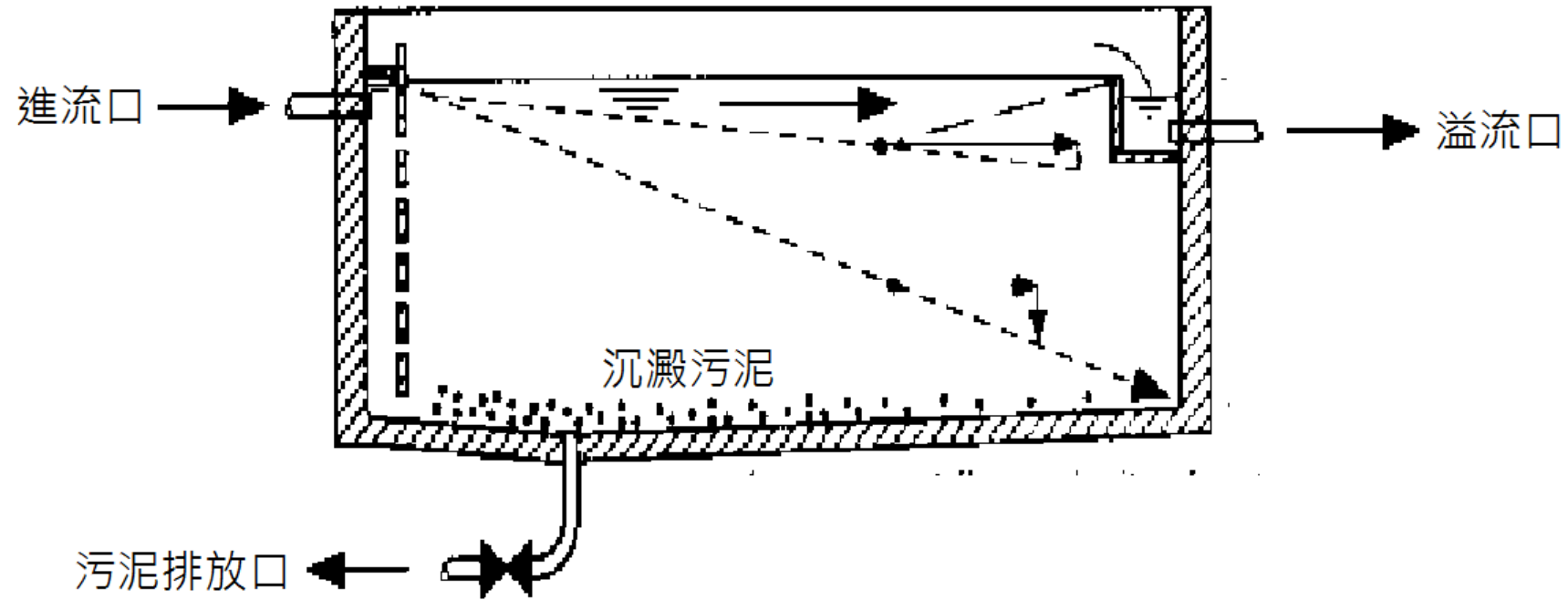
沉砂池通常採用長方形槽體，基本設置原則：

- 一. 為能有效將砂土沉澱，沉砂池設計成長窄形狀 (長(L)與寬(W)之比值介於 2 和 5，即 $W = 0.2 L$ 或 $W = 0.5L$)，可使槽內水流路線的任何一點之流動都接近等速。
- 二. 沉澱之粒徑一般以 0.1~ 0.3mm 為設計之沉砂粒徑。
- 三. 沉砂池應有沉砂坑以利抽取淤砂。
- 四. 為使沉殿之砂土易於流入沉砂坑或排砂管，接近沉砂坑或排砂管之池底坡度最好 3% 以上。

工地臨時沉砂池設計形式



沉砂池處理水排放及排泥方式





工地簡易沉砂池底部積泥之清除方法 – 設置抽排上澄液之備用水槽（左圖），以不擾動底泥之方式將懸浮固體濃度較低之上部液面抽至備用水槽，再抽取池底積泥（右圖）

四、營建廢水沉砂池設置原則

沉砂池基本設計條件：

- 一. 沉砂池寬度可設計於1.0 ~ 1.5 m之間，深度以1.5至3.5公尺為宜。
- 二. 水力停留時間可設定在45 - 90 秒，典型停留時間為60秒。
- 三. 沉砂池水平流速可設定在0.24 – 0.4 m/s。



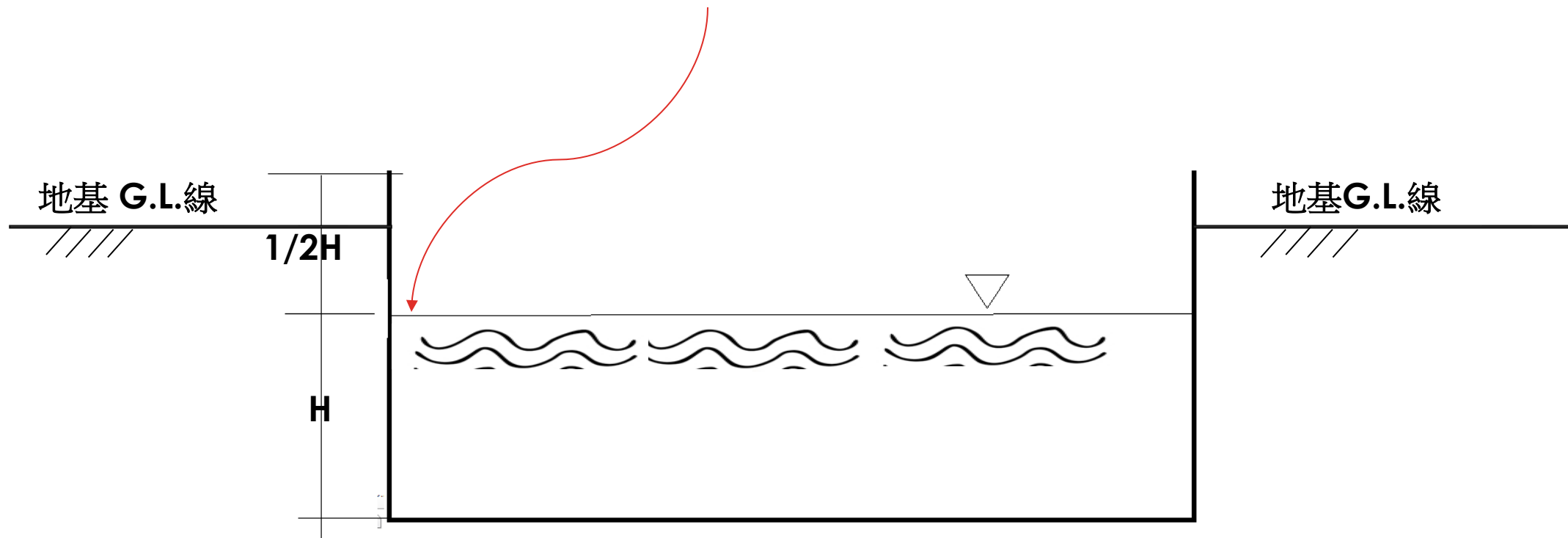
四、營建廢水沉砂池設置原則

沉砂池基本設計：

- 一. 總設計容量應為工地或作業場所範圍總面積乘以0.025 m以上。
- 二. 非下雨期間，最高液面距池頂高度應大於池深之二分之一。
 - 例如：工地申報之施工面積 (作業場所)為 400 m²，則：

$$\text{沉砂池設計容量 } V_{\min} = 400 \text{ m}^2 \times 0.025 \text{ m} = 10 \text{ m}^3$$

非下雨期間，最高液面距池頂高度應大於池深之二分之一



工地沉砂池設計例

- 依據沉澱池設計原理，顆粒沉澱與其沉澱路徑長度較有關，因此，應 **先決定沉砂池長度**；營建工地之沉砂以沉澱粒徑較大之可沉澱物為主，可參考行政院農業委員會之『水土保持技術規範』設計公式：

$$L = k \left(\frac{H}{V_g} \right) \times V$$

L ：沉砂池長度 (m)

k ：安全係數 (1.5 - 2.0)

H ：沉砂池平均水深 (1.5 - 2.0 m)

V ：沉砂池內平均流速 (0.15 - 0.30 m/sec)

V_g ：最小沉澱粒徑之臨界沉降速度，一般採用 0.1 m/sec

沉砂池尺寸設計

以上述沉砂池總設計容量應為 10 m^3 為例，假設：

- 沉砂池安全係數 $k = 1.5$
- 沉砂池平均水深 $H = 1.5 \text{ m}$
- 池內平均流速 $V = 0.15 \text{ m/sec}$
- $V_g = 0.1 \text{ m/sec}$

$$\therefore \text{沉砂池長度 } L = k \left(\frac{H}{V_g} \right) \times V = 1.5 \left(\frac{1.5}{0.1} \right) \times 0.15 \cong 3.40 \text{ m}$$

$$\therefore \text{沉砂池寬度 } W = \frac{10 \text{ m}^3}{L \times H} = \frac{10 \text{ m}^3}{3.40 \text{ m} \times 1.50 \text{ m}} \cong 2.0 \text{ m}$$

內部之長 \times 寬 \times 高應為 $3.40 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times (1.5 + 0.75) \text{ m}$

營建工地廢水沉澱池設置原則

1. 確立所需沉澱池型式 (沉砂池或沉澱池，現場製作或廠鑄)

2. 選定沉澱設施場址，考慮條件包括：

1) 設置於工區範圍內

2) 盡量鄰近排放水體

3) **避開低窪易淹水區**

4) 盡量**避開施工動線**，以免影響施工

5) 可設置到達沉澱設施之便道，以利檢查、維修及清除淤積泥。

➤ **沉砂池**功用：去除短時間可沉降之懸浮固體

➤ **沉澱池**功用：去除較難沉降之懸浮固體

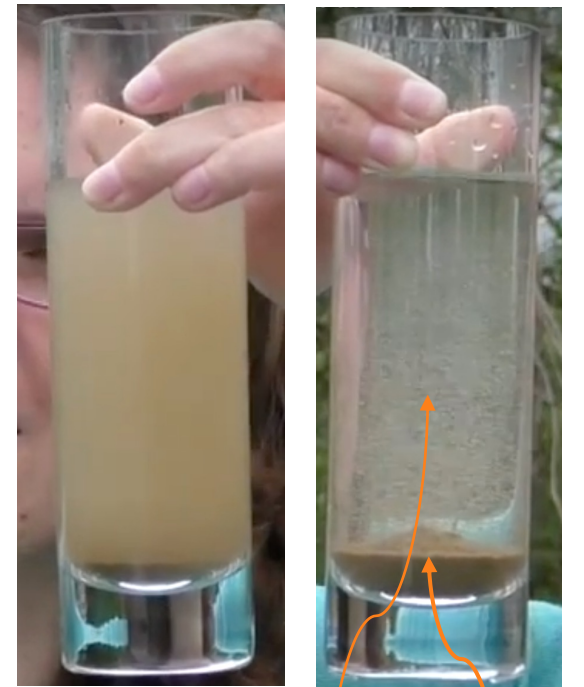
營建廢水沉澱設施

1. 廢水沉砂池

營建工地如主要去除廢水中的泥砂，可設置沉砂池將廢水顆粒污染物藉重力沉降成污泥，將沉澱後之符合排放標準溢流水排放。

2. 廢水沉澱池：

如排放水質尚須去除較輕的懸浮微粒，則須設置沉澱池。



營建廢水

沈殿之土砂

懸浮微粒

營建工地沉澱池設置原則

- ✓ 沉澱池有效深度至少60公分。
- ✓ 沉澱池可採用RC構造物、FRP槽、金屬槽，或套裝可移動式統槽。



營建廢水沉澱池設置原則

參考「下水道工程設施標準」：

沉澱池設置原則為：

- 一. 池之形狀為矩形時，矩形池長與寬之比為 3:1 至 5:1。
- 二. 污泥以抽泥機抽排，其排泥管之口徑應為一百五十公厘 ($\phi 150$ mm) 以上。

營建工地沉澱池設置原則

1. 若用土坑型式，沉澱池的四週邊坡應確保無塌陷或鬆動之虞。
2. 沉澱池底部及四緣須有低滲透土工織物或防水材料，例如黏土毯、皂土毯，主要是防止廢水沖刷邊坡及底部而增加沉澱負荷。
3. 抽排之上澄液須符合營建廢水放流水標準：
 - $\text{pH} = 6.0 - 9.0$
 - 懸浮微粒(SS) $\leq 30 \text{ mg/L}$



沉澱池坡面為鬆動土壤

油脂廢水清除設施

- 去除廢水中的浮油，最常採用的方法是利用水與油間的密度差的**重力分離法**，及讓含油污水先流過交叉板，使分散的小油滴聚結成大油珠，再流向分離板區使油水分離。
- 污水處理廠則會採用**空氣浮除法**，就是在水中通入空氣產生微細氣泡與油珠結合成細小懸浮油氣泡，一些懸浮固體顆粒也會附著在氣泡上，一起上浮到水面而形成浮渣，即可隨之將浮渣去處（此法可同時去除懸浮膠羽及浮油）。
- 最經濟的做法是直接刮除浮油的**手動刮除浮油法**。

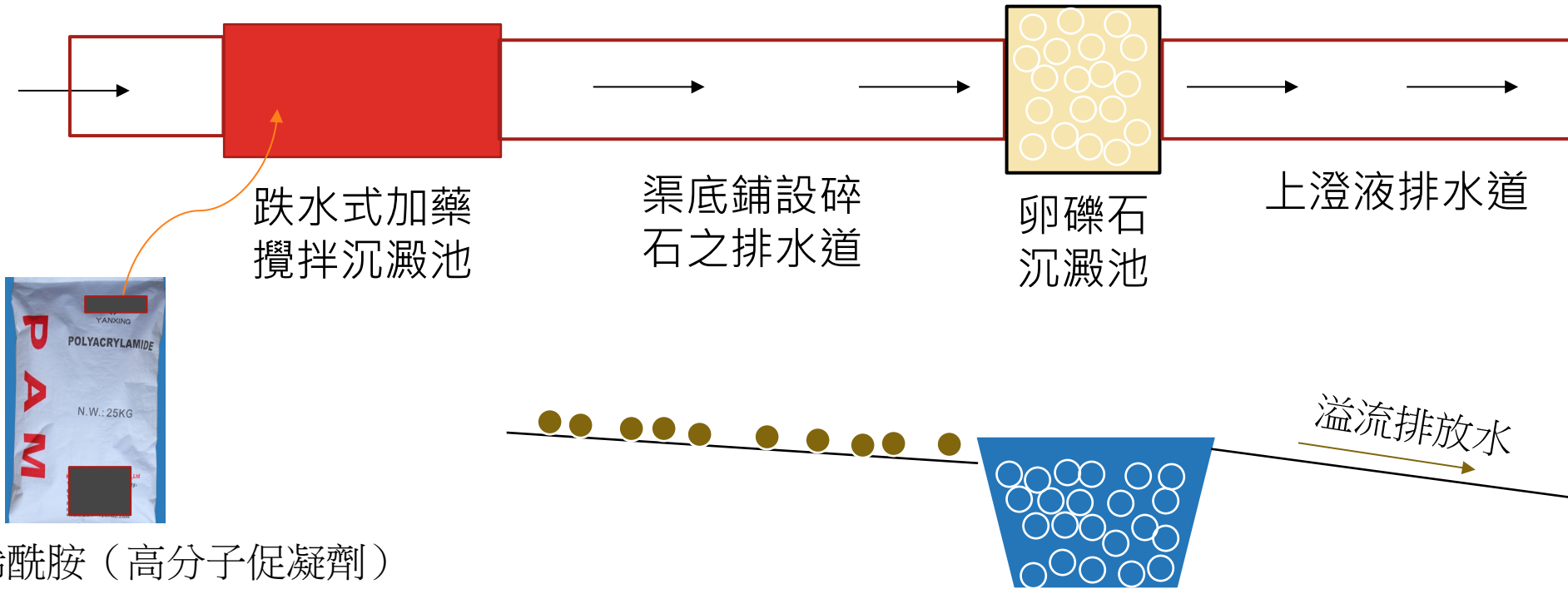
五、營建廢水工程管理

- 營建工地之逕流廢水排放水可能仍會有水質超標情形，影響懸浮微粒沉澱去除效果之因素包括：
 - 1) 懸浮固體(SS)的顆粒大小（細小顆粒數量越多，SS的沉澱性越差）
 - 2) 水質黏滯度較低（黏滯度是流體內部的摩擦力，黏滯度越低，水的流動力越佳，SS愈不易沉降）
 - 3) 水溫（水溫會影響水質黏滯度，溫度提高會減少水體的黏滯度）

五、營建廢水工程管理 – 加藥沉降法

- 廢水沉澱處理過程如有上述排放水質超標情形，可加入高分子聚合物於沉澱系統，該聚合劑分子會附著到懸浮粒子表面，將細小的懸浮固體橋接（或電荷中和）形成易於沉降之絮狀物。
- 排水渠沉降法
 - 1) 將逕流廢水導流到「加藥攪拌坑」，溢流水再流入碎石襯砌的溝渠，溢流水中之部分懸浮絮狀固體將沉積於碎石層中。
 - 2) 上述溝渠內的廢水排放之前，先流入礫石沉澱池，溢流水再予以排放。

排水渠加藥沉降法



排水渠道加藥沉降法



跌水式加藥攪拌池

五、營建廢水工程管理



- 臨時排水導溝面層覆蓋不透水布，工地廢水排入管口不直接接觸土壤之措施（左圖）。
- 排水管置放於埋設開挖坑道時，回填前防止逕流廢水流入坑道積水，可於坑道之適當距離（例如每8~10m），設置抽排廢水用之臨時集水坑（右圖）

五、營建廢水工程管理



擋雨水之處堆置沙包或碎石包，於邊坡或陡坡地堆置之擋雨水包最好能沿著等高線堆放。擋水包超過三層高時，應以金字塔式堆放。

五、營建廢水工程管理



油漆、揮發性溶劑等油脂材料施用於工地時，可於底部墊上不透水且不易腐蝕的墊布，且收工時應立即將該項油脂材料移入室內。

五、營建廢水工程管理

- 工地鄰近若有水體，應設置防止污染水體之截流溝或導水溝。

