



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 109 年 8 月 19 日

大綱

前言

- 一、營建工地逕流廢水與作業廢水污染特性
- 二、工地廢水防治設施設計與施工
- 三、營建廢水工程管理

前言

- 營建工地產生之廢水包括施工作業廢水及逕流廢水，逕流廢水來源主要為流經工地之表面水及落於工區之雨水。
- 營建廢水應妥善管理（包括廢水量削減、集中處理等）與處理（污染物削減至排放標準或去除）。
- 營建廢水造成的環境危害對象，主要為承受水體（渠道、河流、湖泊、海洋等）與土壤污染。
- 減低營建廢水之環境污染危害手段：法令與工程技術宣導
→ 施工廠商自主管理 → 依契約獎懲 → 稽查管制。

前言

- 營建工地廢水可能含有超過排放標準之泥沙、油脂、懸浮固體及其他有害物質，若未經妥善處理而排放，可能造成之危害：
 1. 污染承受水體，包括增加水質之有機/無機污染物及底泥。
 2. 使承受水體的生態系統受害。
 3. 堵塞排水管線，暴雨時因排水系統宣洩不及而造成淹水。
 4. 污染土壤、地下水等。

水質快速監測懸浮固體方法 - 濁度計量測法

- 懸浮固體是量測水樣過濾後之固體質量，濁度代表水中懸浮物質對於入射光線之散射程度，可利用濁度計快速量測。懸浮固體濃度與濁度可以建立對應的數值關係，快速檢測水質之濁度以協助判斷懸浮固體濃度。
- 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)。
- 高濁度（高濃度懸浮固體）之水質會影響: (1) 水體外觀，(2) 魚蝦類呼吸作用，(3) 水生植物呼吸作用。

土壤受污染造成的問題

- 土壤分解能力降低，不利農作物生產。
- 土地價值降低，不利民生及經濟發展。
- 降低土壤保水性，造成坡地土石流、邊坡崩坍。
- 農作物及鳥禽類之「生物放大效應」(有害物質含量沿著生物鏈，在各級動植物體內逐漸遞增的現象)
-

廢水承受水體(土壤)涵容能力

$$\text{最大涵容能力}(MAC) = \frac{[\text{流入污染濃度 } C]}{([\text{可容忍污染濃度 } C_a] - [\text{背景濃度 } C_b])}$$

- 當 **MAC < 1** 時，表示承受水體(土壤)尚具有涵容能力。
- 當 **MAC = 1** 時，表示涵容能力已到極限。
- 當 **MAC > 1** 時，表示已超出涵容能力，對該水體(土壤)已產生環境壓力。

承受水體污染涵容能力估算例

某水體之有機污染物(**BOD**)涵容能力估算：

- 背景濃度：BOD = 5 mg/L
- 可有效分解BOD上限：BOD = 50 mg/L
- 營建廢水排入該水體濃度 (C_{BOD})：
- 當 $C_{BOD} < 45$ mg/L 時，該水體尚具有有效分解BOD之涵容能力。
- 當 $C_{BOD} = 45$ mg/L 時，該水體已達有效分解BOD之極限。
- 當 $C_{BOD} > 45$ mg/L 時，排入之BOD已超過該水體之涵容能力。

$$MAC = \frac{C_{in}}{50 - 5}$$

前言

- 營建工地廢水產生量及污染物成分，將影響廢水處理的難易度 (成本高低)。儘可能正確估計平均日廢水量及最大日廢水量，以及廢水污染成分(尤其油脂類)與濃度，方足以正確設置處理設施。
 - 計算「**平均日廢水量**」之目的 – (1) 據以估算「**最大日廢水量**」(一般情形，最大日污水量為平均日污水量之**1.2 – 1.4**倍，若採用簡易式處理設備且地下水位較高工地，可將地下水滲入量納入，可採： $[\text{地下水滲入量}] = [\text{最大日廢水量}] \times [10 \sim 15\%]$)；(2) 操作成本估算之依據。
 - 「**最大日廢水量**」為廢水處理設施之容量設計依據。

營建廢水量估算例

- 某營建工地廢水平均日廢水量 (Q_{av}) 1000 m^3 :
 - 最大日廢水量 (Q_{max}) $= 1000 \text{ m}^3 \times (1.3) = 1300 \text{ m}^3$
 - 地下水滲入量 (Q_{inf}) $= 1300 \text{ m}^3 \times (15\%) = 195 \text{ m}^3$
- ∴ 平均日總廢水量 $= 1000 \text{ m}^3 + 195 \text{ m}^3 = 1195 \text{ m}^3$
- ∴ 最大日總廢水量 $= 1300 \text{ m}^3 + 195 \text{ m}^3 = 1495 \text{ m}^3$

前言

- 一般營建工地廢水來源包括：
 - ◆ 地表逕流水
 - ◆ 開挖及鑽掘工程作業廢水
 - ◆ 地下開挖引出之地下水
 - ◆ 混凝土養護用水
 - ◆ 防止塵土飛揚之過量灑水
 - ◆ 車輛及機具清洗水
 - ◆ 構造物(樓板)清洗水

前言

只要有下列情形之一，則應提報「逕流廢水削減計畫」：

- ✓ 施工期間會產生作業廢水，包括車輛清洗廢水。
- ✓ 工程項目有室外塗布項目。
- ✓ 表面逕流水會流過之工程材料或土方堆置場。
- ✓ 工區四周無法設置有效之表面水流入阻擋設施。

一、營建工程廢水污染特性

■ 營建工地廢(污)水來源－作業廢水

作業廢水：根據「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」之定義，指事業於製造、加工、修理、處理、操作、冷卻、沖洗、逆洗、...、自然資源開發過程或其他作業時，與人
或物（動植物或財物）直接接觸之廢水。

一、營建工程廢水污染特性

■ 營建工地廢(污)水來源－作業廢水

營建作業廢水產生源，可大致分成：

- ✓ 施工作業廢水
- ✓ 機具設備與車輛維修與清洗廢水類。

施工作業廢水主要來源為構造物基礎開挖及潛盾施工作業廢水，前者如基樁鑽掘、地下連續壁開挖，後者為潛盾施工之開挖與掘進作業，自坑內所抽排出之泥水與廢水。

一、營建工程廢水污染特性

■ 營建工地廢(污)水來源－逕流廢水

逕流廢水：根據「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」之定義，指因雨水沖刷戶外設施、建築物表面或戶外作業環境之地面、原料及物料，而產生之廢水。

換句話說，逕流廢水是流過營建工地之雨水(逕流雨水)被污染而成之廢水。實際上，逕流水源不只是雨水，還包括其他可在地面流動而流入工區之水源。

一、營建工程廢水污染特性

■ 營建工地廢(污)水來源－逕流廢水

暴雨為主要地表逕流水來源：

1. 當土壤已達飽和能力時即無法再吸收流經其表面之流水。
2. 表面水流速過快 (例如暴雨)，土壤來不及吸收。
3. 因為流經不透水或低透水鋪面區 (例如混凝土路面、一般瀝青路面或屋頂)。



一、營建工程廢水污染特性

■ 暴雨逕流之廢水

- 暴雨或較大雨勢會產生地表表面逕流，估算雨水流入工地到達雨水收集系統之水量，假設工地圍籬可有效阻擋區外雨水，則取決於：
 - ✓ 降雨強度
 - ✓ 降雨持續時間
 - ✓ 工地地形地勢
 - ✓ 土地利用情形 (裸露地、建築物、綠化面積等)

一、營建工程廢水污染特性

■ 暴雨逕流廢水推算

- 估算工地雨水逕流量，營建工地可採用合理化公式估算：

$$Q = \frac{1}{360} \times CIA$$

Q：設計逕流量 (m³/秒，cms)

C：逕流係數

I：降雨強度 (公厘/小時，mm/hr)

A：集流面積 (公頃)

逕流係數

(資料來源：林裕義等，「國道路廊對沿線集水區地表逕流影響之研究」)

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：

$$\begin{aligned} Q &= 1/360 (CIA) \\ &= 1/360 \times 0.82 \times 150 \times 2.05 \\ &= 0.70 \text{ m}^3/\text{秒} \\ &= 2,522 \text{ m}^3/\text{小時} \end{aligned}$$

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、營建工程廢水污染特性

■ 逕流廢水特性：

- 污染防治較佳作法是經由**土地使用管理** (即規劃較多綠地、有效側溝等) 來減少逕流量；當逕流產生時之管理措施 (遮雨、擋雨、導雨) 來減少污染。

應以：**(1)** 落實預防管理措施；**(2)** 逕流廢水產生時，採行可符合排放水質標準之措施，回收再利用；**(3)** 承包商無法有效管理其廢水時，以放流水標準作為約制手段。

營建工地逕流廢水主要污染物種類

污染物種類	主要污染來源
✓ 沉澱物 (sediment)*	<ol style="list-style-type: none">1. 被逕流水沖刷流失之地表塵泥及土壤。2. 隨逕流水流出之營建工地土石材料及剩餘工程粒料。
✓ 油脂類	<ul style="list-style-type: none">• 洗車廢水、施工機械漏油
✓ 化學藥劑	<ul style="list-style-type: none">• 水玻璃 (由鈉、鉀鹼金屬氧化物和二氧化矽組成，地基灌漿止水、建築防水與裝璜等用途)• 滲水防止藥劑• 混凝土、噴凝土添加劑 (主要為化學高分子材料)

此類廢水容易
堵塞管路

一、營建工程廢水污染特性

■ 作業廢水特性：

1. 作業廢水產生之水量及污染程度的主要因素：

- ✓ 作業之用水量
- ✓ 廢水污染物之種類 (懸浮固體、油脂、碳氫化合物) 與濃度 (例如含泥量)
- ✓ 是否有回收再利用 (例如回收用於澆灌及防塵灑水) 措施有關。

一、營建工程廢水污染特性

■ 作業廢水特性：

2. (非點源)污染產生時間及數量，工地的環安衛管理人員事實上可以預測及估算。
3. 廢水來源包括施工過程之地表水、地下水或施工用水因混入砂土、水泥或藥液 (例如水玻璃)，因而形成混濁及不符合放流水質標準之廢水，主要是懸浮固體、酸鹼值 (pH)、油脂類。

一、營建工程廢水污染特性

- 深開挖工程，為防止開挖面崩塌、沉陷或大湧水發生，通常會採用化學藥劑製成的土壤穩定液，將土壤中之細顆粒膠結成較大顆粒，使之下沉至開挖底部於淤泥，再抽排至地面清除之。：
 - ✓ 高分子材料 (水玻璃)
 - ✓ 皂土或超泥漿 (SUPER-MUD，含聚丙烯醯胺polyacrylamide高分子聚合物)

二、工地廢水防治設施設計與施工

■ 工地廢水收集設施

- 目的是於工程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。

二、工地廢水防治設施設計與施工

■ 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。

洗車廢水管理

- 於車行出入口設置之工地洗車台，其廢水含有沙土、浮油及懸浮固體，為符合廢水管理要求，應有下列設施或措施：
 1. 洗車台四周應設置防溢座，防止洗車廢水溢出漫流。
 2. 應有容量適當之洗車台溢流水收集坑或收集設施。
 3. 洗車台設置之地勢應較工地四周稍高，以避免逕流水淹及洗車台。
 4. 洗車台收集之廢水，應去除可沉澱物及油脂，不得直接導入溝渠排放。

有效淨車且減少廢水量之標準洗車台設計規範

- 洗車平台寬度應大於工程運輸車輛寬度的 1.2 倍，長度須大於運輸車輛長度。
- 車輛行駛於洗車平台上，可產生上下振動之去除輪胎及車身上之泥沙。
- 洗車入口處應設置自動感應閘門，當車輛進入洗車台時自動啟動噴水設備；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。

營建工地沉澱池型式

1. 簡易沈澱池

工程規模較小工地，可設置簡易沉沙池，將廢水中之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. 標準沉澱池：

除設置前述之沉砂池外，尚須設置可使懸浮污染物成較大膠羽之沉澱池；必要時，須設置去除浮油設施。

營建工地沉澱池設置原則

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



沉澱池沉澱型式

- 1. 第一型沉降：**顆粒個別自由沉降；可應用於沉沙池與初步沉澱池。
- 2. 第二型沉降：**膠羽式沉降；當沉澱池較深或(及)停留時間較長時，顆粒間增加相互碰撞機會而結合成較大膠羽沉降。
- 3. 第三型沉降：**層沉降；當懸浮顆粒濃度增加時，顆粒間互相作用增加，沉降速度因而趨緩，造成層狀式沉降。(應用於高速混凝沉澱池)
- 4. 第四型沉降：**壓密沉降；一般應用於污泥濃縮池，此型式的沉降係因顆粒濃度非常高，沉降中的污泥形成

營建工地沉澱池設置原則

1. 若採用原土坑設施，則沉澱池的四週邊坡應確保無塌陷或滑動之虞。
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 (**bentonite mat**)，主要是防止廢水沖刷邊坡及底部而增加沉澱物。
3. 抽排之上澄液須符合營建廢水放流水標準：
 - $\text{pH} = 6.0 - 9.0$
 - $\text{SS} \leq 30$

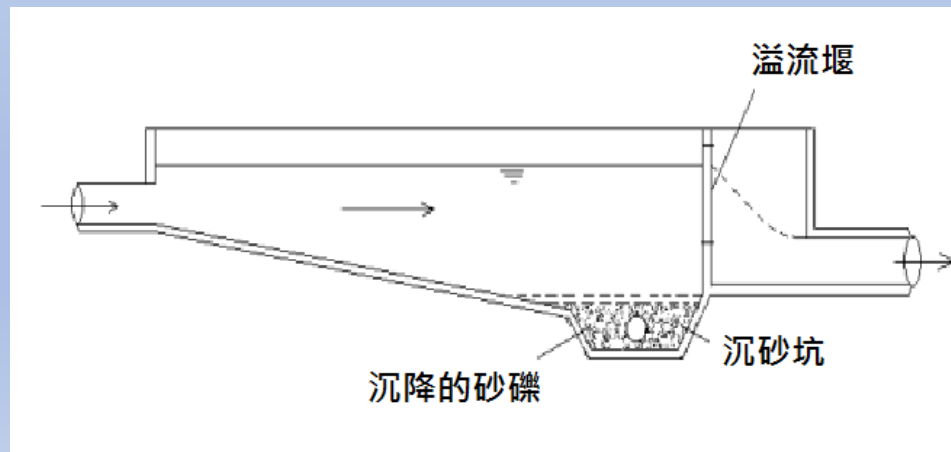
營建工地沉澱池設計程序

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。

營建廢水沉砂池設計原則

沉砂池通常採用長方形槽體，基本設計原則：

- 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 $W = 0.5L$)，可使槽內水流狀況接近活塞流(plug flow)。活塞流係假定水流的流速，在垂直於水流路線的任何截面上都是恒定的。



營建廢水沉砂池設計原則

沉砂池材料可採用：

1. 鋼筋混凝土槽體 – 視沉砂池容量及結構設計，一般情形之混凝土抗壓強度應達**175 kgf/cm²**以上，厚度至少約 **10 cm**。
2. 塑膠材質槽體 – 可採用玻璃纖維強化塑膠(FRP)，須依據沉砂槽之體積容量設計，一般情形，FRP材質之抗拉強度應達 **6 kgf/mm²**以上。
3. 其他不透水材料 – 例如，於開挖完成之沉砂槽坑上鋪設一層不透水布，使用高密度聚乙烯HDPE至少**1.5 mm**厚，如採用高強度纖維布，則至少**0.8 mm**厚度。不透水布之搭接處應使用擠出成型銲接法或熱融銲接法，不透水布應鋪設延伸至坑頂平面至少**30 cm**寬度以上。

營建廢水沉砂池設計

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. 水力停留時間參考美國環保署相關手冊，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。採水平流沉砂池設置者，池之表面積負荷率為1800 m³/m²/天，池內之平均流速為每秒0.3公尺，停留時間為30至60秒。



營建廢水沉砂池設計

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 m^2 ，則：

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

沉砂池設計尺寸，應依據顆粒沉降特性設計。

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：

$$\begin{aligned} Q &= 1/360 (CIA) \\ &= 1/360 \times 0.82 \times 150 \times 2.05 \\ &= 0.70 \text{ m}^3/\text{秒} \\ &= 2,522 \text{ m}^3/\text{小時} \end{aligned}$$

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

$$\text{沉沙池容量} = (2.05) \times 10000 \text{ m}^2 \times 0.025 = 512.5 \text{ m}^3$$

工地沉砂池設計範例

- 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 $3.40 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times (1.5 + 0.75) \text{ m}$

營建廢水油脂廢水清除設施

- 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，採用重力分離法，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。
- 大型污水處理廠則採用空氣浮除法，就是在水中通入空氣產生微細氣泡，與疏水性的油珠結合成細小懸浮油珠，一些懸浮固體顆粒也會附著在氣泡上，隨氣泡一起上浮到水面而形成浮渣，即可隨之將浮渣去處。
- 最經濟的做法是直接刮除浮油。

營建廢水油脂廢水清除設施

- 下列設計原則係參考建築技術規則之「建築物污水處理設施設計技術規範」有關油脂截留器之設計原則。
 1. 簡易截流設施至少應分隔成三室，污水進流室 → 除油室 (利用油、水比重不同原理，進行油、水分離) → 處理水出流室。各室之有效水深皆應大於30公分。
 2. 除油室內部設置傾斜板，其與污水流向之夾角為**45至60度**。
 3. 進流室與出流室分別設置進流管及出流管，出流管口徑應大於進流管，出流管出流口應設於水面下至有效水深**1/3**處之位置。

清除廢水中油脂之操作

- 清除廢水中的油脂設施，如採用簡易之重力式截油槽，其是藉油脂比重較輕，水比重較重的原理來進行分離，為使截油槽有效進行油水分離，廢水於截油槽中的停留時間是關鍵。
- 營建署「建築物污水處理設施設計技術規範」規定，污水在截油槽第二槽之除油室中至少需停留**10**分鐘以上；一班操作經驗之停留時間最好有**15**分鐘以上，較能有效分離廢水中大部分的油脂。

三、營建廢水工程管理

- 在靠近水岸或地下水位較高的營建工地施工時，為防止開挖或回填區之土方塌陷及外水流入，通常會採用鋼板樁。
- 鋼板樁施作之施工品質監督
 - 1) 廠商施打鋼板樁前，為防止打樁位置有大塊岩石或人造構造物等障礙物，而影響打樁的穩定性，應要求廠商先進行探查或試挖工作，樁位處如有障礙物，必須事先清除或者採用其他可穩固鋼板樁的工法，方可允許其施打。

三、營建廢水工程管理

- 鋼板樁施作之監督
 - 2) 鋼板樁通常採用連鎖型，施打前應檢查鋼板槽縫如有嚴重彎曲變形或受損者，應不得使用；施打完成之鋼板樁連接處，應檢查其連接槽是否緊密鎖合。
 - 3) 鋼板樁打入土中深度應依設計圖所示，如因土質或其他因素而無法打至設計深度時，應請設計單位或監造確認處理方式。
 - 4) 拔樁時應隨拔隨填滿樁位之孔隙，以免邊坡或鄰近結構物發生移位之情形。



為防止逕流廢水之污染，質量較輕之施工材料應妥適置放，剩餘土石方、工地生活垃圾等易污染水質之廢棄物，應隨時清理；於汛期，開挖出的剩餘土石方應每日清運或暫時堆置於高地上。

油漆、揮發性溶劑等油脂類材料，施用於工地時應於底部墊上不透水且不易腐蝕的墊布或水泥墊塊



三、營建廢水工程管理

- 營建工地鄰近若有水體，應設置防止污染水體之截流溝或導水溝。

