

學校房舍屋頂、棚架設施
及風雨球場

設置太陽光電發電系統

施工須注意事項

林炳昌

土木技師 結構技師

中原大學土木工程學系 退休教授

1

主題：

防水工程基本觀念

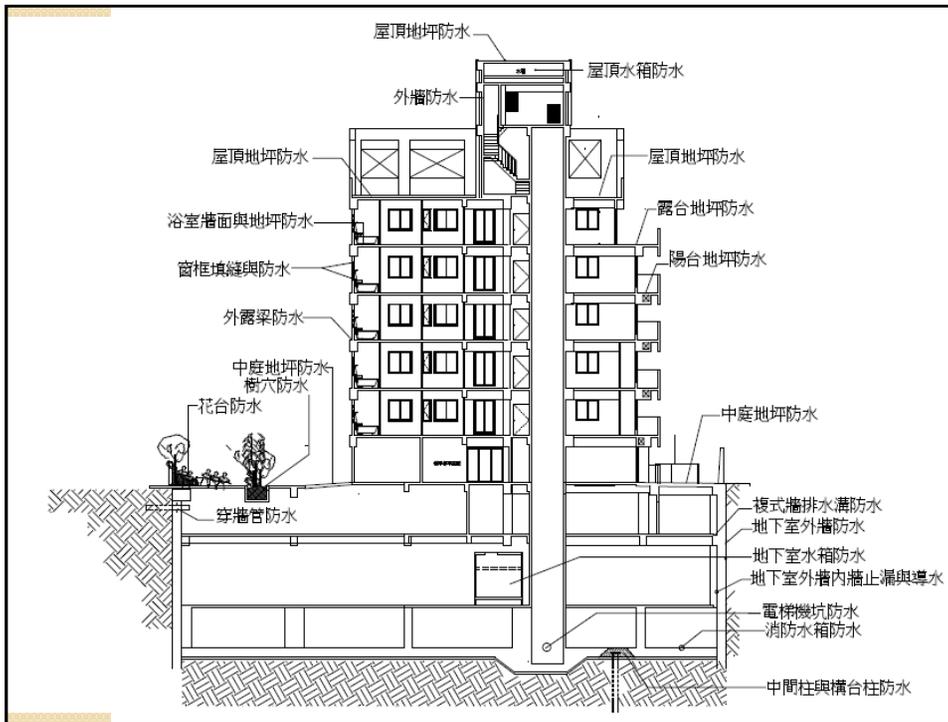
屋頂防水隔熱

加蓋鐵皮屋頂

設置太陽光電發電系統

施工須注意事項

2



建築物容易滲漏水部位

平面：

- 屋頂
- 陽臺及露台
- 浴廁
- 廚房
- 與土壤接觸之地坪
- 儲水槽(游泳池)、
花台、污水處理池
- 水平伸縮縫

垂直面：

- 外牆
- 窗框
- 雨遮
- 地下室
- 管線穿孔
- 落水頭
- 樓層間施工縫
- 垂直伸縮縫

防水工程技術應重視設計與施工兩層面，使用者應瞭解防水工程基本理論，勿被材料商誤導、迷思高科技材料之應用，應該針對使用性之實質需要，務實編列所能負擔的施工方法及預算。

5

欲防水!

先探討:

水從哪裏來?

6

水入滲模式

- (1) **壓力流**—屋頂、陽臺及露臺、浴廁、廚房、地下室外牆
- (2) **毛細管滲流**—與土壤接觸之地坪、外牆
- (3) **結露**—外牆

7

建築物防水工程類型：

阻擋水流入滲

1. 屋頂、陽臺、露台、外牆、門窗須防堵屋外雨水
2. 地下室外牆、地坪須防止地下水滲流進入；

導引水流

3. 浴廁、廚房須快速將水導引排出，且須防止滲流進入相鄰或下方之房間。

阻擋、導引兼施

4. 水箱、污水處理設備等經常儲留用水、污水之處所
5. 游泳池、花台等處所亦須確實將存水範圍之牆面、地板等確實做好防水功能，以防止發生滲漏現象。

8

問題：混凝土本身是否能防水？

混凝土施作時為了好施工，台灣地區拌合混凝土時水與水泥的用量比例(稱為水灰比)常高達0.6，事實上水與水泥的化學作用(稱為水化作用)需要水的用量為水灰比0.25，混凝土固化後多餘的水在空氣乾燥時逸出，使得混凝土裡有很多空間可以讓水分再進入混凝土內，此稱為混凝土的水密性。一般混凝土強度差者，其水密性也差！

9

混凝土本身是否能防水？

混凝土結構體本身除了水密性的孔隙外，受外界溫度變化、或本身長期會收縮、或受外力作用時容易發生裂紋故混凝土本身防水功能不佳！尤其長時間與水接觸！

10

基本防水理論

建築物防水

- 利用〔結構體〕本身或〔防水材料〕，以阻斷水份或濕氣
- 避免產生滲、漏水等現象而影響之建築物使用性

軀體防水

- 增加軀體(版、牆)水密性
- 水泥砂漿防水材添加劑

表面防水

- 混凝土面利用塗膜或鋪薄膜
- 瀝青防水、薄片防水、塗膜防水、皂土防水



線防水

- 防止水份于結構體中施工縫或伸縮縫等滲漏
- 填縫材、止水帶以及水封材



11

建築物屋頂防水措施:

露臺施作防水工程

或

加蓋鐵皮屋面防水

12

露臺施作防水工程

工法原理: 表面防水

13

表面防水

增加結構軀體水密性方法，並不能讓易開裂混凝土軀體有十足把握完全阻絕靜水壓力下的水流通路，故在經常面臨一定的水頭壓力的軀體外面，仍須施作防水措施，達到雙重及完全防水的效果，如屋頂、陽臺、露臺、儲水槽、污水處理池、浴廁、廚房、及與土壤接觸之地坪等。

14

所謂的**表面防水(或稱面防水)**，即於混凝土面利用**塗膜或鋪設薄膜**的方式，利用防水材本身之不透水性、耐久性、抗張性以及可撓性等性能，形成一道良好的防水層。使用於表面防水的材料種類衆多，依材質之形狀與特性，一般可大致分爲**瀝青防水工法、薄片防水工法、塗膜防水工法以及皂土防水工法**等四類。

15

◆ 瀝青防水工法

16

橡化瀝青防水毯



橡化瀝青防水毯採用高強度聚脂長纖維布為基材，先經合成瀝青浸透及特殊處理，使其結成一體，然後再塗佈橡化瀝青層，頂面撒佈砂砂或岩石，底面披覆一層PET(聚對苯二甲酸乙二酯，polyethylene terephthalate)膜而成。

17

熱溶式防水毯



18

自黏式防水毯



19

施作底油塗佈



每一行防水氈搭接縫
需至少10公分

烘烤防水毯





**改質瀝青防水氈：
熱溶式防水毯**

適用於屋頂或平面面積較大之建築物。但是其厚度較厚，故複雜素地面或凹凸角部份除須先補強，施工技術難度較高。

自黏式防水毯

搭接及收頭部位較易發生問題，屋頂的複雜性以及施工人員的素質是影響成敗的很大關鍵。

23

女兒牆收頭施作需確實

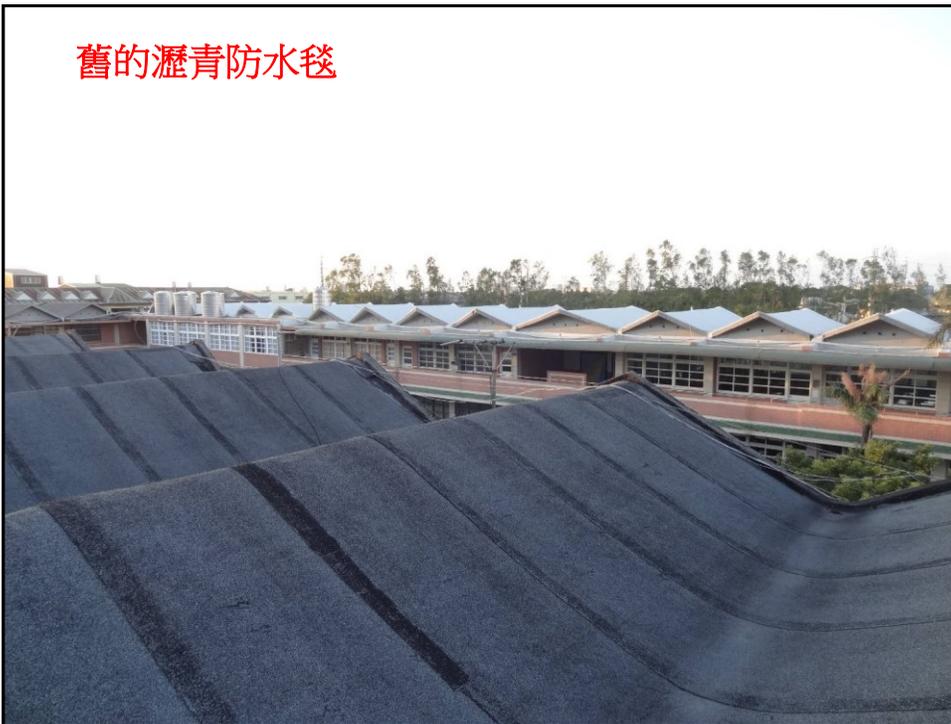
基座收頭施作需確實

24

◆ 薄片防水工法

25

舊的瀝青防水毯

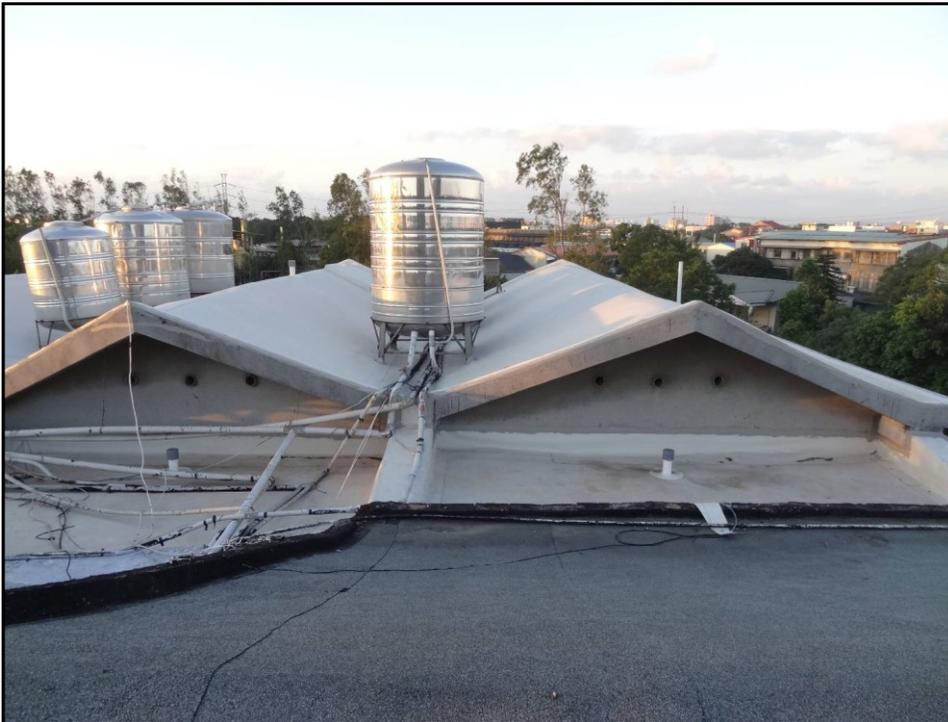


薄片系列:

以高分子樹脂塑膠或橡膠製造成的薄片防水材料，有為加強其強度，而於其中加入纖維補強層之複合材料。



27







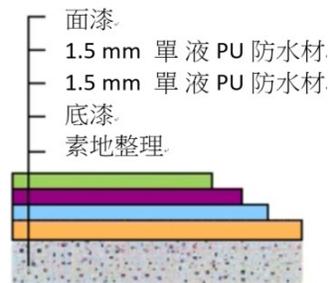
◆ 塗膜防水工法

塗膜系列:

膜防水層一般較薄，長期泡在水中，會發生粘結力降低、喪失防水性能等現象；塗膜厚度對防水質量有直接影響，也是施工中最易出現偷工減料的環節，施工時應確實計算用量，再加適量合理損耗，**施工前所有塗料用量先行進場驗收**，這樣才能確保施工中達到規定的設計塗膜厚度。

聚胺酯（PU）：

1. 底漆 1-2 道
2. 單液PU中塗兩道
3. 候面漆塗佈



33

PU(PolyUrethane，聚氨基脂)，綠色PU。價格便宜。比較大的問題是易剝離。**PU是油性的防水膜**，也就是它并無法和素地中的水氣結合。

麻煩的是在多雨而且空氣中濕度偏高的地區，往往就因為施工的前一、兩天下過雨，在結構已吸附大量水氣的狀況下，就形成水氣被包覆在PU膜的下方。遇到大太陽一來，水氣變成了水蒸氣，與油性PU不相容的水蒸氣便形成了PU與屋頂結構之間的剝離力量，導致許多建物的屋頂防水工程因此失敗。

問題就在上述的前提所要求的**够乾燥**，依工程界一般的常識…只要下過雨，就得要讓屋頂曬三天太陽，才能有足夠的乾燥。

缺點：容易水解、怕紫外線

34

屋頂防水層失效

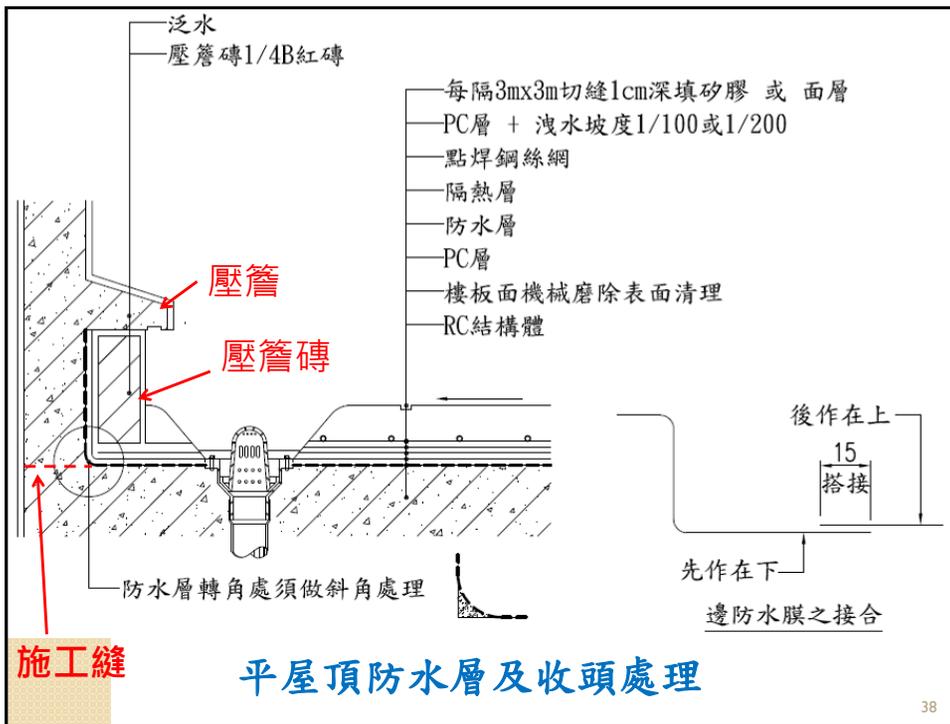
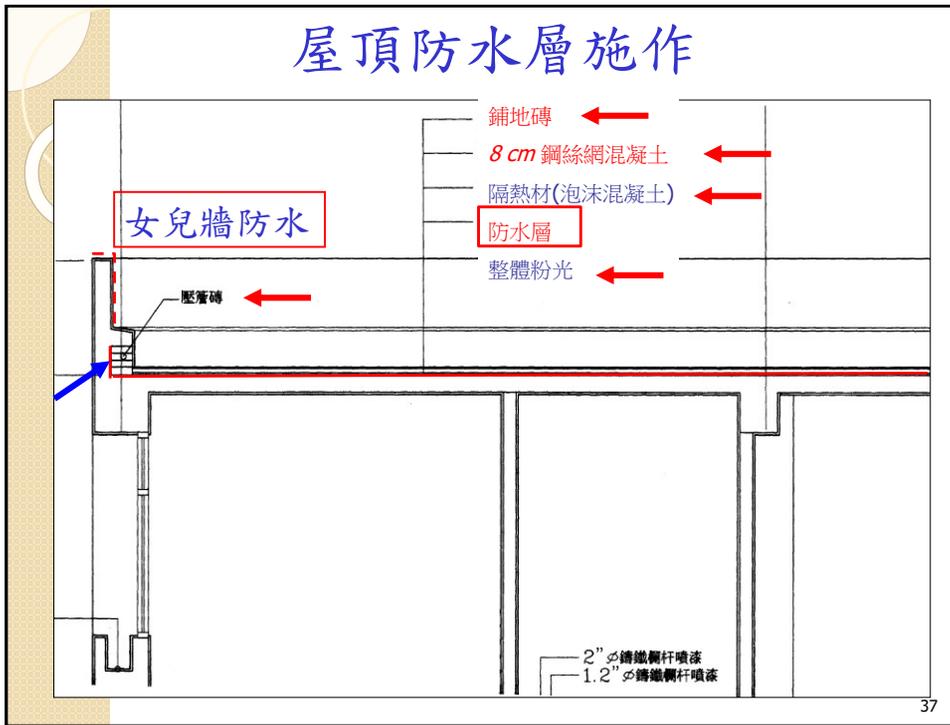
PU防水材料



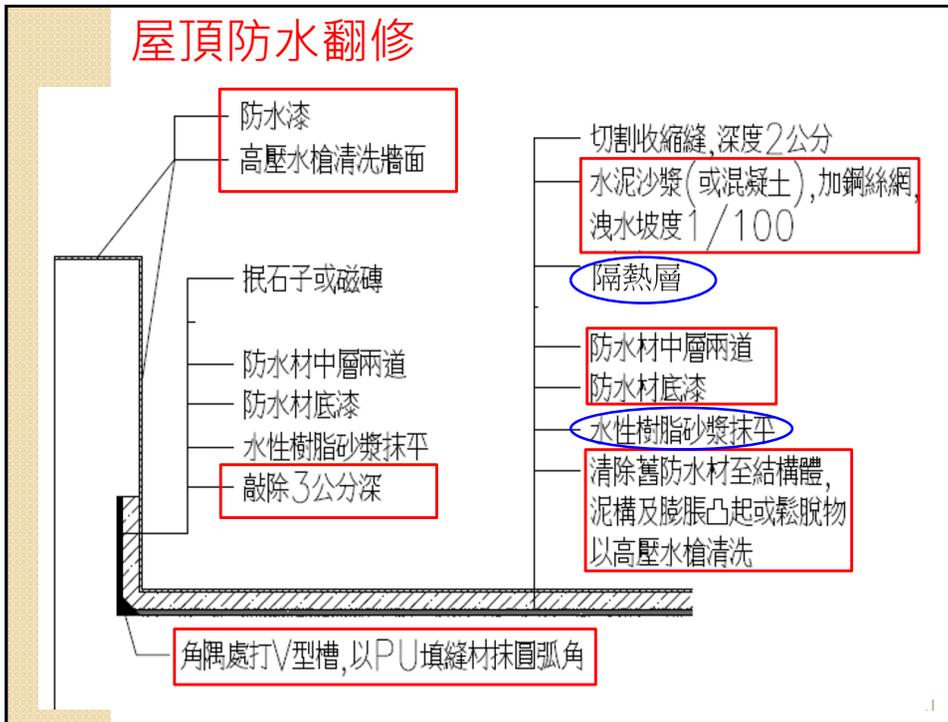
35



36







牆角抵石子處理



43

地面貼地磚



44

屋頂PU防水施工3年



45

屋頂PU防水施工21年(2001年完工)



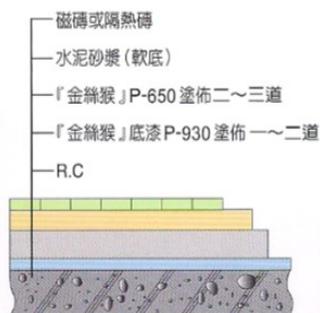
46

改良式: 水性 PU

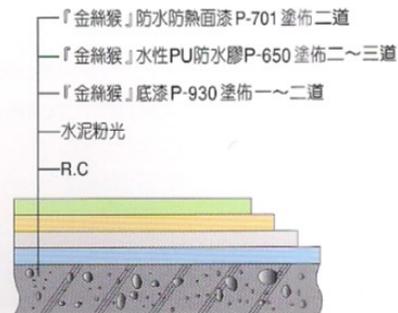
水性聚氨酯是以水代替有機溶劑作為分散介質的新型聚氨酯體系，也稱水分散聚氨酯、水系聚氨酯或水基聚氨酯。水性聚氨酯以水為溶劑，無污染、安全可靠、機械性能優良、相容性好、易於改性等優點。

47

水性 PU 施工



(一) 覆蓋式屋頂防水



(二) 曝露式屋頂防水、防熱

1. 底漆對混凝土或水泥砂漿有起砂、起粉者，使得施工面接著固化很好。
2. 避免底漆未乾燥前就繼續塗布防水層。
3. 水性 PU 以高分子水性 PU 樹脂與橡膠經共聚合改質而成的，具高伸長率、抗拉性佳。具透氣、潮濕可施工。每道不超過 1 mm 厚，待乾燥後施做下一道。

48

屋頂防水案例作法



49

底漆塗布



50

水性PU







聚脲

聚脲系列產品為100% 固成份之兩液型噴塗材料，是由芳香族二苯甲烷異氰酸鹽(MDI)與端氨基聚醚樹脂所構成。具高耐磨性、伸長率、抗拉強度優、以及接著力強等特性；可耐物體熱漲冷縮的變化，且同時具有抗酸鹼及耐化學品侵蝕的特性，硬化時間短，可於10~100秒內快速固化。

特性：

1. 物性強：高物理性能，高耐磨性、韌性強及彈性優。
2. 耐性廣：耐水、耐化、耐熱、耐撞擊性優。
3. 防腐朽：防混凝土建物老化、防鋼構物腐蝕。

注意事項：

- 1、刷塗前須先確認被塗裝材質表面是否**清潔與乾燥**。
- 2、實際操作上，1.3kg聚脲塗料可塗佈於面積1平方公尺(厚度：1mm)。
- 3、每一道噴塗成膜厚度儘量**不超過3mm**，避免造成膜厚不均與塗膜表面的缺陷。

57



需要利用噴塗機的設備施工，成本較高。

58

缺點: 地坪已有裂縫者不宜採用



59

◆ 皂土防水工法

皂土(膨潤土)為火山爆發時沉積在海底、湖底之火山灰變質後受礦床熱水作用而形成的一種黏土礦物，具有吸水膨脹性。

利用遇水膨脹的原理去擋水。

一般應用於地下防水：掩埋場、水池、在RC二次澆築縫中。

先處理:

- 屋頂樓板裂縫滲水處理
- 樓層間施工裂縫滲水處理

61



屋頂樓板裂縫滲水處理



63

屋頂樓板裂縫處理



64

沿裂縫切割成V形槽，填塞樹酯砂漿



強度補強:EPOXY(環氧樹脂)低壓灌注



防水補漏:發泡PU高壓注射

屋頂頂板裂縫以EPOXY(環氧樹脂)灌注補強(0.3 mm以上)



隔熱

69

防水層上方設隔熱材

泡沫混凝土(6-10cm)



PE板(聚乙烯板)

PE保溫板採用聚乙烯塑膠粒發泡而成，導熱係數低。

發泡聚苯乙烯隔熱板(XPS/PS等)

2.5cm厚(需接著底油)

70





泡沫混凝土單位重

$$W_c = 300-1200 \text{ kgf/m}^3$$

強度

$$f_c' = 100 \text{ kgf/cm}^2 \text{ 以上}$$

一般混凝土單位重

$$W_c = 2300 \text{ kgf/m}^3$$

強度

$$f_c' = 210 \text{ kgf/cm}^2 \text{ 以上}$$

泡沫混凝土施作



75

泡沫混凝土施作



76

泡沫混凝土施作



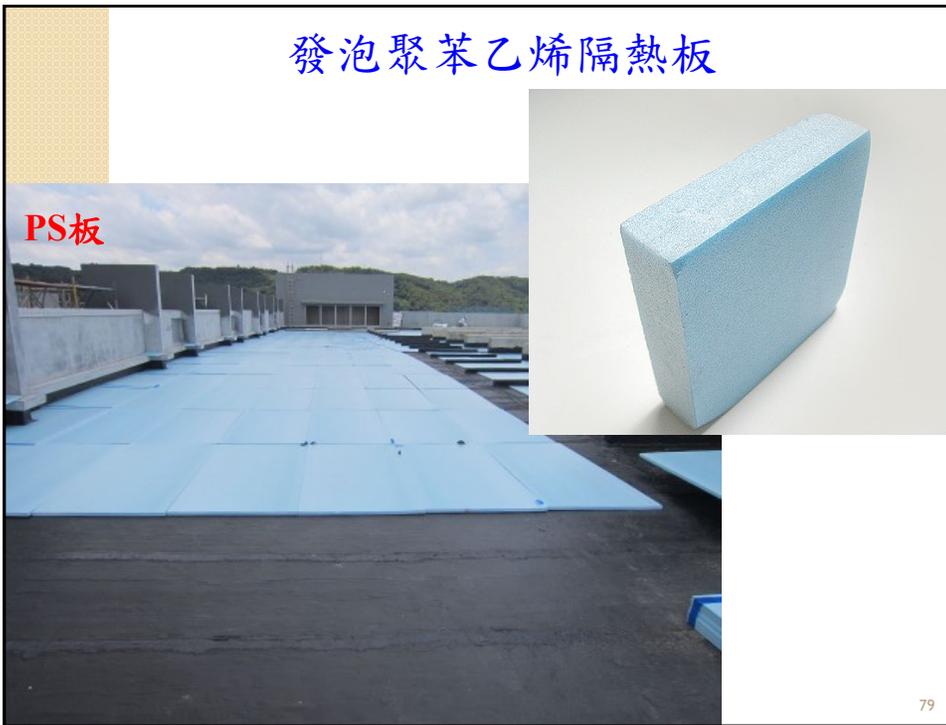
77

泡沫混凝土施作



78

發泡聚苯乙烯隔熱板

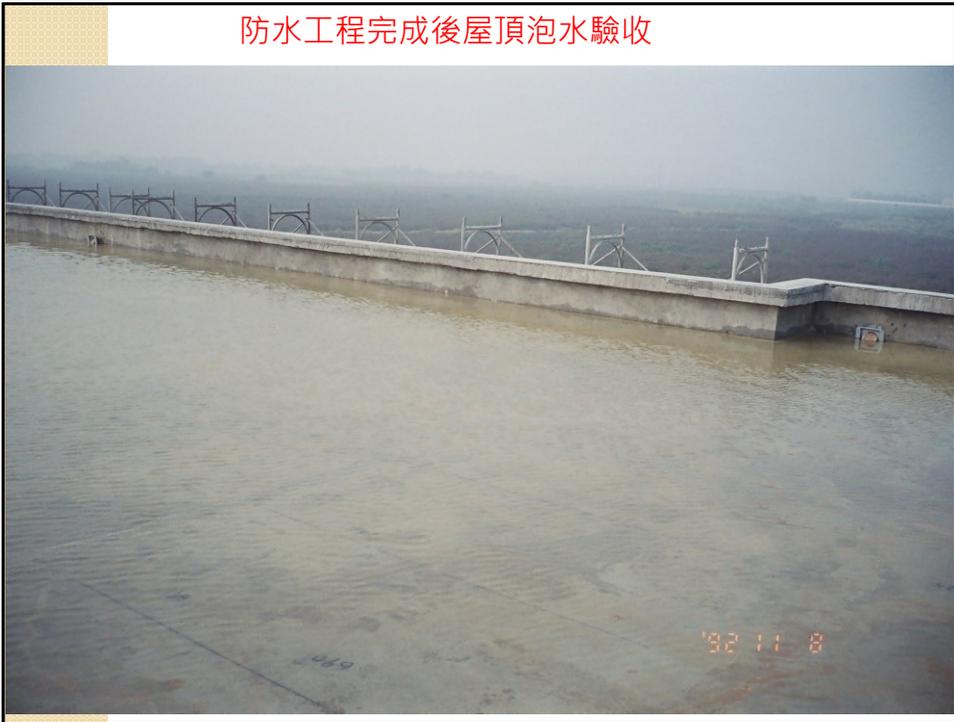


收縮縫(contraction joints)：

為將特定混凝土斷面弱化，俾所有幹縮可能產生之裂紋，能吸收于該弱化接縫，如地面版之鋸切縫等；收縮縫又稱控制縫、假縫或弱面縫。



防水工程完成後屋頂泡水驗收



桃園屋頂加蓋鐵皮屋法規

建管處使用管理科

發布日期：107-08-21

「桃園縣一定規模以下建築物免辦理變更使用執照管理辦法」，

規定屋齡20年以上、5樓以下建築物，經直下層全部所有權人同意後，便可建造一定規格的斜屋頂防漏設施；並簡化程序，得免經建築師即可申請。

該辦法中斜頂防漏設施斜屋頂高度從屋頂平台面起算，屋脊高度不得超過二點一公尺，屋簷應與屋頂平台面平齊且不得突出建築物屋頂女兒牆或外牆外緣，不得變更原建築物高度及簷高。

新北市: 四周不得封閉或設置門窗。

83

H型鋼為骨架



84

C 型鋼為骨架



規格及尺寸		
A × B × C (mm)	t (厚度) (mm)	單位重量 (kg/m)
150 × 65 × 20	3.2	7.75
	3.0	7.27
	2.5	6.06
	2.3	5.57
125 × 50 × 20	3.2	6.2
	3.0	5.81
	2.5	4.84
	2.3	4.46
100 × 50 × 20	3.0	5.19
	2.5	4.33
	2.3	3.98
	2.5	3.53
75 × 45 × 15	2.3	3.25
	2.0	2.83
60 × 30 × 8	2.3	2.46
	2.0	2.14

鐵皮加蓋屋頂



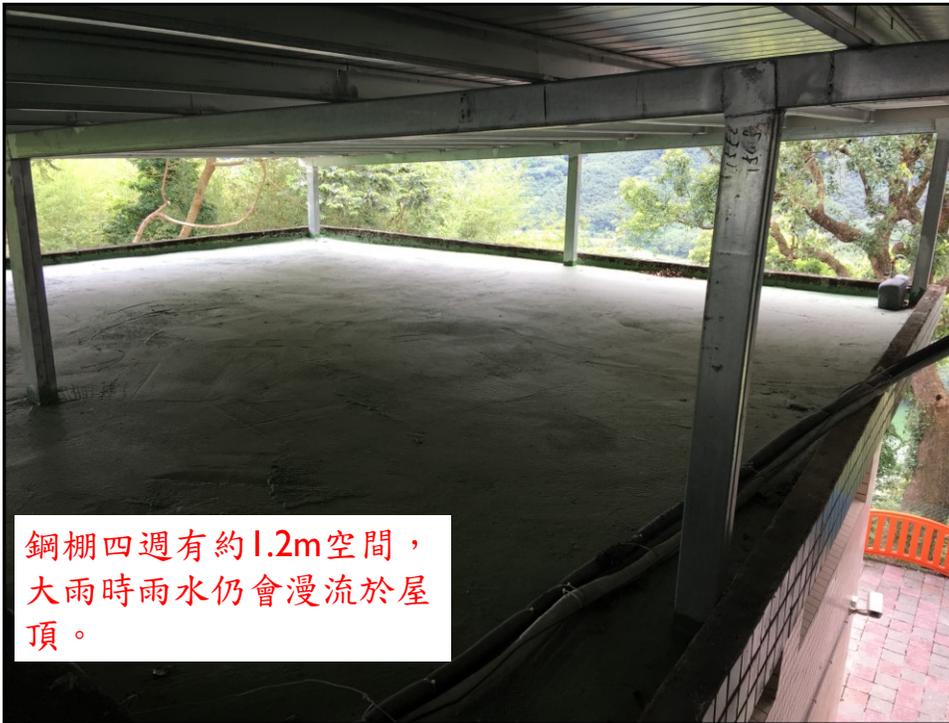
注意側面是否會潑水進來?



87



88



注意側面是否會潑水進來?



91

積水無法消散



92



93

H型鋼為骨架，注意基座是否在梁或柱上方

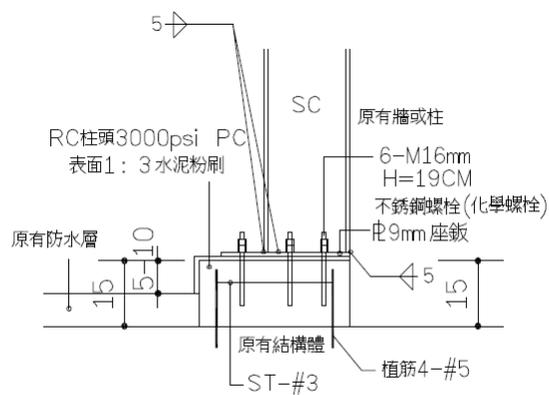


沒有混凝土基座墊高，造成生鏽



95

需要有混凝土基座墊高



SC柱頭剖立面示意圖

96

SP-700型 一體成型，可做外露式及隱藏式加帽蓋

隱型式彩色鋼板屋頂系統

內政部營建署 半小時防火時效
內民總建管字0970806077號

厚3公分雙層
青蒿材質白色純淨PU板

上層鋼板面鍍鋅
岩棉或PU 隔熱層
下層鋼板

238 112 35 66
30(50)
700m/m 單位: mm

帽蓋組合圖(1) 帽蓋組合圖(2) 帽蓋組合圖(3)

消柱用固定座 防火板用止水條 中脊封板 覆口封板

鋼浪板表層處理方式:

鍍鋅、鋁鋅、鎂鋁合金、不銹鋼

海邊: 鎂鋁合金與不銹鋼最優，鋁鋅次之，鍍鋅最差。

97

PU=50±5

15

75.8

375 375 750±5

38±2

烤漆板

雙層發泡厚度可分50mm與20mm兩種高度

PU=20±2

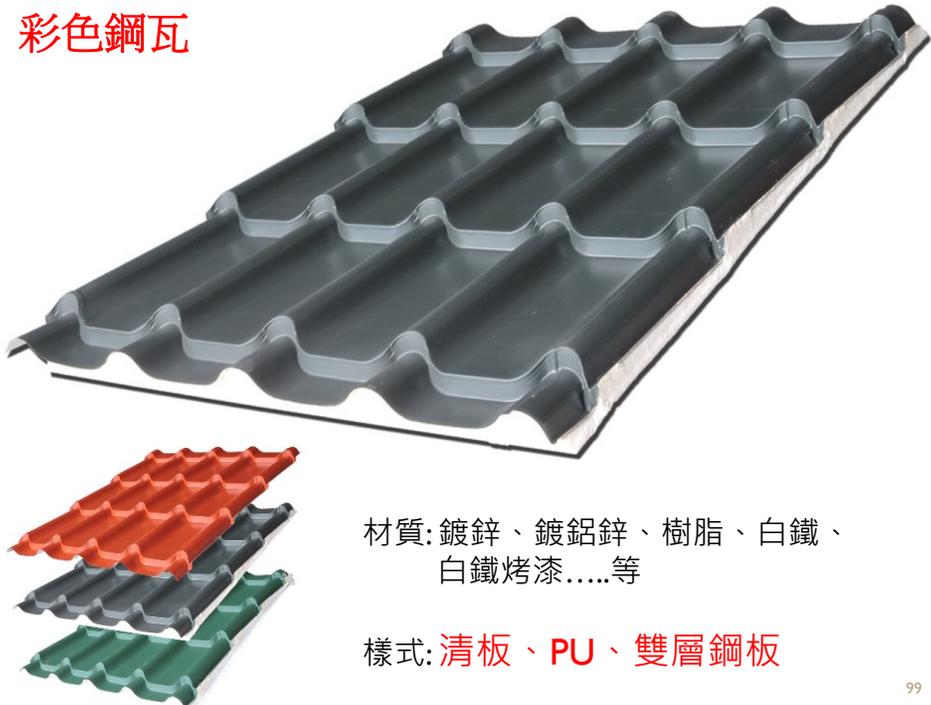
15

75.8

烤漆板、PVC紙

98

彩色鋼瓦



材質: 鍍鋅、鍍鋁鋅、樹脂、白鐵、
白鐵烤漆.....等

樣式: 清板、PU、雙層鋼板

99

防水工程施作

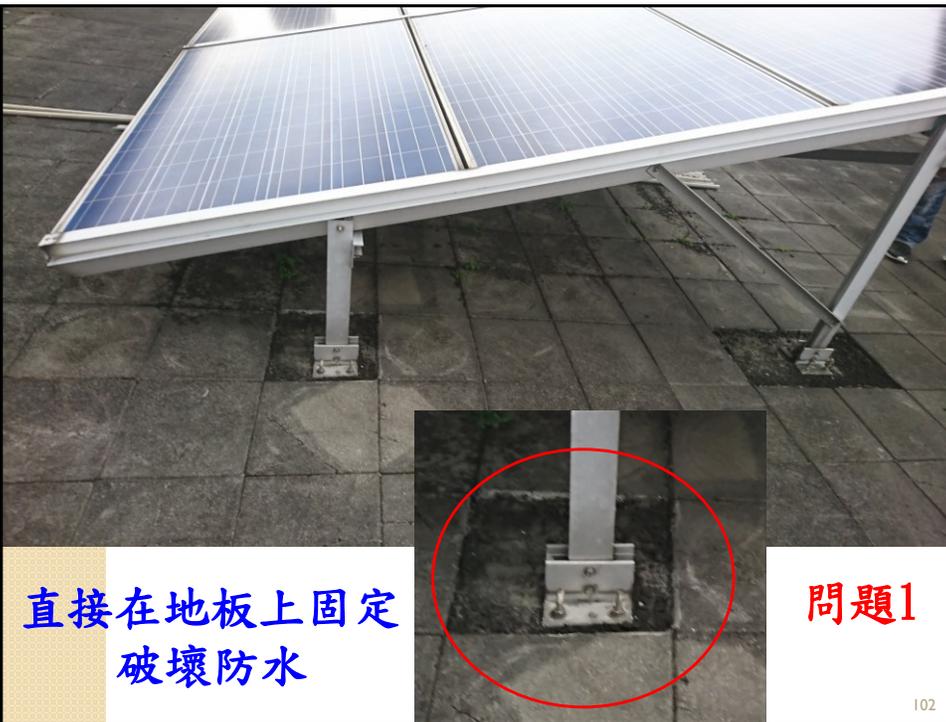
使用年限應以
15年為目標

100

太陽能板問題



101



直接在地板上固定
破壞防水

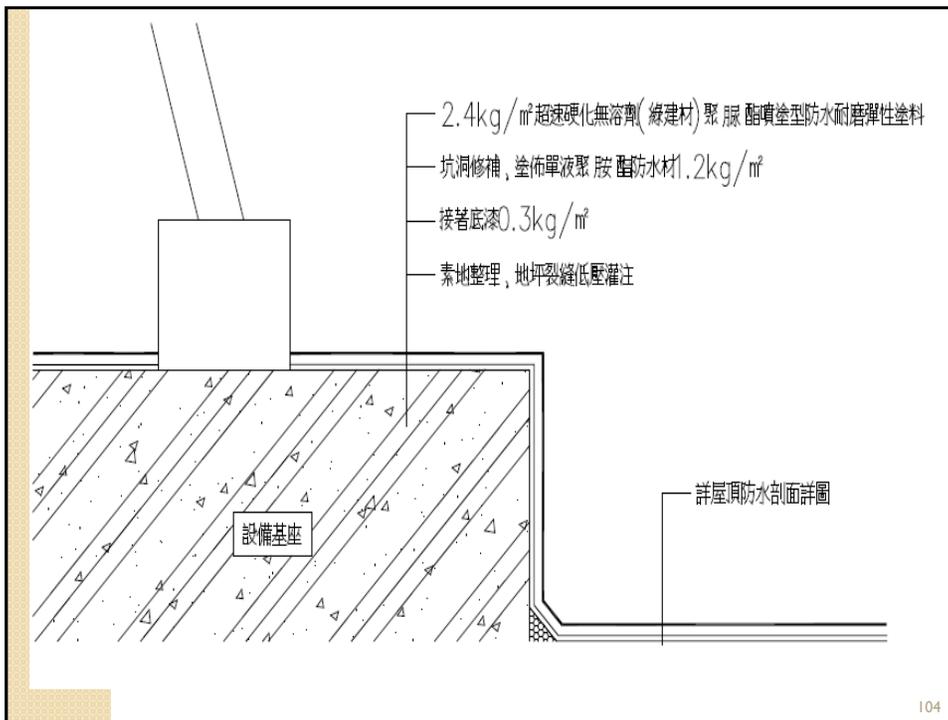
問題1

102

應要有混凝土基座才有辦法處理防水



103



104

風雨球場



105

通廊



06

問題2: 舊防水更新如何施工?



107

鐵皮屋頂架設光電設施

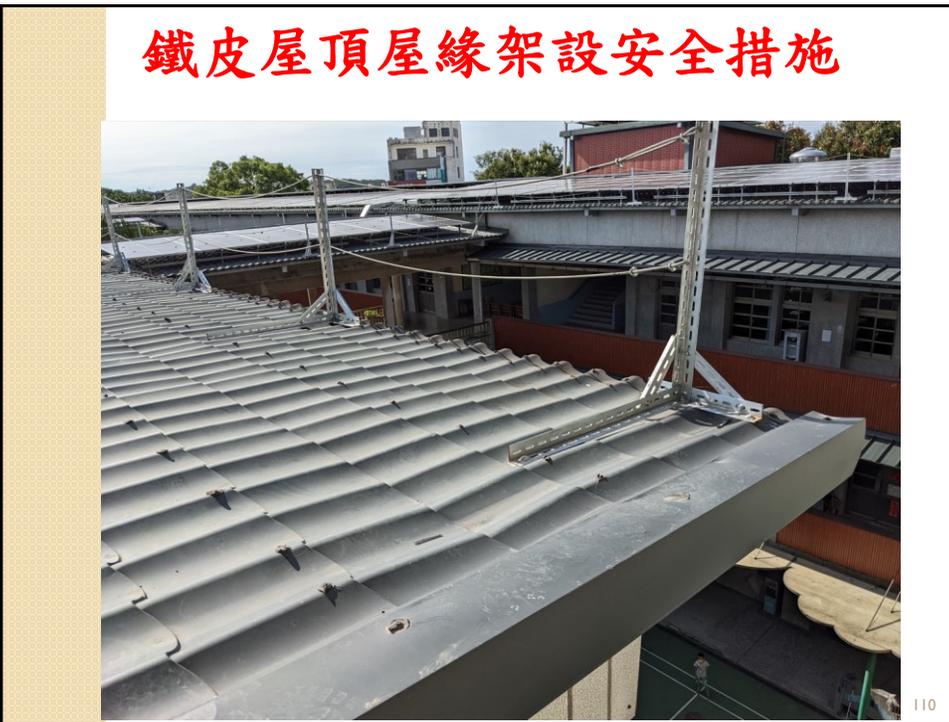


108

鐵皮屋頂架設光電設施



鐵皮屋頂屋緣架設安全措施



架設光電設施及安全措施時
應該安排施工動線，避免損害鐵皮



架設光電設施及安全措施時
應該安排施工動線，避免損害鐵皮



鐵皮已開裂、滲水，廠商以發泡劑填補



鐵皮已開裂、滲水



光電設施固定於鐵皮，容易造成滲漏水



115

光電設施固定於鐵皮，
造成滲漏水(透光點處)



116

瓦片為混凝土斜屋面的防水措施，
光電設施固定於瓦片上



太陽能板下方: 漏水



無太陽能板的下方:無漏水



119

設置太陽光電發電系統施工
須注意事項

壹、鐵皮屋頂

貳、屋頂露臺

120

壹、鐵皮屋頂

1. 廠商須事先至現地勘查，確認：

(1) 鐵皮骨架結構是否安全？

(2) 橫向C型鋼跨度是否太大？是否太柔軟？

施工人員施工時或材料堆放其上是否會變形太大？

橫向C型鋼間距是否太大？施工時容易破壞鋼浪板？

141

橫向C型鋼跨度是否太大？

是否太柔軟？



122

橫向C型鋼間距是否太大?

施工人員無法踩踏在C型鋼上?



123



124

- (3) 若有上述疑慮，廠商應評估是否願意補強後再施作光電設施？或須考慮施工動線！
- (4) 鐵皮屋頂結構及鋼浪板是否年代老舊？是否要求校方先行處理？
- (5) 現況是否有漏水情事？若有，是否願意協助校方修繕？或要求日校方先行修繕？

125

(6) 廠商施工前應確認鐵皮屋頂結構及鋼浪板狀況尚可接受、無漏水情事等。

若事後發現光電設施設計不佳或施工不當造成鐵皮屋頂結構或鋼浪板損害、漏水情事等，應無條件以相同材料品質復原鐵皮屋頂結構或鋼浪板、並賠償漏水造成校方之損失。

126

2. 屋頂鋼浪板材質使用年限約15-20年，日久！鋼浪板及固定螺栓孔容易生鏽漏水。日後，校方若須更換鐵皮維修時(非廠商責任時)，廠商須承諾將無償協助光電設施拆除，待修繕完成後再復原！

127

廠商施工時應注意：

- (1) 太陽能板須固定架設於屋頂現有C型鋼上，勿隨意固定於鋼浪板上造成屋頂鋼浪板受損。
- (2) 亦請施工單位注意施工動線，施工時須踩在C型鋼上，或加鋪施工板，不可踩在鋼浪板上，以免造成鋼浪板變形下陷或破損。
- (3) 材料堆放須注意會不會損害鐵皮？
- (4) 需考慮以後的維修動線不會損害鐵皮！

128

貳、屋頂露臺

1. 廠商須事先至現地勘查，確認：

- (1) **露臺防水工程是否年代老舊? 是否有漏水情事?**
是否要求校方先行處理? 或願意協助校方修繕?
- (2) **廠商施工前應確認**露臺防水工程狀況尚可接受、無漏水情事等。若事後發現光電設施設計不佳或施工不當造成露臺防水措施損害、漏水情事等，應無條件全面更新露臺防水、並賠償漏水造成校方之損失。

9

2. 一般防水材質使用年限約15-20年，廠商施工前應評估既有校舍之防水狀況。**光電設施宜架高**，方便未來校方更新防水工程之施作；若光電設施下方高度不足，日後，校方若須更新防水工程時(非廠商責任時)，廠商須承諾將**無償協助**光電設施拆除，待修繕完成後再復原!

130

太陽能板安裝：

基座與建築物接合應有設計圖說
且經專家協助審查，

施工過程需有專家協助確認！

131

太陽能板安裝：

若是屋頂鐵皮設施或露臺防水工程已
老舊，校方宜更新後再架設光電設施。

校方應要求光電廠商提供設計圖說配
合校方之防水工程設計及施工。

132

簡報完畢
敬請指教