

# HDPE 橋梁排水系統： 最佳化設計與應用


## 高效能排水解決 方案





本簡報將從材料特性、接合技術及實務應用層面，深入探討高密度聚乙烯（HDPE）管道如何為橋梁排水工程提供卓越的耐久性、顯著降低維護成本，並創造更友善的環境效益。

# 第一章 背景與問題：橋面排水管的現況與挑戰

橋面排水管多數採用明管佈設，長期以來以聚氯乙烯（PVC）管為主。儘管PVC管具備安裝便捷、易於取得及成本低廉等優點，然而實際使用中卻暴露出數項關鍵問題：

 **耐候性不足** — 長期暴露於紫外線與溫差環境，PVC管易脆化龜裂，使用壽命僅約5~10年。

 **抗震性差** — 橋梁連續震動導致PVC管材快速疲勞老化，接頭易鬆脫滲漏，管材龜裂。因此，經驗告訴我們，遮蔽的PVC管也不安全。

 **維護成本高** — 頻繁更換與修繕大幅增加全生命週期維運成本。

## PVC管劣化現場實例

以下影像記錄PVC管在橋梁及建築結構中長期使用後的典型破壞模式，若管道在箱樑結構內漏水，鋼結構和混凝土在長期泡水的狀態下將大幅縮減橋梁結構壽命，影響巨大。

箱涵內漏水響鋼結構鏽蝕



箱涵內漏水腐蝕水泥



日曬老化龜裂



震動疲勞龜裂



# 西濱快速道路橋梁排水HDPE管配管實例

採用接法：溝槽式接法

安裝時間：民國 89 年 6 月（西元 2000 年）

照片拍攝時間：民國 115 年 3 月（西元 2026 年）

✦ 安裝後歷經 **26 年**，HDPE 溝槽式橋梁排水管至今仍正常運作，無龜裂、無滲漏、無需更換，充分驗證其卓越耐久性與長期可靠性，大幅節省安裝後養護成本。

## 26年+

持續使用年限

## 零更換

管道從未更換

## 零滲漏

無滲漏紀錄



# HDPE橋面排水管 之 九大優勢

## 💰 降低全生命週期成本

具耐腐蝕、不易劣化特性，可減少更換與維修費用，整體LCC (Life Cycle Cost) 顯著降低。

## 🔧 減少維修次數

內壁光滑、不易結垢阻塞，排水效率穩定，可有效降低日常維護頻率。

## 🕒 延長使用壽命

材料抗化學性及耐候性佳，適用於戶外嚴苛環境，使用年限長。

## ♻️ 具環保與可回收性

材料可回收再利用，施工及使用過程對環境衝擊低，符合永續工程理念。

## 🔒 接頭可靠穩固

採機械式接法，接頭強度高，不易脫落，國內外均有實績可證，具優良水密性與整體性。

## ⚡ 維修方式簡便

管材可切割重接，局部損壞可快速修復，降低交通干擾與施工時間。

## ☀️ 高抗紫外線能力

添加抗UV穩定劑後，可長期暴露於日照環境而不易老化或脆化。

## 🌊 高韌性與耐久性

具良好延展性，可吸收橋梁震動與溫度變形，不易破裂或滲漏。

## 🚚 減人力，縮工期

施工效率高，材料損耗率低，有助縮短工期。尤其適合少子化趨勢下的人力稀缺。

## HDPE與PVC材料的 關鍵性能對比

| 比較項目  | HDPE (推薦)                       | PVC                  |
|-------|---------------------------------|----------------------|
| 主原料單體 | 乙烯(E)，基本石化原料，製程污染低              | 氯乙烯(VCM)，製程及產品含劇毒VCM |
| 必要添加劑 | 無                               | 含鉛、銀、鎘、二丁錫等有毒物質      |
| 比重    | 平均0.95，荷重輕，易於安裝                 | 平均1.40，比水重           |
| 抗紫外線性 | 極佳，長期日曬不影響品質                    | 不佳，長期日曬易龜裂           |
| 焚化處理  | 可焚化，不產生有毒物質                     | 不可焚化，會產生戴奧辛及重金屬      |
| 環保性   | 世界公認環保塑膠，政府優先採購品項               | 環保團體主要抵制物，戴奧辛與汞污泥問題  |
| 耐溫性   | -60°C ~ +60°C                   | 5°C ~ +55°C          |
| 耐震性   | 優異，可抵抗強烈震動與衝擊                   | 耐衝擊性差，不耐剪力           |
| 預期壽命  | 設計壽命50年，理論可達400年<br>(依ISO 8584) | 暴露環境下僅約5~10年         |

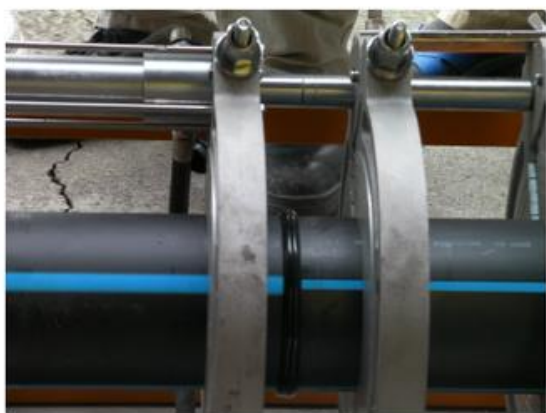
# HDPE 管材接合技術解析

HDPE管的接合方式主要分為熱熔接式與機械式兩大類。  
以下針對各工法的適用場景、技術優勢與限制進行分析。

## 工法一 對熔接法 (Butt Fusion)

透過熱板加熱使兩端管材達熔融狀態，施壓壓合後凝固成型。廣泛應用於給水主幹管等地面配管工程，防漏性能卓越，但不建議使用於橋面排水管。

- **✓** 優點：接合面一體化、防滲效果卓越、强度高。
- **✗** 限制：需用笨重熱熔機具、高空作業較困難、維修困難。接管後內壁呈現熔珠突起段差，會有淤砂疑慮，較不利橋面緩坡型排水。



## 工法二 電熔套接法 (Electrofusion)

運用內置電熱絲的HDPE專用套管，通電後使套管內壁與管材外表面熔合。

- **✓** 優點：適合狹小空間配管、接合可靠。
- **✗** 限制：材料成本較高、需專用機器。接管後不易維修，不建議使用於需經常性清淤的橋面排水配管。



## 工法三 活套承插接法 (Socket Fusion)

主要應用於非壓力配管系統。採用預先擴口並內置止水墊片的接管端，施工極為簡便，速度與成本在所有HDPE連接技術中均具顯著優勢。

- **✓** 優點：施工快速、成本低、可重複拆裝
- **✗** 限制：有易插入也易拔出的特性，接頭內有段差，較不適用於橋面排水水平管段。



## 工法四 溝槽式接法 (Grooved Coupling) ★ 推薦

利用專用工具於管端預製環形凹槽，安裝止水墊片後以兩半式接頭螺栓緊固。核心優勢在於卓越的抗拉脫能力，是橋梁排水管路配置的理想方案。

- **✓** 優點：接口無段差，不堆積泥沙，抗拉脫強、易拆裝維修，不需加裝Y型清潔口，用於橋面排水接管後的整體表現明顯優於前3種。
- **✗** 限制：需專用開槽工具，不適鋼筋籠內施工。



# 溝槽式接合技術（Grooved Coupling）：橋梁排水最佳方案

案

溝槽式接法主要應用於非壓力管路系統。

施工流程：利用專用工具於管端預製環形凹槽 → 安裝專用止水墊片 → 將兩半式接頭嵌入凹槽並以螺栓緊固。

此技術核心優勢在於卓越的抗拉脫能力，是橋梁排水管路配置的理想方案。

## 🔒 抗拉脫強度高

凹槽機械鎖定，管件不易脫落，適合橋梁振動環境

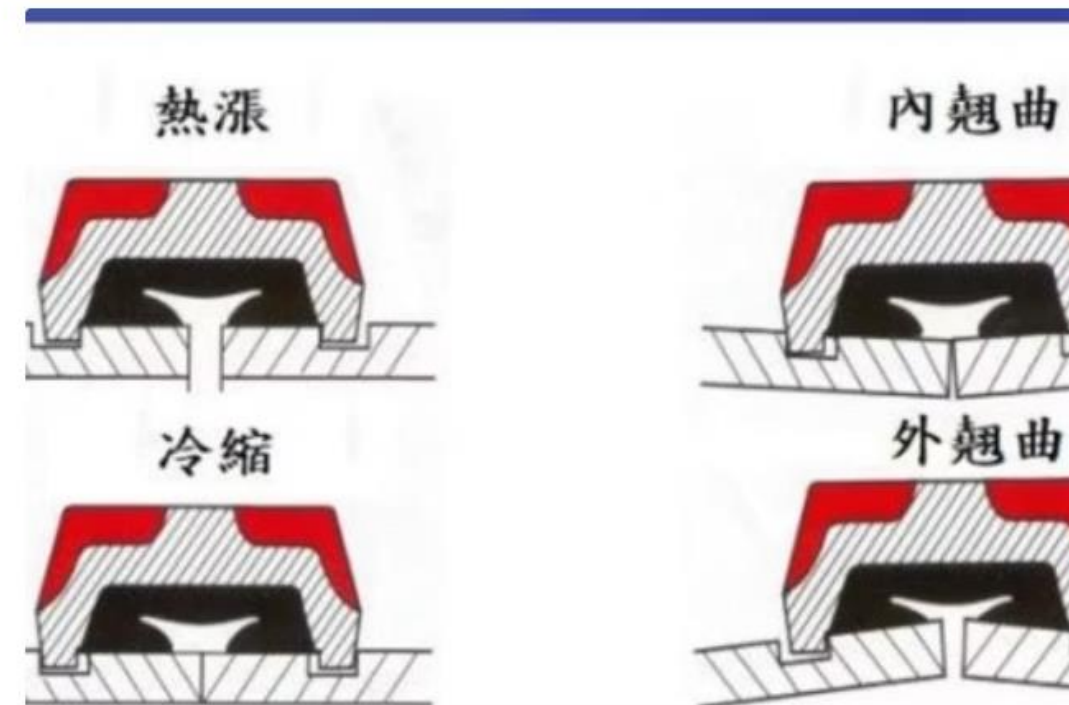
## 🔧 可重複拆裝維修

接頭可重複拆裝，局部損壞快速修復，降低維護成本

## 🔧 適應熱脹冷縮

接頭具彈性容許量，可吸收溫度變形，不易產生應力破壞

溝槽式接管剖面圖示



# 接合技術評比與優選方案

針對橋梁排水系統常用的四種HDPE接合工法進行全面評估，並推薦最適配管方案：

## 明管推薦



### 溝槽式接法

- 抗拉脫強度高，適應橋梁振動
- 可拆裝維修，降低維護成本
- 接頭具彈性，適應熱脹冷縮

## 立管埋設推薦

### 活套承插式接合

- 施工快速

| 評比項目   | 對熔接法 | 電熔套接法 | 活套承插式 | 溝槽式   |
|--------|------|-------|-------|--|
| 施工便捷性  | 低    | 中     | 高     | 高  |
| 材料成本   | 低    | 高     | 低     | 中  |
| 維修性    | 差    | 差     | 佳     | 最佳<br>鬆開溝槽式接頭可平取<br>堵塞管件，清淤後即可<br>再裝回，可快速維護。   |
| 抗拉脫強度  | 極高   | 高     | 低     | 高  |
| 熱脹冷縮適應 | 差    | 差     | 佳     | 佳  |
| 橋梁應用適配 | 不建議  | 不建議   | 可用    |  最佳 |

# 橋梁排水管關鍵配件總覽

## 溝槽式接法



順水梯



45° 彎頭



大小頭



管塞(清潔口)



溝槽式接頭

## 活套承插式接法



順水梯



45° 彎頭



管塞(清潔口)



承插式接頭

# HDPE橋梁排水系統：全生命週期效益與結論

## 全生命週期關鍵指標

**50年+**

設計使用年限

**60%**

維護成本降低

**零更換**

西濱26年實績

**100%**

材料可回收率

## 策略建議

### 新建工程優先採用

橋梁排水管道新建工程，建議直接採用HDPE溝槽式系統，已被驗證，避免日後修管成本。

### 既有PVC管分批汰換

針對使用超過10年之PVC管，建議納入更換維護計畫，分批汰換為HDPE管材。

### 建立標準化規範

建議主管機關將HDPE橋梁排水管納入標準設計規範，推動品質全面升級。

💡 HDPE橋梁排水系統在效能、經濟與永續三大面向均展現卓越優勢。西濱快速道路26年實績充分證明，HDPE是橋梁排水管道的最佳長期解決方案。

# 橋梁排水管道管材選型檢討暨 DN200 HDPE 管選用說明

本文針對橋梁排水管道系統，設計採用 DN200 (200×11.9 mm) HDPE 管材之工程合理性、施工可行性、成本影響及環境永續面向，提供審查單位參考。

**檢討範疇限定：**本次檢討僅屬材料選型層面之比較與替代8"PVC管說明，未涉及排水路線、坡度、設計流量及系統配置之變更。所有排水系統設計參數維持原設計不變。

## 第一章 說明目的

本次檢討係就本案橋梁排水管道系統，針對原設計採用之 8 吋 PVC 管材，重新評估可改採 DN200 (200×11.9 mm) HDPE 管材之工程合理性、施工可行性、成本影響及環境永續面向，提供審查單位參考依據。

## 第二章 原設計

原設計規格採用 8 吋 PVC 管 (216×8.0 mm) 作為橋梁排水管道，為初始設計選定之管材方案。

## 與既有評估背景

### 原設計規格

採用 8 吋 PVC 管 (216×8.0 mm) 作為橋梁排水管道規格，為初始設計選定之管材方案。

### 先前 HDPE 評估

以完全等同 8 吋 PVC 名義內徑為前提，需選用 225×13.3 mm HDPE 管，方能達到相同通水斷面。

### 不建議採用原因

225 mm 規格屬市場非主流尺寸，管件取得不易、價格偏高，整體預算差距顯著，故先前評估後未予採用。

基於上述背景，本次重新檢討跳脫「名義內徑完全等同」之單一前提，從綜合工程適用性角度出發，提出更具實務可行性之方案。

## 第三至五章 設計觀點、水力效能與施工性評估-

### 第三章 重新檢討之設計觀點

經重新檢討，排水管道之工程適用性除名義內徑外，尚須綜合考量下列五項因素，方能做出最適化之材料選型判斷：

|       |      |       |       |
|-------|------|-------|-------|
| 水力效率  | 接頭影響 | 施工穩定性 | 耐久與變形 |
| 供應與維護 |      |       |       |

☐ 因此提出 **DN200 (200×11.9 mm) HDPE** 管系統，作為兼顧工程與實務之替代方案。

## 第四章 水力效能與施工性評估

| 比較項目         | 8 吋 PVC 管  | DN200 HDPE 管 | 備註         |
|--------------|------------|--------------|------------|
| 管材規格         | 216×8.0 mm | 200×11.9 mm  | 名義內徑略有差異   |
| Manning 粗糙係數 | 約 0.011    | 約 0.009      | HDPE 較低    |
| 內壁結垢特性       | 一般         | 不易結垢         | 有利長期維持水力效能 |
| 接頭縮徑風險       | 膠合接頭有縮徑可能  | 接頭不易縮徑       | 可維持穩定通水斷面  |

### HDPE 管材優勢

HDPE 管材內壁光滑且不易結垢，Manning 粗糙係數約為 **0.009**，顯著低於 PVC 管材約 0.011。DN200 HDPE 雖名義內徑略小，惟因內壁粗糙度較低、接頭不易縮徑，整體實際水力效率可補足名義內徑差異。

### 評估結論

DN200 HDPE 管之實際排水能力與原設計 8 吋 PVC 管相當，不影響原設計排水功能。補償機制：

- 內壁粗糙度降低帶來之流速提升效果
- 接頭處不縮徑，維持穩定通水斷面

## 第五章 施工性評估

### 市場主流規格

DN200 HDPE 為市場主流規格，**成本較 225 mm 規格顯著降低**，管件齊全，採購無虞，具備明確的供應鏈優勢。

### 施工方式靈活

可採**溝槽式或活套承插式**管件施工，接合方式多元。管件可重複拆裝，大幅方便日後維修與更換作業。

### 品質穩定可靠

相較 PVC 膠合接頭，HDPE 接頭**施工容錯性高、滲漏風險低**，尤其在橋梁環境中，接頭可靠性對長期使用至關重要。

## 第六至七章 成本風險與環保性評估-

### 第六章 成本與工程風險評估

#### 💰 材料成本差異

DN200 HDPE 材料成本約較 8 吋 PVC 高約 **30%**。此成本差異需放在整體工程脈絡下評估，而非僅以單一材料單價比較。

#### ⚖️ 整體成本差距有限

因 HDPE 管材之**施工效率提升、重工風險降低**，整體工程成本差距實際上相當有限，施工面節省可有效抵消材料面增加。

#### ✅ 風險平衡方案

相較 225 mm HDPE 冷門規格之高成本與供應風險，DN200 HDPE 屬**成本與工程風險之最佳平衡方案**。

### 第七章 環保性與環境毒性差異說明

#### 材料本質差異

PVC 為含氯高分子材料；HDPE 為不含氯之碳氫系高分子材料。此根本性化學組成差異，決定了兩者在環境與安全面向的截然不同表現。

#### 環境與公共安全

PVC 於製程或燃燒條件下，可能產生**氯化氫及戴奧辛類物質**。HDPE 燃燒或裂解主要產物為二氧化碳與水，**不產生含氯毒性氣體**，對環境與公共安全之潛在風險較低。

#### 回收再利用

HDPE 為全球通用回收塑膠（回收代碼 #2），回收體系成熟。PVC 回收受限於添加劑與含氯特性，**再利用性較低**，處理成本亦較高。

# 第八章 ESG觀點、綜合比較與結論

PVC vs. DN200 HDPE vs. DN225 HDPE 綜合比較:

在 ESG（環境、社會、治理）架構下，  
DN200 HDPE 管材於三大面向均具備顯著優勢：

## 🌿 環境面 (E)

不含氯、環境毒性低、回收性佳（回收代碼 #2），符合綠色工程材料選用原則。

## 👥 社會面 (S)

燃燒不產生高毒性氣體，橋梁火災時不釋放氯化氫或戴奧辛，公共安全風險較低。

## 🏛️ 治理面 (G)

採用市場主流規格，供應穩定，未來維修更換不致面臨停產或缺料困境。

| 評估面向        | 8 吋 PVC (216×8.0)    | DN200 HDPE (200×11.9) | DN225 HDPE (225×13.3) |
|-------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Manning 係數  | 約 0.012              | 約 0.009               | 約 0.009               |
| 水力效能        | 1.00                 | 0.98                  | 1.29                  |
| 市場供應        | 主流                   | 主流                    | 非主流                   |
| 材料成本        | 基準                   | 高約 30%                | 顯著偏高                  |
| 整體工程成本      | 基準                   | 差距有限                  | 差距顯著                  |
| 施工容錯性       | 低                    | 高                     | 高                     |
| 滲漏風險        | 較高                   | 較低                    | 較低                    |
| 環境毒性        | 含氯，風險高               | 不含氯，低                 | 不含氯，低                 |
| 回收再利用       | 受限                   | 成熟 (#2)               | 成熟 (#2)               |
| 長期維護性       | 一般                   | 佳                     | 受限於供應                 |
| 初置工料費用差異比率  | 0.86                 | 1.00                  | 1.32                  |
| 50年工料費用差異比率 | 5.95<br>(以12.5年為一周期) | 1.00<br>(以50年為一周期)    | 1.32<br>(以50年為一周期)    |

## 結論

☐ 橋梁排水管道採 **DN200 (200×11.9 mm) HDPE 管材**，係於維持原設計功能與成本合理性前提下，來決定**工程最適化材料選型**，並非單純材料升級。

✅ 維持原設計功能 – 水力效能符合原設計排水需求，系統配置無需變更

💰 成本合理可控 – 材料成本雖增約 30%，但整體工程成本差距有限

🏆 工程最適化選型 – 綜合水力、施工、成本、環保、治理等面向之最適化決策

## 初置單價分析比較（以100米橋面為例）

計算條件：100 米橋面長，橋寬 20 米。每 7 米裝一處洩水孔，每 30 米由立柱向下導水，立柱高度 8 米。橋面雙側對稱洩水，雙側共用立柱排水。洩水孔與排水管高差 2 米，吊支架間距 2 米。

● 以 HDPE 配管（ $\phi 200$  溝槽式）

| 品名                       | 單位 | 數量  | 單價    | 小計             | 單價/進行米       |
|--------------------------|----|-----|-------|----------------|--------------|
| <b>水平管</b>               |    |     |       |                |              |
| $\phi 200$ HDPE SDR17 級管 | 米  | 379 | 732   | 277,428        | —            |
| $\phi 200$ 溝槽接頭          | 只  | 120 | 464   | 55,680         | —            |
| $\phi 200$ 槽式順水          | 只  | 28  | 1,936 | 54,208         | —            |
| $\phi 200$ 槽式清潔口         | 只  | 6   | 200   | 1,200          | —            |
| $\phi 200$ 45°槽式彎頭       | 只  | 24  | 1,246 | 29,904         | —            |
| <b>立管</b>                |    |     |       |                |              |
| $\phi 200$ HDPE 管        | 米  | 24  | 732   | 17,568         | —            |
| $\phi 200$ 溝槽接頭          | 只  | 27  | 464   | 12,528         | —            |
| $\phi 200$ 槽式順水          | 只  | 3   | 1,936 | 5,808          | —            |
| $\phi 200$ 槽式清潔口         | 只  | 3   | 200   | 600            | —            |
| $\phi 200$ 45°槽式彎頭       | 只  | 12  | 1,246 | 14,952         | —            |
| 管材管件小計                   | —  | —   | —     | 467,524        | 1,160        |
| 配管工資                     | M  | 403 | 800   | 322,400        | —            |
| <b>總計</b>                | —  | —   | —     | <b>789,924</b> | <b>1,960</b> |

## 初置單價分析比較（以100米橋面為例）

計算條件：100 米橋面長，橋寬 20 米。每 7 米裝一處洩水孔，每 30 米由立柱向下導水，立柱高度 8 米。橋面雙側對稱洩水，雙側共用立柱排水。洩水孔與排水管高差 2 米，吊支架間距 2 米。

● 以 PVC 配管（φ216 B級管）

| 品名            | 單位 | 數量  | 單價    | 小計             | 單價/進行米       |
|---------------|----|-----|-------|----------------|--------------|
| <b>水平管</b>    |    |     |       |                |              |
| φ216 PVC B 級管 | 米  | 379 | 532   | 201,628        | —            |
| φ216 Y 型接頭    | 只  | 28  | 1,775 | 49,700         | —            |
| φ216 清潔口      | 只  | 28  | 650   | 18,200         | —            |
| φ216 順水       | 只  | 28  | 1,285 | 35,980         | —            |
| φ216 末端清潔口    | 只  | 6   | 650   | 3,900          | —            |
| φ216 45°彎頭    | 只  | 24  | 890   | 21,360         | —            |
| <b>立管</b>     |    |     |       |                |              |
| φ216 PVC 管    | 米  | 24  | 532   | 12,768         | —            |
| φ216 順水       | 只  | 3   | 1,285 | 3,855          | —            |
| φ216 清潔口      | 只  | 3   | 650   | 1,950          | —            |
| φ216 45°彎頭    | 只  | 12  | 890   | 10,680         | —            |
| 管材管件小計        | —  | —   | —     | 360,021        | 893          |
| 配管工資          | M  | 403 | 800   | 322,400        | —            |
| <b>總計</b>     | —  | —   | —     | <b>682,421</b> | <b>1,693</b> |

## 初置單價分析比較（以100米橋面為例）

計算條件：100 米橋面長，橋寬 20 米。每 7 米裝一處洩水孔，每 30 米由立柱向下導水，立柱高度 8 米。橋面雙側對稱洩水，雙側共用立柱排水。洩水孔與排水管高差 2 米，吊支架間距 2 米。





● 以 HDPE 配管（ $\phi 225$  溝槽式）

| 品名                       | 單位 | 數量  | 單價    | 小計               | 單價/進行米       |
|--------------------------|----|-----|-------|------------------|--------------|
| <b>水平管</b>               |    |     |       |                  |              |
| $\phi 225$ HDPE SDR17 級管 | 米  | 379 | 920   | 348,680          | —            |
| $\phi 225$ 溝槽接頭          | 只  | 120 | 603   | 72,360           | —            |
| $\phi 225$ 槽式順水          | 只  | 28  | 2,517 | 70,476           | —            |
| $\phi 225$ 槽式清潔口         | 只  | 6   | 300   | 1,800            | —            |
| $\phi 225$ 45°槽式彎頭       | 只  | 24  | 1,620 | 38,880           | —            |
| <b>立管</b>                |    |     |       |                  |              |
| $\phi 225$ HDPE 管        | 米  | 24  | 920   | 22,080           | —            |
| $\phi 225$ 溝槽接頭          | 只  | 27  | 603   | 16,281           | —            |
| $\phi 225$ 槽式順水          | 只  | 3   | 2,517 | 7,551            | —            |
| $\phi 225$ 槽式清潔口         | 只  | 3   | 300   | 900              | —            |
| $\phi 225$ 45°槽式彎頭       | 只  | 12  | 1,620 | 19,440           | —            |
| 管材管件小計                   | —  | —   | —     | 598,448          | 1,485        |
| 配管工資                     | M  | 403 | 1,100 | 443,300          | —            |
| <b>總計</b>                | —  | —   | —     | <b>1,041,748</b> | <b>2,585</b> |

# 單價分析摘要比較

| 項目          | PVC φ216    | HDPE φ200   | HDPE φ225     | 備註              |
|-------------|-------------|-------------|---------------|-----------------|
| 管材管件小計      | NT\$360,021 | NT\$467,524 | NT\$598,448   | φ225 較 PVC +66% |
| 配管工資        | NT\$322,400 | NT\$322,400 | NT\$443,300   | φ225 工資較高       |
| 總工程費        | NT\$682,421 | NT\$789,924 | NT\$1,041,748 | φ225 較 PVC +53% |
| 單價/進行米 (管材) | \$893/m     | \$1,160/m   | \$1,485/m     | —               |
| 單價/進行米 (總計) | \$1,693/m   | \$1,960/m   | \$2,585/m     | —               |
| 設計使用年限      | 10~15 年     | 50 年以上      | 50 年以上        | HDPE 顯著優勢       |
| 50年工料費用差異比率 | 1.00        | 0.16        | 0.22          |                 |

## 比較結論

-  **成本排序:** PVC φ216 總費 NT\$682,421 ( \$1,693/m) 為最低；HDPE φ200 NT\$789,924 ( \$1,960/m) 居中，較 PVC 高約 16%；HDPE φ225 NT\$1,041,748 ( \$2,585/m) 最高，較 PVC 高約 53%。
-  **工資差異:** φ200 與 PVC 配管工資相同 ( NT\$322,400) ；φ225 因管徑較大，工資提高至 NT\$443,300，較前兩者高出約 37%。
-  **管徑選型建議:** φ200 HDPE 在水力效能上與 PVC φ216 相當 (Manning 係數更優)，整體工程費差距僅 16%，為兼顧性能與成本之最適選擇。φ225 雖水力效能最佳，但成本顯著偏高，且為市場非主流規格，備料維修較不便。
-  **綜合推薦:** HDPE φ200 溝槽式為最佳方案：水力效能達標、施工容錯性高、使用年限 50 年以上、全生命週期成本效益最優，且為市場主流規格，供應穩定。