

第一章 前 言

1-1 計畫緣起及目的

台灣位於亞熱帶地區，北緯 23° 左右，以台北為例平均年氣溫 22°C 以上，相對濕度 $75\%\sim 90\%$ 之間，年降雨量高達 2200mm （台北地區），屬於多雨、潮濕、高溫，四季不分的島嶼氣候型態。台灣地區的建築物從早期的磚瓦土造的低層民居發展到目前的帷幕牆、不銹鋼造等新型大樓的過程中，對此特殊氣候型態，並沒有適當反應出來。在建築技術規則上，對潮濕、多雨及炎熱氣候的設計、施工及構造上也需要更深入的考慮。

建築物防水及隔熱的考慮是屬於非常基本的需求，由室外漏水的幾個主要部位，如屋頂伸縮縫、外牆門窗及基礎地下室等。其中以屋頂漏水最為普遍，尤以台灣地區鋼筋混凝土造之平屋頂特多，防水材料及施工方法數十年來進步緩慢，所發生之糾紛也特別多。至於隔熱方面，一般來說，台灣地區一棟低層建築之 40% 以上的熱得（Heat Gain）是從屋頂傳入，是佔整棟建築熱得最主要部份。

目前防水及隔熱都缺乏週全的材料研究及合理的施工方法，對於防水及隔熱相互交錯之複雜關係，更是沒有任何的資料及文獻可供建築業者及管理者參用。建築市場上防水隔熱種類繁多，品質參差不齊，使一般專業及非專業民眾都無法清楚瞭解全貌，成為長久以來的困擾。

1-2 研究內容

一. 收集資料

1. 目前台灣建築所慣用之屋頂防水、隔熱材料種類及價錢，油毛氈、防水膜等。
2. 現行國產或進口屋頂防水、隔熱材料之廠商。
3. 一般設計單位所慣用屋頂防水隔熱材料之選擇方法及條件
4. 國外建築屋頂防水隔熱材料及工法。
5. 現行屋頂防水隔熱材料之特性。
6. 現行屋頂防水隔熱材料之施工方法。
7. 目前屋頂防水隔熱缺失因素。

二. 使用狀況

- (A) 依不同建築構造（以建築技術規則為主，參考國外法規 UBC or BOCA等），比較研究其屋頂防水隔熱的材料、工法之適用性。

磚構造

木構造

鋼構造

混凝土構造

- (B) 依不同建築屋頂型態，比較研究其防水及隔熱的材料、工法之適用性：

平屋頂

斜屋頂

- (C) 依不同建築屋頂材料（底材），比較研究其防水及隔熱的材料、工法適用性。

- 三. 性能初步分析（此研究階段僅以文字資料研究，尚未規劃實驗或實例）綜合 2A、2B、2C 對不同材料及工法之防水性能、防潮性能、隔熱性能、耐壓性能、延展性能、耐酸鹼性能，進行相互分析並做初步研判。

1-3 研究方法及進行步驟

本研究採用比較分析歸納之方法，主要為資料的蒐集與分析及業者廠商問卷調查與訪談。為求集思廣義，亦舉辦座談會，邀集有關政府單位、學者專家與廠家、業者對相關課題進行研討，再彙總撰成報告。研究進行之步驟如圖1-1所示。

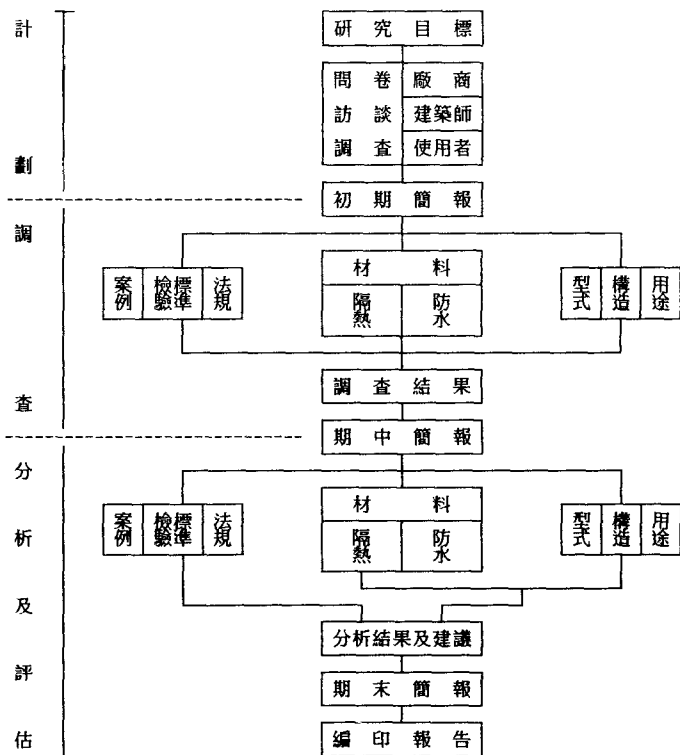


圖 1-1 研究進行步驟

1 - 4 預期完成之工作項目及成果

1. 此研究結果將建立完整的台灣現行屋頂防水隔熱材料及其使用狀況資料文獻，將有助於業者設計時有全面防水隔熱之考慮，此研究結果將是非常實用而非限於學術理論性。
2. 整理歸納此研究結果以簡單明瞭之文字圖片說明，以防水隔熱指南方式抽印成冊供一般消費大眾使用，增進普遍對建築屋頂防水隔熱之認識及解決漏水之對策，提高建築水準，減少糾紛及浪費。
3. 提供台灣現行建築屋頂之適用隔熱材料及施工法，減少建築物能源之使用，有助舒解國內能源缺乏之困境。
4. 研擬建築技術規則有關防水隔熱之相關建議條文，供建築管理單位參考。

第二章 台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料 使用現況調查

2-1 問卷調查對象及方法

本研究中利用問卷方式，調查台灣地區各建設公司、營造廠、建築師事務所及材料廠商，對建築物屋頂層之防水及隔熱材料及工法處理狀況，以了解建築物屋頂層各種防水及隔熱材料的使用現況、處理方式及材料的特性分析。

關於問卷調查，本研究單位總共各發出150封問卷表格（詳圖2-1），合計回收調查問卷分計建設公司9件，營造廠10件，建築師事務所20件及材料廠商40件，其問卷回收比例統計及分析詳圖2-2、2-3。（調查問卷表格內容如附錄1）

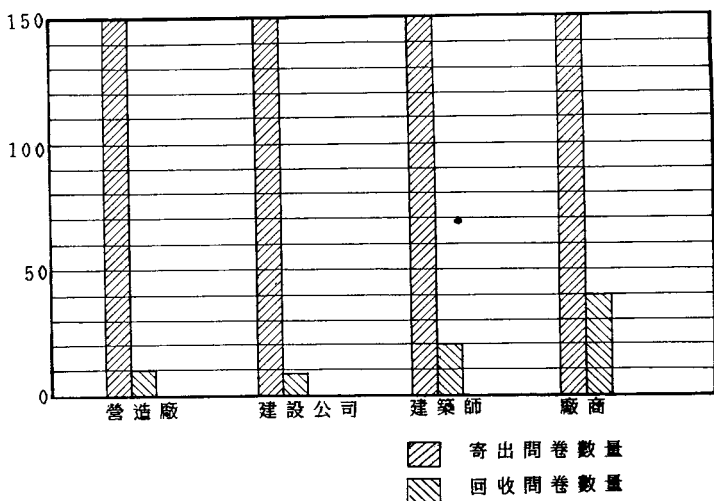


圖 2-1 問卷寄發及回收統計圖

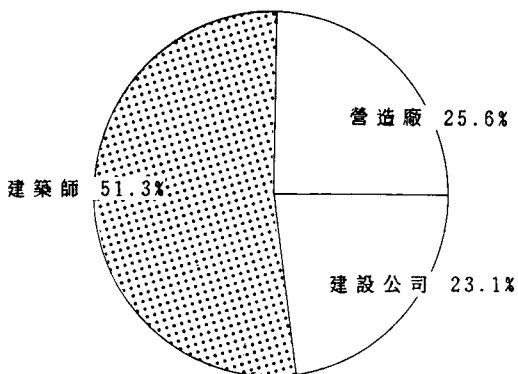


圖 2-2 問卷回收比例分析圖

2-2 問卷調查結果統計

根據調查及訪談座談結果顯示，目前台灣地區屋頂防水及隔熱材料，其使用現況及材料之選擇方式及條件，分別說明如下：

2-2-1 現有防水材料使用現況

建築物屋頂層之結構體及防水層材料，仍以傳統的構造方式為主，即屋頂結構體上做水泥砂漿防水粉刷及塗膜式防水層，其使用比例分別達45%及25%，其餘屋頂防水材料使用情形如圖2-3所示。

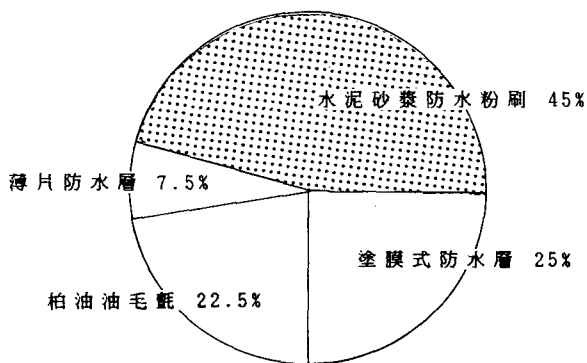


圖 2-3 屋頂防水材料使用現況分析圖

2-2-2 現有隔熱材料使用現況

建築物屋頂隔熱層所使用的材料，以輕質泡沫混凝土及保麗龍隔熱磚最多，其使用比例分別達 37.5% 及 10%，其他種類的隔熱材料使用情形如圖 2-4 所示。

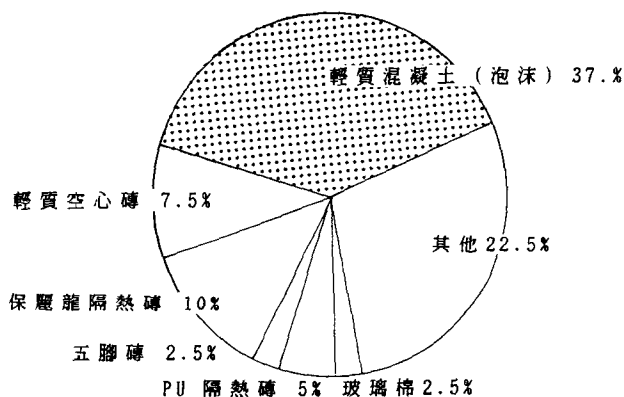


圖 2-4 屋頂隔熱材料使用現況分析圖

2-2-3 現有防水隔熱材料之選擇方法及條件

1. 依據調查結果顯示，使用者於選用屋頂防水隔熱材料及施工法時，其資訊的來源以由材料廠商提供及專業雜誌廣告兩項為主，佔 22.5% 及 22.1%。其他資訊來源比例如圖 2-5 所示。

2. 使用者於選用施工法時，則以重複選用及針對個案進行研究兩項為主要方法，分佔32.5%及30%。其他方法比例如圖2-6所示。
3. 使用者於選用材料時，其所考慮的因素，以耐久性及廠商信用度及施工品質控制為主要考慮因素，各佔32.6%及19.5%，19.5%及其他因素如圖2-7所示。

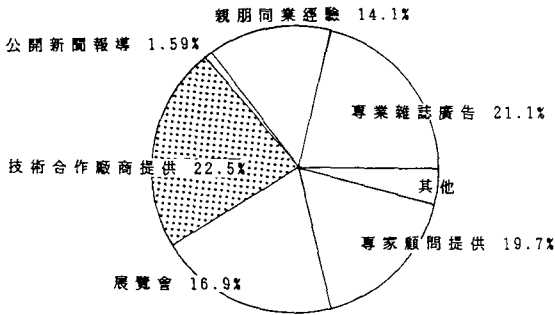


圖 2-5 選用防水隔熱材料及工法資訊來源比例分析圖

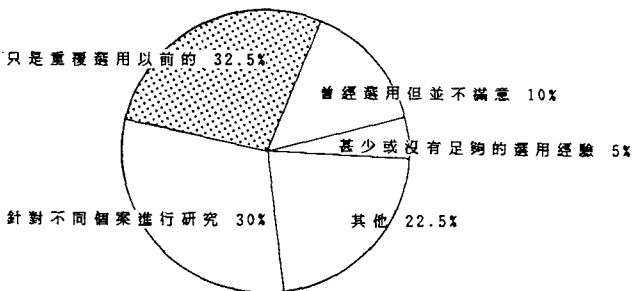


圖 2-6 選用防水隔熱材料之方法比例分析圖

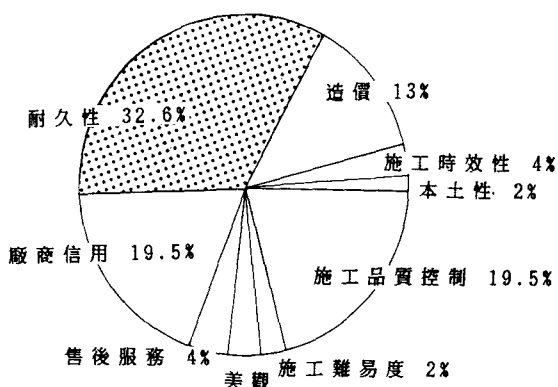


圖 2-7 選用屋頂防水隔熱材料時考慮因素比較分析圖

2-2-4 現有防水隔熱材料使用現況綜合評估

- 根據調查結果顯示，不同屋頂型式構造選用防水材料種類，斜面屋頂鋼筋混凝土構造以塗膜防水膠及柏油油毛氈佔37.5%及30%最多，鋼架構造也以塗膜防水膠佔48.6%最多；木架構造則以柏油油毛氈 55.3%為最多。曲線屋頂以塗膜防水膠佔60.5%為最多。平面屋頂則以塗膜防水膠及柏油油毛氈皆以37.3%為最多，其餘防水材料種類選用統計如表2-1所示。

屋頂構造型式	防水材料百分比%					
	水泥砂漿	防水粉刷	柏油毛氈	薄防水毯	塗防水膠	其他
斜面屋頂	鋼筋混凝土構造	22.5	30.0	10.0	37.5	0
	鋼架構造	0	22.8	20.0	48.6	8.6
	木架構造	0	55.3	13.2	26.3	5.2
曲線屋頂	10.5	18.4	10.5	60.5	0	
平面屋頂	17.6	37.3	7.8	37.3	0	

表 2-1 不同屋頂型式選用防水材料統計表

2-3 問卷調查結果分析

從前節的問卷調查統計資料中可歸納分析得知下列事項：

1. 防水層在下，隔熱層在上的構造層次方式

目前鋼筋混凝土平屋頂的防水隔熱層排列方式，主要是以結構體完成後先做防水層，後再做隔熱層的構造施工方式為最普遍，也可顯示此傳統的構造方式仍深植於工程界。至於結構本體之防水施工品質之重要性尚未被重視。

2. 防水材及隔熱材以傳統材料為主

使用的防水隔熱材料很多，而以水泥砂漿防水粉刷或塗膜式防水膠來做為防水層及配合輕質泡沫混凝土或保麗龍隔熱磚，做為隔熱層的構造方式為主。顯示此類構造在台灣地區屋頂防水隔熱工程在設計及材料選擇上對傳統性的材料及工法的慣用性。

。

3. 防水隔熱專業資訊體系急待成立

各種事業單位在選用防水隔熱材料及工法時，其資訊來源以廠商提供及專業雜誌廣告為最主要，約佔 22%，而選用的方法以重覆使用以前使用的，佔 32.0%。顯示廠商在防水隔熱材料市場的推廣上，尚應加強與投入新式工程技術的提供，而專家顧問方式的資訊來源，只佔 19.7%，也顯示專業及有系統的建材資訊體系急需成立，以期能引進適合海島性的台灣地區適用材料及工程技術。

4. 防水隔熱材料的耐久性及施工品質有待加強

在選用屋頂防水隔熱材料時考慮因素以耐久性及施工品質為主要因素。且由此兩者發生缺失而造成的損失皆佔相當大的比例顯示台灣地區使用者對於原建物的防水隔熱材料及工法的效能產生否定性的評斷，也是屋頂層使用者最關心及切身的問題。

5. 優良材料需具備的條件

防水及隔熱材料發生的缺失原因，以施工不易，材料品質不良、耐久性不佳及施工品質不良等造成嚴重損失影響為最大。由

此可歸納出良好的防水隔熱材料應包括：材料施工性良好、易於保養及維護、材料的品質性能、耐久性、耐候性均佳及價位平實、物美價廉等基本性質要求。

3. 材料品質耐久性待提升及宣導使用維護須知

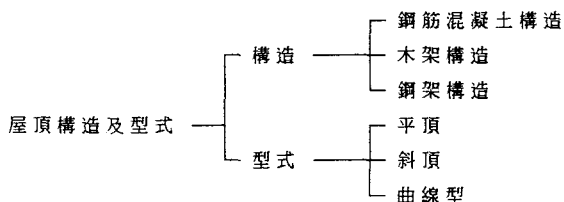
在選用屋頂防水隔熱材料，造成困擾或損失的原因，受訪單位認為以材料耐久性不佳及使用者使用破壞，發生的可能性最大，影響也最深。由此可見對於目前市面上的防水隔熱材料，於工程施工完後的材料耐久性信賴感相當薄弱；使用者對於完工後的屋面使用及維護常識也極貧乏。此些有賴材料廠商對於材料品質的提升及教育宣導使用須知與維護方式的工作，有待加強。

7. 由圖2-3(圖2-4)“屋頂防水隔熱材料使用現況分析圖”及表2-1(表2-2)“不同屋頂型式選用防水(隔熱)材料統計表”所示，兩圖表在數據統計上有些許差異，此乃是於調查問卷函中，圖2-3(2-4)，是以概括性、綜合性的使用現況分析調查；而表2-1(表2-2)則是針對各類屋頂型式及構架等有條件性、限制性的使用比率統計分析結果不同所致。

第三章 台灣地區建築物屋頂防水隔熱材料的種類與特性分析

3-1 建築物屋頂構造及型式

屋頂為建築物構造之最頂部構造，其主要作用為防止日晒雨淋、隔熱避寒及其他特殊性的用途等。屋頂因構造型式及使用材料之不同，而種類繁多。本研究案依台灣地區建築物屋頂最常用的構造型式分類計有：



- (1) 斜面屋頂：分有鋼筋混凝土構造、鋼架構造及木架構造如下圖 3-1、3-2、3-3 所示。



圖 3-1 鋼筋混凝土構造

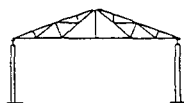


圖 3-2 鋼架構造

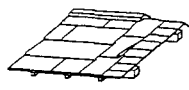


圖 3-3 木架構造

- (2) 平面屋頂：如下圖 3-4 所示鋼筋混凝土構造。

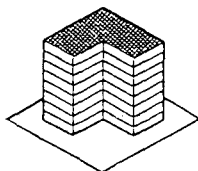


圖 3-4 鋼筋混凝土構造

(3) 曲線屋頂：如下圖 3-5、3-6 所示鋼筋混凝土構造、鋼架構造。

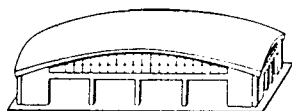


圖 3-5 鋼筋混凝土構造

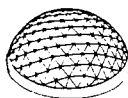


圖 3-6 鋼架構造

以上各種屋頂的型式或構造，都應具備有防水、隔熱及承受任何有限的載重等性能，而屋頂各層構成要素之順序及功能如下圖 3-7 及說明：[1]

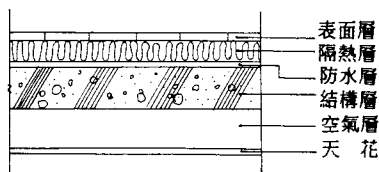


圖 3-7 屋頂之構成要素

- (1) 表面層：其功用主要做為以下隔熱層及防水層的保護，其次為促使屋面排水順暢，減少材料乾濕度之變化，確保隔熱及防水材料之性能及減緩材質的老化及阻隔一部份的日射。表面層材料的選用應依各種用途而異。
- (2) 隔熱層：其功用為阻隔熱量傳進室內，同時保護以下的防水層因溫差的變化而熱脹冷縮，且減少日光照射使材料老化。

- (3) 防水層：由防水防潮材料，貼覆於結構層之上，以免於受潮或水的滲透。
- (4) 結構層：承受屋頂覆蓋物的重量。
- (5) 天花層：於結構層下之室內側，另做天花板層，除為增加美觀外同時產生一空氣層，由於空氣為熱傳導係數低的隔熱材料，在隔熱性能中佔極重要之地位。

3-2 建築物屋頂防水材料種類及工法

建築物發生漏水事故的原因中，最常見的便是因構造體發生的龜裂以及接合部位的變位、變形而引起防水層的破斷。因此，設計者在設計時必須要注意考慮建築物構造體的種類、特性來選擇適當的防水材料及工法。甚至亦必要考慮，即使構造方式相同，但是其構造體規模和狀況有所不同之時，亦不能遽予決定採用相同的工法，而應審慎檢討及評估。一般的防水工法若以防水材料與被防水構造體之接著方式來區分，則可以下述之三者具代表性的工法予區分之。[7]

- (a) 密著工法。
- (b) 絕緣工法。
- (c) 部份絕緣工法。

這些工法改變的主要原因乃是在於保護防水層免於因構造體的龜裂或接合部位的變位等因素而導致的破壞漏水事故發生。目前各防水廠商所採用的工法及材料各有不同；但是在選擇之初，絕對有必要將被防水構造體的條件和屋頂面的利用條件等為主要考慮因素，亦即如表 3-2 所述的性質必須深加檢討，以選出適合建築物特性的材料及工法。[7]

檢 討 項 目	密 著 工 法	部 份 絕 緣 工 法	絕 緣 工 法
1. 地坪之動態變化，龜裂之安全性	○ 有耐龜裂性的防水層	○	○
2. 地坪含有濕氣時，施工的適用性	×	×	△
3. 施工時對風雨處置之難易度	○ 有中斷施工的可能性	△	×
4. 對有保護層以作為步行用屋頂之適用性	○	○ 有浸入雨水之時為△	△
5. 對無保護層且不供步行用屋頂之適用性	○	○ 必須在地坪完全乾燥且接著力必須能耐風壓久前提下	×

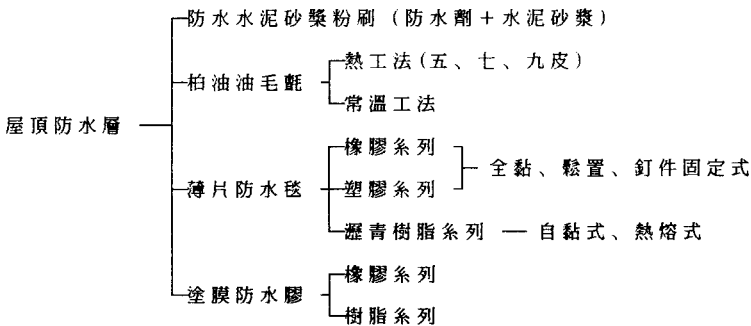
表 3-2 不同接著方式之工法比較表。

○：優良，△：普通，×：不良

但是，在實際設計或施工時仍然必須因應不同條件的需求對各種工法作靈活運用。此外，工法選擇時，對於混凝土版之龜裂或施工縫的處理，以及防水層上之保護層材料選擇，設計等也要慎重考慮。

屋頂防水層的構造方式大抵分為防水水泥砂漿粉刷防水層、柏油油毛氈防水層、薄片防水層及塗膜式防水層四類。依建築物的環境條件、工期、經費、施工性、構造體之種類、使用條件等因素來評估，以選擇適當的防水層材料與其施工方法。因為防水效果除了材質本身之性能有差異外，施工的方法與技術，也是主宰其品質的主要因素。

台灣地區建築物屋頂常用防水材料及工法：



各類防水層材料、設計及施工分別敘述如下：[7]

一、防水水泥砂漿粉刷防水工法

水泥砂漿添加防水劑做防水施工，已經有相當久的歷史。大體上而言，此種工法都必須以責任施工的方式施行。

以下對本防水工法之材料、設計及施工分別敘述之。

(一) 材料

一般使用防水劑的時候必須對加入防水劑後之水泥砂漿做凝結時間、安定性、強度、吸水性、透水性等實驗，並與未摻入防水劑之水泥砂漿作比較。

大體上，防水劑必須具備以下性質：

- A. 對水泥不產生有害作用，且能充填混凝土內部之空隙。
- B. 防水劑應具有撥水性或不透水性，在混凝土表面或內部，會形成不透水層或撥水性之被覆膜。
- C. 與水泥作用時，能防止因加水而分解產生的氫氧化鈣 Ca(OH)_2 的流失，且更能形成不溶性或撥水性鹽類，有充填空隙的效果；其亦必須有某種程度之永久性，對於水泥之凝結性，安全性，強度等亦不會有不良的影響。

防水劑的種類

目前市面的種類極多，然其化學成分可概述如下：

A. 矽酸蘇打系之防水劑

普通稱為水玻璃，為矽酸和酸化蘇打的混合物，這是防水劑種類當中使用得最多的一種，約佔了市場的 70 % 左右，若將之加入於水泥砂漿內，則會與水泥之水和反應產物“氫氧化鈣”(Ca(OH)₂)結合，生成“矽酸鈣”而穩定，此時即可視之為填充水泥砂漿之孔隙。然而，實際產生上述反應時，溫度必須要高到某種程度，時間也要較一般為長，因此其效果亦值得特別注意。矽酸蘇打混入率約為 1~2% (重量比)，若加入更多而作為急結劑使用亦可以；這是最便宜的防水劑。

B. 氯化鈣系防水劑

這種防水劑主要是和水泥中的主成份產生反應，生成不溶於水的新化合物，依充填骨材的披覆接著力和水泥硬化後產生的空隙，而發生防水效果；不過，混入此種防水劑，可能會有鋼筋銹化的可能性，以及收縮較大容易出現龜裂的傾向。

本防水劑使用時，其反應熱極大，很適於冬天或低溫時施工，夏季時則必須注意其混入率；其混入率一般言之，對水泥之重量比為 1~2%，當然有因需要不同而混入比率不同的，如作為急結劑、防凍劑的使用；不過，根據長期材齡的透水實驗，結果卻發現無論有否加入此種防水劑，其防水性能大致相等。

C. 鋯 (Zirconium) 化合物

常見有醋酸鋯及氫氧化鋯，大都為脂肪族胺與脂肪酸蘇打的混合物，目前只知其加入後，有改善防水的效果，而其防水機構仍不清楚。

D. 脂肪酸，金屬石鹼 (Metallic soap) 及高級脂肪酸

水泥砂漿加入脂肪酸，則發生與水泥之中和反應而生成“氫氧化鈣”的結合，形成具有撥水性的脂肪酸鈣；而若金屬石鹼與高級脂肪酸之加入，則其本身所具有之撥水性質而使水泥砂漿中的毛細管吸水作用減少。然而，若摻入的比例過多，則水泥砂漿之強度降低，於幾度塗刷之時，接著性不良，且凝結延緩，使用時必須相當留意。

E. 石蠟或瀝青乳劑防水劑

石蠟及瀝青本身都有相當好的撥水性，若摻入於水泥砂漿內，則因其撥水作用，使水泥砂漿之毛細管作用減少；然而，這種防水劑之性能明顯會受到乳劑製造時所使用之乳化劑種類和乳化方法的影響，必須十分注意。

F. 合成樹脂及乳劑型合成樹脂系防水劑

一般的稱呼為「聚合體水泥砂漿」(Polymer mortar)，摻入此種防水劑時，由於水泥硬化之水和作用需要，而使乳劑、乳液中之水分為水泥所奪，因之而破壞、脫水，乾燥而形成有自著性，密著性的樹脂及連續之橡膠膠片，而且和水泥硬化體及骨材間密切接合，是故水泥砂漿之吸水性，透水性降低。

這種所謂的「聚合體水泥砂漿」，其拉著強度，彎曲強度，變形能力，彈性，接著性均經過大幅之改善，若其和構造物之混凝土面接著情況良好，則其防水性能會更為出色。

G. 水溶性樹脂

將水溶性樹脂混入水泥砂漿內，則水灰比因之而減少，於保水性，作業性，以及浮水(Bleeding)的抵抗性等都能有所改良，對防水性能有提高的效果。這種防水劑的甲基纖維素(Methyl-cellulose)由於會遇水而膨脹，因此而出現防水效果。此外，若以三

聚氰胺甲醛 (Melamine formaldehyde) 之聚合物加入水泥砂漿內，也同樣有抵抗透水的效果。

(二) 設計

在設計上採用防水水泥砂漿粉刷時必須注意下述各點：

- A. 使用水泥砂漿防水的條件，平面形狀愈完整效果愈好，根據施工經驗之累積，最佳者為長方形且樓板並須要有每3-4m之間設置，對應伸縮要求的伸縮縫，以富柔軟性且耐候性高的充填材充填，保護防水層並使防水性能安全。

此外，屋頂版，樓版的形狀複雜；或大規模屋頂版且洩水坡複雜；或兩水排洩距離較長之樓板…等，均不適用於使用水泥砂漿防水。

- B. 屋面坡度大都採用1/30左右，且最低應保持在1/50以上的坡度；不能有凹凸不平的水窪出現。此外，在屋頂排水管(頭)周圍，欄杆扶手豎立的部位容易發生收縮龜裂，因此在以上所述部位等60公分以內做伸縮填縫處理是常見的處理手法。

- C. 屋頂版厚度至少應為15CM以上，版之中央部位亦必須攔入上部之鋼筋作複層配筋；且在版之隅角處以D13，長2M以上的鋼筋作反向補強，防止發生龜裂，亦或是鋪入鐵絲網(Wire mesh)以分散裂痕。

- D. 設置外導排水管。

(三) 施工

在進行防水水泥砂漿防水層之前，施工面的處理必須極為仔細，其必要注意的項目約為下面幾點：

1. 混凝土表面有鐵絲及木片或雜物的情況時，要完全削出而除去。
2. 混凝土表面之蜂窠及空隙應以水泥砂漿補修整平。
3. 澆置之施工縫及裂縫，應鑿成V型，以水泥砂漿或填縫劑填補。(見圖4-28)
4. 排水管周圍必須以填縫材(如Caulking)施工。

防水水泥砂漿防水層的施工順序大致如下。

- A. 混凝土表面水洗。
- B. 加防水劑於水泥砂漿之內並攪拌成半流體狀態(如糊狀)，將其在混凝土表面塗刷以增強混凝土面和防水層的結合。
- C. 塗刷防水水泥砂漿層，且粉刷後應予刮毛。
- D. 施工步驟“B”項相同。
- E. 施工步驟“C”項相同。(在上層未乾透前施作)

水泥砂漿用於屋頂防水時，防水層最小厚度需在 2 公分以上，且至少經過 2 次以上之塗刷施工，且每次塗刷之厚度越薄則防水效果會越好。施工示意如圖 3-8 所示。

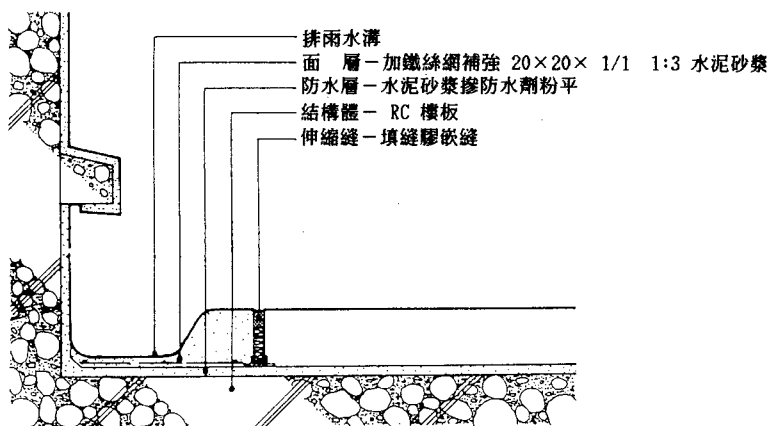


圖 3-8 防水水泥砂漿防水施工示意圖 [16]

二、柏油油毛氈防水工法

柏油油毛氈防水是長久以來在眾多的防水工法中使用比率最高者，據問卷統計結果在台灣地區目前之佔有率仍在 35 % 左右。這種防水工法由於長久以來累積的經驗極多，其施工方法一般可分成熱工法及常溫工法兩種。[7] 柏油油毛氈材料如照片 3-1 所示。

(二～1) 熱工法

熱工法柏油油毛氈防水概括來說，是以熔融柏油與油毛氈(Asphalt roofing)與油毛紙(Asphalt felt)併用而做成防水層。近年來，油毛氈類類的改良極為驚人，特別是在對抗伸縮變位所引起的破斷事故，以及較優良的伸縮性油毛氈的開發，而防水工事專用的柏油性能的改良也不斷在進行著。由此二者的特性的發揮，使熱柏油防水工法性能顯著的提升，而變成了可信賴度相當高的防水工法。

以下對本防水工法之材料，設計，施工等分別論述之。

(一) 材料

本防水工法主要使用材料為瀝青及以油毛氈類，此外還有補助材料接著塗料(Primer)以及填縫材(Caulking)等，吾人均必須確實掌握各種材料之性能，方能做適當的選擇以及有效的使用。

A. 瀝青的種類與規格

就材料之品質與規格而言，目前我國仍未訂定防水工事用瀝青各種性能之國家標準，若能訂定材料標準的各種標準規格，一如日本工業標準—“JIS”所示(見表3-3)，以明示其用途和品質的種類區分，對於設計者以及施工法實有其迫切必要性。

表3-3:防水工事用瀝青品質(摘錄自JIS.A. 6011-1971)。

防水工事用瀝青為均質狀態，且幾乎不含水分；加熱至 175° 時也不會顯著的起泡；其品質需要符合本表之規定者。

種 類	1	2	3	4
軟化點(℃)	85 以上	90 以上	100以上	95 以上
針入度25℃,100g,5sec	25~45	20~40	20~40	30~50
針入度指數	3 以上	4 以上	5 以上	6 以上
蒸發量(%)	1 以下	1 以上	1 以下	1 以下
引火點(℃)	250以上	270以下	280以上	280以上
氫鹽化炭素可溶分(%)	99以上	99以上	97以上	95以上
脆化破壞點(℃)	-5以下	-10以下	-15以下	-20以下
重下長度(mm)	-	-	8 以下	8 以下
加熱安定性(℃)	合 格	合 格	合 格	合 格

防水用瀝青由於其使用對象不同，要求之性能亦不同；一般室內及地下室等溫度變化較小處所採用的瀝青與屋頂，露出部位等氣溫變化較大處所使用者，在針入度，軟化點等等性能要求當然不同；因此，若將防水工程用瀝青種類予以較為嚴格的劃分，應可分成下述之四種，茲分述如下：

1. 具有普通感溫性，質度較軟，於工期中及往後之使用，均必須在有適當溫度條件的室內及地下構造部份。
2. 有比較小的感溫性，使用於一般坡度較緩且用來步行的屋頂上。
3. 感溫性小，使用於一般的露出屋頂防水以及氣溫比較高的地區之屋頂防水用。
4. 感溫性特別小，材質較軟除了一般地域使用外，主要用於寒冷地區的屋頂以及其部位之防水用途。

（所謂“感溫性”，乃是指瀝青之硬度或粘度對於溫度之升降所引起的變化性質。一般感溫性之振示方法係針入度數值，或針入度指數表示之。）

大體上而言，防水用瀝青原來是必須依施工季節及氣溫之不同，而選擇品質以使用之；因此為選擇適合地域特性之防水用瀝青材料，若能夠多聽取可信賴度較高的防水業者的意見，對於作出更適當的選擇有極大的幫助。

B. 油毛氈類的種類與用途

油毛氈一般可分為下述六種，瀝青油毛紙，瀝青油毛氈，附砂瀝青油毛氈，網狀瀝青油毛氈，抗拉油毛氈，開孔瀝青油毛氈等；此外，又有以各種特殊目的而開發產生許多較為特殊的油毛氈。最近以來，抗拉油毛氈已構成了熱工法瀝青防水層的核心，普及的也極快。

1. 瀝青油毛紙 (Asphalt Felt)

油毛紙係將天然有機纖維所做的原紙浸透軟質瀝青而形成；主要用為防潮，或是用於防水層下作為補助用，且其與防水施工面的密著效果相當好，因此，習慣上使用油毛紙的情形仍相當多。

然而，瀝青油毛紙之最大問題，仍是因其為纖維質而使得瀝青不能完全充填其隙間，而形成為多孔質材料，同時又因纖維材質之吸濕性，透濕性和吸水性均相當大，因此其吸水率與瀝青油毛氈類相較約有10倍的吸水率；基於這種因素下，油毛紙缺乏耐腐性，耐候性及耐龜裂也是可以想像得到的。換句話說，若以其單獨作為防水，防濕的目的，其效果及性能遠低於瀝青油毛氈以及抗拉油毛氈所為之防水工法。

台灣地區目前使用者為每捲20KG及26KG兩種成品，每捲1M寬44M長。此和輸入的油毛紙規格亦有不同，一般由日本進口者為一捲30KG及40KG二種。

2. 瀝青油毛氈 (Asphalt roofing)

油毛氈是以天然有機纖維之原紙以純地瀝青 (Straight asphalt) 浸透之後，再將其兩面以吹製瀝青被覆用來增強其耐候性能；一般的規格區分22kg及30kg, 35kg三種，而用於防水工程者主要為35kg者。

瀝青油毛氈的防水性，防濕性很好，長久以來均為構成防水層的主要使用材料；且即使其耐龜裂性小，耐腐朽性也不高，然而對於增加防水層柏油之厚度以及增強防水層的諸物理性強度仍然是極為有效。

3. 附砂瀝青油毛氈

在不使用以及不做步行和直接接觸承載之屋頂露出部分，常以砂粒油毛氈為最外層防水表面之保護層。由於附砂油毛氈為表面完成材，因此其表面必須無砂脫落及無色彩不均勻的現象。而且因其乃是專用於保護底下之防水層，使不受外氣，紫外線，衝擊等損傷的保護材，是故必須儘量使用於構造體變位較少的部位，以免因其本體產生破斷影響底下防水層的耐久性；同時亦必須注意不可造成積水之水窪，以免因吸濕，吸水而伸長和加速腐朽。

4. 網狀瀝青油毛氈

網狀油毛氈過去一度曾為防水層的主體材料，亦即防水層之構成全部以網狀油毛氈為材料；然而，在部份為人所疏忽或未能察覺之孔眼，若未能將瀝青予以塗均勻之時，反倒會引致水的停留；而若此種情形發生在防水層中間時更會使其弱點擴大；因此，目前很少，甚至幾乎沒有使用網狀油毛氈作為全面防水的設計。

網狀油毛氈的主要特徵，主要為使用於形狀複雜，乃因而難於貼著紙板狀油毛氈的部位，例如屋頂排水（落水）頭，或貫通管等的周圍，或是金屬物品與版之接合部位等的處理。

網狀油毛氈主要是把合成纖維任意集積固定而得到如薄板狀態的原始材料，再以加熱熔融的瀝青含浸塗覆之而形成。一般寬度必要在1m以上，每捲長度有10.5m以及21m兩種。

5. 伸縮油毛氈

在防水層易發生破斷的部位，或有混凝土的施工縫，或為水平及垂直方向之交角……等等，這些部位若是只以天然纖維為厚紙的油毛氈類構成防水層，則必將因其不能順應構造體之變位而發生破斷的事故，因此，基於以上原因，而出現了以耐腐蝕性之合纖所形成的不織布為原始底材，再以感溫性極小之瀝青浸透被覆而形成伸縮性極佳的油毛氈。自此種油毛氈開發使用以來，瀝青防水層的耐龜裂性能已更加被改良，現在已變成為防水層的核心；一般的防水施工時，必定會最少使用一層，且似乎已成一種不明文的規矩。

6. 開孔油毛氈

開孔油毛氈又稱為絕緣油毛氈，其形狀乃是於附砂油毛氈本體之全面以開30mm程度的孔徑所形成油毛氈。

施工時，防水層之最下層，將附砂開孔油毛氈之面向下方而鋪設，在貼第二層的油毛氈時，則以流動狀態的瀝青流過最下層附砂開孔油毛氈的孔眼，使之流到混凝土表面，此時第二層油毛氈和構造體之混凝土表面是以等間隔的點狀相粘結；這種構成方式使防水層與被防水構造物表面之大部份（80-90%）並不密著。這種部份密著的防水工法的主要效果，除了在露出防水的場合時，不因構造物所含的水份及濕氣而引起防水層的膨脹破斷事故之外；同時亦可作為變位較大的構造體，其防水層避免因之破斷的緩衝層。

然而，若將此種工法使用於步行用屋頂，或是於防水層上面再設置防水層的混凝土抑制層，亦或是於防水層上加置其他重量等的情況時，則其對於防水層破斷防止的效果被大幅降低；此時，吾人無法期待它和使用於露出防水時有同等的效果。此外，由於這種工法之接著面積較少，因此必須仔細檢討施工地點之風的狀況，以防止發生強風吹剝防水層的事故；當然，對於構造體內部殘留的水份，影響材料之接著性能；以及防水層內部的空氣供給…等，都必須詳加檢討。開孔油毛氈的底材為石綿纖維，再以加熱熔融的瀝青浸透塗覆而形成，這種構成方式主要乃是對應混凝土內殘留水分所引起的膨脹；此外，在有混凝土抑制層的場合，其底材則以天然有機纖維為主。

7. 特殊油毛氈

一般使用的特殊油毛氈類，依其使用目的，大致可分為下述幾項。

- (a) 欲使耐龜裂性能增大的目的。
- (b) 欲使耐腐蝕性能增大的目的。
- (c) 欲使物理的強度增加，使補強的性能增大的目的。
- (d) 欲使單一層的厚度增加，以使施工趨向省力化的目的。
- (e) 欲使工廠生產趨向複層化，以節省施工時之工作量。
- (f) 欲使金屬箔，合成樹脂膠片等導入防水層內，以提高防水性和耐久性的目的。
- (g) 欲使金屬材，著色砂料…等為表面完成材，以使熱之反射性良好，提高耐久性及其美觀的目的。
- (h) 欲使其他有關之耐久性之改良的目的。

通常，改良材料所對應的目的並不足一個，因此若從長遠的考慮而言，必須對各種可行的影響因素逐一檢討再作選擇。

C. 接著改良材料(接著材料,Primer)

接著改良材是用於增強瀝青與防水構造體表面的接著性的；同時又可壓制構造體混凝土內水份之蒸發，使混凝土較不易發生龜裂。

瀝青之接著改良劑之使用已相當的時間，其種類尚不多，最常見的是以揮發性溶劑溶解吹製瀝青的液體，主要都以下表(表3-4)的成分所調配而成。

原 料	調合(重量比)	規 格
吸製瀝青	40~50%	針入度 10~20
石油腦溶劑(Solvent naphtha)	30~50%	精 製 品
揮發油	25~30%	液體比重40~50

表3-4 瀝青接著改良劑之組成成分

(資料來源：“防水工事” P.72鹿島出版會)

瀝青接著改良劑的使用效果，為其塗敷之後會十分滲入混凝土表面層的空隙，在溶劑揮發乾燥之後留著連續的薄皮膜，而後所灌注塗覆的瀝青則可極為強固的接著。

至於所謂的特殊之接著改良劑則是使用於A.L.C(輕量混凝土版)板構造體屋頂上，此因在ALC屋頂採用露出防水工法時，產生防水層膨脹及剝離的情況相當多；而在使用一般的瀝青接著接著改質時，混凝土內所含的空氣與水分在接觸到熔融的高溫瀝青後，會急速的膨脹，於瀝青內發生氣泡而阻礙接著性能；況且，在貼附防水層之後，一般的接著改良劑亦無法阻止構造體水份蒸發所引起的膨脹；因此，特殊之接著改良劑其所要求的軟化點較一般者為高，且其與混凝土間之接著皮膜密著力也較強；一般來說，這種接著改良劑都以焦油環氧樹脂(Tar epoxy resin)以及焦油尿酸樹脂(Tar urethane resin)等為主要構成材料。

D. 防水工法用補助材料

瀝青防水，除了使用上面所述之材料外，為提高防水處理的精度，以及為維護保養提高耐久性的目的之下，所使用的補助材料略有以下幾項。

- (a) 橡膠化瀝青填縫材。(為防水層上方之抑制層預留間隙之充填材料)
- (b) 瀝青填縫材 (Asphalt caulking)。(為"a"項之作用以及防水層末端收頭之填縫用)。
- (c) 油性填縫材(Caulking)。(如"b"項之用途)
- (d) 發泡樹脂(Styrol resin)。(為斷熱用以及作為抑制層上預留間隙之填縫板用)。
- (e) 瀝青質屋頂塗料(Asphalt roof coating)。(為防水層端部塗敷用，以及為豎立面防水層之水泥砂漿塗刷前之打底用)。
- (f) 斜角板材(Cant Strip)。(作為緩和防水層垂直轉角角度之墊背三角木)。

這些防水補助材料，由於國內仍未制定其產品之標準規格，因此在選擇使用時，必須參考可靠防水業者之意見和實際經驗之技術人員之推介，同時亦要對其使用效果作仔細的研究。

(二) 設計

從事防水設計時，除了必須對可能之影響因素必須詳加檢討之外，亦必要對建築物個別之特殊性予以分析，例如個別建築物可能同處一區內，然而因其重要度並不盡相同，是故於材料選擇，工法選擇當然有可能互異。此外，多拮取專門技術者意見、經驗也是不可缺的。

(三) 施工

熱工法瀝青防水施工前，必須詳細檢點下述項目，以確保防水層施工後得到預期之防水效果並確保其耐久性。下列之檢核項目乃是針對鋼筋混凝土構造體之防水施工而言。

- (a) 混凝土施工縫，孔隙或有蜂巢狀…等情況是否修補。
- (b) 龜裂部位是否完全修補。
- (c) 模板殘留或其他異物是否除去。
- (d) 鋼筋、鐵線、螺栓…等突出物之處理與否。
- (e) 貫通之金屬材料等是否結實的固定在其位置上。

(3) 瀝青之使用

瀝青之使用量應依施工說明之規定，但防水層之瀝青塗佈時以不出現針孔且厚度一致的狀況為最佳。若使用量過少，則所形成之瀝青膜容易出現針孔或受到破斷；若用量過多時，瀝青膜過厚則可能出現厚薄不一的情況，經歷長久時間之凝聚會引起細微的龜裂。

(4) 油毛氈之鋪貼

瀝青油毛氈其瀝青的浸透率可能相當低，且因其底材為天然纖維等，因此很容易吸濕，是故在張貼此種吸水率較大之油毛氈時，必要在氣候乾燥且地坪亦十分乾燥之狀態下施工；否則油毛氈會因吸收濕氣而膨脹伸長皺紋，引起端部起翹或使其上塗布之瀝青膜出現針孔，對防水層之耐久性有極為不良的影響。

鋪貼方法：有錯開法、百頁法及十字法三種鋪貼法，通常採用錯開法，其施工示意如圖 3-9 所示。

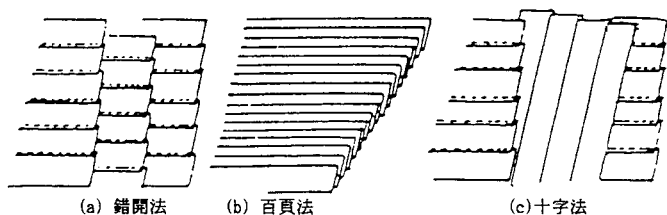


圖 3-9 柏油油毛氈防水層鋪貼法示意圖

(二~2)

常溫瀝青防水工法

熱工法瀝青防水之使用已有相當的歷史，同時也是目前採用率最高的防水工法；然而由於在現場必須設置高溫熔爐，且亦必要把高溫之熔融瀝青搬運到某種距離以外的施工地點，因此常會出現危險性以及現場出現不易施工的狀況；此外，在熔融時所發生的煙、氣對都市有污染之虞且亦有引火的危險…等，因此迫使這種工法進行改革，而產生了常溫瀝青防水工法。當然，目前因勞動力的問題，如工資高漲以及高溫施工必須有熟練經驗的工作者難求等亦是推動的因素之一。

常溫工法大體上可說是基於上述兩種因素而開發的，不過嚴格來說，避免公害的問題仍未能完全，因為使用溶劑之後，溶劑揮發之有毒性氣體仍會造成公害。至於省力化施工則確已有所改善。

一般而言，常溫工法仍然承襲了熱工法瀝青防水的積層防水工法，目前施行的常溫工法有三種處理工法，茲分別論述於下。

1. 熔融接著積層工法

這種工法乃以較好的材料作為底材，其上再覆以較厚的瀝青層，在每層防水氈覆蓋之後以液化瓦斯(L.P.G)之火焰或由電熱器所產生的熱風加熱熔融而完全密著；在垂直面時則仍然以普通熱工法防水處理或以接著塗料(Primer)塗布垂直面後再以防水氈覆上並同時加熱之。

就防止公害而言，這種工法並未能完全除去對大氣的污染，但是已可免去搬運高溫熔融之瀝青的作業程序，而其施工速度則視熱源容量的大小而定；此外，層間有否完全接著則端賴作業員的經驗與技術。

2. 接著積層工法

乃是以瀝青系之接著劑為接著材料的工法；其使用瀝青質溶劑加入瀝青而成為孔液狀態之瀝青，作為防水氈之接著材。就材料特性而言，接著劑必須在高溫，低溫時保持良好性能，且必要有相當的耐久性，此外，所使用為積層的防水氈必須採用收縮膨脹較少且耐腐蝕性的玻璃纖維或不織布為底材。

這種工法施工時必要嚴加注意其混入溶劑之質與量，混入之量必須配合當時施工之溫度以及能保持良好作業性能之最小限度為準，且避免日光直射而起泡或是使之揮發於空氣中造成大氣污染。然而，在工法選擇時應考慮其施工能率並不高，及在平坦之大面積施工時可能造成不平整之波紋。

3. 粘著積層工法

這種工法是以油毛氈之單面或雙面塗覆以橡膠質瀝青，其塗敷之面再以隔離紙貼付以確保其接著性，使用時只須將表面的隔離紙剝除，於適當位置粘著即成積層工法。在進行施工時，為確

保水密性，通常在防水氈重疊部位仍使用液化瓦斯火焰或其他加熱器以熔融接著。此工法的特點在於，垂直面施工時若與熱工法瀝青防水比較，施工者之熟練程度要求較低，易言之即失敗可能性較少。

此外，若與同樣方式施工之覆膜(Sheet)防水比較，這種橡膠質瀝青的價格較低；且其另一特點便是其接合部位能確保極高的水密性。

不過，在工法選擇之時必須考慮這種工法的最大缺點，由於其粘著之接著劑為性能相當優秀的一種，因此其上面所貼附作為保護隔離用的隔離紙性能亦相對要相當好，是故這種高價隔離紙所引致費用的升高在現階段仍必須加以考慮。

柏油油毛氈防水施工示意如圖 3-10 所示。

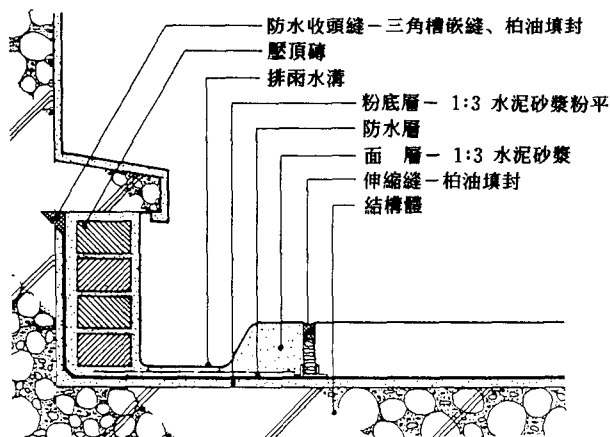


圖 3-10 柏油油毛氈防水施工示意圖

薄片防水毯防水工法

薄片防水工法乃是將高分子系防水膜於工廠製造成捲裝成品後，運至施工地點鋪張而貼附之。就現況而言，薄片之使用材料中以加硫橡膠系為主要材料者佔了絕大數，而不加硫丁烯橡膠以及鹽化乙烯樹脂系各佔極少部份。薄片防水毯材料如照片 3-2、3-30薄片防水層材料、設計及施工敘述如下：[7]

(一) 材料

一般常用的薄片防水材料有下述幾種：

(a) 加硫橡膠系，拉力強度較大，又可分為二種：

① 丁烯(Butyl)加 EPDM (Ethylene-Propylene dien-methylene lintage)系。

② 二氯丁二烯系(Neoprene)

(b) 非加硫橡膠系，主要為丁烯加上EPDM而成。

(c) 氯乙烯基樹脂系。(Chloro vinyl resin)

(d) 乙烯樹脂系。(Ethylene resin)

(e) 橡膠質瀝青。(Gom asphalt)

於材料選擇之時，吾人可由其材料之詳細說明來判定其成份以及該材料之適用範圍。

而就薄片防水材料之性質言之，一般至少應具有下面所述之四項性能要求：

(a) 必要具有良好的水密性之覆膜。

(b) 必須為耐候性良好之材質。

(c) 薄片相互接合部位亦必要有良好水密性。

(d) 能夠以適當工法，使能與被防水面密著。

其中之 (a) 項與 (b) 項，於市面上所見之薄片防水材料通常都能達到要求；至少 (c) 項則為薄片間相互接著，(d) 項為薄片防水毯與被防水面之接著，此二項吾人必須慎加注意。

大體上，有關薄片防水毯間相互接著之性能要求，約略可如以下所述者：

① 接著力強，且亦有水密性；此外，對拉張狀態時，仍應保有水密性。

② 接著部位之耐久性能必須與覆膜自體者相當。

另外，有關薄片防水毯與被防水面之接著，其性能要求亦可如下所述：

1. 由於薄片防水毯在拉長狀態時易受劣化，而影響防水性能，故必須採用能夠緩和因構造體之變位，龜裂或反覆收縮對薄片防水毯的影響之防水層接著方式。
2. 必須達到於強風時仍然不會剝離之接著力。

除了防水薄片之外的材料，有接著劑、接著改良劑（Primer）填縫材、增貼用防水覆膜以及保護塗料等。這些輔助材料之使用，最好採用由覆膜製造者所指定的，其安全性可能較高。茲分述其主要性能與材料如下：

a. 接著改良劑(Primer)

主要用於塗佈在被防水面上，使薄片防水毯與構造體之接著性能更形良好，一般以丁烯或是二氯丁二烯(Chloroprene)等的合成橡膠溶解於有機溶劑內而使用；若於室內或地下防水之場合，則以合成樹脂或合成橡膠系之乳劑型態者或以二種成反應硬化者等使用之。

b. 接著劑

接著劑實際作用大致與(a)項之接著改良劑相同，其主要使用的型態，為將合成橡膠溶解於有機溶劑內之溶劑物；其合成橡膠主成分有以丁烯橡膠和二氯丁二烯橡膠等等。

一般而言，除了溶劑型接著材外，亦有乳劑系，二成分反應硬化型，熱融著型；這些接著劑依薄片防水毯之相互接著或是與被防水面之接著等不同的作用有所不同，茲分述如下：

(1) 薄片防水毯間相互接著用途

丁烯橡膠系是液劑型態者，以及溶劑型二氯丁二烯橡膠系，熱融著型丁烯橡膠系，熱融型乙烯醋酸系，尿醋系(Urethane)之二成分反應硬化型，以及特殊有機溶劑…等。

(2) 薄片防水毯與被防水面相互接著用途

丁烯橡膠系之溶劑型態者，二氯丁二烯之溶劑型者，環氧樹脂(Epoxy resin)系之二成分反

應硬化型，溶劑型丙烯酸橡膠系，溶劑型橡膠質瀝青…等等。

(c) 增貼用防水薄片

主要使用於混凝土之施工縫，ALC 或PC的接合部等，以及如豎立部材與水平版之交角部和排水管頭，貫通管周圍等等部位，都有其使用之必要性；一般均採用加硫橡膠系以及非加硫橡膠系之薄片防水毯，且將之截斷成為寬度1500mm左右而使用之。

(d) 填縫材(Sealing)

主要用於保持薄片防水毯間之接著部位及防水層末端之水密性所使用之輔助材料，其型態分為定型與不定型兩種。

膠帶狀之定型填縫材乃是把丁烯橡膠，丁烯和EPDM等之混合物為主要成分，配合補強充填劑，粘著樹脂，軟化劑等而製成膠帶狀，以非加硫製品之狀態而被使用，一般常見者為寬度30~100mm，厚度為0.8~1.0mm左右。

至於不定型之填縫材，有很多是屬丁烯橡膠系者，其他亦有加硫聚合橡膠系(Polysulfide rubber)，矽質填縫材(Silicone)，酯系之二成分反應硬化型。

其他，有融著型線狀填縫材，使用於膜間相互接合部。此外還包含了丁烯橡膠系，乙烯醋酸乙烯基樹脂系之使用於加硫橡膠系薄片接合，和乙烯合成樹脂系之於乙烯合成樹脂系薄片接合等等。

(e) 絕緣用橡膠

主要使用於混凝土之施工縫，以及ALC 或PC構造之接合部之表面與防水薄片之間，為用來緩和因構造體之變位影響之使用材料。一般均以原材質之牛皮紙(Kraft paper)使用之；但若於乙烯合成樹脂系薄片的場合時，則使用非加硫丁烯系膠帶。

(f) 保護塗料

為防止防水薄片之劣化、損傷、以及保持建築物之美觀等目的；有以EPDM和氯硫化聚乙烯為主材之溶劑型塗料，以及以

丙烯樹脂為主材之乳劑型之塗料。其色彩相當的多，有銀色、綠色、灰色、褐色等。此外，亦有以丙烯樹脂或是乙醯酸乙烯基樹酯系之乳劑混入砂及顏料，若保護塗料厚度達到1~3mm時，則可用於室內步行之用。

除了以上所述之有關材料之外，另有其他與薄片防水間關係較特殊之材料，這些材料包含了有聚丙烯膠膜，發泡塑膠系防水膜，伸縮填縫材，以及押制之金屬材料等，茲略述如下：

① 聚丙烯膠膜 (Polyethylene film)

主要乃用於防水層上設有混凝土等保護層之場合，其介於防水層與保護層之間，以緩和保護層施工時之衝擊以及施工後變位的影響，一般厚度均應在0.1mm以上。

② 發泡塑膠系防水薄片

此種材料之使用目的與上面(a)項所述者相同，其厚度一般均為2.0mm以上。此外，另有限定使用於保護層自體之伸縮間隙之填縫材下方用，此時大多將之切斷成寬度約200mm，於伸縮間隙之下均等的鋪設之。

③ 伸縮填縫材

於瀝青防水時，有以熔融瀝青灌注於伸縮縫內者，但是於薄片防水時所能使用成型的填縫材相當的多。一般而言，伸縮縫之填縫材料必須有追隨變位之彈性以及耐久性，同時必須有良好的施工性等性能要求。

④ 押制金屬材料

主要是用於以物理性的固定，使防水層的端部不致剝離或破斷；一般有鋁製，不銹鋼製，且有各種不同型態，選擇時必須配合施工型態及需求。其一般之處理如圖（圖3-11）所示者。

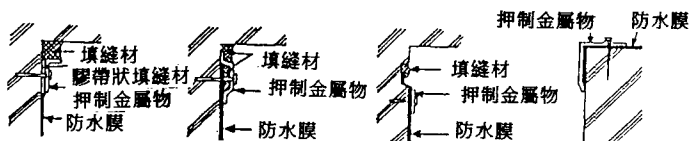


圖 3-11 防水薄片端部之金屬押制固定處理例 [7]

(二) 設計

- (1) 一般之薄片防水，其坡度至少必在1/50以上；然而，在設有抑制、保護層之場合時，由於必要考慮長期間之抑制而拘束其收縮性能，容易引致防水層之斷裂，因此其坡度應以1/50為上限。
- (2) 由於薄片之接著劑以及本體會釋出少量的有害毒劑，因此，原則上飲用之防水槽最好不用薄片防水。
- (3) 就薄片防水之特性而言，本當應用於露出防水工法，亦即適用於現場澆灌混凝土；然而在設有防水層上方之保護，抑制層之防水工法之場合時，若構造體自身的變位較大，則易引致防水層受傷；因此在設有抑制，保護層之情況下，使用於鋼筋混凝土構造體之防水是最適當的。
- (4) 由於薄片防水之防水層厚度只有0.8~2.5mm，與其他如瀝青防水由多層油毛氈累積而構成之工法不同，其防水效果與被防水面之表面精度有很大的關係；且與被防水構造體變位大小有直接之影響關係；至於其適用範圍可參見表3-5。

項目 工法	防水層種類	被防水構造之種類	保 護	屋頂、陽台、出簷			室 內		地 下 外 壁	水 槽 頭	
				屋頂坡度	寒冷地		一 般	停 車 場			
					溫暖地帶	多 雪 地					一 般 雪 地
露出 防水 工法	加硫橡膠系 厚度1.2mm	RC	塗 裝	1/50 以上	◎	△	○	×	×	×	×
		ALC.PC.			◎	△	○	×	×	×	×
	非加硫橡膠系 厚度2.0mm	RC			◎	△	○	×	×	×	×
		ALC.PC.			◎	△	○	×	×	×	×
鹽化乙烯樹 脂系 厚度2.0mm	RC	塗裝或可 省 略	1/100 以上	◎	△	○	△	×	×	△	
	ALC.PC.			◎	△	○	△	×	×	×	
設置抑制層之 防水工法	加硫橡膠系 厚度1.2mm	RC	混 凝 土	1/50 ? 1/100	○	○	○	○	△	○	△
			磚		○	×	×	○	×	○	×
	非加硫橡膠系 厚度2.0mm	RC	混 凝 土		○	○	○	○	○	○	△
			磚		○	×	×	○	×	○	×
鹽化乙烯樹 脂系 厚度2.0mm	RC	混 凝 土	○	○	○	○	○	△	△		
		磚	○	×	×	○	×	△	×		

表 3-5 薄片防水適性區分表(資料來源:"防水工事") P.117

註:1) 防水層之種類以選擇中間等級者為基準

- 2) 露出工法中, 只有鹽化乙烯樹脂可免保護塗裝, 其他二者必要適切保護之。
- 3) 地下多壁之防水乃指外防水而言。
- 4) 押制層之混凝土厚度必要在60mm以上。
- 5) 押制層為磚時, 鋪放之前必先塗敷水泥砂漿20mm左右。

(三) 施工

A. 被防水面於施工前之標準狀態應有以下所述之各項:

(a) 必要十分乾燥

若被防水面並未十分乾燥, 則接著劑之浸透不佳, 甚至使接著劑揮發不良, 引致此後防水膜膨脹, 而使防水層耐久性降低。至於在使用鋼承板(Deck Plate)為模板或是在屋頂版下打入合成樹脂系斷熱材時, 吾人幾乎無法期待接著劑能由這些部位揮發, 於此種場合, 為防止防水層之膨脹, 在工程計劃擬訂時必加以注意。

(b) 必須為平坦而無凸出或脆弱部位, 塗刷處理不均勻或突起物等的情況; 大體上, 被防水面必要經過鏟刀作表面粉平兩次, 且儘可能使表面不出現凹凸部份。

(c) 不得附著會妨礙接著的塵埃, 油脂類以及銹化物等。

(d) 必須有適當的指定坡度, 表面不得出現積水之凹部。

(e) 於豎立部位(如女兒牆等)以及出簷部位之除水措施必須極為良好(圖3-12)參照。

(f) 豎立部位之底部以及豎立部位之入隅等為直角, 下彎之稜線以及豎立部位為出隅部則為門面; 一般若把豎立部位之底部三角形或圓形之處理時, 於施工後防水膜會浮起而造成劣化, 且在防水膜間會造成開口的破斷, 此為一般施工者之經驗累積所得。至於所謂之門面處理, 只要達到半徑為5mm之程度即可。其於實際圖面之位置如下圖(圖3-13)所示。

(g) 屋頂排水頭必須材質良好沒有破損者, 且於防水薄片張貼施工時不得有浮起之現象, 必要時得以瀝青等作補修, 此外, 於排水頭、管上之防銹塗料亦必須除去。一般排水頭裝置時較屋頂版面約低5mm的程度, 以使水能收集積聚而儘速排出。

(h) 有管子等的貫通物, 必須要堅固裝置於對防水施工沒有障礙的位置, 且亦無欠損的, 見圖(圖3-14)。

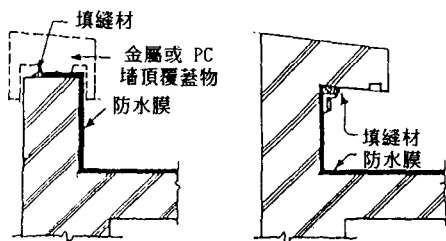


圖 3-12 薄片防水毯豎立部位處理例 [7]

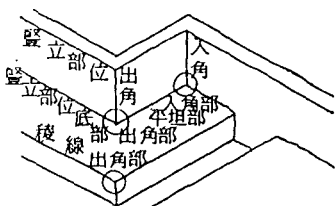


圖 3-13 屋頂各部名稱示意圖 [7]

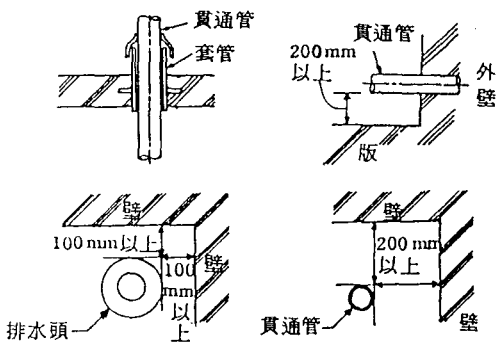


圖 3-14 屋頂排水頭、貫通管之裝設位置 [7]

B. 施工時之天候

- (a) 在降雨、雪時或可預期發生降雨、雪時，以及在降雨、雪後被防水並未十分乾燥之場合，原則上均不得施工。
- (b) 外氣溫於 $+5^{\circ}\text{C}$ 以下時，接著劑、接著改良劑、保護塗料等，其乾燥十分不易，可能妨礙接著性能。至於在 0°C 以下時，乳劑會產生凍結分解，無法得到預期的接著力；因此於施工計劃擬定時以及施工時均要十分注意。
- (c) 於強風時會使砂塵揚以及使未完全乾燥密著之防水膜剝離捲起、施工極為困難；此時若硬予施工，則引起防水失敗的可能性相當大。
- (d) 於高溫時，溶劑之揮發亦較快，必要以小面積逐次施工。
- (e) 高溫時，由於接著劑，接著改良劑之吸熱揮發，使得塗佈面易產生結露現象，會妨害接著性能，此時必須等水分蒸發後才可貼著。

1. 施工接著

接著分為兩類，亦即是防水薄片與被防水面之間，以及防水薄片彼此之間的接著兩種。在施工接著之前，必須先檢查現場澆灌混凝土之施工縫以及龜裂可能發生之部位；於ALC或PC構造體之接合部位，必須注意其變位特性有否可能產生集中應力造成防水層破斷的可能性等；於上述所謂之部位有必要施行絕緣工法或施行增貼部份防水膜以補強之。在檢查過以上所述之項目之後，方可進行接著施工。

(A) 防水薄片與被防水面之接著

一般分成冷貼工法及熱貼工法

a. 冷貼工法：

1). 全黏式鋪設方式(圖3-15所示)

防水薄片係以接著劑黏貼固定於被著體 (SUBSTRATE) 施工面上。

2). 鬆置式鋪設方式(圖3-16所示)

防水薄片置於被著體施工面上，以小卵石，或混凝土板塊壓頂。

3). 機械固定鋪設方式(圖3-17所示)

使用如釘件、扣環、壓條或螺栓等機械固牢物，固定防水薄片於被著體施工面上。

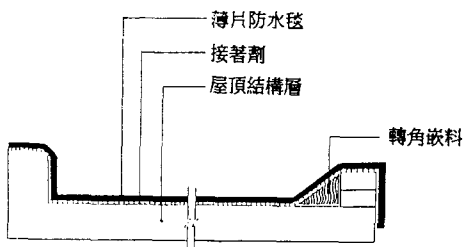


圖 3-15 薄片防水毯全黏式鋪設示意圖

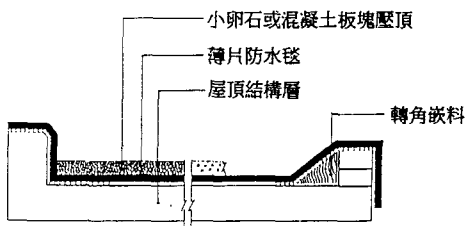


圖 3-16 薄片防水毯鬆置式鋪設示意圖

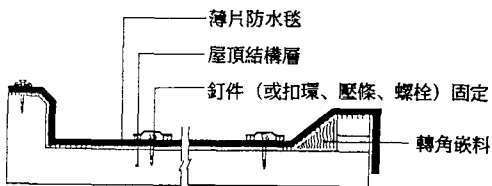


圖 3-17 薄片防水毯機械固定鋪設示意圖

大體上，薄片防水毯施工都以全面密著為原則，以下列之次序施工為一般性原則。

- ① 塗佈接著改良劑(Primer)
- ② 處理排水處，落水孔周圍部位及出入隅角部位。
- ③ 貼著防水薄片。
- ④ 處理防水層之末端部。
- ⑤ 保護材之施工。

於防水材之貼著而言，在被防水面塗佈接著改良劑後，接著劑之塗敷又有三種方式，即只於防水薄片膜塗佈，或是塗佈於被防水面，亦或是兩方均塗佈接著劑，這些方式的選擇主要因防水薄片之構成材料之不同而互異。

防水薄片鋪張貼附時，由於其所需精度較高，因此一般於平坦部位的貼著可如下圖(圖3-18)所示，將整張之防水薄片折成兩分，一半，一半的施工；普通若欲求得最大精度，均是以防水薄片之長向折成二等份施工者較多。

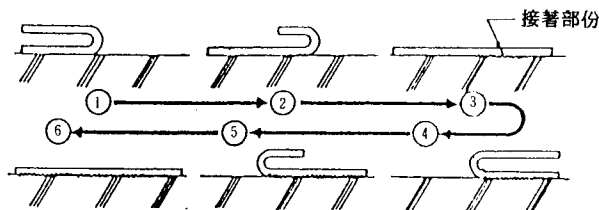


圖 3-18 薄片防水毯展貼方法示意圖 [7]

至於在豎立部位和水平屋頂版之交角，其貼著方式亦依防水薄片之種類不同而異；不過，一般仍以下圖(圖3-19)為原則予以施工

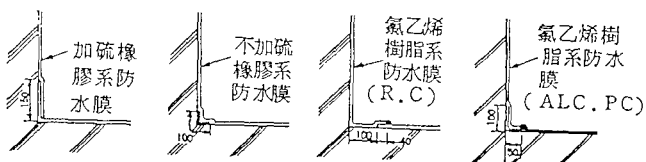


圖 3-19 豎立部位底部防水覆膜之施工法 [7]

此外，在豎立之部材與水平版之交角，其出入角之處理，和排水頭、貫通管等部位的處理則將一般的防水薄片裁下，並裁剪之而施工，因此確保水密性相當困難，是故，常以非加硫丁烯橡膠等增貼來保持水密性。參見下圖(圖3-20)與(圖3-21)。

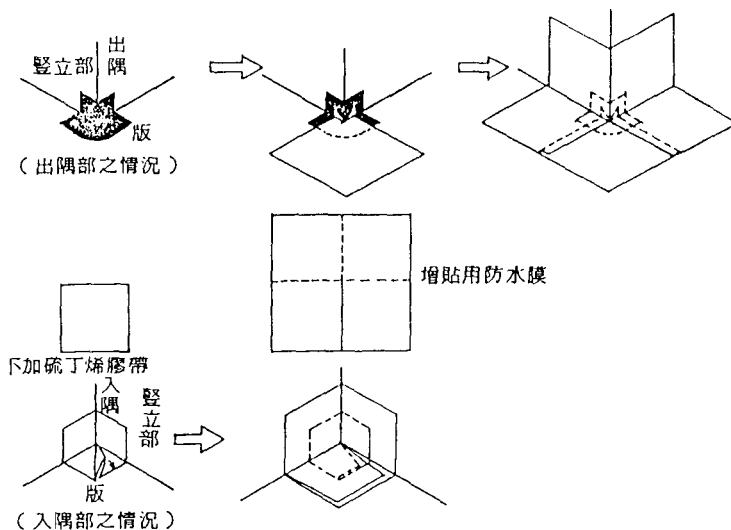


圖 3-20 防水薄片出隅、入隅部之增貼補強處理 [7]

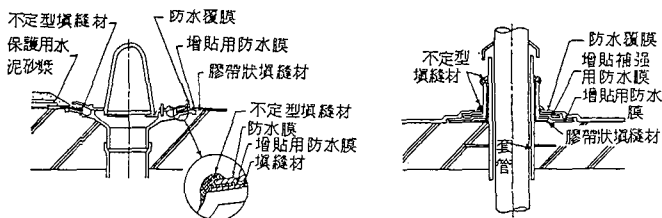


圖 3-21 排水頭、貫通管周圍增貼薄片防水處理 [7]

至於所謂之“絕緣工法”乃是以乙烯合成樹脂系防水薄片所施行的，基本上為以螺絲固定於鉛板上，並以特殊有機溶劑或熱風使防水膜與金屬板間相互接著；此種構法對於結構體自身之龜裂，變位等有很高的安全性，同時亦可不十分考慮被防水面有否完全乾燥等，為其構法之特性。

b. 熱貼工法

熱熔鋪設方式

將鋪好之防水毯用火焰熔接，並按實際需要施以局部或全面之熔接。

(B) 防水薄片間之接著

防水薄片之相互接著為薄片防水的重點之一，必須要確實施工，其接合方式則因材料及施工業者之不同而有所差異，然其一般者可如下表(表3-6)所示)：

系 別	構 法	註
加硫橡膠系	<p>防水薄片 100 接著劑</p>	有抑制層時，亦可適用於附有粘著層之防水薄片。
	<p>防水填縫材 防水薄片 接著劑</p>	使用膠帶狀填縫材時，其寬度至少25mm以上。
	<p>膠帶狀填縫材 防水薄片 接著劑</p>	膠帶狀之填縫材寬度至少30mm以上。
	<p>填縫材 防水薄片 膠帶狀填縫材 接著劑</p>	使用膠帶狀填縫材時，其寬度至少25mm以上。
非加硫橡膠系	<p>防水薄片 接著劑</p>	防水薄片之短邊(寬度)方向，其重疊部份至少70mm以上。
氯化乙烯基樹脂系	<p>填縫材 防水薄片 熔融接著</p>	依防水薄片種類不同，填縫材或不定型填縫材種類亦不同。

表 3-6 防水薄片間接著部位之構法

(資料來源：“防水工事” P.142)

防水薄片之接著部份且必須儘量成為一直線，並以滾筒(roller)壓實。至於乙烯合成樹脂系防水薄片在以熱風熔著之場合，溫度管理極為重要；因溫度太低則成不完全接著，太高則會使材料分解，故大約應在160~200℃左右。

(C) 抑制層之施工

通常作為抑制層材料的有混凝土及混凝土磚；若使用混凝土磚的場合，是以塗布約20mm的水泥砂漿後，鋪放磚塊於上而完成；目前亦有採用鋪設塑膠系覆膜載以混凝土磚塊的工法。

至若採用現場澆置混凝土為押制層之時，首先必須在防水層上面鋪設聚乙烯質防水膜，再以乾拌水泥砂漿固定伸縮用填縫材，使填縫材不致移動後再澆置混凝土。伸縮縫一般以每3~4m於平面上設置，而在豎立面時，在距離立面底部約0.6m處設置之。(圖3-22)

就薄片防水而言，由於科學之急速進步以及施工技術之改進，未來有其發展性；此外，若能使之與塗膜防水併用以改善其接著性；以及開發斷熱與防水併行之工法，則未來之發展大有可為。

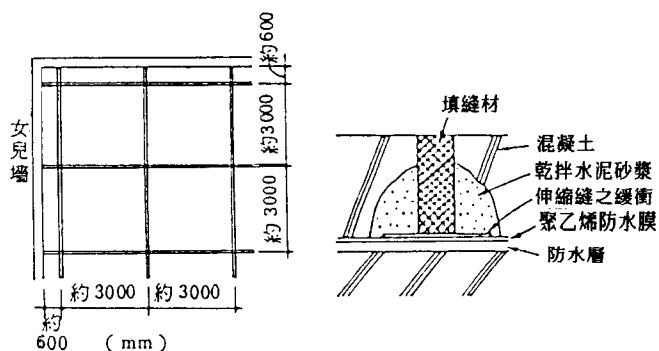


圖 3-22 保護層伸縮縫之設置處理 [7]

四、塗膜防水膠防水工法

塗膜防水乃是把高分子化合物為主體的乳液狀材料，塗佈於被防水面上，使形成所需要之厚度之防水被覆的工法。

最早使用者為醋酸乙烯樹脂，然因其對耐水性能不足，而後又經歷以丙烯樹脂 (Acrylic rubber) 以及丙烯等化合樹脂的改革；之後在 1970 年左右出現了橡膠質二氯丁二烯系 (Chloroprene gom)， 酯橡膠系 (Urethane gom)， 橡膠質瀝青系 (Gom asphalt) 等等具有豐富彈性的防水塗膜材料；直到目前，這些材料仍為塗膜防水之主流。這些塗膜防水材料，在現場的作業率極高，是故其防水性能之高低與施工品質的良窳有很大的關係 [7]。防水膠材料如照片 3-4。

(一) 材料

塗膜防水依其主要使用材料，約可分為五大類，分述如下：

A. 尿酸橡膠系 (Urethane gom)

為以尿酸為主要原料，加上充填劑，媒介劑等成分的硬化劑而形成為二成分反應型之防水劑。主劑與硬化劑之混合率依製造者不同而異，但大致在 1:1~1:2 的範圍。若以充填劑來區分，則可分為焦油尿酸系 (Tarurethane) (充填劑為煤焦油)，無焦油尿酸系 (Non-tar urethane) (充填劑為黑色炭素粉末)，以及著色尿酸系 (Colour urethane) (充填劑為顏料及碳酸鈣粉末等) 等三個種類。

B. 丙烯橡膠系 (Acrylate gom)

乃以丙烯 (Acrylate) 為主要原料的非加硫丙烯橡膠系，配合充填劑等的乳劑型防水材。

C. 二氯丁二烯橡膠系 (Chloroprene rubber)

乃是以二氯丁二烯 (Chloroprene) 為主要材料，配合充填劑等的乳劑型防水劑；一般市面所見者有混入玻璃纖維以及無混入者二種；通常均使用於露出防水之場合，且於其上層使用能自由著色以及耐候性良好的氯磺化聚乙烯 (Chlorosulphonic polyethylene) 系塗料作為保護層。

D. 丙烯 (Acrylic) 樹脂系

乃以丙烯 (Acrylate)，甲基丙烯 (Methacrylate) 為主要原料的乳劑型防水材；由於耐候性比較差，因此須要有保護層之設置。

E. 橡膠化瀝青(Gom asphalt)系

乃以瀝青和橡膠為主要原料的乳劑型防水材；這種材料以其施工方式之不同又可分二類，其一為塗敷後乾燥而形成防水膜者，另外則為同時吹出乳劑之分解後成份（如氯化鈣，矽質氫化鈣…等），而於付著混合後自然形成防水膜者。

一般而言，塗膜防水是以密著工法為主，且膜之厚度較薄，其對構造體自身的變位，龜裂等考慮也較嚴格；因此，主要適用於鋼筋混凝土構造物，至若使用ALC構造等變位較大的構造時，必須仔細檢討伸縮縫的設置以及施工順序等。下表（表3-7）為各種塗膜防水材之適用部位。

種 類	適用 部 位	防水層之保護處理	備 註
脲 醇 橡 膠 系 (Urethane gom)	屋頂，出簷， 床版	塗裝保護處理 鋪裝保護處理 水泥砂漿抑制層處理	
丙 烯 橡 膠 系 (Acrylic gom)	屋頂，出簷， 外壁	塗裝保護處理 水泥砂漿抑制層處理	以噴附工法為中心
二 氯 丁 二 烯 橡 膠 系 (Chloroprene gom)	屋頂，出簷， 外壁	塗裝保護處理	氯硫化聚乙烯系塗料 (Chlorosulphonic polyethylene)
丙 烯 樹 脂 系 (Acrylic resin)	小規模屋頂， 出簷，床版， 壁體	塗裝保護處理 水泥砂漿抑制層處理	
橡 膠 化 瀝 青 系 (Gom asphalt)	地下外壁，水 槽，屋頂，床版 ，壁體	塗裝保護處理 鋪裝保護處理 水泥砂漿抑制層處理	亦有吹著工法

表 3-7 塗膜防水材之適用部位表。（資料來源：“防水工事” P.151）

[7]

至於塗膜防水之其他有關之使用材料，有接著改良劑(Primer)，補強材料和完成塗料等；其他之絕緣材料，填縫材等等亦有作為補助的材料，茲分述如下：

a. 接著改良劑 (Primer)

其為基於以下之目的而使用，一般使用與防水材同樣材質之稀釋液者之情況很多。

- 1). 抑止由被防水部材所透過之濕份，以防水防水層之膨脹。
- 2). 使防水層與被防水面接著完全，不致出現小孔。
- 3). 提高接著強度，使防水層不產生剝離現象。

b. 補強材料

為與防水材併用以補強防水層，且亦為確保塗膜厚度的材料；一般最常見的有玻璃纖維類、合成纖維類，加硫或非加硫橡膠防水覆膜…等。就其材料性質而言，必須為收縮性以及卷縮性較小者，同時與防水材間亦能緊密配合。

c. 完成塗料

有尿酯系塗料（一成分型，二成分反應型），氯硫化聚乙烯系塗料（商品名“Hypalon”），丙烯系塗料…等種別，其均可加入鋁粉或各種著色用顏料；且其材質之耐久性，與防水材之接著色以及對防水層之追從性能等必必須極為優良。

d. 絕緣材料

主要使用於隔離防水層與被防水部材上之龜裂部位，施工縫等的部位，減低防水層之損傷。一般以紙，合成纖維等材料之膠帶狀著，以及石蠟系的塗料。

e. 填縫材 (Sealing)

為充填被防水面之龜裂以及小孔等的凹部部位。

(二) 施工

A. 被防水面之處理

塗膜防水施工時，其被防水面之坡度至少應為1/50以上，且使用於混凝土構造之防水的場合，所發生之龜裂應達到最小的程度；塗膜防水施工之前，於被防水之混凝土面必須直接粉平或以水泥砂漿粉刷飾平，以及施工時必須達到完全乾燥方能施工。此外一般之被防水面之處理有以下所述幾點：

- (a) 混凝土表面有粉飾不平和高低差…等的凹凸部位，凸部必須磨除，凹部則於清掃之後再以樹脂加水泥砂漿之混合物亦或以填縫材修補使之平順。

- (b) 混凝土面之翻沫(Laitance)，剝離和劣化等部位亦必要清除；尤其在塗膜端部之容易剝離之部份必要特別注意。
- (c) 砂、塵埃、油脂…等異物必要完全清除，砂粒為使塗膜出現小孔之主要因素，必要仔細清理。
- (d) 於龜裂部位必要充填填縫材，並以龜裂部位為中心塗佈寬約 10mm 的絕緣塗料，施行補強塗敷。
- (e) 混凝土之施工縫，和ALC 板等之接合部位，必須張貼絕緣膠帶或塗敷絕緣塗料以施行補強。(圖 3-23)
- (f) 入角部位不必處理成圓角狀，但是出角部位必須要做成半徑為10mm左右的圓角，以防止施工時之塗膜厚度不足。參見下圖(圖 3-24)

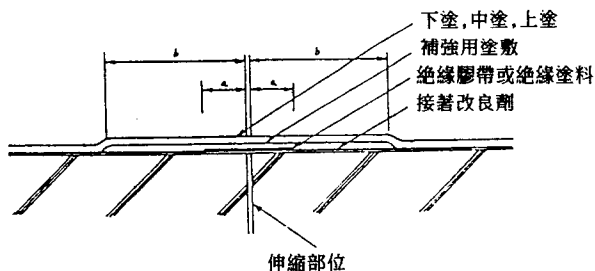


圖 3-23 屋頂之伸縮部位處理 [7]

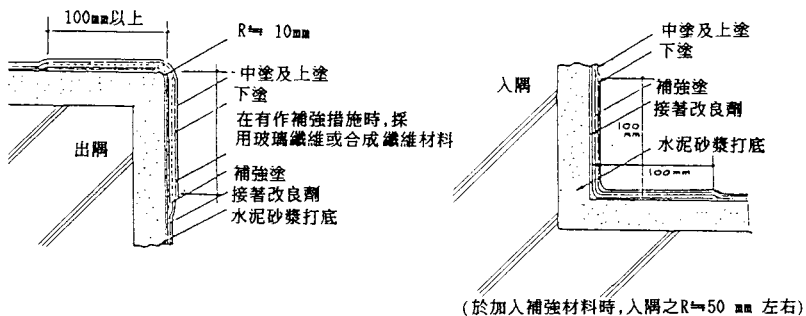


圖 3-24 出隅、入隅部位處理 [7]

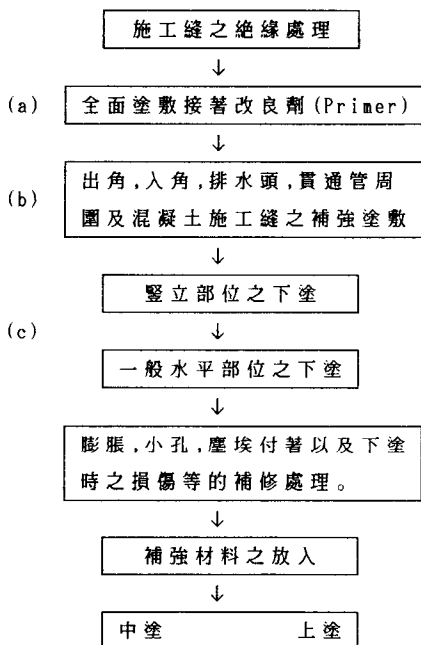
B. 施工時之天候

塗膜防水之造膜性能，受到施工時天候因素之影響相當的大；大體上，施工時必須符合以下條件。

- 降雨、雪之後，被防水面仍未完全乾燥時，塗膜之接著力不足，此為塗膜產生膨脹的主要原因，因此不得施工。
- 氣溫在 $+5^{\circ}\text{C}$ 以下時，或施工地點於 6 小時內有可能降到 $+5^{\circ}\text{C}$ 以下時，塗膜之硬化極為困難，此時應避免進行施工，或以其他添加材料輔助之。
- 塗膜施工中，若有強風吹襲而飛來塵埃，落下於塗佈面上，則這些地方有可能引致日後之漏水事故；因此必須清除之。此外，若於塗膜之時有塵埃、砂粒落下時，在下次塗敷前必須仔細清除。
- 高溫時，溶劑之揮發會吸收潛熱，引致防水層表面結露，塗膜施工時必慎加注意。

(三) 施工順序

今以尿酯橡膠系防水材之施工順序及說明為例，敘述如下：其他的塗膜防水材施工時，其施工順序也與之大約相同。



(a) 塗敷接著改質材(Primer)

施工時必要成均勻塗佈，不得出現氣泡以防止破壞；其使用量以不使下塗時不發生膨脹；不產生剝離之量為主，一般大約在 $100\sim 300\text{g}/\text{m}^2$ 之範圍。

(b) 補強塗敷

於被水面之龜裂部位，以及未來有可能產生龜裂之部位（如施工縫等），豎立部位之出、入角，排水管、頭，貫通管之周圍等等的部位，將防水材料重複塗敷達所定之寬度與厚度。

(c) 下塗

下塗乃是於被防水面塗佈接著改良材料後，以適當之塗佈工具或吹著機械所為之防水材塗佈施工，一般以一道塗佈即可，且不得作出小孔狀等缺陷。

(d) 中塗及上塗

中塗之施工進行方向，為與下塗之方向成直角，且必要成均一狀態。而上塗乃是將前面進行過的塗敷施工之缺陷部份予以補足，修正。至於重複塗佈時其時間之間隔，必要依防水材之乾燥狀態作彈性調整。

(e) 塗膜之塗接

塗膜塗接之時間間隔，然若無法於適當之間隔內塗接時，則必須以砂紙磨粗防水膜表面，或以專門之接著改良劑稀釋後使防水膜表面恢復粘著性…等措施之後再行塗佈。

(f) 排水頭及貫通管周圍之處理

排水頭若為金屬材料時，於施工前必將附於其上之水泥砂漿、銹、油脂等等的附著物清除，再塗佈接著改良材料。至於屋頂面上之突出管若為塑膠製品的情況時，由於塑膠與防水材間之接著性不佳，因此於貫通管之周圍必先使用砂紙磨粗後，且並以溶劑除去表面油脂等措施以確保接著強度。此外，若欲加強其接著性能，亦有以丁烯橡膠質之膠帶或銅線等予以物理性之固定。(圖3-25)

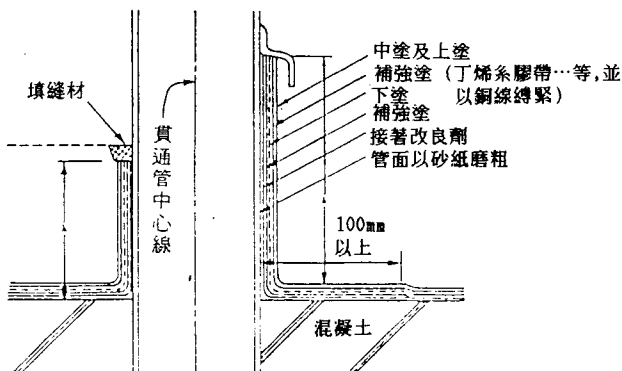


圖 3-25 屋頂貫通管部位處理 [7]

(g) 防水層之保護層

保護層於非步行用的場合時為以保護塗料完成之；而在步行用場合之鋪裝，則以其他耐磨性較高的材料或以混凝土或水泥砂漿作為抑制保護層。

1). 非步行用之場合

於非步行用時之保護層，其使用之塗料主要在防止因日射所引起的劣化，通常每隔 3-5 年必須塗刷一次。特別是在焦油尿酸酯橡膠系塗膜為防水材時，必須注意有否出現焦油溶化而污染表面的情形，此時防水層或保護層亟應重新塗裝。

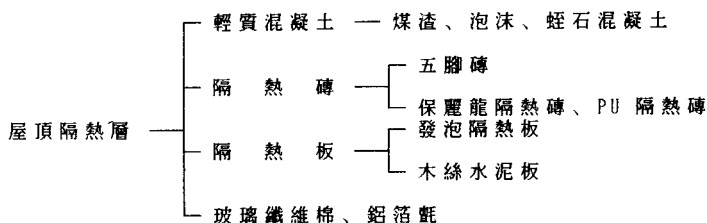
2). 步行用之場合

施工時，於完成之防水層之上，敷設鬆弛且亦無皺紋的聚乙烯防水覆膜 (Polyethylene Sheet)，其上再澆置混凝土或水泥砂漿；混凝土層的厚度至少應為 60mm 以上，水泥砂漿則至少 40mm 以上。此外，為防止吸水或溫度變化所引起之破壞，必要把厚的金屬網等埋入於保護層內。

3-2 建築物屋頂隔熱材料及工法

建築物不論是否裝置空調設備，若在建築設計上能考慮隔熱構造，則室內溫度損失或外氣之侵入均可獲得改善，因之室內環境品質得隨之提昇；而使用空調者，空調設備費及使用費也均可減低，及提高設備的運轉效率。

台灣地區建築物屋頂常用隔熱材料及工法，經整理歸納如下所示：



屋頂隔熱材都固定或附著於屋面結構層；而依其所在的部位，可分為外斷熱層及內隔熱層兩類；材質之種類依屋面層構造、使用條件、預期效果及預算而選擇，也可同時併用數種隔熱材，以增加其效果。其施工方法以材料本身施工前之型態而異。

一、表面隔熱層：

置於結構體表面之塊狀或板或塗劑等之隔熱材料，一般所用之隔熱材料其熱傳導係數 k 值為 $0.04 \sim 0.1 \text{ kcal/m.hr.}^\circ\text{C}$ 之範圍。目前市面上用於屋頂之隔熱材料有：

(一) 隔熱磚

A. 材料：隔熱磚可分為保麗龍隔熱磚、PU 隔熱磚及水泥石棉五腳隔熱磚等。其構成要素是以水泥板與發泡隔熱材（保麗龍、PU）緊密粘成一體成塊狀隔熱材，利用發泡隔熱材獨立氣泡阻絕空氣產生對流作用，而達到隔熱

效果。其熱傳導係數 $k=0.018\sim 0.03\text{kcal/m.hr}^\circ\text{C}$ 。水泥石棉五腳隔熱磚則利用空氣層的隔熱性能來達到隔熱效果，其 $k=0.115\text{kcal/m.hr}^\circ\text{C}$ 左右。隔熱磚一般規格：寬度 $30\times 30\text{cm}$ ，厚度 3cm ，重量 $2.5\sim 3.2\text{kg}$ 。隔熱磚如照片 3-6、3-7。

B. 施工：

- a. 屋面防水層完工後，將表面殘留物清除乾淨，依施工圖面放樣。
- b. 隨著屋面坡度用 1:3 水泥砂漿均勻粉刷鋪設隔熱磚材，面應平整。
- c. 磚材排置每 3.3M 預留伸縮縫 2cm 寬，伸縮縫間以嵌縫材料填實嵌密。
- d. 完工不得有凹凸不平或積水現象。
- e. 施工示意如圖 3-26、3-27。

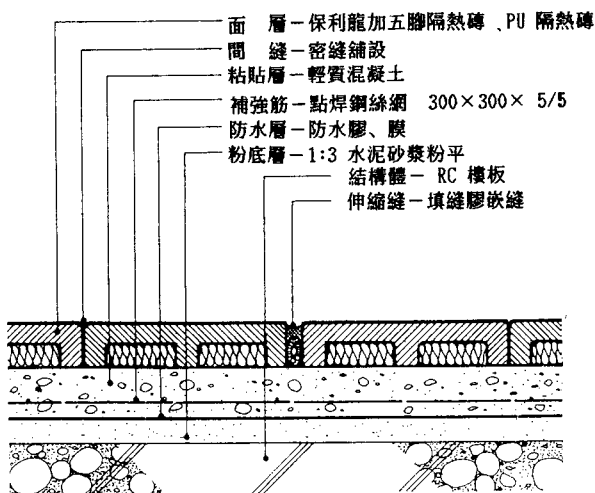


圖 3-26 保麗龍、PU 隔熱磚施工示意圖 [16]

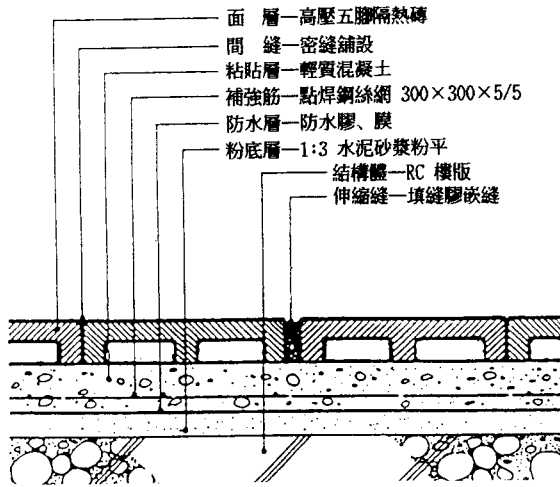


圖 3-27 高壓五腳隔熱磚施工示意圖 [16]

(二) 輕質混凝土

A. 材料：輕質混凝土分有泡沫、蛭石及煤渣混凝土三種。此類隔熱材料其厚度因材質種類與預期隔熱效果而異，如泡沫混凝土，為在混凝土中填加發泡劑，其透水及吸濕性大，在常溫氣乾狀態下 $k=0.1\sim 0.2\text{kcal/m.hr}^\circ\text{C}$ ；蛭石或煤渣混凝土，係將膨脹頁岩，粘土、煤炭，經適當加熱製成為骨材，其 k 值隨密度而異，常溫下 $k=0.2\sim 0.7\text{kcal/m.hr}^\circ\text{C}$ 。泡沫混凝土材料如照片 3-7。

B. 施工：

(A) 泡沫混凝土之施工

- a. 屋頂防水層施工完妥後，用墨斗將全屋頂劃分為約 $200\times 200\text{cm}$ 之方格，供留設伸縮縫。
- b. 將寬約 2CM 之保麗龍板，依擬施工厚度切成長條形，將此保麗龍板沿墨線排直，兩面用水泥砂漿把它粘固，供做伸縮縫隔板，俟水泥砂漿乾凝後，即可進行澆置泡沫混凝土。
- c. 將水泥、水、砂與已產生氣泡群之起泡劑，在泡沫水泥拌合機中拌合，拌合完妥之泡沫混凝土經輸送機之輸送

，再經自動壓縮發泡機後澆置於屋面上，澆置時要注意，僅過隔板即可。

d. 用木刮尺依隔板高度刮平。

泡沫混凝土施工應注意事項：

- a). 泡沫混凝土種類煩多，每一家使用之發泡劑均不相同，故在拌合與配比時，均應依出品工廠之規定。
- b). 所完成之泡沫混凝土，其氣泡孔要完全獨立且密閉，氣泡直徑應在0.2mm以下。
- c). 氣溫超過21℃時，需以水養護 7天以上（施工示意如圖 3-29）。

(B) 煤渣混凝土之施工

- a. 屋頂防水層施工完妥後，用墨斗將全屋頂劃分為約 200 × 200cm 之方格，供留設伸縮縫。
- b. 將寬約2cm 之保麗龍板，依擬澆置之厚度裁成長條形，再用水泥漿將保麗龍板點固於伸縮縫線上。
- c. 煤渣拌合前應將較大之塊粒打碎或撿除，最好能篩過，煤渣中有金屬塊亦應撿除，銳角太尖者亦應撿除，以免扎破防水層。
- d. 煤渣混凝土之拌合，時間須加長，拌合須均勻，否則澆置後粘着力不足容易脫落。
- e. 煤渣混凝土澆置後，要將突出表面之粗塊拍沈，再予粉平，以免表面過於粗糙，增加水泥砂漿粉刷之困擾。

煤渣混凝土施工注意事項：

- ① 煤炭內所含物質較雜，經燃燒往往會產生堅硬、尖銳之金屬塊，該等物質拌合成煤渣混凝土後，澆置時會扎破防水層，此種情形尤以薄片防水層更為嚴重，故薄片防水層以不使用煤渣混凝土最佳。
- ② 煤渣混凝土拌合時，由於煤渣輕故工人挑得多，致容積數量較規定者超出甚多，為免此弊，應用容器來測量。

(C) 蛭石混凝土施工

- ① 屋頂防水層完成後，即可進行蛭石混凝土隔熱層之施工，施工前先用墨斗在防水層打出水溝與伸縮縫位置，通常伸縮縫須在 $200 \times 200\text{cm}$ 以下留設一道，其大小依上面鋪設之隔熱磚大小而定。
- ② 裁剪保麗龍條，寬約 2cm ，厚依設計規定，用水泥漿粘固於伸縫線上，俟水泥漿凝固後，即可進行澆置蛭石混凝土作業。
- ③ 蛭石混凝土之拌合，使用人工拌合時，須砂與水泥先拌合均勻，再倒入蛭石，俟全部拌合均勻後，再加水拌合。用機拌時亦須特別注意拌合時間稍長使拌合均勻，至於其塑度須適合工作度。
- ④ 澆置蛭石混凝土時，須與保麗龍條平齊，並用鏟刀抹平。
- ⑤ 蛭石混凝土澆置時，須保持適當濕潤以免水泥之急速乾凝。
- ⑥ 蛭石混凝土之澆置方式有三種：
 - 1). 屋頂有坡度，蛭石混凝土之厚度相同。
 - 2). 平屋頂，蛭石混凝土做坡度。
 - 3). 平屋頂，蛭石混凝土厚度相同，用水泥砂漿粉成坡度。
- ⑦ 鋪設須用水泥砂漿漿貼之隔熱磚，1.、2.兩種情形可直接鋪設，3種情形須先做水泥粉刷，使具有坡度，並俟水泥砂漿乾凝後，再用水泥砂漿漿貼隔熱磚。
- ⑧ 鋪貼隔熱磚時，磚底之水泥砂漿要滿，否則空底部分易遭破損。
- ⑨ 鋪設不必使用水泥砂漿膠貼之隔熱磚，均須先於蛭石混凝土上粉刷水泥砂漿做為施工底。
- ⑩ 漿貼隔熱磚於凝固後，用熔柏油灌滿伸縮縫。
- ⑪ 本法亦有不留伸縮縫者，惟屋頂面積不能太大，否則仍應留設，以免龜裂。

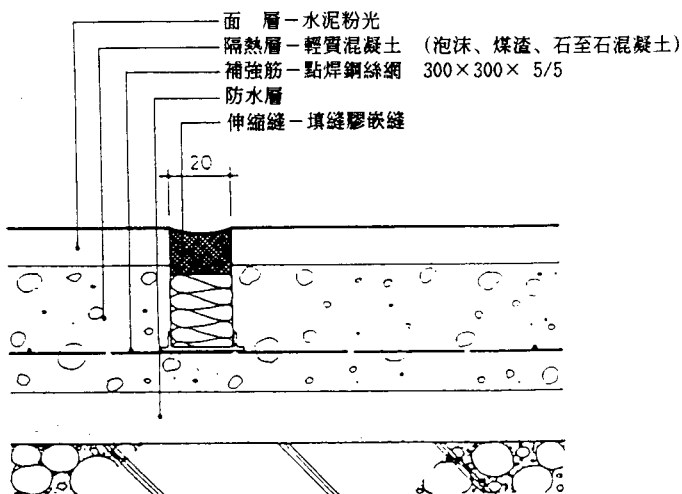


圖 3-28 泡沫、煤渣、蛭石混凝土隔熱施工示意圖 [16]

(三) 發泡隔熱板

A. 材料：發泡材有密閉室和開放室(Closed-cell and open-cell)兩種。目前工程上運用在鋼筋混凝土、平屋頂構造，以 PS、PU板及輕石板為隔熱層，面再覆以混凝土拍漿粉光為保護層，來達到隔熱效果。其導熱係數約為 $0.164\text{kcal/m}\cdot\text{hr}\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

B. 施工：

- a. 屋頂防水層施工完妥後，將板片狀隔熱材依序鋪置平整。
- b. 於隔熱板上，按放補強筋(點焊鐵線網)，與隔熱板材間應保留保護層空隙，應避免破壞隔熱板。
- c. 澆置混凝土保護層，拍漿粉光。
- d. 面層 $100\times 100\text{cm}$ 之方格切割鋸縫，並填縫膠嵌縫。施工示意如圖3-29。

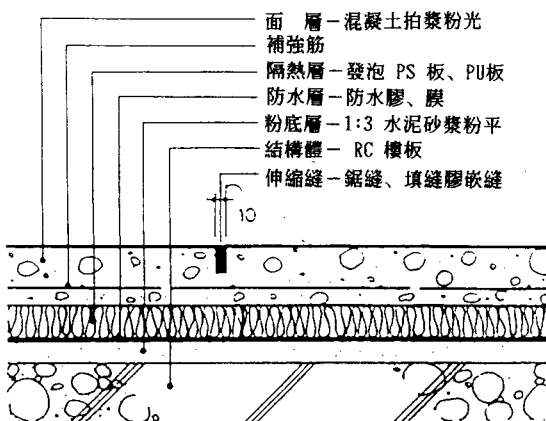


圖 3-29 發泡 PS、PU 隔熱板示意圖（鋼筋混凝土造）[16]

、內部隔熱層：

內部隔熱材多為板狀或氈狀材，依材質本身的強度、重量及型態而選擇適當的位置及方法配合施工。

內部隔熱材料目前大都使用配置在斜面鋼架構架，將隔熱材料局部固定在浪板下、桁條上的組構方式。隔熱材料除了木絲水泥板自重較大外，其他隔熱材皆以質輕，易於施工，隔熱效果佳為其特色。目前市面上用於屋面上的隔熱材料有：

(一) 木絲水泥板（鑽泥板）

A. 材料：木絲水泥板係木絲經氯化鈣（ CaCl_2 ）溶液浸漬後與水泥混合均勻經壓縮乾燥而成者，製品經乾燥後，其成分則為木絲 35~40%，水泥 65~60%，其使用範圍分為重型和輕型木絲水泥板二種，重型木絲水泥板為一般建築用防火人造板材料；輕型木絲水泥板則為輕質防火、隔熱、吸音人造板材料。其 $k = 0.15 \sim 0.2 \text{ cal/m} \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$ 。木絲水泥板材料如照片 3-14。

木絲水泥板係為較傳統的隔熱材料，已逐漸被其他輕質發泡材料具熱傳導係數低，施工容易的隔熱材料所取代。

B. 施工：

- a. 與鋼架木構造斜屋頂配合，置於浪板之下，以 $1/4\phi$ 不銹鋼勾釘與桁條固定。
- b. 相鄰板材順坡向於桁條上對接，長向則以T型壓條對接連續施工。
- c. 與鋼筋混凝土平屋頂配合時，則置於模板上，再排放鋼筋，利用混凝土澆置而牢牢吸附於接板下側。
- d. 施工示意詳圖3-31、3-32。

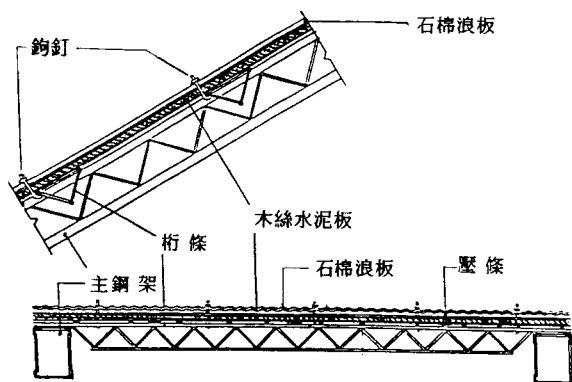


圖 3-30 木絲水泥板隔熱施工示意圖(鋼架)

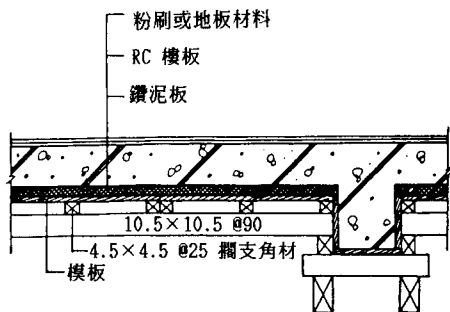


圖 3-31 木絲水泥板隔熱施工示意圖(鋼筋混凝土造)

) 玻璃纖維棉與鋁箔氈、太空金屬箔

A. 材料：由玻璃纖維及石炭酸樹脂自動加工成捲狀或板狀，為最常用之不可燃性隔熱材，但其透濕抵抗幾乎於零，易於內部結露，故必須在高溫側設置適當之防潮層。在常溫下導熱係數 $K=0.035\sim 0.05\text{kcal/m.hr.}^{\circ}\text{C}$ 。鋁箔氈係以雙面鋁箔，PE 膜及防火膠內置強化玻璃纖維補強而組成，其運用高反射率(95%)的功能，加上斷絕空氣流通的絕緣功能，以達到隔熱效果。其 $K=0.042\text{kcal/m.hr.}^{\circ}\text{C}$ 。材料照片如 3-16。

B. 施工：

- a. 於屋面板施工前，於屋脊與簷口桁條上，每隔 20~30 公分以不銹鋼線(#16)單向固定，以承托隔熱材。
- b. 鋁箔氈與玻璃纖維棉先後鋪設。鋁箔氈於順坡向應固定於屋脊與簷口桁條上，短向則應搭接 5 公分以上，以雙面膠黏固成一體。
- c. 屋面板材以耐蝕自攻螺絲將屋面板、隔熱材及桁條作局部固定。

- d. 玻璃纖維棉不能露出，因其本身纖維會在空中飛揚，沾到皮膚會過敏。
- e. 施工示意如圖 3-32。

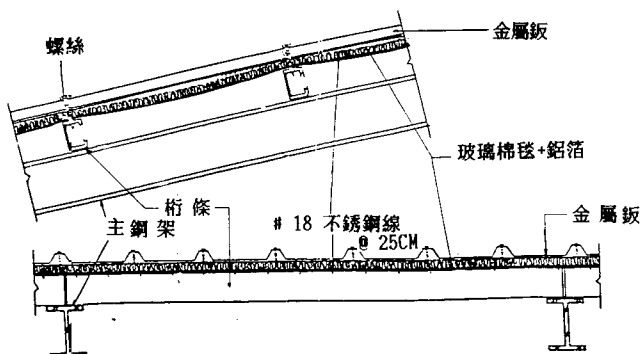


圖 3-32 玻璃纖維棉與鋁箔 隔熱施工示意圖

(三) 發泡隔熱板

發泡物有密閉室和開放室 (Closed-cell and open-cell) 兩種。密閉室型發泡物通常注入較空氣為重之氣體而存在小氣室中，大量降低了總熱傳中的空氣傳導效應部份，小氣室的構造亦有降低熱輻射能的傳送。但是其隔熱性能會隨時間而衰退，因其氣體被慢慢通過室壁的空氣或水蒸氣所取代。開放室發泡物注入空氣於小氣室 (air pockets) 中，而不具有蒸氣封的功能，因其氣室結構較小，故其空氣傳導效應仍較纖維性材料為小。其 k 值約為 $0.02 \sim 0.05 \text{ kcal/m.hr.}^\circ\text{C}$ 。

A. 材料：發泡隔熱板材，目前在市面計有 PU 發泡板、PS 發泡板、PE 發泡板、PA 合成板、輕石板等。質輕耐用、施工簡便為其特色。各類隔熱板材質分述如下：

- a. PU 發泡板：係硬質聚胺基甲酸酯發泡成單一成型板，其發泡以密閉室 (Closed-cell) 型態構成，熱傳導係數 $k=0.022 \text{ kcal/m.hr.}^\circ\text{C}$ 。材料如照片 3-9。

- b. PS 發泡板：係聚苯乙烯發泡成單一成型板，其發泡以開放室 (Open-cell) 型態構成，熱傳導係數 $K = 0.034 \text{kcal/m.hr.}^\circ\text{C}$ 。PS 發泡板材料如照片 3-10。
- c. PE 發泡板：係聚乙烯發泡成片或板狀，其發泡以密閉室 (Close-cell) 型態構成，熱傳導係數 $k=0.027 \text{kcal/m.hr.}^\circ\text{C}$ 。PE 發泡板材料如照片 3-11。
- d. 輕石板：係以 PVC 加磷酸鈣發泡而成板狀，其發泡以密閉室 (Close-cell) 型態構成。熱傳導係數 $K=0.03 \text{kcal/m.hr.}^\circ\text{C}$ 。輕石板材料如照片 3-12。
- e. PA 合成板：係以真空電鍍鋁箔加 PE 發泡板而製成，其反射輻射 93%，熱傳導係數 $k = 0.027 \text{kcal/m.hr.}^\circ\text{C}$ 。PA 合成板如照片 3-14。

B. 施工：

- a. 除 PU 發泡板、PS 發泡板外，於屋面板施工前，於屋脊與簷口桁條上，每隔 20~30 公分以不銹鋼線 (#16) 單向固定，以承托隔熱板。
- b. 隔熱板於順坡向固定於桁條上；短向則以 T 型壓條對接成一完整隔熱層。
- c. 屋面板材覆蓋在隔熱板上，以耐蝕自攻螺絲將屋面板，隔熱板及桁條作局部固定。
- d. 施工示意如圖 3-33、3-34。

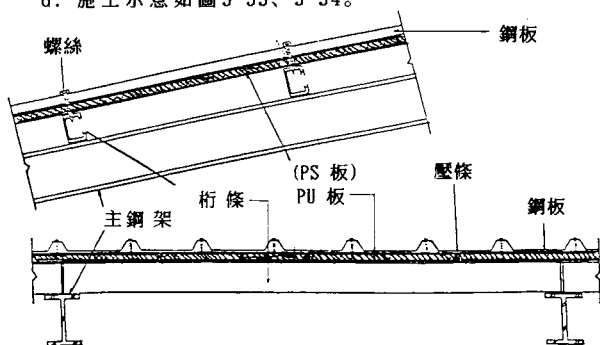


圖 3-33 發泡 PS、PU 隔熱板施工示意圖 (鋼架構造)

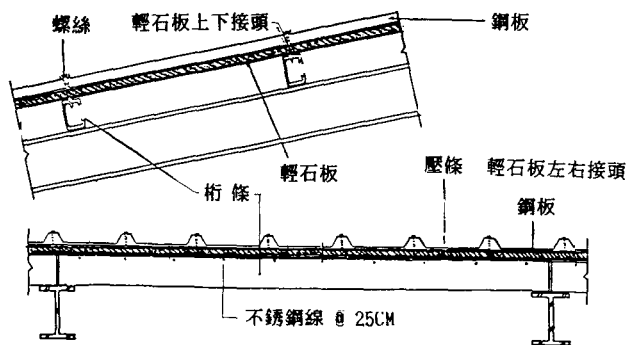


圖 3-34 輕石板、PA合成板、PE發泡板隔熱施工示意圖

3-4 建築物屋頂防水及隔熱材料各種類之特性 分析評估

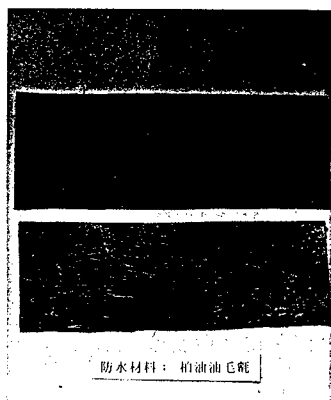
本節針對主要的防水材料及隔熱材料，對其材質、施工方法、優點、缺點及其他性能予以整體性地分析比較評估，以作為在進行選擇使用材料時之參考檢核表。詳表 3-8、3-9。

表 3-8 屋面防水材料種類及特性分析

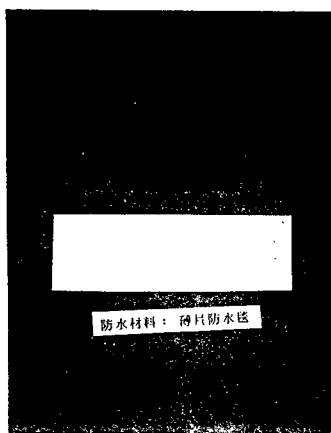
主要產品	工法	優點	缺點	施工條件	適用範圍	造價	相關規範
<ul style="list-style-type: none"> 防水劑類 防水乳膠 水性EPOXY類 	<ul style="list-style-type: none"> ·水泥與防水劑混合成防水乳膠打底作為接合層 ·水泥砂漿與防水劑混合鋪設粉刷平整及做水坡度 ·完工後灑水養護 	<ul style="list-style-type: none"> ·價格較低廉 ·被防水面即使有部份凹凸不平，仍可進行施工。若有些許濕潤，亦不影響施工。較為簡便。 	<ul style="list-style-type: none"> ·防水層容易產生自體的龜裂與被水而剝離或是屋頂版的龜裂等。均曾使防水效果失去。施工人員技術之差與容易造成防水性不良。 	<ul style="list-style-type: none"> ·油污物、水泥塗漆構理剷除。表面充份清潔深淨，以利接著。 	<ul style="list-style-type: none"> ·鋼筋混煉土(平、斜屋面) 	低	CNS 3763
<ul style="list-style-type: none"> ·瀝青油毛氈 ·瀝青油毛氈 ·耐水瀝青油毛氈 ·伸縮瀝青油毛氈 ·閉孔瀝青油毛氈 ·特殊瀝青油毛氈 	<ul style="list-style-type: none"> ·以加熱熔化的瀝青與油毛氈或油毛氈...交互接合而有五、七及九皮。 	<ul style="list-style-type: none"> ·比較上，價格仍較低，取材容易。施工經簡單重複施工。因此施工之失誤是較少。 ·被防水面之表面處理可以較為粗糙，而使施工難度減低。 	<ul style="list-style-type: none"> ·於坡度較急的屋頂面施工不易，且施工後會出現瀝青不勻造成不勻之現象。(熱工法) 對瀝青之追蹤性較低，因此，必須使用特殊防水材料。 ·於複雜部位之處理困難。 ·高溫時，瀝青融化流動，低溫時脆化之情況極多，易老化。缺乏彈性，需加壓保護。 	<ul style="list-style-type: none"> ·底地平整，轉角宜作成圓角。深淨。 	<ul style="list-style-type: none"> ·鋼筋混煉土(斜屋面) ·木架構造(斜屋面) 	低	CNS 10410
<ul style="list-style-type: none"> ·未硫化-C.S.P.E ·硫化-Butyl ·E.P.D.M ·Neoprene 	<ul style="list-style-type: none"> ·全黏式：以接著劑與被防水面接著而形成防水層。 ·鬆置式：以小卵石或混凝土板塊壓頂。 ·釘件固定式：以釘件、扣環、壓條或螺絲等固定。 	<ul style="list-style-type: none"> ·對被防水面之龜裂追蹤性較好。 ·耐藥品性較高。處理較為潔淨。 ·完成面之表面佳，可作為單步行用途。 ·使用非加硫橡膠各種片時：防水膠帶間相互接著性較好。 ·複雜部位之處理較為容易。 	<ul style="list-style-type: none"> ·被防水面之凸出部位容易引起防水層之破壞。容易造成不完全覆蓋之接合情形。處理較困難。 ·複雜部位之施工收縮變化較大。(熱火氣時) 	<ul style="list-style-type: none"> ·回 	<ul style="list-style-type: none"> ·鋼筋混煉土(平、斜屋面) ·木架構造(斜屋面) 	中	CNS 10145
<ul style="list-style-type: none"> ·塑膠類： ·PVC 防水膠片 ·P.E (H.D.L.D) ·紅泥 	<ul style="list-style-type: none"> ·被防水面塗底油乾燥後，平鋪瓦斯供防水膠片施工。 	<ul style="list-style-type: none"> ·防水膠片間以熔接方式接合。 ·耐藥品性較高。處理較為潔淨。 ·完成面之表面佳，可作為單步行用途。 ·對被防水面之龜裂追蹤性較好。 	<ul style="list-style-type: none"> ·年久防水層之收縮較大，必要選擇適當的接著劑。(無夾膠時) ·低溫時會引起膠化現象。出現接合不完全的情況。出現接合不完全的情況。出現複雜部位之施工較困難。 	<ul style="list-style-type: none"> ·上 	<ul style="list-style-type: none"> ·鋼筋混煉土(平屋面) 	中	CNS 7159 CNS 7160
<ul style="list-style-type: none"> ·瀝青樹脂類 	<ul style="list-style-type: none"> ·被防水面塗底油乾燥後，平鋪瓦斯供防水膠片施工。 	<ul style="list-style-type: none"> ·耐撞擊、溫度、腐蝕抵抗力佳。 ·面漆縫加強不易龜裂。 	<ul style="list-style-type: none"> ·低溫時會引起膠化現象。出現接合不完全的情況。出現複雜部位之施工較困難。 ·瓦斯供防水膠片施工。 		<ul style="list-style-type: none"> ·鋼筋混煉土(平屋面) 	中	CNS 8642 CNS 8644 CNS 8645
<ul style="list-style-type: none"> ·PU 防水膠 	<ul style="list-style-type: none"> ·主劑與硬化劑混合攪拌，之後塗布於被防水面上形成防水層。 	<ul style="list-style-type: none"> ·抗張及抗拉力佳。 ·一體成形，無接縫。 ·PU防水材料可任選顏色、美觀。 ·複雜部位之施工極容易。 ·耐藥品性較高。 	<ul style="list-style-type: none"> ·塗膠之厚度較難控制。主劑與硬化劑之混合比例，以及拌合之程度必須十分控制。被防水面塗底油必須處理至十分平順。 ·PU防水材料塗膠時，必須使用熱油之溶化行防水層。使用熱油之溶化行防水層或保護層之施工。 		<ul style="list-style-type: none"> ·鋼筋混煉土(平屋面) 	中	CNS 6986 CNS 6988

表 3-9 屋頂隔熱材料種類及特性分析

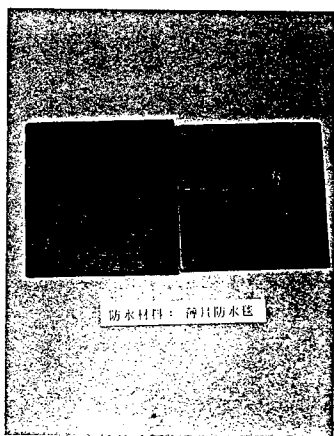
主要產品	K(kcal/m ² ·hr·°C)	材質	隔熱原理	工法	優點	缺點	重量	造價	安裝部位	適用範圍	相關規範
保溫膠漆隔熱磚	0.030	水泥板與保溫膠漆板合成	利用水泥磚厚度及發泡材料阻留空氣層隔熱。	以水泥膠漆或發泡膠漆為底材而固定於屋表面層。排置時應留伸縫縫，並以填縫材料嵌縫。	<ul style="list-style-type: none"> · 除具備隔熱效果外，還具備覆蓋層之效果，保護屋面上防止老化。 · 表面層有凹凸仍可施工。 	<ul style="list-style-type: none"> · 易受雨水浸蝕而破壞隔熱效果。 · 重量較大。 · 隔熱材料厚度固定，效果無法調整。 	重	高	外	鋼筋混凝土屋頂面(平面)	CNS 7774
PU 隔熱磚	0.018	水泥板與 PU 板合成	泡材阻留空氣層隔熱。	直接粉刷於結構層外側，表面需加保護層。	<ul style="list-style-type: none"> · 整體完成無縫隙，複雜部位亦可處理。 · 效果可依需要而調整。 	<ul style="list-style-type: none"> · 濕式施工，速度較慢。 · 屋頂重量較大。 	中	高	外	鋼筋混凝土屋頂面(平面)	CNS 2535
水坭石棉五腳磚	0.50	水坭與石棉膠漆板合成	泡材阻留空氣層隔熱。	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 板材尚具裝璜美化之效果。 · 施工方便。 · 耐久性好，亦具吸音效果。 · 不易吸水。 	<ul style="list-style-type: none"> · 複雜部位較難施工。 · 板材間仍存有間隙。 · 強度較低之板材容易掉落。 	輕	高	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 7774
發泡 PU 板 (PPEN CELL)	0.022	硬質聚胺酯基甲醚發泡發泡包	利用發泡厚度阻留吸熱能。	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 吸音、隔音佳。 · 防火性佳。 	<ul style="list-style-type: none"> · 施工不便，吸水膨脹發霉。 · 複雜部位難施工。 · 板材間仍有間隙。 	重	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 9456
發泡 PE 板 (CLOSE CELL)	0.038	聚乙稀發泡包	收熱能。	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 吸音、隔音佳。 · 防火性佳。 	<ul style="list-style-type: none"> · 施工不便，吸水膨脹發霉。 · 複雜部位難施工。 · 板材間仍有間隙。 	重	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 9456
發泡 PS 板 (PPEN CELL)	0.032	聚苯乙烯發泡包	收熱能。	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 吸音、隔音佳。 · 防火性佳。 	<ul style="list-style-type: none"> · 施工不便，吸水膨脹發霉。 · 複雜部位難施工。 · 板材間仍有間隙。 	重	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 9456
發泡 PA 合成板	0.027	PE 發泡加電鍍鍍箔箔	利用發泡厚度阻留吸熱能。	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 吸音、隔音佳。 · 防火性佳。 	<ul style="list-style-type: none"> · 施工不便，吸水膨脹發霉。 · 複雜部位難施工。 · 板材間仍有間隙。 	重	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 9456
輕石板 (CLOSE CELL)	0.030	PVC+玻璃纖維發泡包	利用發泡厚度阻留吸熱能。	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 吸音、隔音佳。 · 防火性佳。 	<ul style="list-style-type: none"> · 施工不便，吸水膨脹發霉。 · 複雜部位難施工。 · 板材間仍有間隙。 	重	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 9456
木絲水泥板	0.13	木絲與水泥膠漆板合成	利用板厚阻留吸熱能。	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 吸音、隔音佳。 · 防火性佳。 	<ul style="list-style-type: none"> · 施工不便，吸水膨脹發霉。 · 複雜部位難施工。 · 板材間仍有間隙。 	重	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 9456
玻璃棉	0.036	發泡管+牛皮紙+柏油+鐵線網+玻璃棉	發泡管+牛皮紙+柏油+鐵線網+玻璃棉	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 除材質本身具低蓄熱性外，還可配合空氣層隔熱。 · 亦具吸音效果。 · 施工方便。 · 發泡管反射率高。 	<ul style="list-style-type: none"> · 易受灰塵積垢造成空氣影響而降低效果。 · 表面易結露，易霉。 · 發泡管氧化後反射效果漸失。 · 玻璃棉對人體有害，含水後易生霉。 	輕	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 3065
玻璃纖維發泡管	0.034	發泡管+牛皮紙+柏油+鐵線網+玻璃棉	發泡管+牛皮紙+柏油+鐵線網+玻璃棉	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 除材質本身具低蓄熱性外，還可配合空氣層隔熱。 · 亦具吸音效果。 · 施工方便。 · 發泡管反射率高。 	<ul style="list-style-type: none"> · 易受灰塵積垢造成空氣影響而降低效果。 · 表面易結露，易霉。 · 發泡管氧化後反射效果漸失。 · 玻璃棉對人體有害，含水後易生霉。 	輕	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 3065
發泡管	0.042	發泡管+牛皮紙+柏油+鐵線網+玻璃棉	發泡管+牛皮紙+柏油+鐵線網+玻璃棉	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 除材質本身具低蓄熱性外，還可配合空氣層隔熱。 · 亦具吸音效果。 · 施工方便。 · 發泡管反射率高。 	<ul style="list-style-type: none"> · 易受灰塵積垢造成空氣影響而降低效果。 · 表面易結露，易霉。 · 發泡管氧化後反射效果漸失。 · 玻璃棉對人體有害，含水後易生霉。 	輕	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 3065
岩棉	0.031	發泡管+牛皮紙+柏油+鐵線網+玻璃棉	發泡管+牛皮紙+柏油+鐵線網+玻璃棉	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 除材質本身具低蓄熱性外，還可配合空氣層隔熱。 · 亦具吸音效果。 · 施工方便。 · 發泡管反射率高。 	<ul style="list-style-type: none"> · 易受灰塵積垢造成空氣影響而降低效果。 · 表面易結露，易霉。 · 發泡管氧化後反射效果漸失。 · 玻璃棉對人體有害，含水後易生霉。 	輕	低	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 3065
太空金屬箔		多層金屬箔組合之材料	5%低反射率。 95%反射輻射。 極光亮鋁合金。	配合天花或屋面板材施工，為乾工工法。	<ul style="list-style-type: none"> · 反射率高，不氧化。 · 施工性佳。 · 耐久、不易附塵。 · 不吸水。 	<ul style="list-style-type: none"> · 不隔音、吸音。 · 易結露。 	中	中	內	鋼架面 板材底部(平、斜面)	CNS 3857



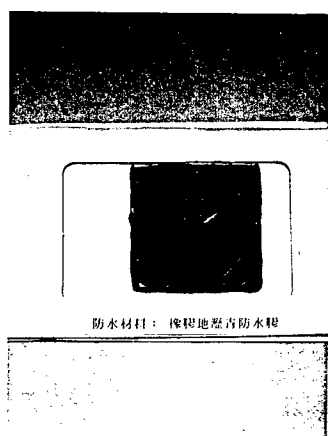
照片 3-1 柏油油毛氈



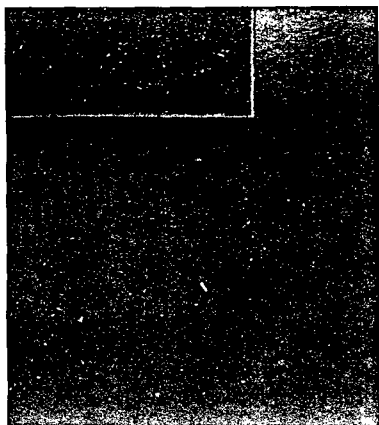
照片 3-2 薄片防水氈



照片 3-3 薄片防水氈(二)



照片 3-4 橡膠地氈青防水膠



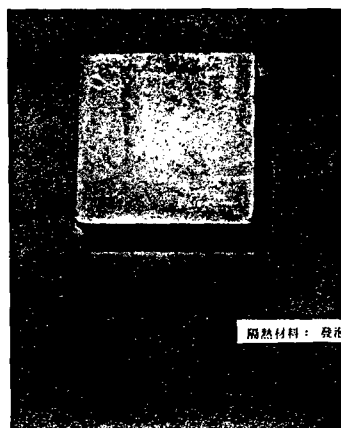
照片 3-5 PU 防水膠



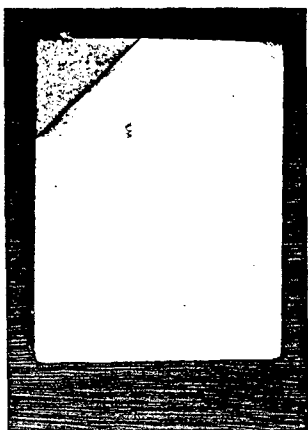
照片 3-6 保麗龍隔熱磚



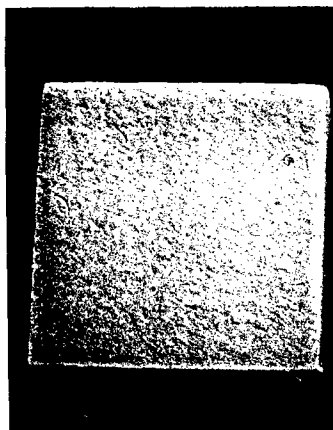
照片 3-7 PU 隔熱磚



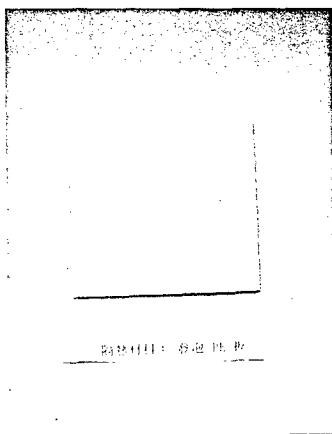
照片 3-8 泡沫混凝土



照片 3-9 發泡隔熱板



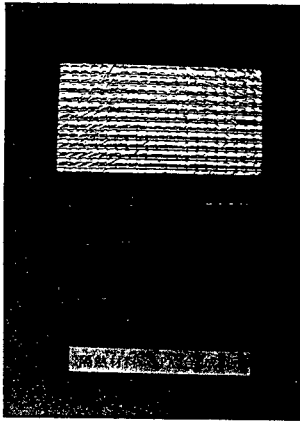
照片 3-10 發泡PS隔熱板



照片 3-11 發泡PE隔熱板



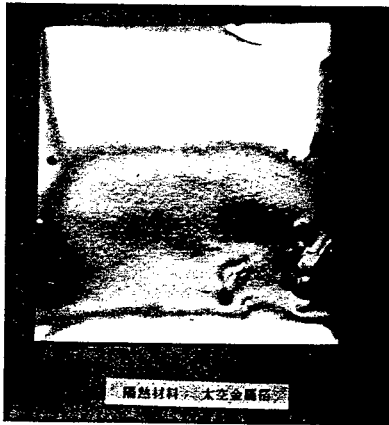
照片 3-12 輕石板



照片 3-13 PA合成板



照片 3-14 木絲水泥板



照片 3-15 太空金屬箔



照片 3-16 玻璃纖維棉、鋁箔氈

第四章 台灣地區建築物屋頂防水隔熱工程失敗原因 檢討及檢驗項目內容

4-1 屋頂防水隔熱工程失敗原因檢討

建築物屋頂漏水情形及隔熱材料失去效能的問題，在台灣地區可說是十分普遍及嚴重，即使是耗費巨資的大型工程，也都為此問題所困擾。若不及時有效的修補將會影響建築物的耐用性及經濟性，如降低構造強度及耐久性、外觀的破壞、降低空間環境的品質；再者因構造防水隔熱的保護性改變，致使空間使用價值降低，增加濕度及空調負荷增大，長久使用費增加，而影響建築物的經濟性，相對地也使建築物的耐用年限降低。

一般而言，防水隔熱工程同時承受自然與非自然因素的雙重影響，台灣地區結構物屋頂每逢下雨即可能造成漏水或滲水的原因，可歸結下述幾點來檢討與說明。[5]

- (一) 自然因素：台灣地處海島型氣候及西太平洋地震帶上，每年平均約有一千多次的有感無感地震，因地震造成的建築物結構體及隔熱層龜裂破壞，即為漏水的主因，再加上多雨、潮濕及高溫反覆地侵襲建築物，使得漏水問題真是無孔不入，比比皆是，此乃是自然及天候因素造成台灣地區漏水及隔熱問題嚴重的因素之一。
- (二) 制度方面：一般工程業主單位通常並不十分重視防水及隔熱工程，也無意願花少量金額來做好此工程，加上目前投標及審核制度之不合理及欠嚴謹，無詳細和公平性地規定，所以擬定防水隔熱工程承包價的合理化也將影響防水隔熱工程的品質及性能。過去國內傳統防水隔熱觀念模糊，績效不彰，而且進口與本地防水隔熱材料琳琅滿目，產品繁雜，若不規範材料性能要求及標準，則在材料選擇及品質認定上將會產生困擾。

(三) 設計方面：於設計時，是否有完整的防水隔熱材料資訊以及能正確地把握住建築物構造、結構行為及用途等特性，並參酌防水隔熱材料之性能，應用須知及施工上之配合，做最仔細嚴謹的選擇與要求，方能達到預期的防水隔熱效果。

(四) 施工品管：在施工方面，大部份由材料供應商包工包料，少部份供應材料而由承包者施工；其中承包商專業資格、敬業精神及各工程細部工作銜接良窳，或因工期限制而需趕工等皆對工程品質具有絕對性的影響。若有不法商人『偷工減料』，其影響深遠更不在話下。

(五) 使用維護管理：

台灣地區由於土地寸土寸金，且一般住戶使用者有永遠少一間的心態，致使屋頂層增加再使用空間利用相當頻繁，如屋頂加蓋、屋頂綠化及其他用途等，若在建過程中使用者不加以適當正確及時地做好修補維護的措施，因而破壞到原頂防水隔熱層，此乃是屋頂層漏水及隔熱效能失敗的源頭。再者，一般使用者對於屋頂層防水隔熱設施的保養維護管理不甚了解，任加使用破壞而不自知，也是防水隔熱工程失敗的原因之一。

4-2 屋頂防水、隔熱失敗部位實態分析及改善構法

屋頂漏水滲水之產生主要是防水有缺陷，缺陷的形態有兩種，一是疏水不良，二是阻水不良，而產生於建築物中的情況是積水及孔隙。屋頂隔熱性能失效的主要原因有材質本身老化腐爛及遭受使用者破壞而鬆脫破損等。

為達到屋頂防水隔熱之要求性能，除了必要對各種基本條件、特殊條件、龜裂及變位等被防水面之條件和其他有關條件之預估，以及依照防水隔熱重要度等選擇適切的材料與工法之外，同時亦必要對屋頂各部位作適切的細部處理。

因此，基於上述觀點，本節乃以防水計劃為基礎，並以屋頂漏水及隔熱性能缺失之部位實例及其他有關資料的檢討，綜合而作成屋頂防水及隔熱各部位設計處理改善構法的建議

4-2-1 防水失敗部位實態分析及改善構法

屋頂防水各部位之分類，主要以其發生漏水之部位來區分，其分類大略可分為以下幾項及分述如下：

- 一、接縫處部位：
包括伸縮縫、新舊接縫、工作縫、板材接縫等。
- 二、轉折處部位：
包括建築物轉彎處、防水材轉折處。
- 三、穿孔處部位：
包括水電、消防及空調管穿孔處、落水頭及建材固定螺栓穿孔處等。
- 四、開口處部位：
包括樓梯間出入口、人孔及通氣口處等。
- 五、埋設物處部位：
包括金屬欄杆、拉索固定埋設處、螺栓埋設處、水電管埋設處等

接縫處：

I. 伸縮縫、新舊接縫

A. 實態分析：

屋頂之各防水部位中，發生漏水事故於伸縮縫及新舊接縫處佔相當大的比例。其發生之主要現象係由於此部位細部設計雖比較嚴密，然常由於施工的分離次序性及材料界面的複雜性，再加上本省位處多震帶地區，往往於接縫處因無法承受震裂破壞及施工上處理不當的缺陷，而造成滲水、漏水的事。如照片4-1、及圖4-1所示。

B. 改善構法：

於伸縮縫頂覆蓋，不銹鋼片泛水板作第二次防水，則較易於施工，防漏效果佳。如圖4-2、4-3所示。

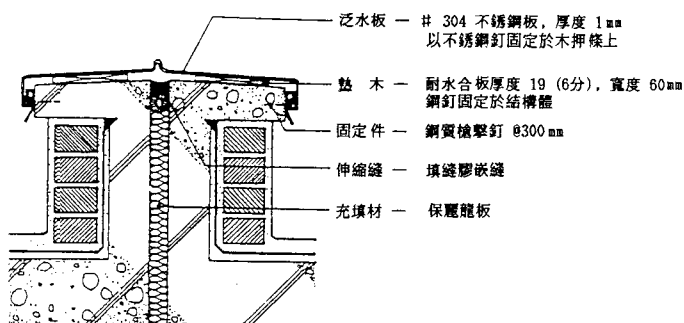


圖 4-1 屋頂伸縮縫防水改善構法 [16]

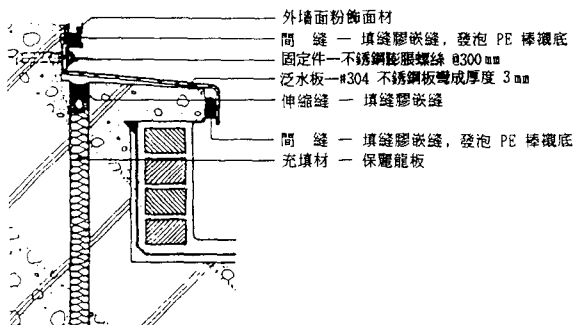


圖 4-2 新舊建築物接縫防水改善構法 [16]

2. 工作縫：包括女兒牆、樓梯間、管道間、機房等之工作縫。

A. 實態分析：

屋頂各部位防水中，以工作縫部位發生漏水事故為最多，發生之主要現象大致可分為下列兩種。

- (a) 豎立之防水層發生剝離現象—此現象乃防水層末端部未予機械性充分固定所引起之剝離脫落及防水層之抑制、保護層施工不完全而產生空洞狀態，再加上浸入之水或水蒸氣之影響，導致防水層膨脹而剝離。此外，女兒牆頂部之覆蓋材龜裂、破損，或是滴水措施不足及填縫材劣化、破壞等，亦會引起漏水事故。
- (b) 防水層入隅部之破斷、損害—主要乃是因隅角為應力集中之部位，變位大，為防水層因疲乏引起破斷之起始點。因此，於構造體設計時，有必要對此部位予以補強。如照片 4-2、4-3。

B. 改善構法

- (a) 於女兒牆、樓梯間、管道間及機房等豎立部位 30 公分高以上與屋頂樓版一體成型搗灌混凝土。如圖 4-3 所示。
- (b) 放豎立部位施作防水壓頂收頭，確實做好滴水細部處理，壓磚蓋頂應與樓版一體搗灌混凝土。如圖 4-4 所示。

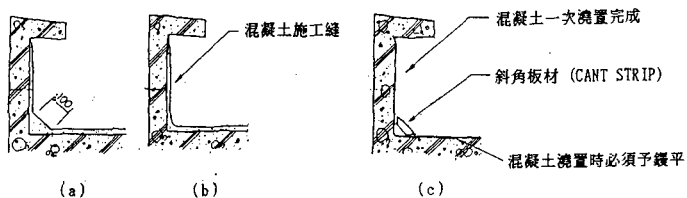


圖 4-3 女兒牆、機房等豎立部位入隔防水處理 [7]

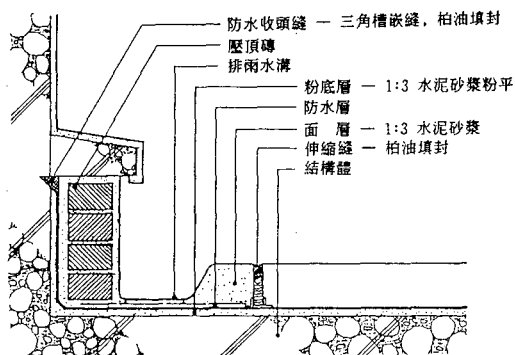


圖 4-4 女兒牆、機房周圍部位防水構法 [16]

3. 板材接縫：

A. 實態分析：

最常見的為鋼構架斜面屋頂面材，如水泥瓦、石棉浪瓦及金屬板等搭、續接縫處，其發生漏水事故之主要原因有下述幾項。

- (a) 水泥瓦及石棉瓦因材料搭接自然孔隙及接縫的斷水形式不良，如搭接長度與坡度不足，對風力阻擋效果不良。
- (b) 金屬板橫向搭接細部處理不當及排水坡度不足，致引起板面毛細作用而滲水入室內。

B. 改善構法：

- (a) 水泥瓦及石棉瓦材屋頂坡度以3/10-5/10為宜，可迅速排除雨水的侵入。
- (b) 金屬板材在兩側應為不同形狀肋部(陰肋和陽肋)，在接合時，將陰肋疊於陽肋之上，陽肋脊面有凹部，可防止由毛細作用而漏水的發生。如圖4-5、4-6所示。

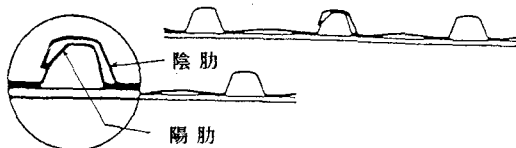


圖 4-5 金屬板材搭接部位防漏構法

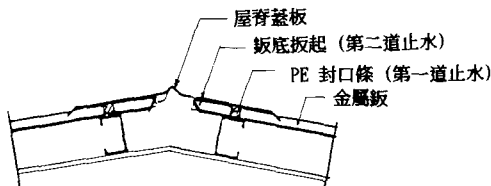


圖 4-6 金屬板材屋脊部位防漏構法

、轉折處：

I. 建築物轉折處：

A. 實態分析：

建築物之轉折處計分有高低層建築物的轉折處及建築物平面轉彎處，其發生漏水事故之主要原因有下述幾項：

- (a) 高低層建築物的轉折處，由於無設置適當的伸縮縫，且因構材強度不足，受外力(地震力、不均勻下陷等)產生壓力，而造成轉折處變形產生裂縫，致發生漏水現象。
- (b) 建築物平面轉折處，因構材局部應力強度不足及因溫度變化之伸縮膨脹，致使結構物龜裂、防水材破壞，而發生漏水事故。

B. 改善構法

- (a) 於建築物高低轉折處設置適當的伸縮縫，以承受外力。如圖 4-2 所示。
- (b) 於建築物平面轉折處，加以局部補強，增強應力以抗龜裂。如圖 4-7 所示。

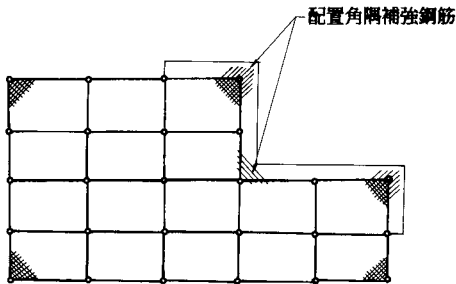


圖 4-7 平面轉折處補強示意圖

2. 防水材轉折處

A. 實態分析：

防水材的轉折處，由於係位於結構的角隅應力集中的部位，雙位極大及材料本身的轉折處也是弱點所在，若再加上端部固定不當，致使防水材彎折處過於尖銳或凹陷而破損而產生漏水的現象。因此結構體及防水材於設計或施工時，應注意此部位的局部補強作業。如照片4-4所示。

B. 改善構法：

- 結構體角隅部位局部補強及一體澆置混凝土，以避免結構體於工作縫處龜裂。如圖4-5所示。
- 防水材於出隅轉折部位，增補一防水層作雙重疊接防護補強。如圖4-8所示。
- 屋頂版高低差時之防水構法處理如圖4-9。

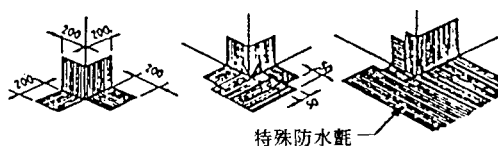


圖 4-8 出隅部位防水層之補強措施示意圖。[7]

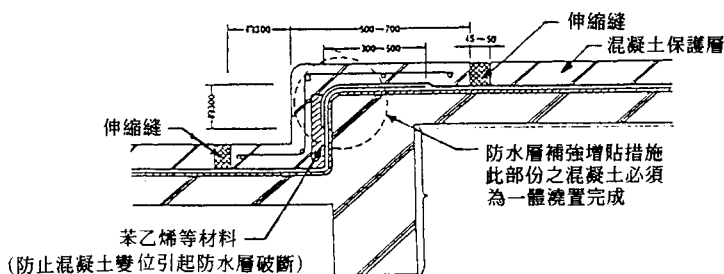


圖 4-9 屋頂版高低差時之防水構法處理 [7]

三、穿孔處：

1. 水電、消防、空調管穿孔處

A. 實態分析：

設置於屋頂上之配管等貫穿結構體，由於管路穿孔位置不良、與結構體聯結不當及防水材收頭接縫處理不佳，或因穿孔處受外力產生集中荷重，穿孔處之構材強度不足產生裂縫等，皆為發生漏水的因素。如照片 4-5 所示。

B. 改善構法：

(a) 配管數目較多時，應集中成一處，以混凝土澆置固定後，再以類似女兒牆基腳之豎立防水層之構法予以處理。如圖 4-10 所示。

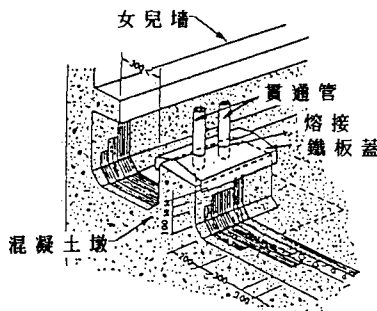


圖 4-10 貫通管周圍部位防水構法 [7]

(b) 配管貫通部位與壁體間之距離應於 10 公分以上，防水層豎立部位較易施工。如圖 4-10~14 所示。

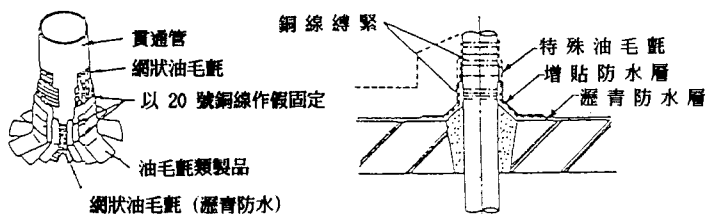


圖 4-11 貫通管之一般處理 [7]

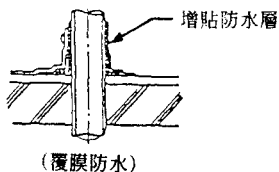


圖 4-12 貫通管部位防水層增貼補強措施 [7]

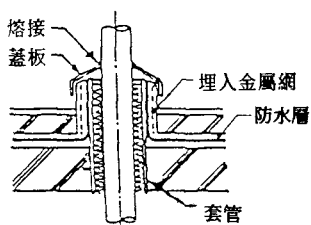


圖 4-13 貫通管處理例措施 [7]

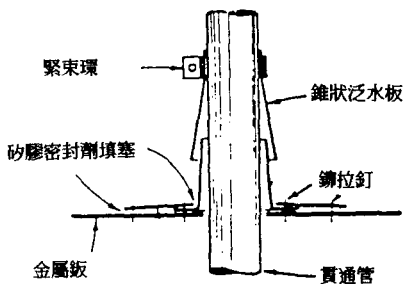


圖 4-14 金屬板貫通管處理措施 [7]

2. 落水頭：

A. 實態分析：

一般之漏水事故中，排水有關部位所引起者相當多。其發生的原因，主要為下述幾點。

- (a) 排水管徑太小，與其所承受之排水量無法配合，引起漏水事故。
- (b) 落水頭與外壁間距離過小，引起防水施工困難，引致防水施工困難及缺失。
- (c) 落水頭周圍，由於增貼防水層的補強措施，使得防水層厚度過高，而影響排水效果，造水積水現象；而落水頭之防水處理及與排水管接合部位之處理不當而鬆脫漏水。
- (d) 落水頭形式選擇不當，無截留污物之考慮致阻塞積水。

B. 改善構法：

- (a) 落水頭與外壁間留設適當距離關係如下表：

排水管直徑D.	80mm (3in)	100mm (4in)	125mm (5in)	150mm (6in)	200mm (8in)
中心距離L	325 mm	350 mm	375 mm	400 mm	425 mm

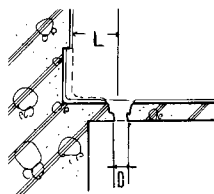


表 4-1 排水管口徑中心與外壁面距離關係
(資料來源/摘錄自日本"竹中工務店"標準設計集)

屋頂排水管徑	縱向排水	橫向		
		斜坡 1/100	1/50	1/25
80 mm (3in)	205	76	108	153
100 mm (4in)	425	175	245	350
125 mm (5in)	805	310	440	620
100 mm (6in)	1250	500	700	1000
200 mm (8in)	2700	1070	1520	2140

表 4-2 屋頂排水管徑與排水面積之關係 (最大雨量 100min/hr)

(b) 落水頭與排水管相關防水處理例

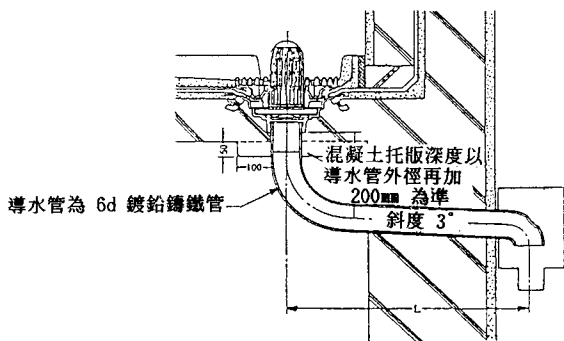


圖 4-15 導水管有關部位防水構法處理例 (一) [7]

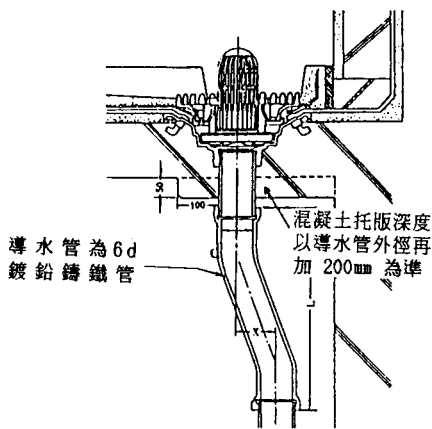


圖 4-16 導水管有關部位防水構法處理例(二) [7]

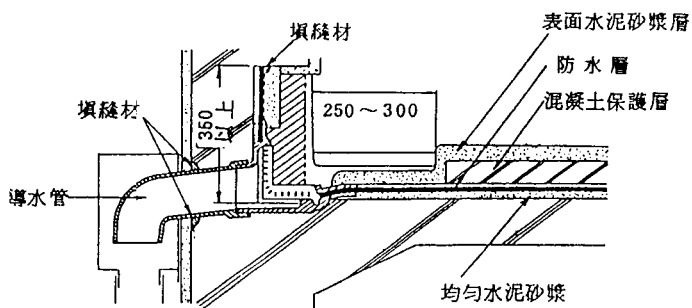


圖 4-17 橫向排水管構法防水處理 [7]

3. 板材固定螺栓穿孔處：

A. 實態分析：

木架或鋼架構造斜屋面，屋面板與桁條穿孔後以螺栓釘固定處，因開孔處處理不當而破裂、止水材老化及受外力作用(地震力)而鬆脫使螺栓穿孔處阻水不良而漏水。如照片4-6所示。

B. 改善構法

- (a) 於斜屋頂鋼架構架屋頂面採用金屬板時，儘可能採用隱藏式固定系統(如圖4-23)；若使用螺栓暴露式時，則螺栓及附件應採用耐腐蝕性高的材質，彈性墊片應能耐老化及作局部防水處理。如圖4-24所示。

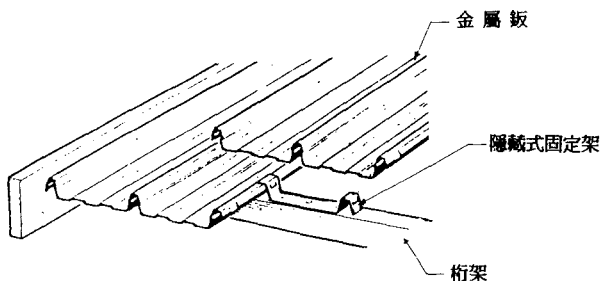


圖 4-18 金屬板固定隱藏式施工

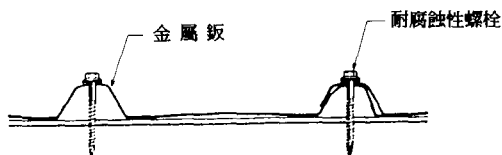


圖 4-19 金屬板螺栓固定式施工

四、開口處

1. 樓梯出入口

A. 實態分析

樓梯間出入口是室內溝通屋頂層室外之主要部位，由於具有長久性的開、關功能，各構材間接縫處極易造成漏水的現象，其發生的原因下述幾點：

- (a) 開口形式設計不良、阻水高度不足，填縫材老化或無設置，無法抵抗風壓，水則被風吹入室內。如照片4-7所示。
- (b) 因開口處構材強度不足，受開關撞擊等外力作用，使構材產生裂縫。如門之角隅裂縫。

B. 改善構法

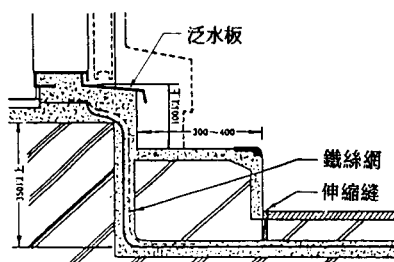


圖 4-20 樓梯間出入口防水處理 [7]

2. 人孔、通氣口處

A. 實態分析：

人孔、或通氣口開口處的阻水部位，由於無法一體成型或阻水高度不足，致使開口處構造龜裂而發生滲漏水的現象。如照片4-8所示。

B. 改善構法

- (a) 提升開口處的高度，以女兒牆基腳部位施作防水措施。如圖4-20所示。

(b) 開口處結構物，於交角處作局部補強及一體成型搗灌混凝土

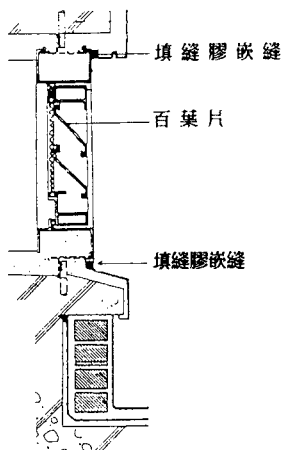


圖 4-21 樓梯間外壁與數交角部位防水處理

五、埋設物處

1. 金屬欄杆、拉索固定埋設處

A. 實態分析：

屋頂面設置欄杆或拉索時，其引起防水上之問題，主要乃是因下述兩點所引起。

- (a) 欄杆及拉索之位置—設置於以水泥砂漿等材料處理時，由於欄杆及接索之銹蝕膨脹而引起水泥砂漿之破損。
- (b) 欄杆及接索之接合方式—固定接合欄杆及拉索所使用之水泥砂漿，其因受熱等因素而發生膨脹、收縮，導致接合部位以及固定處之混凝土破壞；進而使防水層之接著被拔起撕裂破損。
- (c) 由於欄杆設置密集，防水材需穿孔密集，此部位防水材補強不易；拉索固定埋設處，由於承受張力作用，若構材處理不當，容易造成局部被拉裂。

B. 改善構法

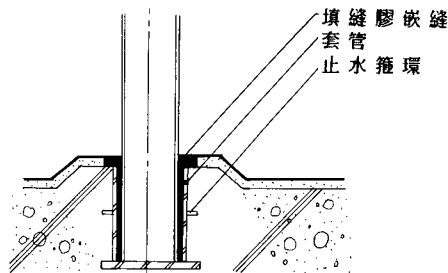


圖 4-22 金屬欄杆固定埋設防水處理

2. 螺栓埋設處：

A. 實態分析：

屋頂設置機械、空調等運轉設備時由於設備運轉劇烈震動及螺栓長期承受應力作用之下，致使構材變形撓曲，防水層產生裂縫而發生漏水現象。如照片 4-9。

B. 改善構法：

為防止由於螺栓的鬆動而破壞防水會引起漏水，其固定之螺栓通常均與結構體一體成型聯結，設備物之固定基座必要作豎立防水層之防水處理。

3. 出線盒、水電管、天花吊筋埋設處。

A. 實態分析：

屋頂出線盒、水電管等埋設處發生裂縫而漏水的原因如下：

- 因構材及埋設物受溫差，而膨脹收縮大小不同，且埋設物處使構造體強度減弱，而於此處產生裂縫。
- 施工時埋設物位置不當，或混凝土搗灌時不確實，致產生蜂窩，而發生裂縫漏水現象。
- 水電管埋設處，因構造體撓曲變形，破壞埋管或管接頭接縫不實，而產生漏水。

B. 改善構法：

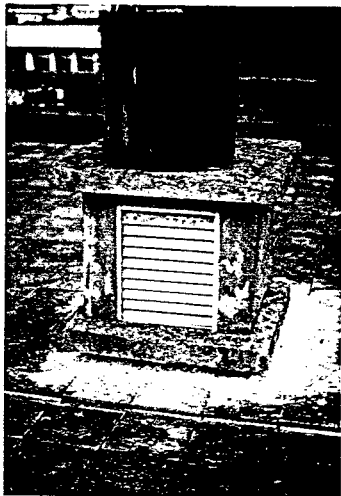
- 鋼筋混凝土造屋頂層版厚設計為 15cm 厚，加強版配筋及混凝土強度。
- 出線盒、水電管等配管線，應確實設置於版厚中央，管線底部混凝土搗灌確實及適當。



照片 4-1 屋頂伸縮縫缺失實例



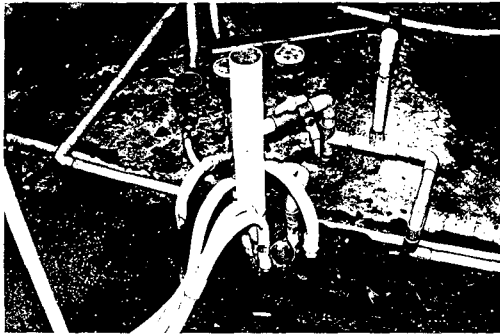
照片 4-2 屋頂女兒牆缺失實例



照片 4-3 屋頂管道間缺失實例



照片 4-4 防水材轉折處脫落缺失實例



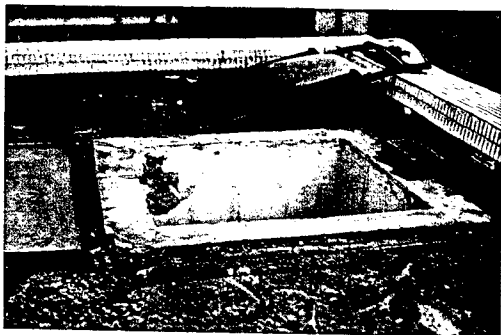
照片 4-5 水電管、
排氣管處漏水缺失例



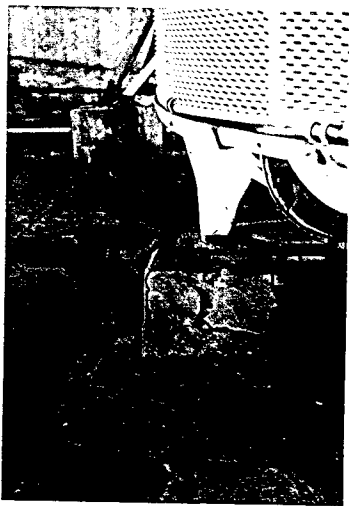
照片 4-6 屋面瓦材
穿孔處漏水缺失實例



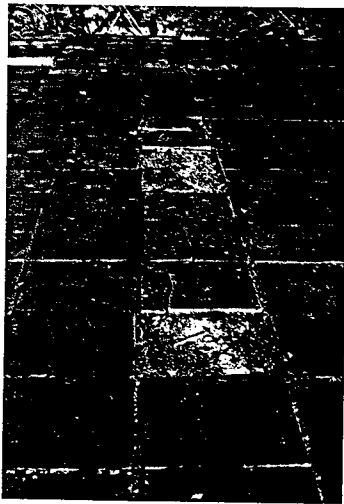
照片 4-7 屋頂樓梯間
出入口處漏水缺失實例



照片 4-8
人孔漏水實例



照片 4-9 機械墩破壞漏水實例



照片 4-10 隔熱磚破壞實例

4-2-2 隔熱失敗部位實態分析及改善構法

屋頂隔熱材料隔熱效能遞減或失敗，最主要的原因是隔熱層受到破壞，而被破壞的最主要原因可歸納及說明如下：

- 一、材料隔熱性能不良。
- 二、材料材質老化。
- 三、隔熱工程施工品質不良。
- 四、屋頂排水措施不良。
- 五、使用維護不當。

一、材料隔熱性能不良

基本上室外之熱量傳導至室內，其轉移的方式可分為三類：

即傳導、對流及輻射。其中熱傳導與熱對流之熱移動必須有固體、液體或氣體為媒介物，而熱輻射則無此限制。但實際熱之移動通常有時僅依其中之一式單獨發生，有時由其中二或三方式同時發生。若依固體或固體所組成壁體，則其熱之流動狀態可區分為下列三種情形：

- (1) 純粹之熱傳導：固體內部之熱流動狀態，如圖4-23所示。
- (2) 熱傳遞：固體壁與流體間之傳熱狀態，即由傳導、對流、輻射三者所組成之傳熱現象，如圖4-24所示。
- (3) 熱傳透：前二者之綜合過程，即固體壁所遮斷之兩面流體間之熱流動狀態。如圖4-25所示。

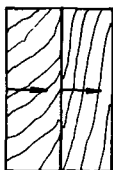


圖4-23 熱傳導 [2]

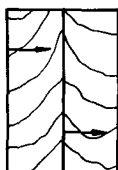


圖4-24 熱傳遞 [2]

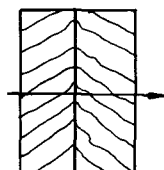


圖4-25 熱傳透 [2]

由以上熱的流動狀態，可得知在一般建築物構造之隔熱計劃中，選用之隔熱材料以受熱後，不易使材料本身溫度提高，即使有增高但熱不易透過，前者乃指熱容量大，而後者係指熱傳導係數小之材料為最佳之選用原則。

二、材料材質老化

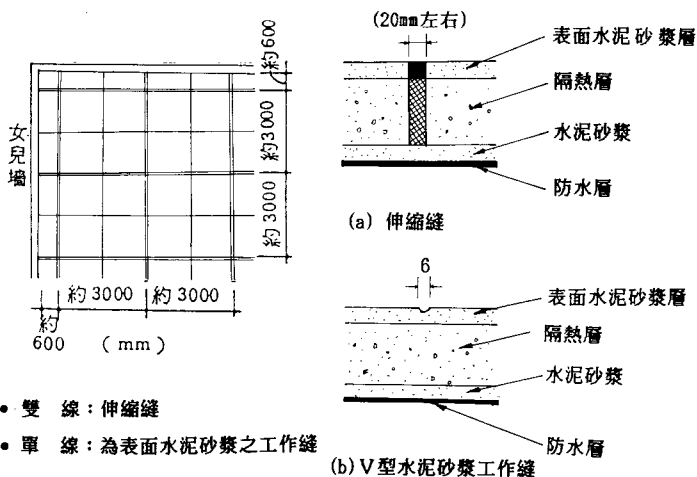
外露式隔熱材料，由於長年暴露於大氣之下，受到太陽光紫外線的反覆照射而熱漲冷縮，大氣中微塵、有害物質及雨水、酸、鹼、鹽等化學性物質的侵襲，對於抗此性能較弱的隔熱材料，勢必將會影響到本身的長久耐用性而風化、碎化，最後將致使隔熱材料破壞，隔熱效果喪失，此乃材料本身材質不佳所致。內部式隔熱材料，由於非暴露於紫外線之下，然對於室內環境的預期使用狀況，應預先明瞭清楚，再加以選定。如材料構造要具有防止內部及表面結露的性能，能保持構造體的防水性能及避免產生有毒的氣體等，皆應預為防制，以作為擇用材料的基準。是故於選用隔熱材料時，對於隔熱材料的耐候性、抗蝕性、耐磨度及使用狀況環境等物、化學性質，應作徹底地測定評估及比較。耐老化程度愈佳則材料材質及耐久性愈佳。

三、隔熱工程施工品質不良

隔熱工程施工品質不良，如不按設計施工圖面、材料使用應注意事項等原則來施工，不僅影響到隔熱材料的使用年限，更進而無法達到預期的隔熱效果，則對於材料能源的浪費及消費者的其他損失，不可謂不大；而對於材料廠商及施工者信譽上的影響也是無法計量的。如照片 4-10。屋頂常見的施工品質不良部位有：

A. 伸縮縫部位

外露式隔熱材料長久暴露於陽光下；受溫差的變化或因吸濕、乾燥等的影響，而熱漲冷縮變化，導致隔熱層及防水層之破壞。因此，隔熱層或頂部的保護層均有必要作適當的伸縮縫處理。一般伸縮縫以 3~4m 於平面上設置；而在豎立面時，在距離豎立面底部的 0.6m 處置。如圖 4-26 所示。



- 雙 線：伸縮縫
- 單 線：為表面水泥砂漿之工作縫

圖 4-26 屋頂隔熱層伸縮縫處理 [7]

發泡隔熱材料及施工不良

在台灣地區屋頂隔熱材料的使用上，發泡混凝土的使用量佔極大的比例，然由於材料及施工的缺失，致使隔熱品質不良的案例也時有所聞，究有缺失有三點：(a) 使用價格低廉，發泡不完整之起泡藥劑，如清潔劑之類。加上使用簡易劣拍泡式發泡裝置，所製造出來的氣泡、氣泡膜之表面張力、粘性、彈性強度脆弱、粗細不均，其穩定性及氣泡密度差。經輸入水泥(砂)漿中混合攪拌而消泡。(b) 使用設備低劣之攪拌器材、拌合時間、轉速(R.P.M)不一致，混合不均勻。復加每盤水灰比(W/C)無定量控制，前後後差異，水化作用不完整，品質變差。(c) 加上施工人員技術缺乏，施工產生偏頗，品質流于粗糙、析離、溢水、鬆散、碎裂、縫窠、沈澱、強度不均等，嚴重失去泡沫混凝土建材特性。

良好的起泡劑應具有下列性能：

- (1) 物性：原液加水稀釋，其溶質迅速擴散，移往表面；降低水表面張力，活性分子增密，吸著量增強，表面與內部分子間凝集力被強力拉向內部，產生良好配向效果。

(2) 發泡：吸著於氣、液體界面，運用自動發泡機導入空氣，氣體進入溶液中作泡瞬間，生成水基朝向氣泡內部，親水基向液相的吸著膜。藉自動發泡機之空氣壓力，生成獨立泡膜，衝破液面而不殘留餘水，形成不溶性堅韌皮膜所包之獨立氣泡群。

(3) 氣泡孔徑：細胞狀獨立泡，呈均勻細密，孔徑 $0.2\mu\text{m}$ 。

(4) 酸鹼度(PH)：6.5-7.5 (原液)。生化分解性良好，無毒性、無公害，對人體、建材無刺激、浸蝕作用。

C. 隔熱材料承托鋼線斷裂

於內部隔熱材料，如玻璃纖維棉鋁箔氈、輕石板及PA隔熱材等，於安裝前，均需於屋脊與簷口間每隔20~30公分，位置固定承托隔熱材料的不銹鋼線(如圖3-34)。其發生鋼線斷裂的原因為(A)
(a)鋼線強度無法承受地震力的張力作用而斷裂。(b)鋼線於固定時未預留伸縮長度，而於受外力後，因張力不足而斷裂。由於鋼線的斷落，而使隔熱材料鬆脫掉落，致使隔熱效能盡失。

四、屋頂排水措施不良

發泡隔熱材料，由於具有低的熱傳導率，故其隔熱效果較佳；然若隔熱材本身具吸濕性，則材料中之空氣被水所代替，造成氣密性不良，隔熱效果將顯著減弱。是故屋頂排水措施良好、排水迅速、不僅對建築物構造安全及隔熱防水效果的影響是很大的。屋頂排水措施不良的原因有：屋頂排洩水坡度不足、天溝及落水管排水容量不足及落水管阻塞不通等。

五、使用維護不當

屋頂隔熱層完工後，由於使用者對隔熱層的構造及性能不夠了解，常常於使用中破壞而不知，日後又極少進行維護，待到隔熱層破壞，隔熱效能漸失，甚至影響到防水效果。屋頂防水隔熱工程完工後，專業廠商應本著敬業負責的態度，將使用及維護須知，明確地告知使用者以減少因使用維護不當，而造成不必要的資源及金錢的浪費。

4-3 既有建築屋頂防水、隔熱工程修補措施

建築物屋頂防水隔熱工程所以失敗的原因雖然錯綜複雜，為使其能真正達到防水隔熱的功能，除建築物結構體須儘量考慮到耐震裂、無蜂窠狀高密度和混凝土在必須具有防水之部位有高度防水性能的品質，材料的施工要適當品質之外對現有建築之使用維護亦需注意相互配合之下，才能達到應有的功能。

4-3-1 防水工程修補措施

針對既有屋頂積水及孔隙的修補方法，一為以疏水方式排水積水，二為以阻水方式來填補孔隙，其原理雖與防水同，但因建築物已完成因此只能以修改或補強之方法來處理。其修補處理方式如下：

一、疏水方式：排除積水

1. 清除阻塞：排水溝、落水頭及排水管等阻塞，可用鋼絲疏通、馬達加壓（水或空氣）疏通或用藥物溶解以清除阻塞物。
2. 增加排水口：排水管不足、位置不當、阻塞處無法清除及管破裂無法修補時，可另設明管處理。
3. 排水坡度及方向改善：坡度不平整或方向錯誤時，可使用填補方法改善坡度及方向。

二、阻水方式：填補孔隙裂縫

孔隙裂縫的產生由於構造已完成，一般的處理方式都以阻塞填補的方式來處理。其步驟如下：

1. 檢視裂縫孔隙，於原有粉刷層切割、拆除。
2. 結構體裂縫處鑿成“V”狀，填縫材加壓充分注入填補。如圖4-32所示。

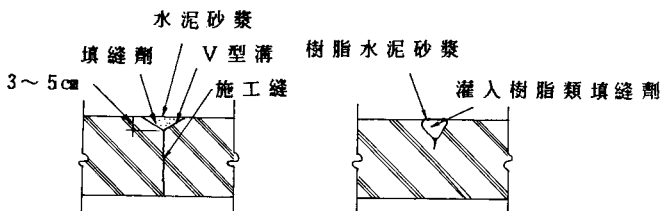


圖 4-27 施工縫、裂縫修補處理

3. 表面防水材重新施作。

主要使用材料以填縫劑或原防水材為主。若無法以阻塞方式修補時，可用隔斷水接觸的方法，如增設覆蓋物防止水之接觸，（如圖 4-2），或同時選用幾種修補方式來進行。然以不同防水材質作為補修時，應注意新舊材料的相容性。

4-3-2 隔熱工程修補措施

屋頂隔熱層破壞的原因於上節已說明，對於已完成而破壞的隔熱層修補，一般皆以於被破壞部份區域，重新拆除替換原規格、材質的新材料。工程修補原則上以隔熱層破壞範圍內之伸縮縫為一區域來施作，如泡沫混凝土、隔熱磚等隔熱層；隔熱層若無設置伸縮縫時，以破壞範圍內進行修補。以上兩者於新舊交接處皆應重新施作一伸縮縫、填塞嵌縫劑，以調整新舊材料接合處因熱漲冷縮彈性的空間。

隔熱層修補應注意事項如下：

1. 修補隔熱層時，應避免原防水層被破壞，若傷及防水層時，需依上節說明重新修補後，再做隔熱層。
2. 若使用與原隔熱層材料不同之材料時，應注意新舊材料間之連結組合及相容性。
3. 若屋頂大面積受損時，則以全面鋪設新材料為宜。
若因特別原故，如屋頂不做其他使用或原隔熱層修補困難及耗時，則可於隔熱層做局部整修平整後，以薄片防水毯全面覆蓋施工，亦可迅速得到防水隔熱的效果。

4-4 屋頂防水、隔熱工程之檢驗項及 驗收程序內容

由於防水及隔熱材料和工程施工有密切不可分之關係。而介於材料的品質性能與工程施工的責任分界、材料品質檢驗、交貨驗收、試體抽驗如何劃分、如何進行、項目如何決定、檢驗儀器是否完備、檢驗經費、時間是否允許等等因素均須在施工前決定和達成協議，應完全掌握。

防水隔熱材料工程之檢驗項目及驗收程序內容：[13]

一、檢驗項目：

一般材料之檢驗項目分為下列幾項：

1. 材料之成份分析。
2. 材料之化學性質。
3. 材料之物理性質。

(一) 防水材料的檢驗項目可細分如下：

1. 比重：依每平方公尺使用量之計算。
2. 硬度：硬軟度可調整伸長，使用者需要，施工地方等。
3. 抗拉強度：防止結構上下移動時之防止破裂。
4. 撕裂強度：表面結構上下移動時之防止破裂。
5. 伸長率 %：結構分離裂縫而防水層可伸長防止撕裂。
6. 100%彈性膜數：防止膜被拉撕進100%後對本身防水層之變化。
7. 老化試驗：① 老化對產品在室內外之使用年限之代表。
② 老化時間長短與產品之優劣成正比。

(二) 隔熱材料的檢驗項目可細分如下：(依各種隔熱材料的功能及用途而有所不同)

1. 熱傳導係數(kcal/m.hr °C)：係數越低代表隔熱性能愈佳
2. 透濕率：防止材料的高吸水率影響隔熱效果。
3. 密度(kg/m³)：密度愈大其熱傳導係數也愈高，其隔熱性能也較差。
4. 耐候性：考慮材料的熱輻射反射率及抗紫外線能力。
5. 吸音性、防水性、結露性。
6. 抗折強度：考慮材料受外力變形的強度。
7. 老化試驗。

驗收程序及內容：

(一) 防水工程：

1. 施工前：
 - a. 工程施工前，材料廠商應提供完整說明書（包括產品說明、樣品、施工步驟內容等）及材料檢驗報告等作為參考。
 - b. 樣品及附加物（塗劑等）送公家檢驗單位試驗（包括商檢局、各公立大學院校實驗室）。材料之檢驗有些須做長期之耐候性或各種性能之試驗，而與施工期間上無法配合時，應先提出樣品，先行送檢以延誤工期。
 - c. 施工前之表面使用儀器測量含水率，應達規範要求。
 - d. 建築物混凝土結構體龜裂及潔淨等表面處理。
2. 施工中：
 - a. 防水材料施工中混合比例攪拌均勻、塗佈方式及厚度控制。
 - b. 建築物結構體如彎角、女兒牆、漏水頭伸縮縫、工作縫等陽、陰角部位處理。
 - c. 於工程施工中材料應進行抽檢送審。
3. 施工後：完工後應進行積水試驗。

(二) 隔熱工程：

1. 施工前：
 - a. 工程施工前，材料廠商應提供完整說明書（包括產品說明、樣品、施工步驟內容等）及材料檢驗報告等作為參考。
 - b. 樣品及附加物（塗劑等）送公家檢驗單位試驗（包括商檢局、各公立大學院校實驗室）。材料之檢驗有些須做長期之耐候性或各種性能之試驗，而與施工期間上無法配合時，應先提出樣品，先行送檢以延誤工期。
 - c. 施工前清除施作面的殘留物及查驗原防水材有否被破壞。
 - d. 施工前應逐一檢視隔熱材的表面及稜角完整無任何瑕疵。

2. 施工中：
 - a. 施工面整體放樣，應檢視洩水坡度及預留伸縮縫及工作縫尺寸距離。
 - b. 完工後應進行積水試驗。
3. 施工後：隔熱材鋪設平整及填縫材嵌縫應確實。

第五章 屋頂防水隔熱相關法規探討及建築技術規則研擬

5-1 國外相關建築技術規則對屋頂防水隔熱之規定及摘錄

在美國的建築工法裡，屋頂防水、隔熱及防火的功能是以整體性來考慮的，而在工程發包時，也是整體性地發包給同一專業商來負責施工，因為不論是在物理性能及化學性能上和工程細節的配合上；防水、隔熱及防火材料之間的相互關係是密不可分的。承包廠商必須對於整個屋頂的防水、隔熱及防火的性能負全責，同時也應合乎工程圖說的要求。

在美國的建築技術規則中，對於屋頂防水、隔熱及防火工程規範，一共有三種，分別適用於各州：

- 一、UNIFORM BUILDING CODE，簡稱為 UBC，適用於美國中部及西部各州。
- 二、STANDARD BUILDING CODE，簡稱為 SBC，適用於美國南部各州。
- 三、NATIONAL BUILDING CODE，簡稱為 BOCA，適用於美國中部及東部各州。

在美國，建築管理的職權完全在各州政府手中，在若干年前，各州都有它獨特的建築技術規則，然卻嚴重地妨礙到跨州界的建築及營造事業的發展，而且造成很多設計上和營造上不必要的困擾，所以有以上三種區域性的建築技術規則的產生，其適用的範圍也因之擴大。三種技術規則敘述如下：（英文原文詳附錄 5）

一、UNIFORM BUILDING CODE (UBC)，有以下兩個有關章節：

1. 第 32 章：屋頂的結構和覆蓋體。(ROOF CONSTRUCTION AND COVERING)

2. 第 32 章附錄：覆著體的重建。(RE-ROOFING)這兩章節中的內容是以防火和結構安全為主題，其中有關於防水隔熱的條文則有以下幾則：

- (1) 第 3207 節：最低屋頂的斜度不得低過 1/4 吋比 1 英尺。(1:48)
- (2) 第 3208 節 (6) 項第 4 點：柏油油毛氈的施工必須符合製造廠商和表格 32-E, F 和 G 的規定。
- (3) 第 3208 節 (6) 項第 8 點：薄片防水層的施工必須符合 UBC 標準第 32-3 條款。

二、STANDARD BUILDING CODE (SBC), 則有以下若干有關屋頂的章節：

1. 第 7 章：防火的需求 (FIRE PROTECTION REQUIREMENTS)
 - (1) 第 706 節：屋頂的覆著體 (ROOF COVERINGS)
 - 第 706.1 款：所有的屋頂覆著體都必須符合 SBC 的標準
 - 第 706.7 款：屋頂的覆著體必須抵禦建築物外界的氣候
 - (2) 第 717 節：塑膠泡沫防熱材料 (FOAM PLASTICS)
 - 第 719 節：隔熱材料 (THERMAL INSULATING MATERIALS)

2. 第 16 章：鋼筋水泥的結構 (CONCRETE CONSTRUCTION)

- (1) 第 1605 節：埋藏的管道 (EMBEDDED PIPES)
 - 第 1605.3.7 款第 4 條：埋藏在鋼筋水泥樓地板內的輸送液體的管道，必須在搗灌水泥之前，經過現場的滲漏測驗，管內測驗壓力必須是實際壓力的 1.5 倍，並且不得少於 150 PSI 壓力及必須保持 4 小時而不降落才合格。

三、NATIONAL BUILDING CODE (BOCA), 有以下若干屋頂的章節：

1. 第 9 章：防火結構 (FIRE RESISTIVE CONSTRUCTION)
 - 第 914.0 節：屋頂的結構。
2. 第 11 章：結構荷重 (STRUCTURAL LOADS)
 - 第 1110.0 節：屋頂的承重量 (ROOF LOADS)
 - 第 1110.4 節：屋頂的設計必須能夠承受在所有的雨水管路都塞著的時候最高的水位。

3. 第 15 章：鋼筋水泥結構 (CONCRETE)
 - 第 1505.0 節：埋藏的管道 (EMBEDDED PIPES)
 - 第 1505.3.6 款第 4 條：內容同 SBC 的第 1605.3.7 款第 4 條。

4. 第 23 章：屋頂與屋頂覆蓋體 (ROOFS AND ROOF COVERINGS)
 - 第 2304.1 款：在屋頂與女兒牆的交接線上和所有穿過屋頂的管道，物體的四周都必須做有防水層防水。

5. 第 31 章：能源的節約 (ENERGY CONSERVATION)
 - 第 3102.0 節：對建築物外圍體的要求 (EXTERIOR ENVELOPE REQUIREMENTS)
 - 第 3102.2.2 款：屋頂及屋頂下之天花板的總導熱係數不得超過下表：

5-2 屋頂防水隔熱建築技術規則條文之研議

建築技術規則係依建築法第九十七條規定制定，有關建築物之設計、施工構造及設備均應依該規則辦理；有關建築材料、設備及工程之查驗、試驗等，均應達該規則之標準。其屬新技術、新工法、新設備及新材料者亦應依該規則規定，檢具具體證明，經中央主管建築機關審核認可備案。

防水隔熱工程對建物之“他人”並無直接之影響，但對建物本身之使用、保存及對能源之節約則具絕對之重要性。歷年建築糾紛案件亦以防水隔熱為最大宗，而建築管理規則迄今仍未有相關條文規範，致誤導社會大眾對之未加重視。

因建築技術規則具有法律地位之強制性，其條文之制定只能以最低標準為之，其他有關技術性之規範、材料的品質、施工說明等細節，宜另定規範，於工程圖說中詳為訂定。

本研究試擬建築技術規則條文以供政府有關單位於修訂時之參考

第一節 防水

- 第 145 條：（通則）建築物之防水應依本節之規定辦理。
- 第 146 條：（材料）各項防水材料均應符合中國國家標準，或經中央主管建築機關認可之其他材料所製成者。
- 第 147 條：（施工）防水工程需由營造業轉交防水專業承包商施工，防水專業承包商資格另由法律定之。
- 第 148 條：（查驗）鋪築防水層前，建築物表面應經營造業主任技師檢驗，符合施工說明書之規定始得施工。
- 第 149 條：（試驗）防水工程全部或部份完成後，應加積水試驗，試驗水深不得小於十公分，試驗時間不得少於四十八小時。

- 第 150 條：（保固）工程完工後，防水專業包商與營造業需共同出具保固保證書，保固期限不得少於五年。
- 第 151 條：（使用）防水專業包商需擬定防水設備使用須知，交建築所有權人持有保管，建築物所有權人於產權移動時需列入移交文件之一。

第二節 隔 熱

- 第 152 條：（通則）建築物之屋頂、外牆隔熱應依本節之規定辦理。
- 第 153 條：（材料）隔熱材料應符合中國國家標準，或經中央主管建築機關認可之其他材料所製成者。
- 第 154 條：（防火）隔熱工程應符合施工篇第三章之規定。
- 第 155 條：（檢驗）隔熱材料使用前應先送檢驗機構檢驗。
- 第 156 條：（省能）建築物隔熱工程應達一定之省能標準，該標準依其他法令規定之。

第六章 台灣地區建築物屋頂適用之防水 隔熱材料及工法

台灣位於亞熱帶氣候區，在選用屋頂防水隔熱材料時應考慮，防止各組合材料間由於溫差而產生冷熱膨脹收縮的影響，當外部濕氣、水份侵入室內及材料損壞時，將降低屋頂防水隔熱的性能及使用年限

。

6-1 屋頂防水隔熱材料使用應考慮事項

一、防水隔熱材料組合關係：[1]

1. 防水材料與隔熱材料本質不同，即防水層為密實不透水之特性，而隔熱材料一般為含有氣泡且吸濕性高之材料，故二者在組合上須考慮配置關係。防水層在上，則隔熱材吸濕性小，隔熱性能高，但防水層易因隔熱層之熱脹冷縮，而遭龜裂破壞。故在處理上，防水層置於隔熱層下，並再於隔熱層上加保護層。
2. 在材料組合時，需注意各種材料之膨脹係數，其差值大之材料在接合時應考慮留設伸縮空間，以防止脹裂，而致失去防水及隔熱之效果。
3. 隔熱材料須設置於較高溫度之側。因為熱之傳導方向是由高溫流向低溫，在穩定狀態之熱流而言，流入或流出之抑制，在材料之選擇及構造方式應是相同的。即相同之隔熱材料無論設在室內側或室外側，其熱傳透率 U 值相等，傳熱量 Q 亦相等。但在實際之熱傳現象，熱流並非穩定狀況，由於時滯 (time-lag) 之因素，若將隔熱層裝置在溫度高的一側，其隔熱效果較佳。若考慮冬天防寒時，其裝置原理亦同，即裝置在溫度高的一側。

二、使用防水材料應考慮之事項

業主或承包廠商在考慮防水材料時應該也同時考慮其功效及其經濟性。往往有時會被迫而僅注意施工時每單位面積成本。可是有些便宜的材料往往效果不佳，或者日後很快就需要修補或翻新，再加上損壞混凝土及漏水的損失，很可能是得不償失的。所以選擇材料時應考慮它的壽命再估計出每單位面積每年的平均成本，才是最佳的選擇考慮。

在選擇產品和供應商、施工者時，更應注意其歷史、信譽、技術水準及能否做好售後服務的工作。

根據基本防水性質及實際施工經驗，可歸納出選擇防水材料的基本性質如下：[8]

1. 無毒性，於施工中或使用時不會對人體產生傷害。
2. 耐老化，有良好的耐候性。
3. 耐震裂、具彈性、延展性，可形成一層抗水膜。
4. 具有“可呼吸性”，如此可避免水蒸氣壓將所成之保護膜擠壓脫落。
5. 對混凝土之接著力良好。
6. 易於施工及彌補營造工程遺留的瑕疵，可修補細微之裂紋及小孔。
7. 經濟性。

、使用隔熱材料應考慮之事項

1. 為確定隔熱材料之隔熱效果，必須注意下列幾點：

(1) 外界熱量透過建築構造而傳透到室內者，不外經由傳導、對流及輻射三種，一般材料具有某種程度之熱阻 ($R=L/K$) 以抵抗熱之傳導。而空氣層之隔熱作用兼具有抵抗傳導（靜止空氣）、抵抗對流（空氣流動）及抵抗輻射（空氣層相對而之反射輻射特性）三種特性，故一般隔熱材料除了反射性隔熱之鉛箔外，大多以氣泡或空氣層來形成隔熱性能，這些氣泡或空氣層都非常小，所以其中之空氣呈密閉之狀態，且不生對流之現象，只有傳導及輻射來傳熱，由於隔熱材料中之氣泡或空氣層將材料分隔開使其如中空層之隔熱板一樣，此構造方式使材料之輻射傳熱減少至極小而可忽視。在此狀況下，隔熱材之熱流僅考慮材料中所含空氣之熱傳導及材料本之熱傳導，而靜止空氣之 K 值為普通物質中最低者（ $0.021 \text{ kcal/m.hr.}^\circ\text{C}$ ）。故隔熱材之 K 值愈接近空氣之 K 值愈理想如圖 6-1 所示。[1]



圖 6-1 隔熱材料中之傳熱 [1]

(2) 控制隔熱材之濕度：隔熱材須吸濕性低才能維持其性能。若將隔熱材浸入水中，則隔熱材中之空氣被水所代替，而水之熱傳導係數K值為 0.52 (kcal/m.hr.°C)約為空氣之 25 倍，故吸濕後之隔熱性能低落是可想像的，由此證明了隔熱材料控制其濕度對其隔熱效果之重要性。

2. 使用隔熱材料應考慮之事項根據基本熱傳導性質及實際施工經驗，可歸納出選擇隔熱材料的基本性質如下：[2]

(1) 低熱傳導率：

因為隔熱材料之熱傳導係數 k 值越小，則隔熱效果愈佳。

(2) 大的熱容量：

熱容量愈大，則愈不容易受到溫度改變之影響而影響室內氣溫。

(3) 質輕材料：

質輕者，隔熱性能良好，因為隔熱材料內含多量孔隙，故單位體積重量較輕。

(4) 具防水性：

因為隔熱材料經雨淋或吸收濕氣後，水份易留滯在孔隙內，使材料 k 值提高，而降低其隔熱效果。若在表面塗蓋一層防水塗料，不但確保隔熱效果，並兼具有防水之功能，如此不但增加材料之耐久性亦增防水之效果。

(5) 易施工：

施工簡易，造價低廉，為工程界之基本要求，在工資日益高漲的趨勢下，尤為重要。

(6) 物美價廉：

隔熱材料如能兼具物美價廉，營建業必能推廣採用，使用範圍亦可日趨廣泛。

6-2 屋頂適用之防水材料及工法

台灣地區建築物常用屋頂構架類別方式於第三章已說明，係依屋頂構造型式分類有：

- 一、斜面屋頂：以鋼筋混凝土造、鋼架構造及木架構造為主。
- 二、單面屋頂：以鋼筋混凝土造為主。
- 三、曲面屋頂：以鋼筋混凝土造為主。

而防水材料計有：防水劑拌合水泥砂漿粉刷、柏油油毛氈、薄片防水毯及塗膜防水膠等四大類。

本研究針對各類屋頂構造型式，提出台灣地區建築物屋頂適用防水材料及工法如下表 6-1 及說明。

表 6-1 屋頂型式構造適用防水材料及工法

屋頂型式	屋頂構造	適用防水材料	適用工法	備註 (注意要點)
斜面屋頂	鋼筋混凝土造	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯 • 塗膜式防水膠(註1) • 柏油油毛氈(五、七、九皮)(註1) 	<ul style="list-style-type: none"> • 自黏式、釘件固定式 • 冷工法 • 釘件固定式 	<ul style="list-style-type: none"> • 搭接 • 滑動、固定 • 滑動、固定
	鋼架構造	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯(註2) • 柏油油毛氈(註2) 	<ul style="list-style-type: none"> • 釘件固定式 • 釘件固定式 	<ul style="list-style-type: none"> • 搭接 • 滑動、固定
	木架構造	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯(註2) • 柏油油毛氈(註2) 	<ul style="list-style-type: none"> • 釘件固定式 • 釘件固定式 	<ul style="list-style-type: none"> • 搭接 • 滑動、固定
平面屋頂	鋼筋混凝土造	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯 • 塗膜式防水膠 • 柏油油毛氈(五、七、九皮) • 防水劑拌水泥砂漿 	<ul style="list-style-type: none"> • 自黏式、熱熔式、釘件固定式 • 冷工法 • 熱工法 • 粉刷 	<ul style="list-style-type: none"> • 搭接 • 搭接 • 搭接、防火 • 結構龜裂、拌合配比
曲線屋頂	鋼筋混凝土造	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯 	<ul style="list-style-type: none"> • 自黏式、釘件固定式 	<ul style="list-style-type: none"> • 搭接、滑動、固定

註 1：屋面斜度在 15° 以上時，則防水膠（柏油）會有下垂現象影響施工品質

註 2：應視屋面使用何種板材，而決定是否鋪設（如板材為防水材料時，可免鋪設）

1. 斜面屋頂—鋼筋混凝土造—薄片防水毯、塗膜式防水膠、柏油油毛氈。

具有斜面的屋頂型式構造，由於坡度不利於自重較大的防水材料施工，如水泥防水粉刷施工，由於自重大而產生下滑的現象，極易造成龜裂而影響防水效果。若屋頂斜面角度過（約 15° 以上），則塗膜式防水膠、柏油油毛氈，由於塗膜膠層產生滑動造成膠層不均，使防水層構造不良，而影響防水效果。薄片防水毯係由一整體式防水層直接覆蓋固定於結構體上，以施工性及防水性能而言，薄片式防水毯運用於斜面鋼筋混凝土上，應是適當的選擇。工法的選用，薄片防水毯以自黏式及釘件固定式，於工程上較易於施工；塗膜式防水膠則以冷作工法逐層鋪設，柏油油毛氈以釘件固於結構上，面曾再覆以裝飾材料。各種防水材料施工時，應注意防水層間之搭接處理及固定方式，以避免防水材料因滑動而影響防水效果。

2. 斜面屋頂—鋼架構造—薄片防水毯、柏油油毛氈、板材（金屬鋼板、石棉浪瓦）

此類建築物以工業廠房為最多，而其防水材料即為其外飾建材—即石棉浪瓦或金屬鋼板。由於板材外露以承受任天候及自然環境影響，金屬鋼板材質應選擇耐候性、耐腐蝕性佳，如不銹鋼板、鍍鋅鋅金鋼板等。石棉浪瓦應選強度大，耐折度高、石棉含量合乎國家標準的材質為選用原則。金屬鋼板以隱藏扣合式為較佳的施工法，能充分杜絕雨水的入侵，然應注意扣接合的緊密度及配件強度。浪瓦以不銹鋼材質螺栓與屋面桁條固定，應注意螺栓墊片的耐候及防水性。

尚有其他斜面屋頂建築物（如別墅住宅、俱樂部、休閒中心等）屋面使用片狀材料搭接固定，則應於覆材下鋪設如薄片防水毯、柏油油毛氈做為防水層。

3. 斜面屋頂—木架構造—薄片防水毯、柏油油毛氈、板材。

此類建築物大都為舊有屋頂及遊樂風景區木造建築物為最多。薄片防水毯及柏油油毛氈以釘件固定覆蓋於桁條面板上，於防水材料上再按裝飾面建材。板材的選用原則，固定方式及施工注意要點如上項說明。

4. 平面屋頂—鋼筋混凝土造一薄片防水毯、塗膜式防水膠、柏油油毛氈及防水水泥砂漿粉刷此類型式構建造建築物於台灣地區佔的80%左右，為最常見的構造型式，各種防水材料均能適用，而選擇考慮的因素應為耐用年限、易於施工及經濟性等。

5. 曲面屋頂—鋼筋混凝土造一薄片防水毯

此類建築物屋頂由於是曲面構造，表面曲率較不一致，是故應選用施工較易的材料，以減少人為的缺失而致防水失敗，而薄片防水材料是較為適當的選擇。

6-3 屋頂適用之隔熱材料及工法

屋頂適用隔熱材料計有：隔熱磚、輕質混凝土、發泡隔熱板及玻璃纖維棉鉛箔氈等五類。表 6-2 係針對屋頂構架型式，提出台灣地區屋頂適用隔熱材料及工法。

表 6-2 屋頂型式構造適用隔熱材料及工法

屋頂型式	屋頂構造	適用隔熱材料	適用工法	備註 (注意要點)
斜 面 屋 頂	鋼筋混凝土造	• 玻璃纖維棉、岩棉 天花板材	• 內部隔熱材 • 天花板平置式	• 天花板頂空氣 排除
	鋼架構造	• 發泡隔熱板 • 玻璃纖維棉鉛箔氈 • 金屬箔	• 內部隔熱材，壓條 不銹鋼線固定式	• 配件安裝
	木架構造	• 發泡隔熱板 • 玻璃纖維棉鉛箔氈 金屬箔	• 同上	• 配件安裝
平 面 屋 頂	鋼筋混凝土造	• 輕質混凝土 • 隔熱磚 • 發泡隔熱板	• 攪拌澆置 • 塊狀鋪設(外露隔 熱材) • 夾層式	• 發泡劑、倍數 • 伸縮、工作縫 • 伸縮、工作縫
曲 線 屋 頂	鋼筋混凝土造	• 玻璃纖維棉、岩棉 天花板材	• 內部隔熱材 • 天花板平置式	• 天花板頂空氣 排除

1. 斜面屋頂—鋼筋混凝土造—玻璃纖維棉、岩棉天花板材
斜面屋頂隔熱材料的施工受到坡度的影響會使隔熱材料產生下滑現象，而影響其安定性，如在受到外力時（如地震）極易鬆脫而掉落，是故一般係採空氣層來進行隔熱及熱氣的排除，如採用不同材質的雙層屋頂板或室內天花板等構造。若斜面較緩時，可採用保麗龍或 PU 隔熱磚等乾式施工法。然仍應注意其固定方式。
2. 斜面屋頂—鋼架構造—發泡隔熱板、玻璃纖維鋁箔氈
此類建築物以廠房居多，係為內隔熱材。發泡隔熱板種類如 PU、PS、PA、PE 及輕石板等及玻璃纖維鋁箔氈、太空金屬箔皆為適宜的隔熱材料。其施工方式是以壓條、不銹鋼線來承托隔熱材料自重，以成一體隔熱層。
3. 斜面屋頂—木架構造—發泡隔熱板、玻璃纖維鋁箔氈
此類建築物內隔熱材料選用輕質者為佳，以減少木桁條及構架荷重，故發泡隔熱板材、玻璃纖維鋁箔氈及金屬箔皆為適宜的隔熱材。
4. 平面屋頂—鋼筋混凝土造—輕質混凝土、隔熱磚、發泡隔熱板
此類構造，各種隔熱材皆適用，而對於材料的選擇原則，應考慮完工後的屋頂使用情形，來選用合適的隔熱材。例如屋面不做其他用途或使用度低者可選用保麗龍或 PU 隔熱磚或輕質混凝土，如步行、瞭望等等；若使用度高者如慢跑等運動可選用夾層式的 PS 發泡隔熱板，然需覆蓋結構強度較高及耐磨性佳之保護面層，以抗外來衝擊。
5. 曲線屋頂—鋼筋混凝土造—玻璃纖維棉、岩棉天花板材
曲線屋頂鋼筋混凝土構造屋頂隔熱材料的選擇及施工也受到屋頂曲面的影響，自重較大的外露隔熱材料會使材料下滑，是故宜選用內部隔熱材如玻璃纖維棉、岩棉天花板材等，應考慮將版底與天花板間之蓄熱排除，隔熱效果會更佳。

1 — 1 結論

由於台灣本島地處亞熱帶海洋氣候下，緯度低、氣候炎熱潮濕（每年平均溫度在 20℃ 以上，相對濕度 80% 左右），故對建築物屋頂的防水、隔熱尤為重要。而為達到使用者舒適之居住環境要求下，建築物屋頂百分之百的防水效能及室內溫度降低措施，是極必須考慮的。

由於防水及隔熱材料和施工有密切不可分之關係，防水材料一般而言對於防水均能提供某種信賴之功能，而導致防水成敗的原因，主要在於施工的問題；隔熱材料除有節省能源具防止結露效果外，兼具保護建築物結構體及防水層的功能，其之間的重要性即可見一斑了。

本研究係針對台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料使用狀況之探討，經過嚴謹地問卷調查、訪談及歸納分析整理之後，本研究得到下列結論：

1. 防水材料和結構體工程應為互惠關係，結構工程不僅需了解本身再融合防水工程，如此才能做好防水工作。隔熱材料與防水材料之間應互為相容（同屬性），才不會造成構架不穩而滑動破壞。
2. 應有“防水隔熱整體論”的一貫作業施工方式，避免隔熱材鋪設施工不當，部份無法保護防水層或破壞防水層之成品，而造成防水之失敗。
3. 防水隔熱工程，除了要有好的材料（好的硬體）及配合優良的工法（好的軟體）之外，應提昇到事前完善的規劃和事後全面的服務層次在防水隔熱工程施工之前最好由承造廠商依設計圖說提出詳細施工計劃與設計者溝通審核後施工。
4. 防水隔熱工程應積極朝向專業工程化，設計人員對於材料之性能和施用部位須確實了解，監工人員之專技，檢驗程序及標準規定之知識應不斷充實，做好檢驗工作，以提高工程品質。
5. 選用防水材料應依結構物本身及所暴露環境之條件選用防水材料；在

採用隔熱材料時，應對材料的特性作一測定比較，並對其配置與使用多加考慮。兩者皆做如此謹慎的考量，方能達到「物盡其用」之最高境界。

6. 由防水失敗的部位分析中，得知造成結構物漏水的主要原因在工作縫處，為最易裂開而產生漏水的地方，因此於工作縫之構造部位，從事防水施工時應謹慎確實控制施工品質，減除漏水之可能。
7. 由於空氣層之導熱率最低($k=0.021\text{kcal}/\text{m}\cdot\text{hr}\cdot^{\circ}\text{C}$)為最理想的隔熱材料，建築物屋頂層內設置天花板層，利用空氣層的低熱阻特性，可使室內溫度不易受到外界的影響。例如雙層屋頂設計以及考慮將天花板頂的蓄熱排除等，都能增加隔熱效果。
8. 屋頂設置人工花園，一來可美化環境，二來可利用其土壤與植草之極大的熱容量，來吸收外界所產生的熱量，然應考慮原屋頂層結構安全及防水層應選擇無機質防水材為宜。
9. 建築物屋頂防水及隔熱層施工的層次，以三明治式的防水隔熱層（即結構體+防水層+隔熱層+防水層）為宜，底部防水層藉中間隔熱層的保護避免受到破壞；頂部的防水層則對於隔熱層做好防護作用，避免隔熱材因吸濕而降低隔熱效果。然對於頂部的防水材的選擇應配合屋頂使用狀況而定。
10. 屋頂隔熱層最上層之表面顏色宜採用淺色以降低對日射熱之吸收量；屋面排水措施良好，以減少屋頂隔熱層吸水量。
11. 在建築物使用管理上仍可加強，屋頂之違規使用情形在台灣地區非常普遍，因使用不當而造成漏水及隔熱之缺失經常發生，此現象除了加強建築管理之外亦須消費大眾之生活品質觀念價值之提昇，對環境的要求更須重視，否則增加各種研究工作而無法有效執行的話，一切都是徒然無功。
12. 國內建築屋頂防水隔熱之設計觀念仍注重建築本體以外之防水隔熱材料之選用，對本屋頂建築本體仍缺乏防水隔熱之觀念。

7-2 建議事項

本研究探討台灣地區屋頂防水隔熱材料使用現況中，深感建築物屋頂防水隔熱工程重視的程度仍不夠，相關的資料、規範及基本資料尚未能完整建立。故下面幾點建議事項可做為今後政府單位、學術及建築業界參考及繼續待研究探討之方向。

- 一、建築法規及設計準則的管制對象主要為負責設計工作的建築師，以作為設計及施工的依據。因此法規及準則的編著，提供建築師充分的資料參考，是目前迫切需要展開的工作。
- 二、建材性能的優劣影響品質甚鉅，因此建議對國產和進口建材應該嚴格限制品質管制標準，積極建立檢驗能力，並鼓勵結合學術界及廠商，從事研究開發的工作，以促進建材工業的升級，方能配合建築設計能力的提升，而達到居住高環境品質及能源節約的目標。
- 三、防水及隔熱材料若能掌握住設計，施工及使用維護等各方面要求，於完工後初期皆能達到預期效果。然根據調查結果，平均約70%比率屋頂層在完工後3年內，即需加以修繕，修繕原因中，則以材料老化佔45%，是以對材料老化後之防水及隔熱性能，應值得後續研究單位再進一步加以調查探討。
- 四、台灣地區防水及隔熱工程對於居住環境生活品質提高及能源節約的重要性已無庸置疑，然對於進口或國產材料生產過程上的控制及品質上的檢驗制度，卻極為貧乏欠缺或有效的進行管制；而施工廠商的專業素質程度也無從檢定證明，是故儘速建立工程材料的專責機構，進行材料統籌、規劃、檢驗管制及施工專業分級、執照制度權威的建立；是當務之急。
- 五、加強建築使用及管理之執行工作，如果建築使用及管理無法有效執行，所有研究發展工作也是徒勞無功。例如屋頂違規使用之普通情形造成漏水糾紛不斷。建築執照及使用執照審核之工作、工程監造工作及營造工作等權責應依參與單位人員之角色予以詳細劃分執行。始能有效提升各項工程之品質。

附錄 1

台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料
使用狀況之研究問卷表

附錄 1 — 1

建設公司、建築師、營造廠商問卷

台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料使用狀況之研究、問卷表

1. 公司名稱 _____ 負責人 _____
地 址 _____ 聯絡電話 _____

2. 貴公司屬 建設公司 建築師事務所 營造廠

3. 貴公司所知有關屋頂防水材料廠商有 _____ 家

4. 貴公司所知有關屋頂隔熱材料廠商有 _____ 家

5. 貴公司所知有關屋頂防水材料有 _____ 種

6. 貴公司所知有關屋頂隔熱材料有 _____ 種

7. 貴公司近3年來設計或興建工程之類別

公家機關 建設公司 私人

8. 貴公司近3年來設計或興建工程類別

辦公大樓 住宅大廈 公寓 學校

醫院 別墅 工廠

9. 依不同建築類別貴公司或事務所選用屋頂防水材料為

辦公大樓 _____ 住宅大廈 _____ 公寓 _____ 學校 _____

醫院 _____ 別 墅 _____ 工廠 _____

10. 依不同建築類別貴公司或事務所選用屋頂隔熱材料為

辦公大樓 _____ 住宅大廈 _____ 公寓 _____ 學校 _____

醫院 _____ 別 墅 _____ 工廠 _____

11. 您認為下列構造採用何種防水材為適宜

		水泥砂漿粉刷	油毛毯	薄片	塗膜	其他
斜頂	R.C構造	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	鋼架	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	木構架	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
曲線屋頂		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
平頂		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. 您認為下列構造採用何種隔熱材為適宜

	輕 質 空 心 磚	混 凝 土 泡 沫	輕 質 蛭 石	五 腳 磚	PU 隔 熱 磚	隔 熱 磚	PS 板	木 絲 水 泡 板	玻 璃 棉	其 他
斜頂										
┌ R.C構造	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
├ 鋼架	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
└ 木構架	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
┌ 曲線屋頂	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
└ 平頂	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. 貴公司或事務所大部份工程之地點 北部 中部 南部 東部

14. 貴公司選用屋頂防水隔熱材料及施工法其資訊來源

- 專業雜誌廣告 親朋同業經驗 公開新聞報導
 技術合作廠商提供 專家顧問提供 展覽會
 其他

15. 公司防水隔熱材料由 建築師 營造廠 業主 其他 _____ 負責

由 建築師本人 設計單位 工程單位 業務單位

其他 _____ 選定

16. 選用時機 設計時 發包時 施工時

17. 貴公司選用時考慮因素(依優先法順序填入1,2,3……)

- 造價 耐久性 廠商信用 售後服務 美觀
 施工難易度 施工品質控制 本土性 施工時效性

18. 貴公司目前選用防水隔熱施工法及材料方法是屬於或接近那一類型

- 甚少或沒有足夠的選用經驗，來幫助目前的選用決策
 曾經選用但並不滿意，需修正選用方案
 只是重覆選用以前的經驗，按例行手續選用。
 針對不同3個案進行研究後選定
 其他 _____

19. 貴公司常用之防水材為(依比例填入1、2、3……)

- 水泥砂漿粉刷 柏油油毛毯 薄片防水層。
 塗膜式防水層 其他

20. 貴公司常用之隔熱材為(依比例填入1、2、3……)

- 輕質空心磚 煤渣 輕質混凝土泡沫 蛭石
 五腳磚 保麗龍隔熱磚 PU隔熱板 PS板
 木絲水泥板 玻璃棉 其他

21. 在使用屋頂防水材料經驗上貴公司或事務所認為

- 北部地區工程最適宜使用 _____
中部地區工程最適宜使用 _____
南部地區工程最適宜使用 _____
東部地區工程最適宜使用 _____

22. 在使用屋頂隔熱材料經驗上，貴公司或事務所認為

- 北部地區工程最適宜使用 _____
中部地區工程最適宜使用 _____
南部地區工程最適宜使用 _____
東部地區工程最適宜使用 _____

23. 貴公司在做防水工程或設計時，施工者通常為

貴公司佔 _____% 發小包佔 _____% 材料廠商佔 _____%

24. 您認為屋頂防水隔熱施工者應為

- 營造廠 小包 材料廠商 其他

25. 貴公司在選用屋頂防水、隔熱材料、造成下列困擾或損失的原因，發生的可能性如何

	非 常	大	普 通	小	非 常
發生施工不易的可能性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
發生價格太貴的可能性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
發生交貨太遲的可能性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
發生耐久性不佳的可能性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
發生使用者使用後破壞	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
發生材料不良的可能性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

26. 在選用屋頂防水隔熱材料，下列原因發生時，其造成損失的嚴重性如何

	非 常 重	嚴 重	普 通	不 嚴 重	極 重 不 嚴
施工不易不良造成損失	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
材料品質不良造成損失	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
價格太貴造成損失	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
交貨太遲	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
耐久性不佳	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
使用者使用破壞	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
施工不良	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

27. 貴公司或事務所在使用經驗上，認為最好之屋頂防水材為

屋頂隔熱材料為 _____

28.請依您的看法加以評判

	非同 常意	同 意	很 難 說	不 同 意	極同 不意
(a) 本公司進行防水隔熱施工法及材料選用時，時間非常充裕	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(b) 本公司對於防水隔熱施工法及其材料瞭解非常透徹	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(c) 本公司對於防水隔熱施工法及其價格瞭解非常透徹	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(d) 本公司選用防水隔熱材料及工法會受經濟量氣或業主之影響	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(e) 本公司會依屋頂型式不同而選用不同材料及工法	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(f) 本公司會依使用狀況不同選用不同工法及材料	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(g) 本公司判斷選用之工法及材料絕不會出錯	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(h) 本公司選用工法及材料會受施工技術發展及難易的影響。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
(i) 本事務所選定材料會考慮到本土性的配合	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

29.貴公司近3年來設計(興建)工程防水工程總面積 _____ 平方公尺

30.貴公司近3年來屋頂防水工程總費用 _____ 元

31.貴公司近3年來設計(興建)工程隔熱工程總面積 _____ 平方公尺

32.貴公司近3年來設計(興建)工程隔熱工程總費用 _____ 元

33.貴公司設計(興建)工程防水工程每m2 平均單價為 _____ 元

34.貴公司設計(興建)工程隔熱工程每m2 平均單價為 _____ 元

35.貴公司近年來 有. 無屋頂防水隔熱失敗案例，若有

其失敗材料為 _____

失敗原因 _____

補救方法 _____

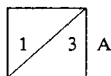
36.請推薦優良屋頂防水廠商 _____

37.請推薦優良屋頂隔熱廠商 _____

附錄 1 - 2 防水材料廠商問卷表

台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料使用狀之研究問卷表

—— 防水材料部份 ——



一、問卷對象：

公司名稱：_____ 負責人：_____

地 址：_____ 電 話：_____

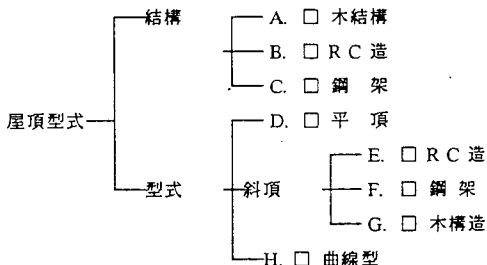
二、材料名稱：_____

三、生產廠商及地點：_____

四、材料性質：請於 內打

- 防水劑 (水泥砂漿、混凝土添加劑)
- 柏油油毛毯防水材 (熱工法、特殊熱工法、常溫工法)
- 自黏式薄片防水材 (橡膠系列、樹脂系列)
- 熱熔式薄片防水材 (橡膠系列、樹脂系列)
- 釘件固定及熱熔式薄片防水材 (橡膠系列、樹脂系列)
- 橡膠系列塗膜式防水材
- 樹脂系列塗膜式防水材
- 其他

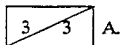
五、適用屋頂型式：請於 內打



六、材料特性分析：

特性分析		檢驗值	CNS,ASTM,JIS DIN或其他標準	試驗依據	備註
1.	顏色：				
2.	厚度：1.				
	(分屬) 2.				
	合計				
3.	比重或密度：				
4.	容許承載重量				
5.	柔軟性				
6.	抗拉強度				
7.	伸長率				
8.	粘著力				
9.	抗穿性				
10.	透水率				
11.	吸水率				
12.	曝露於含菌土壤中				
13.	靜水壓力				
14.	撕裂強度				
15.	熱傳導率				
16.	防火性				
17.	彈性模數				
18.	耐臭氣試驗				
19.	耐候性				
20.	熔點				
21.	其他				

七、參考單價：由於各工地環境條件不同，其單價亦不同



(次79年4月份爲例)

材料：元/M2~ 元/M2

工資：元/M2~ 元/M2

合計：元/M2~ 元/M2

八、施工面條件：1. 乾燥程度：_____

2. 濕度：_____

九、接縫處理：熱熔 釘件固定 釘件固定及熱熔

膠合

十、完工後材料表面是否需要保護層：可以不要 要 其厚度_____

重量_____

十一、近_____年內，該材料市場佔有率_____%(請就貴公司之紀錄比例)

十二、完工後是否經過積水試驗：是 否

其結果如何：優良 良 需改善

十三、材料性質與施工，對附近環境之影響：_____

十四、材料與相接觸面材之相關性如何？無不良反應，應加介面處理

其他_____

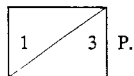
十五、過去相關案例失敗之原因：_____

十六、請列舉數個貴公司較具代表性之作品(含面積)：_____

附錄 1 - 3 隔熱材料廠商問卷表

台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料使用狀況之研究問卷表

—— 隔熱材料部份 ——



一、問卷對象：

公司名稱：_____ 負責人：_____

地 址：_____ 電 話：_____

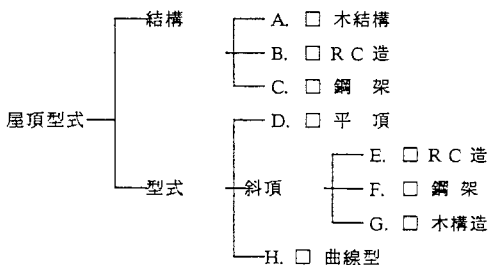
二、隔熱材料名稱：_____

三、生產廠商及地點：_____

四、材料性質：請於 內打

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 輕質空心磚 | <input type="checkbox"/> 煤渣混凝土 |
| <input type="checkbox"/> 泡沫混凝土 | <input type="checkbox"/> 蛭石混凝土 |
| <input type="checkbox"/> 五腳隔熱磚 | <input type="checkbox"/> 保利龍隔熱磚 |
| <input type="checkbox"/> 保利龍加五腳隔熱磚 | <input type="checkbox"/> PU 隔熱磚 |
| <input type="checkbox"/> PS 百適隔熱板 | <input type="checkbox"/> 木絲水泥板 |
| <input type="checkbox"/> 玻璃棉板 | <input type="checkbox"/> 鉛箔毯 |
| <input type="checkbox"/> 輕石板 | <input type="checkbox"/> 其他隔熱材料 |

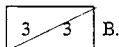
五、適用屋頂型式：請於 內打



六、材料特性分析：

特性分析	檢驗值	CNS.ASTM.JIS DIN或其他標準	試驗依據	備註
1. 顏色：				
2. 厚度：1.				
(分屬)2.				
合計				
3. 比重或密度：				
4. 抗壓強度				
5. 抗拉強度				
6. 伸長率				
7. 附著力				
8. 吸水率				
9. 熱傳導率				
10. 壓縮永久性變形率				
11. 燃 燒 性				
12. 加熱尺度變化				
13. 適用溫度範圍				
14. 耐 燃 性				
15. 其 他				

七、參考單價：由於各工地環境條件不同，其單價亦不同



(次79年4月份為例)

材料：元/M2~ 元/M2

工資：元/M2~ 元/M2

合計：元/M2~ 元/M2

八、施工面條件：1.乾燥程度：_____

2.濕度：_____

九、接縫處理： 可以不處理 其他處理方式：_____

膠合

十、完工後材料表面是否需要保護層： 可以不要 要 其厚度 _____

重量 _____

十一、近 _____ 年內，該材料市場佔有率 _____ % (請就 貴公司之紀錄比例)

十二、完工後是否經過積水試驗： 是 否

其結果如何： 優良 良 需改善

十三、材料性質與施工，對附近環境之影響：_____

十四、材料與相接觸面材之相關性如何？ 無不良反應， 應加介面處理

其他 _____

十五、過去相關案例失敗之原因：_____

十六、請列舉數個 貴公司較具代表性之作品(含面積)：_____

附錄 2 台灣地區防水隔熱材料廠商名錄

■ 國內生產防水材料廠商及產品名錄

註： "※" 為參與本次研究計畫廠商

"▲" 為正字標記廠商

編號	公司名稱	材料名稱	電話	備註
1	同濟企業有限公司	永嘉牌水性橡化彈性膠	(02)2756848	※
2	翔固企業有限公司	利屋橡化瀝青防水膠1p-725	(02)7858182	※
3	宣佳興業有限公司	保麗屋彩色防水膠,pu	(02)9592981	※
4	龍田企業有限公司	舒麗防水材(pu)	(02)5815720	※
5	聖志企業有限公司	聖保牌防水劑	(02)5015657	※
6	聖志企業有限公司	聖保牌橡膠瀝青防水膠、防水膠、防水毯	(02)5015657	※
7	比偉工業股份有限公司	PU聚胺脂防水材料	(02)7926925	※ ▲
8	朝源防水隔熱關係企業	包克漏水性彈性防水膠	(02)9222152	※
9	臺灣化學板股份有限公司	牛頭牌防水橡膠 566、油毛氈	(02)9805322 (04)2611171 (07)3824259	※ ▲
10	彥承企業有限公司	耐宇防水膠、膜	(02)7943418	※
11	輕石工業股份有限公司	輕石板8m/m	(02)7316668	※
12	高磊化工廠	彈性橡膠防水塗料	(02)9241727	※
13	瑞駿企業股份有限公司	得利防水橡膠毯	(04)2206121	※
14	振煒實業有限公司	PU 防水材	(02)3611393	
15	台灣瀚亞樹脂化工股份有限公司	PU 防水材	(04)6200800	▲
16	保錫實業有限公司	PU 防水材	(02)9286661	
17	中碇防水工程有限公司	麥倍寧彈性防水膠	(02)9394840	
18	中日防水隔熱材料工程公司	大旗牌防水膠	(02)3090629 (035)223588	
19	力聖防水塗料公司	洋帆牌橡化彈性膠	(02)9511569	
20	大台北有限公司	橡膠防水布	(02)7713838	

編號	公 司 名 稱	材 料 名 稱	電 話	備 註
21	大同防水實業有限公司	透明及彩色防水塗膠	(02)9829702	
22	大東樹脂化學股份有限公司	安家防漏膠	(04)2519090	
23	宜佳興業有限公司	舖漏停彈性防水乳膠	(02)9592981	*
24	大豪矽利光有限公司	大豪牌氣密式橡膠防水布	(02)2619969	
25	冠任企業有限公司	防水膠、防水劑	(02)9690669	
26	上暘實業有限公司	包晴天防水膠	(02)7813847	
27	久保屋實業有限公司	防水礦素	(02)9534161	
28	久富實業有限公司	克漏能防水劑	(039)331205	
29	中平紙業有限公司	環球牌油毛氈	(02)9922719	
30	包克漏實業有限公司	包克漏防水膠	(02)9222152	
31	禾楓有限公司	施能佳牌防水膠	(02)5716080	
32	宇松企業有限公司	泥而強防水劑	(02)7834404	
33	百旗工業有限公司	尚勇牌防水劑	(02)2405715	
34	百騏企業有限公司	福美龍PU防水膠	(04)2324526	
35	利屋工程企業有限公司	PU防水膠、防水劑	(02)7859191	
36	負漏素實業有限公司	防水劑	(02)5919710	
37	村畝工業有限公司	PU防水材	(04)7868832	
38	伸裕企業有限公司	PU防水材	(04)7983578	
39	車見企業有限公司	帆船牌防水劑	(02)2404966	
40	東建化學工業有限公司	霸力防水劑	(07)3123809	
41	青亮企業股份有限公司	PU防水材、防水橡膠毯	(04)2342168	
42	金獅工業有限公司	保麗板彈性防水、防熱漆	(06)2321911	
43	昇皇企業有限公司	磐固龍防水劑	(02)7623110	
44	承盈企業有限公司	防水膠	(07)7718029	
45	杰森實業有限公司	UNIKO彩色彈性防水膠	(02)8328125	

編號	公 司 名 稱	材 料 名 稱	電 話	備 註
46	中東建材化學有限公司	萬力素防水劑	(05)2222700	
47	中國防水隔熱有限公司	彈性膠,PU 防水膠	(02)3090629	
48	豐川企業股份有限公司	川固防水橡膠毯	(02)7771186	
49	得城工程有限公司	得寶素PU防水材	(02)7120068	
50	日大防工程有限公司	PU彈性防水膠	(02)7078348	
51	井豐工業有限公司	固特強自粘性防水膜	(02)9811436	
52	台灣乳霸股份有限公司	乳化瀝清	(02)5073154	
53	台灣南海有限公司	橡膠化瀝青防水材	(02)5642151	
54	冠杰企業有限公司	克漏靈PU防水膜	(02)9315683	
55	永吉造紙有限公司	天壇牌油毛氈	(07)6163437	*
56	立佳工程有限公司	保耐P-200防水膠	(02)9241403	
57	立新樹脂化工有限公司	千年、富麗防水膠	(02)2657122	
58	正晃企業有限公司	真強牌防水膠	(02)5118090	*
59	巨靈霸有限公司	居樂保自粘性複合防水毯	(02)7388708	*
60	弘臣興業有限公司	久耐優 PU防水膠	(02)7115111	*
61	弘圖企業有限公司	歐帝防水毯	(07)7613288	
62	申豐化學工業有限公司	申豐牌防水乳膠	(07)7420147	
63	杰隆企業有限公司	克力素防水膠	(04)2227306	
64	卓氏企業有限公司	加不漏防水材	(02)7137550	
65	旺村企業有限公司	漏治立傷防水材	(02)9932006	
66	常偉股份有限公司	高彈性防水塗料	(03)3388349	
67	尚豪興業有限公司	耐候防水膠	(02)7518355	
68	固德興業有限公司	家寶活性防水膠	(02)3910602	
69	美城有限公司	PU防水材,透明防水膠	(02)2606905	
70	春林企業有限公司	彈性防水膜	(02)9329430	
71	恒建實業有限公司	恒建防水劑	(02)9631746	

編號	公 司 名 稱	材 料 名 稱	電 話	備 註
72	冠任企業有限公司	橡化防水膠	(02)9690669	
73	星洋防水有限公司	星洋牌永不漏防水塗膜	(02)9241727	
74	帝嚳貿易有限公司	靈泥-U彩色彈性防水膜	(02)9145664	
75	高聚化工有限公司	防水劑	(07)3324965	
76	展宇化學工業有限公司	PU 防水材	(035)963211	▲
77	展固企業有限公司	固泥精防水劑	(02)7214812	
78	益企化學股份有限公司	PU防水材	(035)982525	
79	國春企業有限公司	家利牌防水膠	(02)3070606	
80	堅強有限公司	堅強彈性防水膜	(02)7389706	
81	堅皓有限公司	防漏素	(02)5318450	
82	華廣企業有限公司	聚合高分子耐候防水膠	(02)7772725	
83	富茂工程有限公司	彈性橡膠防水塗料	(02)7554020	
84	隆武企業有限公司	利特固防水膠	(02)5014736	
85	普地實業有限公司	普地橡化防水乳膠	(02)9253377	
86	翔固企業有限公司	利屋PU 防水膠,防水劑	(02)7858182	
87	新奇隆防水有限公司	貓王牌彈性防水膜	(02)5011456	
88	新康興防水有限公司	絕不漏防水劑	(06)2373007	
89	精立企業有限公司	精立龍PU防水材	(02)7043826	
90	漢威實業有限公司	防水膠布	(02)3225677	
91	嘉昇工業有限公司	嘉昇膠化柏油毯	(02)5027256	*
92	豪仁貿易有限公司	防水劑	(02)5057036	
93	誠得實業有限公司	大金晒不熱防水膜	(03)3321406	
94	煒鑫實業有限公司	防水膜	(04)3069424	
95	優德企業有限公司	固漏優防水膜	(02)4253488	
96	優鏡實業有限公司	億立PU 防水材	(07)2820079	
97	聯興企業有限公司	永久牌玻璃纖維防水膠	(07)7618509	

編號	公 司 名 稱	材 料 名 稱	電 話	備 註
98	豐裕粗油防水公司	聖山牌防水劑	(04)2225182	
99	博士防水事業有限公司	我克裂自粘式皂土防水膠膜	(02)9724596	
100	林營企業有限公司	PU、防水膜、防水劑	(02)2615517	
101	匯恩貿易(工程)有限公司	膠(片)材彈性防水膠	(02)7521658	
102	大穎企業股份有限公司	亞克力頓防水材	(02)7414056	
103	晨功實業有限公司	百縫填PU防水	(02)5097484	
105	展華工程有限公司	萬能素PU	(02)9845452	* ▲
106	台灣佳泥股份有限公司	佳泥防水膠、劑	(02)7716125	*
107	昇榮工程有限公司	萬能素及B防水劑	(02)7520296	*
108	威得工材有限公司	得熱免防水膠	(02)9236837	*
109	光德建材工業股份有限公司	巨帆牌PU防水材	(02)5033775	*
110	佳茂化學股份有限公司	PU 防水材	(02)5944396	▲
111	南亞塑膠工業股份有限公司	PU 防水材	(07)3331101	▲
112	僑瑞化學工業股份有限公司	PU 防水材	(02)5956222	▲
113	葉利化學工業股份有限公司	PU 防水材	(02)7077236	▲
114	慶泰樹脂化學股份有限公司	PU 防水材	(046)811145	▲
115	中國石油股份有限公司	地瀝青	(02)3610221	▲

■ 國外生產防水廠商及產品名錄

註“*”為參與本次研究計畫廠商

編號	公司名稱	材料名稱	產地	電話	備註
1	綜茂股份有限公司	防護潑水劑	德國	(02)5962231	*
2	穎鍵企業有限公司	traffigard	紐西蘭	(02)7162288	*
3	穎鍵企業有限公司	優萊礦纖瀝青防水板	紐西蘭	(02)7162288	*
4	新鍵企業股份有限公司	derbigum(得固類防水膜)	義大利	(02)7715253	*
5	路得興業有限公司	百適 k-11防水塗膜	德國	(02)5057580	*
6	路得興業有限公司	百適 SP防水膜	法國	(02)5057580	*
7	路得興業有限公司	百適 SK-2000	德國	(02)5057580	*
8	加百列工程有限公司	百適優 RT-15	英國	(02)5057580	*
9	路得興業有限公司	百適 CP-1500	法國	(02)5057580	*
10	路得興業有限公司	倍耐力防水膜 (BAR I-SP3)	義大利	(02)5057580	*
11	井豐工業有限公司	自粘性防水膜2mm	美國	(02)9811436	*
12	泰迪工業有限公司	SWEPCO(水必克)	美國	(02)9177875	*
13	輕而堅工程股份有限公司	輕而堅橡皮樹脂防水膜	美國	(02)7672967	*
14	巨靈霸股份有限公司	居樂保自粘性複合防水毯	台灣	(02)7388708	*
15	欽固貿易有限公司	來得適熱熔式防水毯	比利時	(02)9347977	*
16	賢年企業有限公司	特克漏單液型油性PU防水材	英國	(02)7062228	*
17	境展興業有限公司	速展橡皮防水膠	西德	(02)7761690	*
18	賢年企業有限公司	FCR. 851	英國	(02)7062228	*
19	昆原股份有限公司	HYPALON防水材	美國	(02)7060681	*
20	恩德霖國際有限公司	必得寧單層熱熔法防水氈	法國	(02)7251405 (06)2655532 (089)326362	*
21	譽國貿易有限公司	愛夏牌防水	荷蘭	(04)2931909	*
22	君會企業股份有限公司	ICI THOROFLEX 隔熱防水膠	美國	(02)7694224	
23	大正化工有限公司	THIOSEAL 防水膠	日本	(02)3711503	

編號	公司名稱	材料名稱	產地	電話	備註
24	三田建材有限公司	普力富克濕防水毯	義大利	(02)3117351	
25	元振企業有限公司	摩氏彈性防水材	美國	(02)7327386	
26	台灣歐雅實業有限公司	HEY'DI自粘性防水膜	西德	(02)5076557	*
27	永博企業有限公司	PU 樹脂防水	日本	(07)7455608	
28	創業貿易有限公司	車美牌PU、防水膠	日本	(02)7645611	
29	而上貿易有限公司	護麗層防水樹脂、冷膠瀝青	荷蘭	(02)773:931	
30	甫辰行公司	DUNLOP 防水膜	紐西蘭	(02)7161451	
31	廣瑞貿易有限公司	日新NP橡膠防水毯	日本	(02)2379724	
32	緒嘉實業有限公司	SIKA 彈性防水膜	瑞士	(02)7134364	
33	雨太多股份有限公司	雨太多防水劑WOTAITO	日本	(06)2323329	
34	南瑩貿易有限公司	ALLPRO 防水材	美國	(02)5214269	
35	韋邦貿易有限公司	CRL 防水材	美國	(02)2711189	
36	理成營造股份有限公司	優業礦纖瀝青防水板	英國	(02)5055788	*
37	超集企業有限公司	XYPEX 結晶防水材料	加拿大	(02)3946080	
38	鈞偉企業有限公司	IMPER 自粘性防水膜	義大利	(02)9119477	
39	新鑑企業有限公司	得固氈防水膜	義大利	(02)7112253	*
40	瑞光企業有限公司	三星牌橡膠防水毯	日本	(02)3315462	
41	萬民通商有限公司	AQUASEL 防水膜	美國	(02)7364642	
42	義長企業有限公司	海福防水膠、毯	美國	(02)7329420	
43	裕記實業有限公司	奇奇防水劑	日本	(02)3118112	
44	榮主實業有限公司	必施托福防水氈	美國	(02)9176955	
45	霖華有限公司	E-A-B 防水水泥膠	美國	(02)5923153	
46	霖華有限公司	PE&PVC 防水膜	奧大利	(02)5316942	
47	勵卜富貿易有限公司	單液型水系彈性防水劑	日本	(02)7524359	
48	勵均企業有限公司	防水塗料	日本	(02)3963006	
49	騰富企業有限公司	BOTH 防水劑	日本	(02)5057971	

編號	公司名稱	材料名稱	產地	電話	備註
50	大禹實業有限公司	TREMCO防水膜、防水膠	美國	(02)7312967	*
51	竣傑實業股份有限公司	ICI 高分子防水塗料	美國	(02)7094922	
52	台灣南海股份有限公司	昭石化工橡膠瀝青防水氈	日本	(02)5068927	
53	來福工業有限公司	SBS 橡膠、防水膜	西德	(02)7312744	
54	台灣佳泥股份有限公司	Polyguard 防水毯	美國	(02)7410188	*
55	穎鍵企業有限公司	TRAFFIGARD 防水乳膠	紐西蘭	(02)7162288	*
56	元昌貿易有限公司	熱熔式橡膠彈性體改良瀝青防水膠膜	加拿大	(02)7023164	*

■ 國內生產隔熱材料廠商及產品名錄

註 "※" 為參與本研究計畫廠商
 "▲" 為正字標記廠商

編號	公 司 名 稱	材 料 名 稱	電 話	備 註
1	輕石工業股份有限公司	輕石板	(02)7316668	※
2	聖志企業有限公司	聖志牌保利龍隔熱磚 聖保牌 PS 隔熱板	(02)5015657	※
3	台灣化學板股份有限公司	纖維水泥板	(04)2611171	※
4	光德建材工業股份有限公司	賜而涼 BR3 隔熱磚 舖有益 PU 隔熱磚	(02)5033937 (02)5033775	※
5	井豐工業有限公司	PU 發泡隔熱材	(02)9811436	※
6	德保有限公司	德保彩色絕緣板	(04)2232592	※
7	村畝工業股份有限公司	上涼牌 PU 隔熱磚	(04)7863239	
8	禹昌企業股份有限公司	穩樂板	(02)9955300	
9	中錠防水工程有限公司	安康牌保麗龍隔熱磚	(02)9381873	
10	益頂工程有限公司	輕質混凝土	(02)7922702	
11	頂力工程有限公司	克強牌保麗龍、PU 隔熱磚	(02)8380041	
12	一決實業有限公司	頂強牌隔熱磚毯	(07)7010911	
13	大川水泥製品有限公司	石棉防熱磚	(03)3661487	
14	三維建材企業有限公司	三維隔熱板	(02)5216617	
15	三榮建材工業有限公司	新生蛭石、通氣隔熱磚	(02)7212761	
16	上斧實業有限公司	保麗龍隔熱板	(02)7414957	
17	輕而堅工程股份有限公司	泡沫混凝土	(02)7672967	
18	久保屋實業有限公司	礦素隔熱磚	(02)9534161	
19	中國防水隔熱有限公司	隔熱磚	(02)3090629	
20	保強工程企業有限公司	泡沫混凝土	(02)7381201	※
21	正大企業工程有限公司	避熱霜	(04)3382836	
22	民再實業有限公司	唯生牌、PU 隔熱磚	(04)5956065	
23	包克漏實業有限公司	包克漏隔熱膠	(02)9222152	

編號	公 司 名 稱	材 料 名 稱	電 話	備 註
24	安基實業有限公司	發泡PU板	(02)5051328	※
25	百陞玻璃棉有限公司	百陞氈	(02)7732377	※
26	再春耐火纖維有限公司	玻璃棉	(02)8917474	
27	屹信企業	屋頂隔熱用針軋棉毯	(06)2754349	
28	利達塑膠工業	利達龍隔熱板	(02)9952424	
29	每家好有限公司	每家好PU防熱板	(02)5074000	
30	克峰工業有限公司	PU保麗龍磚	(04)7860887	
31	伸裕工業有限公司	PU隔熱磚	(04)7983578	
32	辰徽興業有限公司	辰徽隔熱磚	(06)2703191	
33	東邑玻纖有限公司	玻璃棉、毯	(035)959947	
34	青亮企業股份有限公司	隔熱磚	(04)2342168	
35	金獅工業有限公司	保麗板防熱漆	(06)2321911	
36	承盈企業有限公司	隔熱磚	(07)7718029	
37	倚祥企業有限公司	棉毯	(06)2713744	
38	偉裕建材工業有限公司	保麗龍隔熱磚	(02)5064482	
39	專勝建材實業有限公司	石棉隔熱磚	(03)3243759	
40	詠固工程有限公司	泡沫隔熱磚	(07)3822522	
41	偉聯實業股份有限公司	舒耐玻璃纖維棉	(02)3948845	
42	寶工股份有限公司	舒康-E隔熱材	(02)5057971	※
43	騰泰開發有限公司	PA合成隔熱板	(02)3216369	※
44	三協企業有限公司	喜悅斷熱板	(02)3058686	※
45	盛達實業有限公司	穩涼板PS板	(02)3213828	
46	盛達實業有限公司	穩涼板PSB隔熱磚	(02)3916819	
47	久保屋實業有限公司	礦素隔熱磚	(02)9534161	
48	匯恩貿易(工程)有限公司	PS隔熱板、PU保麗龍隔熱磚	(02)7521658	
49	三龍保溫建材公司	PU板、PE發泡	(02)2620923	

編號	公 司 名 稱	材 料 名 稱	電 話	備 註
50	力有有限公司	木絲水泥板	(05)2324425	▲
51	中菱建材工業股份有限公司	木絲水泥板	(02)3617261	* ▲
52	順華工業股份有限公司	木絲水泥板	(037)921665	▲
53	永記造漆工業股份有限公司	耐熱漆	(07)8713181	▲
54	柏林股份有限公司	耐熱漆	(07)8711101	▲
55	三石保溫耐火材料廠股份有限公司	岩棉保溫材	(02)8912678	▲

■ 國外生產隔熱材料廠商名錄

註“*”為參與本次研究計畫廠商

編號	公司名稱	材料名稱	產地	電話	備註
1	加百列工程有限公司	BASF 百適 PS 板 styrodur 3000N	德國	(02)5057580	*
2	拔熱實業股份有限公司	拔熱太空金屬箔 (PARSEC)	美國	(02)7667136	*
3	起亞有限公司	玻璃纖維棉、板	日本	(02)7363312	
4	巨大實業股份有限公司	玻璃棉、毯、鋁箔紙	韓國	(02)7050321	
5	建台豐有限公司	舒泰龍PS隔熱板	美國	(02)5060611	*
6	偉伯有限公司	鋁箔	紐西蘭	(02)5925171	*
7	大禹實業有限公司	PS隔熱板	韓國	(02)7312967	*
8	來福工業有限公司	Damstark 高密度, EPS,PS 隔熱板	西德	(02)7312744	



屋頂防水隔熱指南

內政部建築研究所籌備處
中華民國建築師公會全國聯合會

目錄

前言

壹 如何避免房子漏水？

- 一、介紹常用的屋頂防水材料 3
- 二、選擇合適的防水材料 7
- 三、防水材料優、缺點比較表 9
- 四、選擇合格的廠商施工 10
- 五、完成後應注意維護事項 11

貳 房子漏水了怎麼辦？

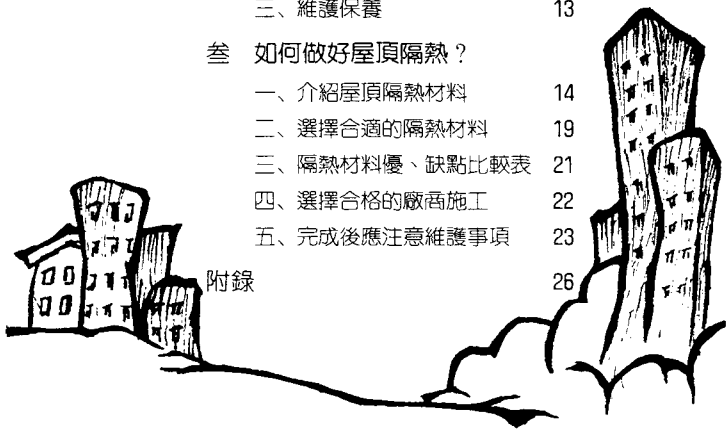
- 一、尋找原因及解決的方法 13
- 二、覓工修復 13
- 三、維護保養 13

參 如何做好屋頂隔熱？

- 一、介紹屋頂隔熱材料 14
- 二、選擇合適的隔熱材料 19
- 三、隔熱材料優、缺點比較表 21
- 四、選擇合格的廠商施工 22
- 五、完成後應注意維護事項 23

附錄

26





1

前言

您為房子漏水而苦惱嗎？您的房子熱得像蒸籠嗎？房子的屋頂、地下室、外牆等與室外環境接觸的地方均有漏水的可能，浴室也是另一個常見的漏水來源。根據統計，大部分的漏水都產生在屋頂；另外，室內的熱亦多半來自於屋頂，所以屋頂在防水、隔熱對策中佔極重要的地位，影響我們日常生活的舒適、便利至鉅。現在，讓本手冊介紹您屋頂防水和隔熱的基本常識吧！



壹 如何避免房子漏水？

一、首先在此介紹幾種台灣常用的屋頂防水材料：

1. 防水劑拌合水泥砂漿——防水劑、防水乳膠等，拌合水泥砂漿。（圖 1-1, 1-2）
2. 柏油油毛氈——附砂瀝青油毛氈、網狀瀝青油毛氈、伸縮瀝青油毛氈、開孔瀝青油毛氈、特殊瀝青油毛氈等。（圖 2-1, 2-2）
3. 薄片防水毯——橡膠薄片防水毯、塑膠薄片防水毯、瀝青樹脂薄片防水毯。（圖 3-1, 3-2, 3-3）
4. 塗膜防水膠——橡膠地瀝青防水膠、PU 防水膠等。（圖 4-1, 4-2, 4-3）



圖1-1 防水材料：防水劑拌合水泥砂漿

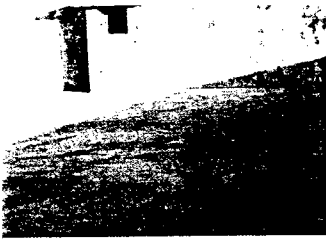


圖1-2 防水劑拌合水泥砂漿完成實例

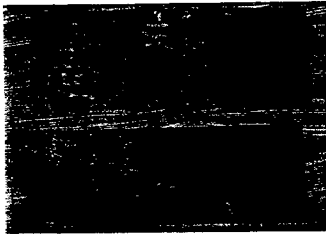


圖2-1 防水材料：柏油油毛氈



圖2-2 柏油油毛氈完成實例

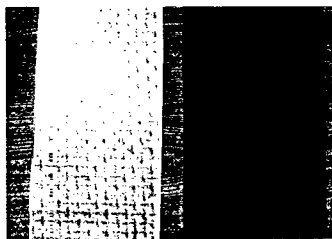


圖3-1 防水材料:橡膠薄片防水毯



圖3-2 防水材料:塑膠薄片防水毯

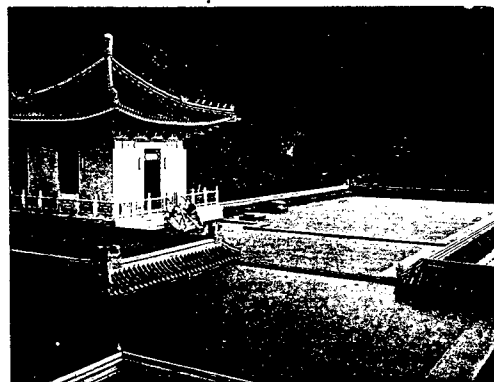


圖3-3 薄片防水毯
完成實例

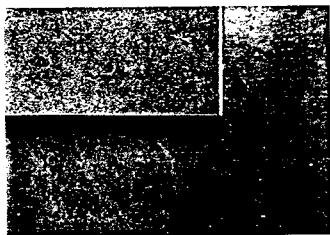


圖4-1 防水材料：PU防水膠

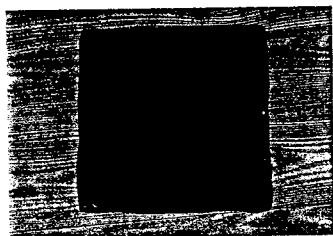


圖4-2 防水材料：橡膠地氈青防水膠

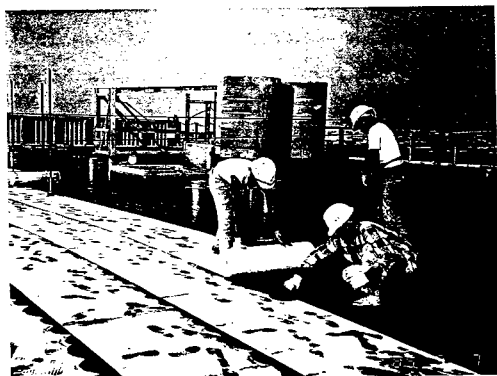
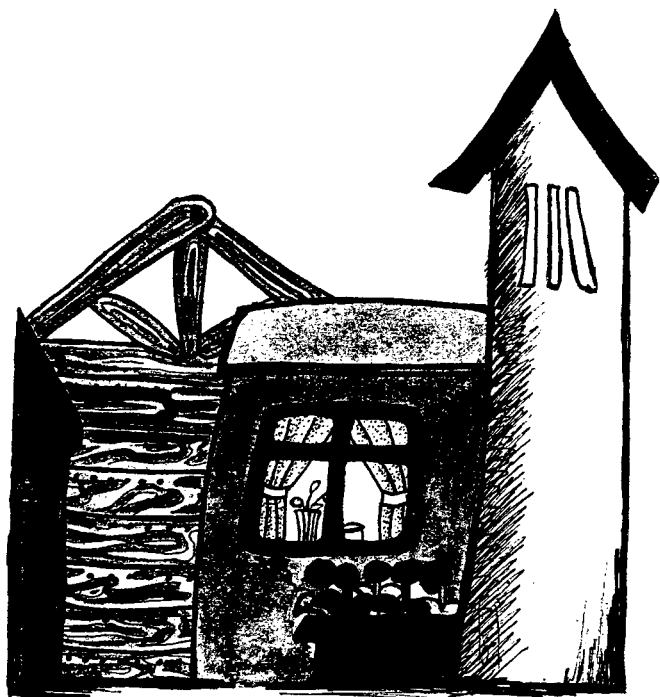


圖4-3 橡膠地氈青
防水膠施工中（不織布
夾層）

二、知道了防水材料後，您可根據您的屋頂型式和構造，選擇合適的防水材料。（請參考右表）



7

■屋頂型式構造適用防水材料表

屋頂型式	屋頂構造	適用防水材料
斜 面 屋 頂	鋼筋混凝土造	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯 • 塗膜式防水膠 (註 1) • 柏油油毛氈 (五、七、九皮) (註 1)
	鋼架構造	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯 (註 1) • 柏油油毛氈 (註 2)
	木架構架	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯 (註 2) • 柏油油毛氈 (註 2)
平 面 屋 頂	鋼筋混凝土造	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯 • 塗膜式防水膠 • 柏油油毛氈 (五、七、九皮) • 防水劑加水泥砂漿
曲 線 屋 頂	鋼筋混凝土造	<ul style="list-style-type: none"> • 薄片防水毯

註 1：面層斜度在 15° 以上時，則防水膠（柏油）會有下垂現象，影響施工品質。

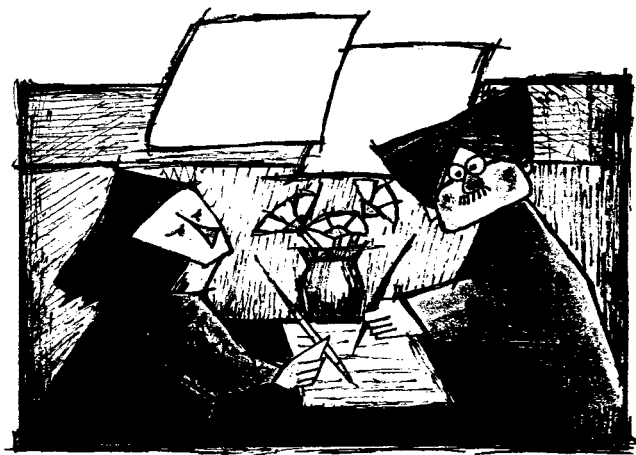
註 2：應視屋面使用何種板材，而決定是否鋪設（如板材為防水材料，則可免鋪設）。

三、防水材料優、缺點比較表

防水材料	優點	缺點
防水劑 加水泥 砂漿	<ul style="list-style-type: none"> • 價格低廉。 • 施工較為簡便。 	<ul style="list-style-type: none"> • 防水層易產生龜裂。 • 施工人員技術之差異造成防水性不良。
柏油 油毛氈	<ul style="list-style-type: none"> • 價格較低，取材容易。 • 施工之失誤較少、較簡便。 	<ul style="list-style-type: none"> • 有引發火災之危險。 • 於複雜部位處理困難。 • 高溫時，瀝青融化流動。 • 低溫時易脆化、老化。 • 缺乏彈性。
薄片 防水毯	<ul style="list-style-type: none"> • 對被水面之龜裂追蹤性較好。 • 耐藥品性高。 • 完成面之表面處理較為潔淨。 • 表面層強度佳，可作為輕步行用途。 	<ul style="list-style-type: none"> • 接著部位易造成不完全密著的情形。
塗膜 防水膠	<ul style="list-style-type: none"> • 複雜部位之施工極容易。 • 耐藥品性高。 • 一體成形，無接縫。 	<ul style="list-style-type: none"> • 塗膜之厚度較難控制。 • 主劑與硬化劑混合比例及拌合程度必須控制。 • 被防水面必須處理至一分平順。 • 天候會影響施工。

四、有了這些基本觀念後，您可選擇合格的廠商確實按照標準責任施工：

1. 合格的廠商是經政府核可，有開業及營業證書者。
2. 在施工前應簽訂合約，要求廠商保證期間及附詳細正確的施工方法、程序及材料規格。（參閱附錄一）
3. 儘可能督促廠商按照標準施工。

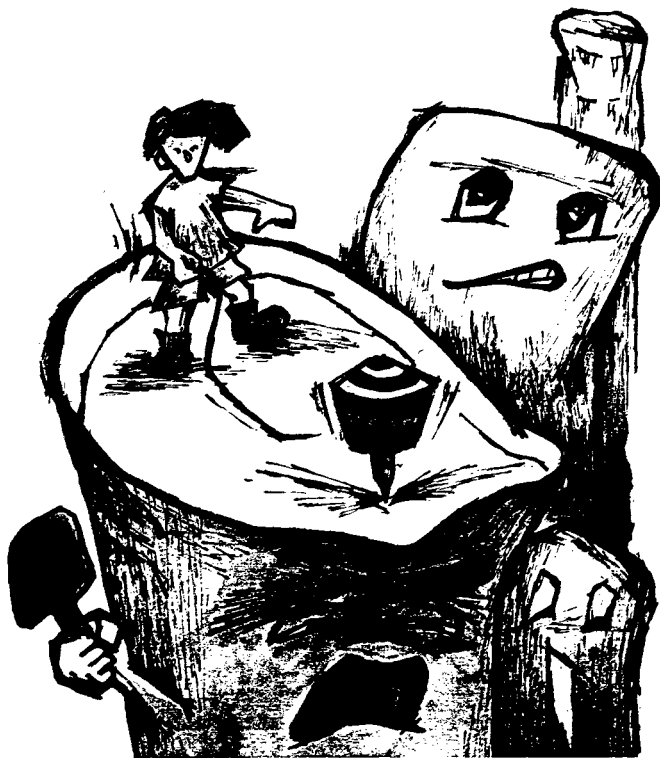


五、完成後應注意維護事項：

防水材料	維護注意事項
防水劑加水泥砂漿	<ul style="list-style-type: none"> ①不可用尖銳的器具鑽孔重擊面層。 ②避免在防水層上過度使用。 ③如在面層植栽應注意排洩水。 ④每月查看防水層使用狀況。 ⑤屋頂之落水頭與平坦部位等，必須每月清掃幾次。 ⑥防水層局部破壞時，應儘快進行維修，避免擴大。 ⑦面層作其他用途使用(居住)時應於防水面上再作防護層。
柏油油毛氈	<ul style="list-style-type: none"> ①同上第①②④⑤⑥項。 ②不可在面層上引火燃燒。 ③不可在面層上植栽。 ④於防水層面上作必要隔熱層。
薄片防水毯	<ul style="list-style-type: none"> ①同上第①②④⑤⑥項。 ②不可在面層上引火燃燒。 ③面層植栽應注意排洩水。
塗膜防水膠	<ul style="list-style-type: none"> ①同上第①②④⑤⑥項。 ②不可在面層上引火燃燒。 ③不可在面層上植栽。 ④於防水層面上作必要隔熱層。

——不可用尖銳的器具及重物破壞防水層

——避免過度使用而破壞防水層



貳 房子漏水了怎麼辦？

一、尋找原因及解決方法

漏水的原因很多，有因結構或材料龜裂所引起的，也有因施工不良、使用不當所引起的，有時也很難僅憑表面狀況判定何處漏水，保險的辦法還是委請專家協助解決。

目前可諮詢的專業單位有：

1. 原興建之投資公司
2. 各地建築師公會（附錄二）
3. 消費者基金會（附錄三）
4. 合格的廠商



二、覓工修復

知道了漏水的原因與解決方法後，即可尋找可靠的專業廠商修復（參照壹之三）。

三、維護保養（參照壹之五）。

叁 如何做好屋頂隔熱？

一、首先應了解目前台灣常用的屋頂隔熱材料：

1. 隔熱磚——保麗龍、PU隔熱磚、五脚隔熱磚。（圖 1-1, 1-2）
2. 輕質混凝土——泡沫、蛭石、煤渣混凝土。（圖 2-1, 2-2）
3. 發泡隔熱板——發泡 PU、PE、PS、PA 隔熱板、輕石板等。（圖 3-1, 3-2, 3-3）
4. 木絲水泥板（鑽泥板）。（圖 4-1, 4-2）
5. 玻璃纖維棉、鋁箔、太空金屬箔等。（圖 5-1, 5-2, 5-3）

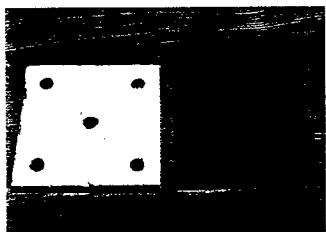


圖1-1 隔熱材料：隔熱磚

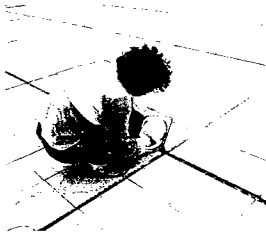


圖1-2 隔熱磚施工中

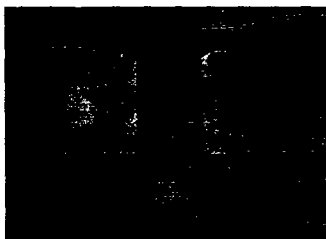


圖2-1 隔熱材料:泡沫混凝土



圖2-2 泡沫混凝土
施工中

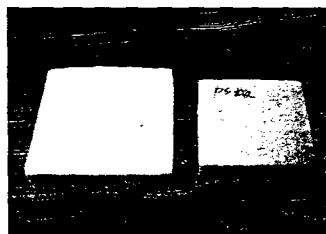


圖3-1 隔熱材料:PS 板(發泡隔熱板之一)

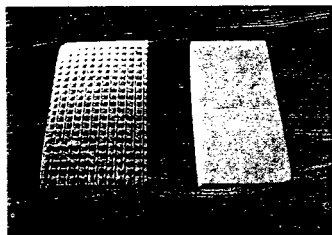


圖3-2 隔熱材料:PA合成板 (發泡隔熱板之一)



圖3-3 隔熱材料:輕石板 (發泡隔熱板之一)

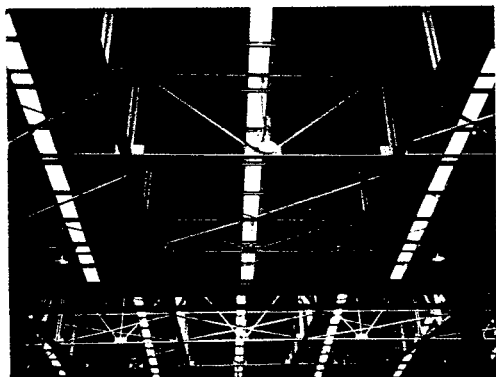


圖3-4 輕石板完成實例

16



圖3-5 PS板完成實例

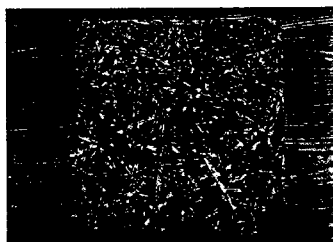


圖4-1 隔熱材料：木絲水泥板



圖4-2 木絲水泥板完成樣品

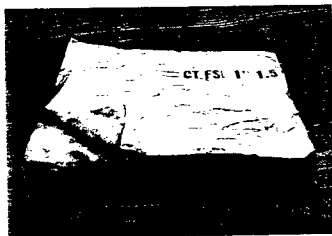


圖5-1 隔熱材料:玻璃纖維棉加鋁箔

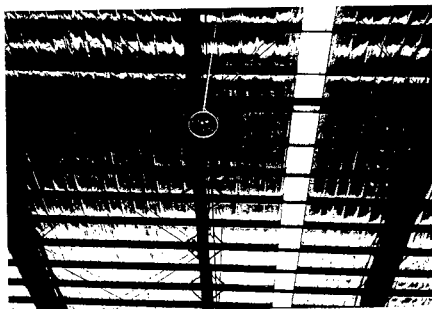


圖5-2 玻璃纖維棉加鋁箔
完成實例

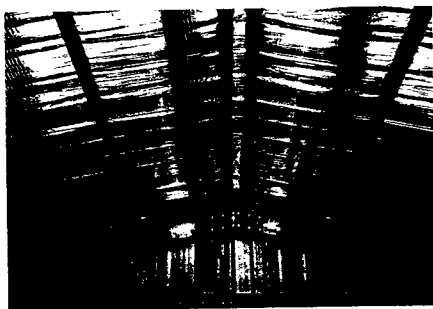
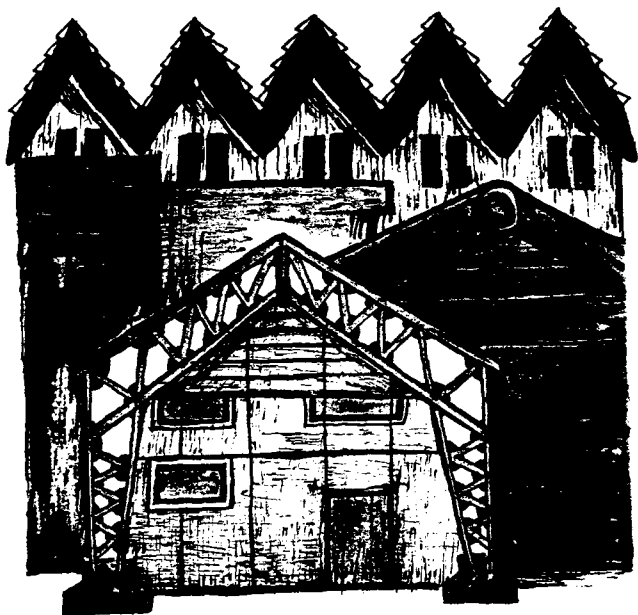


圖5-3 玻璃纖維棉加鋁箔
完成實例

二、知道了隔熱材料，您可依據屋頂的
型式和構造選擇合適的隔熱材料。
(請參考右表)



19

■屋頂型式構造適用隔熱材料表

屋頂型式	屋頂構造	適用隔熱材料
斜 面 屋 頂	鋼筋混凝土造	<ul style="list-style-type: none"> • 玻璃纖維棉、(岩棉)天花板材
	鋼架構造	<ul style="list-style-type: none"> • 發泡隔熱板 • 玻璃纖維棉鋁箔氈 • 木絲水泥板(鑽泥板)
	木架構造	<ul style="list-style-type: none"> • 發泡隔熱板 • 玻璃纖維棉鋁箔氈 • 木絲水泥板(鑽泥板)
平面屋頂	鋼筋混凝土造	<ul style="list-style-type: none"> • 輕質混凝土 • 隔熱磚 • 發泡隔熱板
曲線屋頂	鋼筋混凝土造	<ul style="list-style-type: none"> • 玻璃纖維棉、(岩棉)天花板材

三、隔熱材料優、缺點比較表

隔熱材料	優點	缺點
隔熱磚	<ul style="list-style-type: none"> • 除具隔熱效果外，還具保護層之效果。 • 表層略有凹凸仍可施工。 	<ul style="list-style-type: none"> • 易受雨水侵蝕，隔熱效果減低。 • 重量較大。
輕質混凝土	<ul style="list-style-type: none"> • 整體完成無接縫，複雜部位亦可處理。 	<ul style="list-style-type: none"> • 濕式施工，速度較慢。 • 屋面重量較大。
發泡隔熱板	<ul style="list-style-type: none"> • 板材具裝潢美化之效果。 • 施工方便、質輕。 • 耐久性佳，具吸音效果。 • 不易吸水。 	<ul style="list-style-type: none"> • 複雜部位較難施工。 • 板材間存有間隙。
木絲水泥板	<ul style="list-style-type: none"> • 吸音、隔音佳。 • 防火性佳。 	<ul style="list-style-type: none"> • 質重施工不便，易腐爛發霉。 • 複雜部位難施工。 • 板材間仍有間隙。
玻璃纖維鋁箔	<ul style="list-style-type: none"> • 具低蓄熱性外，可配合空氣層隔熱。 • 具吸音效果。 • 施工方便、質輕。 • 鋁箔反射率高。 	<ul style="list-style-type: none"> • 表面易結露、易破。 • 鋁箔氧化後反射效果漸失。 • 玻璃棉對人體有害，含水後易生霉。

四、有了這些基本觀念後，您可選擇合格的廠商確實按照標準責任施工：

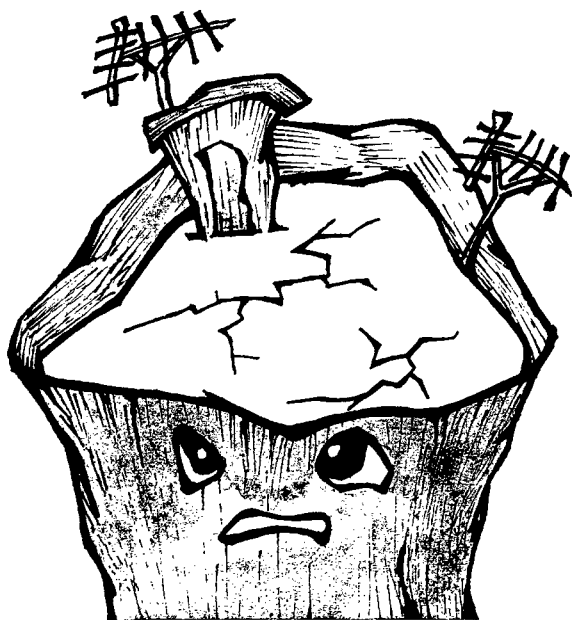
1. 合格的廠商是經政府核可有開業或營業證書者。
2. 在施工前應簽訂合約，要求廠商保證期間及附詳細正確的施工方法、程序及材料規格。（參閱附錄一）
3. 督促廠商按照標準施工。
4. 避免有毒性的隔熱材料。
5. 考慮材料的防火性及耐燃性。

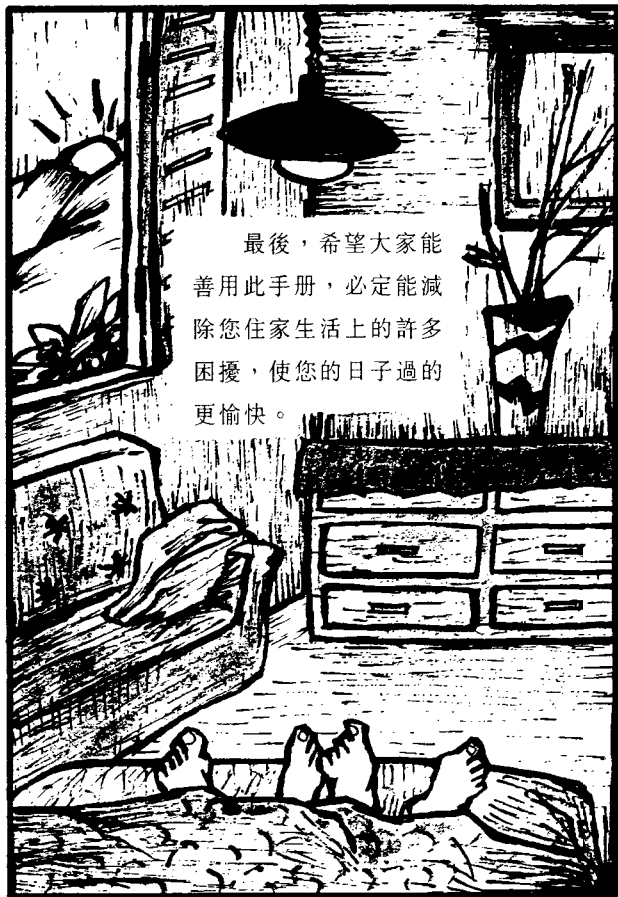


五、完成後應注意維護事項：

隔熱材料	維護注意事項
隔熱磚	<ul style="list-style-type: none"> ①不可用尖銳的器具及重物破壞隔熱層。 ②避免過度使用而破壞。 ③伸縮縫若有損壞，應嵌補、密實。 ④隔熱磚若有損壞，應儘速修換。 ⑤每月定期檢查使用狀況及清除表面附著積塵。
輕質混凝土	<ul style="list-style-type: none"> ①同上第①②③⑤項。 ②表面若有損壞，應儘速修補。
發泡隔熱板	<ul style="list-style-type: none"> ①同上第①⑤項。 ②不可在面層引火燃燒。
木絲水泥板	<ul style="list-style-type: none"> ①同上第①④⑤項。 ②表面若有損壞，應儘速修補。
玻璃纖維棉加鋁箔	<ul style="list-style-type: none"> ①不可用尖銳的器具破壞隔熱層。 ②不可在面層引火燃燒。 ③表面若有損壞，應予修補避免鳥類築巢。 ④若有積水現象，應速排除檢漏，避免受潮發霉，影響隔熱效果。 ⑤每月應定期檢查隔熱層使用狀況。

- 每月定期檢查隔熱層使用狀況及清除表面
附著積塵
- 避免過度使用而破壞隔熱層





最後，希望大家能
善用此手冊，必定能減
除您住家生活上的許多
困擾，使您的日子過的
更愉快。

附錄一：工程合約書內容

- 一、使用材料品名(具有正字標記產品)、規格、施工項目、數量、單價、總價及付款方式等。
- 二、施工說明書應敘述工程施工計劃程序圖說、施工期限、逾期罰則，配合事項及完工後測漏檢查(時間至少四十八小時以上)等事項。
- 三、保固證明書應敘明保固事項，期限(至少五年以上)及責任歸屬等。

附錄二：各地建築師公會之聯絡電話

單位名稱	電 話	單位名稱	電 話
省公會辦公室	04-2202101-2 2267806-7	雲林縣辦事處	055-322493
台北市聯絡處	02-7295590	嘉義縣辦事處	05-2273528
高雄市聯絡處	07-2515101 2515102	台南縣辦事處	06-6325969 6357950
宜蘭縣辦事處	039-323942	台南市辦事處	06-2220321 2200579
基隆市辦事處	032-228980	高雄縣辦事處	07-7467224 7468489
台北縣辦事處	02-9682144 9682145	屏東縣辦事處	08-7326714 7326715
桃園縣辦事處	03-3377127 3377128	花東辦事處	038-226054
新竹縣辦事處	035-228805 228297	台東辦公室	089-336088
苗栗縣辦事處	037-321784	台北市建築師公會	5634908 02-5634913 5634916 5634957

台中縣辦事處	045-264783	高雄市建築師公會	07-2512101 2512102
南投縣辦事處	049-223262	中華民國建築師公會全國聯合會	02-7589841
台中市辦事處	2221991 04-2245203 2260434	中華民國建築師雜誌社	02-7589841
彰化縣辦事處	047-226014		

附錄三：消費者基金會連絡電話(02)700-1234

註：本手冊資料係由「台灣地區建築物屋頂防水隔熱材料使用現況研究」報告中節錄而來。讀者若想對台灣地區此類問題做更深入之研究及了解，請向內政部建築研究所洽詢。

附錄 4 防水隔熱材料中國國家標準資料摘錄表

項次	總號	類號	標準名稱	制定日期	修正日期(次數)
1	926	A2028	油毛紙	46.10.30	72.12.13(5)
2	1050	A3026	油毛紙檢驗法	48.09.07	72.07.11(2)
3	2535	K1132	泡沫聚苯乙烯隔熱材料	54.09.24	
4	2536	K6224	泡沫聚苯乙烯隔熱材料檢驗法	54.09.24	
5	3763	A2047	建築用水泥防水劑	64.05.07	67.03.02
6	3764	A3060	建築用水泥防水劑檢驗法	64.05.07	67.03.02
7	6986	A2091	建築防水用聚胺酯	70.03.04	71.06.17
8	7159	K3051	建築物防水用聚氯乙稀軟質膠布	70.03.18	75.08.04(2)
9	7160	K6642	建築物防水用聚氯乙稀軟質膠布	70.03.18	75.08.04(2)
10	7331	A2103	硬質泡沫橡膠隔熱材料檢驗法	70.05.27	
11	7332	A3121	隔熱材料之導熱係數測定法 (平板比較法)	70.05.27	
12	7333	A3122	隔熱材料之導熱係數測定法 (平板直接法)	70.05.27	
13	7774	A2108	硬質聚胺基甲酸泡沫塑膠 隔熱材料	70.08.20	
14	8641	A2129	屋頂防水用塗膜材料 (丙烯酸酯橡膠類)	71.04.22	77.01.29
15	8643	A2131	屋頂防水用塗膜材料 (丙烯酸樹脂類)	71.04.22	77.01.29
16	8642	A2130	屋頂防水用塗膜材料 (氯丁二烯橡膠類)	71.04.22	77.01.29
17	8644	A2132	屋頂防水用塗膜材料 (橡膠地氈青類)	71.04.22	77.01.29
18	8645	A3145	建築防水用塗膜材料檢驗法	71.04.22	77.01.29

項次	總號	類號	標準名稱	制定日期	修正日期(次數)
19	9911	01027	隔熱軟質纖維板	72.01.12	
20	9912	02054	隔熱軟質纖維板檢驗法	72.01.12	
21	9960	A3177	住宅用隔熱材料之隔熱性能試驗法	72.02.11	
22	10487	A2165	聚乙烯泡沫塑膠隔熱材料	72.08.10	77.05.12
23	10143	A2152	建築物防水用合成高分子膠布	72.04.13	
24	10144	A3182	建築物防水用合成高分子膠布試驗法	72.04.13	
25	10145	A2153	建築物防水用基布及他物積層之合成高分子膠布	72.04.13	
26	10146	A3183	建築物防水用基布及他物積層之合成高分子膠布檢驗法	72.04.13	
27	10408	A2157	牛毛氈	72.07.11	78.02.22
28	10409	A3189	牛毛氈檢驗法	72.07.11	78.02.22
29	10410	A2158	油毛氈	72.07.11	73.01.14
30	10411	A3190	油毛氈檢驗法	72.07.11	
31	10412	A2159	附砂油毛氈	72.07.11	78.02.22
32	10413	A3191	附砂油毛氈檢驗法	72.07.11	78.02.22
33	10414	A2160	織物油毛氈	72.07.11	78.03.10
34	10415	A3192	織物油毛氈檢驗法	72.07.11	78.03.10
35	10416	A2161	抗拉油毛氈	72.07.11	78.02.22
36	10417	A3193	抗拉油毛氈檢驗法	72.07.11	78.02.22
37	10418	A2162	穿孔油毛氈	72.07.11	78.02.22
38	10419	A3194	穿孔油毛氈檢驗法	72.07.11	78.02.22

Standard Building Code

CHAPTER 7

FIRE PROTECTION REQUIREMENTS

706 ROOF COVERINGS

706.1 General

Roof coverings shall be divided into the classes defined below, whose use within the Fire District shall be governed by the requirements of 302.2.4. All Class A, B and C roof coverings shall be tested in accordance with ASTM E 108. In addition, fire retardant treated wood roof coverings shall be tested in accordance with ASTM D 2898. All roof coverings shall be installed in accordance with the SBCCI Standard for the Installation of Roof Coverings or other approved nationally recognized standards.

706.2 Class A Roof Coverings

Class A roof coverings shall include brick, concrete, slate, tile, corrugated asbestos cement or assemblies listed and identified as Class A by an approved testing agency.

706.3 Class B Roof Coverings

Class B roof coverings shall include corrugated steel sheets, galvanized steel sheets, galvanized steel shingles, sheet copper galvanized iron or assemblies listed and identified as Class B by an approved testing agency.

706.4 Class C Roof Coverings

Class C roof coverings shall include the assemblies listed and identified as Class C by an approved testing agency.

706.5 Requirements For Roofs Outside Fire District

Roofs on buildings outside the Fire District, as established in Chapter 3, shall have Class A, Class B or Class C roof coverings, as specified herein. Wood shingles or shakes may be used as provided in 706.6. Private detached garages, carports and farm buildings as defined in 504 are not regulated by this section.

706.6 Wood Shingles And Shakes

706.6.1 Outside the Fire District, buildings three stories or less in height or 9000 sq ft (for allowable area increases see 402.3 for horizontal separation modifications) in area and located not less than 6 ft from the property line

Standard Building Code/1988

may be roofed with wood shingles or shakes or No. 1 and No. 2 Southern Yellow Pine taper sawn shakes with a minimum butt thickness of 11/16 inch and 1/2 inch respectively and preservative treated in accordance with AWPB Standard LP-2 and LP-3, securely fastened with rust resistant nails.

EXCEPTION: Assemblies listed and identified as Class B by an approved testing agency may be used as permitted by the Class B rating.

706.6.2 Wood shingles and shakes may be applied to roofs with solid or spaced sheathing boards. Sheathing boards shall be not less than 1x4 spaced not more than 4 inches clear between boards for shingles and 18-inch shakes. Sheathing boards for 24-inch shakes shall be not less than 1x6 spaced not more than 4 1/2 inches clear between boards. Shingles and shakes shall be applied in accordance with recommendations of the Red Cedar Shingle and Handsplit Shake Bureau, and the exposures in Table 706.

**TABLE 706
WEATHER EXPOSURE AND ROOF PITCH**

Roofing Material	Length (in)	Grade	Exposure (in)	
			3:12 pitch (minimum) to < 4:12	4:12 pitch (minimum) and steeper
Shingles	16	No. 1	3 3/4	5
		No. 2	3 1/2	4
		No. 3	3	3 1/2
	18	No. 1	4 1/4	5 1/2
		No. 2	4	4 1/2
		No. 3	3 1/2	4
	24	No. 1	5 3/4	7 1/2
		No. 2	5 1/2	6 1/2
		No. 3	5	5 1/2
Shakes	18	—	Not Permitted	8
	24			10 ¹

1. For 24 x 3/8 inch handsplit shakes, the maximum exposure is 7 1/2 inches for roof pitches of 4:12 and steeper only.

706.7 Weather Protection

Roof coverings shall provide weather protection for the building at the roof.

706.8 Flashing

Flashing shall be placed around openings and extensions of mechanical appliances or equipment through the roof and otherwise as necessary to provide adequate drainage.

717 FOAM PLASTIC INSULATION

717.1 General

717.1.1 The provisions of this section shall govern the requirements and uses of foam plastic insulation in all buildings and structures regardless of type of construction.

717.1.2 Except where otherwise provided in this section, all foam plastics or foam plastic cores in manufactured assemblies used in building construction shall have a flamespread rating of not more than 75 and shall have a smoke developed rating of not more than 450 when tested in the maximum thickness intended for use in accordance with ASTM E 84.

717.1.3 Foam plastic, except where otherwise provided shall be separated from the interior of a building by an approved thermal barrier of 1/2-inch gypsum wallboard or equivalent thermal barrier material which will limit the average temperature rise of the unexposed surface to not more than 250°F after 15 minutes of fire exposure complying with the ASTM E 119 standard time-temperature curve. This equivalency may be determined through the use of the "Small Scale Horizontal Exposure Furnace" of Underwriters Laboratories Inc.

717.1.4 The thermal barrier shall be installed in such a manner that it will remain in place for the duration of the particular test used, either the procedures outlined in UL 1715 or FM 4880 or UL 1040, and meet the acceptance criteria thereof.

717.1.5 All packages and containers of foam plastic and foam plastic ingredients shall bear the label of an approved agency showing either the flamespread rating and smoke developed rating of the product at the thickness tested or the use for which the product has been listed.

717.2 Specific Requirements

717.2.1 The following requirements shall apply to all uses of foam plastic unless specifically approved in 717.3 or by other sections of this Code.

717.2.2 Masonry or concrete construction. Foam plastics may be used without the thermal barrier described above when the foam plastic is protected by a minimum of 1-inch thickness of masonry or concrete.

717.2.3 Cold Storage Construction. Foam plastic, when tested in a thickness of 4 inches may be used in a thickness up to 10 inches when the building is equipped with an approved automatic fire suppression system. The approved automatic fire suppression system shall be provided in both the room and that part of the building in which the room is located. When exterior walls of a cold storage building are required to be constructed of noncombustible materials and the building is more than one story in height, the exterior wall shall also comply with the provisions of 717.2.5.2.

717.2.4 Walk-in coolers. Foam plastics having a maximum flamespread of 75 may be used up to 4 inches thick in freestanding walk-in coolers or freezer units with an aggregate area not exceeding 400 sq ft in floor area

without a thermal barrier and without an automatic fire suppression system when the foam plastic is covered by a metal facing not less than 0.032-inch thick aluminum or corrosion-resistant steel having a minimum base metal thickness of 0.016 inch. When protected by a thermal barrier, the foam plastic may be used in a thickness up to 10 inches.

717.2.5 Exterior Walls. Exterior walls in buildings of fire resistant or noncombustible construction.

717.2.5.1 One story buildings: Foam plastic insulation having a flame spread of 25 or less may be used without thermal barriers in or on walls in a thickness of not more than 4 inches when the foam plastic is covered by a thickness of not less than 0.032-inch aluminum or corrosion resistant steel having a base metal thickness of 0.0160 inch and the insulated area is protected with automatic sprinklers.

717.2.5.2 Multistory buildings:

1. Where walls face a street or permanent open space of 30 ft or more, foam plastic insulation may be used in a nonfire rated exterior wall assembly. Where a separation of less than 30 ft exists, foam plastic may be used within exterior walls, provided the wall assembly affords the required fire resistance.
2. Any foam plastic insulation shall be separated from the building interior by a thermal barrier meeting the provisions of 717.1 unless a specific approval is obtained on the basis of 717.3.
3. The potential heat of foam plastic in any portion of the wall or panel shall not exceed 6000 Btu/sq ft of projected area as determined by tests conducted in accordance with NFPA 259.
4. The foam plastic core, coatings and facings shall have a flamespread rating of 25 or less and a smoke developed rating of 450 or less as determined in accordance with ASTM E 84.
5. Results of diversified or full scale fire tests reflecting an end use configuration shall be submitted to the Building Official demonstrating the assembly in its final form does not propagate flame over the surface or through the core when exposed on the exterior face to a fire source.

717.2.5.3 Marking of Foam Plastic. The edge or face of each piece of foam plastic insulation shall bear the label of an approved agency. The label shall contain the manufacturer's or distributor's identification, model number, serial number or definitive information describing the product or materials performance characteristics and approved agency's identification.

717.2.6 Veneer. The limitations contained within Chapter 26 dealing with veneer materials do not apply to this section.

717.2.7 Roofing. Foam plastic may be used in a roof covering assembly without the thermal barrier when the foam is separated from the interior of the building by plywood sheathing not less than 15/32-inch thick bonded with exterior glue, with edge supported by blocking, tongue-and-groove joints or other approved type of edge support, or an equivalent material. Foam plastic roof insulation which complies with Factory Mutual 4450 or UL 1256 need not meet the requirements of 717.1. For all roof applications, the smoke developed rating shall not be limited.

Standard Building Code/1988

717.2.8 Attics and Crawl Spaces. Within an attic or crawl space where entry is made only for service of utilities, foam plastics shall be protected against ignition by 1 1/2-inch thick mineral fiber insulation, 1/4-inch thick plywood, 1/4-inch particleboard, 1/4-inch hardboard, 3/8-inch gypsum wallboard, corrosion-resistant steel having a base metal thickness of 0.016 inch, or other approved material installed in such a manner that the foam plastic is not exposed. The protective covering shall be consistent with the requirements for the type of construction.

717.2.9 Doors. Where doors are permitted without a fire resistance rating, foam plastic having a flamespread rating of 75 or less may be used as a core material when the door facing is metal having a minimum thickness of 0.032-inch aluminum or sheet steel having a minimum thickness of 0.016 inch. The thermal barrier requirement is waived.

EXCEPTION: In one and two family dwellings, foam filled exterior entrance doors not requiring a fire resistance rating may be faced with wood.

717.2.10 Siding backer board. Foam plastic of not more than 2000 Btu/sq ft as determined by NFPA 259 may be used as siding backer board with a maximum thickness of 1/2 inch, provided it is separated from the interior of the building by not less than 2 inches of mineral fiber insulation or equivalent in lieu of the thermal barrier or when applied as insulation with residing over existing wall construction.

717.2.11 Interior Trim. Foam plastic trim, defined as picture molds, chair rails, baseboards and handrails, ceiling beams, door trim and window trim, may be used provided:

1. The minimum density is 20 lb/cu ft.
2. The maximum thickness of the trim is 1/2 inch and the maximum width is 4 inches.
3. The trim constitutes no more than 10% of the area of any wall or ceiling.
4. The flamespread rating does not exceed 75 when tested per ASTM E 84. The smoke developed rating is not limited.

717.3 Special Approval

717.3.1 Plastic foam, having a flamespread rating of not more than 75 and a smoke developed rating of not more than 450, not meeting the requirements of Sections 717.1 and 717.2 may be specifically approved on the basis of approved tests such as, but not limited to, a tunnel test in accordance with ASTM E 84, FM 4880, UL 1040, UL 1715, ASTM E 152 or fire tests related to actual end use configuration. The specific approval may be based on the end use, quantity, location and similar consideration where such tests would not be applicable or practical.

717.3.2 Foam plastics which are used as interior finish shall also meet the flamespread requirements for interior finish.

719 THERMAL INSULATING MATERIALS

719.1 General

Insulating materials, including vapor barriers, breather papers, and similar coverings, shall comply with the requirements of this section. Where a flamespread rating or a smoke developed rating is specified in this section, such rating shall be determined in accordance with the ASTM E 84. Any material which is subject to an increase in flamespread rating or smoke developed rating beyond the limits herein established through the effects of age, moisture, or other atmospheric conditions, shall not be permitted.

719.2 Concealed Installation

719.2.1 Insulating materials, when concealed as installed, in buildings of any type construction, shall have a flamespread rating of not more than 75 and a smoke developed rating of not more than 450.

719.2.2 When such materials are installed in concealed spaces in buildings of Type III, Type V or Type VI construction, the flamespread and smoke developed limitations do not apply to facings, provided that the facing is installed in contact with the unexposed surface of the ceiling, wall or floor finish.

719.3 Exposed Installation

Insulating materials when exposed as installed in buildings of any type construction shall have a flamespread rating of not more than 25 and a smoke developed rating of not more than 450.

719.4 Roof Insulation

The use of combustible roof insulation not complying with 719.2 or 719.3 shall be permitted in any type construction provided it is covered with approved roof coverings directly applied thereto.

719.5 Duct Insulation

Duct linings and coverings shall conform to the appropriate requirements of the Standard Mechanical Code.

719.6 Foam Plastics

Foam plastics shall comply to 717.

719.7 Cellulose Fiber Thermal Insulation

Cellulose fiber thermal insulation shall be tested in accordance with and shall comply with the requirements of CPSC Standard 16 CFR, Parts 1209 and 1404. Each package of such insulating material shall be clearly labeled as meeting the requirements of the CPSC Standard.

CHAPTER 16

CONCRETE CONSTRUCTION

1605 FORMWORK, EMBEDDED PIPES, AND CONSTRUCTION JOINTS

1605.1 Design Of Formwork

1605.1.1 Forms shall result in a final structure that conforms to shapes, lines, and dimensions of the members as required by the design drawings and specifications.

1605.1.2 Forms shall be substantial and sufficiently tight to prevent leakage of mortar.

1605.1.3 Forms shall be properly braced or tied together to maintain position and shape.

1605.1.4 Forms and their supports shall be designed so as not to damage the previously placed structure.

1605.1.5 Design of formwork shall include consideration of the following factors:

1. Rate and method of placing concrete,
2. Construction loads, including vertical, horizontal, and impact loads, and
3. Special form requirements for construction of shells, folded plates, domes, architectural concrete, or similar types of elements.

1605.1.6 Forms for prestressed concrete members shall be designed and constructed to permit movement of the member without damage during application of prestressing force.

1605.2 Removal Of Forms And Shores

1605.2.1 No construction loads shall be supported on, nor any shoring removed from, any part of the structure under construction except when that portion of the structure in combination with remaining forming and shoring system has sufficient strength to support safely its weight and loads placed thereon.

1605.2.1.1 Sufficient strength shall be demonstrated by structural analysis considering proposed loads, strength of forming and shoring system, and concrete strength data. Concrete strength data may be based on tests of field-cured cylinders or, when approved by the Building Official, on other procedures to evaluate concrete strength. Structural analysis and concrete strength test data shall be furnished to the Building Official when so required.

1605.2.2 No construction loads exceeding the combination of superimposed dead load plus specified live load shall be supported on any unshored portion of the structure under construction, unless analysis indicates adequate strength to support such additional loads.

1605.2.3 Forms shall be removed in such manner as not to impair safety and serviceability of the structure. All concrete to be exposed by form removal shall have sufficient strength not to be damaged thereby.

1605.2.4 Form supports for prestressed concrete members may be removed when sufficient prestressing has been applied to enable prestressed members to carry their dead load and anticipated construction loads.

1605.3 Conduits And Pipes Embedded In Concrete

1605.3.1 Conduits, pipes and sleeves of any material not harmful to concrete and within limitations of 1605.3 may be embedded in concrete with approval of the Engineer, provided they are not considered to replace structurally the displaced concrete, except as provided in 1605.3.6.

1605.3.2 Conduits and pipes of aluminum shall not be embedded in structural concrete unless effectively coated or covered to prevent aluminum-concrete reaction or electrolytic action between aluminum and steel.

1605.3.3 Conduits, pipes, and sleeves passing through a slab, wall, or beam shall not impair significantly the strength of the construction.

1605.3.4 Conduits and pipes, with their fittings, embedded within a column shall not displace more than 4% of the area of cross section on which strength is calculated or which is required for fire protection.

1605.3.5 Except when plans for conduits and pipes are approved by the Engineer, conduits and pipes embedded within a slab, wall or beam (other than those merely passing through) shall satisfy the following:

1. They shall not be larger in outside dimension than one-third the overall thickness of slab, wall, or beam in which they are embedded.
2. They shall not be spaced closer than three diameters or widths on center.
3. They shall not impair significantly the strength of the construction.

1605.3.6 Conduits, pipes, and sleeves may be considered as replacing structurally in compression the displaced concrete provided:

1. They are not exposed to rusting or other deterioration.
2. They are of uncoated or galvanized iron or steel not thinner than standard Schedule 40 steel pipe.
3. They have a nominal inside diameter not over 2 inches and are spaced not less than three diameters on centers.

1605.3.7 In addition to other requirements of 1605.3 pipes that will contain liquid, gas, or vapor may be embedded in structural concrete under the following conditions:

1. Pipes and fittings shall be designed to resist effects of the material, pressure, and temperature to which they will be subjected.
2. Temperature of liquid, gas, or vapor shall not exceed 150° F.
3. Maximum pressure to which any piping or fittings shall be subjected shall not exceed 200 psi above atmospheric pressure.
4. All piping and fittings except as provided in 1605.3.7(5) shall be tested as a unit for leaks before concrete placement. Testing pressure above atmospheric pressure shall be 50% in excess of pressure to which piping and fittings may be subjected, but minimum testing pressure shall not be less than 150 psi above atmospheric pressure. Pressure test shall be held for 4 hours with no drop in pressure except that which may be caused by changes in air temperature.
5. Drain pipes and other piping designed for pressures of not more than 10 psi above atmospheric pressure need not be tested as required in 1605.3.7(4).

6. Pipes carrying liquid, gas, or vapor that is explosive or injurious to health shall again be tested as specified in 1605.3.7.4 after concrete has hardened.
7. No liquid, gas, or vapor, except water not exceeding 90° F nor 50 psi pressure, shall be placed in the pipes until the concrete has attained its design strength.
8. In solid slabs, piping, unless it is for radiant heating or snow melting shall be placed between top and bottom reinforcement.
9. Concrete cover for pipes and fittings shall not be less than 1 1/2 inches for concrete exposed to earth or weather, nor 3/4 inch for concrete not exposed to weather or in contact with ground.
10. Reinforcement with an area of not less than 0.002 times area of concrete section shall be provided normal to piping.
11. Piping shall be so fabricated and installed that cutting, bending or displacement of reinforcement from its proper location will not be required.

1605.4 Construction Joints

1605.4.1 Surface of concrete construction joints shall be cleaned and laitance removed.

1605.4.2 Immediately before new concrete is placed, all construction joints shall be wetted and standing water removed.

1605.4.3 Construction joints shall be so made and located as not to impair the strength of the structure. Provision shall be made for transfer of shear and other forces through construction joints.

1605.4.4 Construction joints in floors shall be located within the middle third of spans of slabs, beams, and girders. Joints in girders shall be offset a minimum distance of two times the width of intersecting beams.

1605.4.5 Beams, girders, or slabs supported by columns or walls shall not be cast or erected until concrete in the vertical support members is no longer plastic.

1605.4.6 Beams, girders, haunches, drop panels and capitals shall be placed monolithically as part of a slab system, unless otherwise shown in design drawings or specifications.

THE BOCA NATIONAL BUILDING CODE

SECTION 914.0 ROOF CONSTRUCTION

914.1 General: Roofs shall be constructed of materials or assemblies of materials designed to afford the fire-resistance rating required by Table 401 as herein modified.

914.2 Stadiums: The roof construction, including beams, trusses, framing, arches and roof decks, enclosing stadiums of Type 1 or Type 2 construction shall be of noncombustible materials without a specified fire-resistance rating or of Type 4 construction.

914.3 Roofs 20 feet or higher: Where every part of the structural framework of roofs in buildings of Type 1 or Type 2 construction is 20 feet (6096 mm) or more above the floor immediately below, omission of all fire protection of the structural members is permitted, including the protection of trusses, roof framing and decking.

914.4 Roof slabs, arches and decking: Where the omission of fire protection from roof trusses, roof framing and decking is permitted, roofs in buildings of Type 1 and Type 2 construction shall be constructed of noncombustible materials without a specified fire-resistance rating, or of Type 4 construction in buildings not over five stories or 65 feet (19812 mm) in height.

914.5 Firestopping: Firestopping of ceiling and attic spaces shall be provided as required by Section 921.0.

SECTION 1110.0 ROOF LOADS

1110.1 General: The structural supports of roofs and marquees shall be designed to resist wind (Section 1112.0) and, where applicable, snow (Section 1111.0) and earthquake loads (Section 1113.0) in addition to the dead load of construction and the appropriate live loads as prescribed in this section, or in Table 1106.

1110.2 Minimum roof loads: Ordinary roofs, either flat, pitched, or curved, shall be designed for the live loads as specified in Table 1110 or the snow load, whichever is greater.

1110.3 Overhanging eaves: In other than buildings of Use Group R-3, and except where the overhang framing is a continuation of the roof framing, overhanging eaves, cornices and other roof projections shall be designed for a minimum uniformly distributed live load of 60 psf (292.92 kg/m²).

1110.4 Ponding: Roofs shall be designed for the maximum possible depth of water that would pond thereon as determined by the relative levels of roof deck and overflow weirs, scuppers, edges or serviceable drains in combination with the deflected structural elements. In determining the maximum possible depth of water, all primary roof drainage means shall be assumed to be blocked.

1110.5 Special purpose roofs: When used for incidental promenade purposes, roofs shall be designed for a minimum live load of 60 psf (292.92 kg/m²); and 100 psf (488.20 kg/m²) when designed for roof gardens or assembly or educational uses.

1110.5.1 Landscaped roofs: Where roofs are to be landscaped, the uniform design live load in the landscaped area shall be 20 psf (97.64 kg/m²). The weight of the landscaping materials shall be considered as dead load and shall be computed on the basis of saturation of the soil.

1110.5.2 Special purpose roofs: Roofs to be used for other special purposes shall be designed for appropriate loads, or as otherwise approved.

Table 1110
MINIMUM ROOF LIVE LOADS
IN POUND-FORCE PER SQUARE FOOT OF HORIZONTAL PROJECTION

Roof slope	Tributary loaded area in square feet ^a for any structural member		
	0 to 200	201 to 600	Over 600
Flat or rise less than 4 inches per foot (1:3) Arch or dome with rise less than 1/8 of span	20	16	12
Rise 4 inches per foot (1:3) to less than 12 inches per foot (1:1) Arch or dome with rise 1/8 of span or less than 3/8 of span	16	14	12
Rise 12 inches per foot (1:1) and greater Arch or dome with rise 3/8 of span or greater	12	12	12

Note a. 1 square foot = 0.093 m²; 1 psf = 4.882 kg/m².

SECTION 1505.0 FORMWORK, EMBEDDED PIPES, AND CONSTRUCTION JOINTS

1505.1 Design of formwork: The design, fabrication and erection of forms shall result in a final structure that conforms to shapes, lines, and dimensions of the members as required by the design drawings and specifications.

1505.1.1 Form strength: Forms shall be substantial and sufficiently tight to prevent leakage of mortar.

1505.1.2 Form bracing: Forms shall be properly braced or tied together to maintain position and shape.

1505.1.3 Form placement: Forms and their supports shall be designed so as not to damage previously placed structure.

1505.2 Removal of forms and shores: Construction loads shall not be supported on, nor any shoring removed from, any part of the structure under construction except when that portion of the structure, in combination with the remaining forming and shoring system, has sufficient strength to support safely its weight and loads placed thereon.

1505.2.1 Structural analysis: Sufficient strength shall be demonstrated by structural analysis considering proposed loads, strength of forming and shoring system, and concrete strength data. Concrete strength data shall be based on tests of field-cured cylinders or, when approved, on other procedures to evaluate concrete strength. Structural analysis and concrete strength test data shall be furnished to the code official when so required.

1505.2.2 Construction loads: Construction loads exceeding the combination of superimposed dead load plus specified live load shall not be supported on any unshored portion of the structure under construction, unless analysis indicates adequate strength to support such additional loads.

1505.2.3 Safety: Forms shall be removed in such manner as not to impair safety and serviceability of the structure. All concrete to be exposed by form removal shall have sufficient strength not to be damaged thereby.

1505.2.4 Prestressed members: Form supports for prestressed concrete members shall not be removed unless sufficient prestressing has been applied to enable prestressed members to carry their dead load and anticipated construction loads.

1505.3 Conduits and pipes embedded in concrete: Where conduits, pipes and sleeves of any material not harmful to concrete and within limitations of this section are embedded in concrete with approval of the engineer, they shall not

be considered to replace structurally the displaced concrete, except as provided in Section 1505.3.5.

1505.3.1 Aluminum conduit and pipe: Conduits and pipes of aluminum shall not be embedded in structural concrete unless effectively coated or covered to prevent aluminum-concrete reaction or electrolytic action between aluminum and steel.

1505.3.2 Structural effect: Conduits, pipes, and sleeves passing through a slab, wall, or beam shall not impair significantly the strength of the construction.

1505.3.3 Columns: Conduits and pipes, with their fittings, embedded within a column shall not displace more than 4 percent of the area of cross section on which strength is calculated or which is required for fire protection.

1505.3.4 Slabs, walls or beams: Except when plans for conduits and pipes are approved by the engineer and the code official, conduits and pipes embedded within a slab, wall or beam (other than those merely passing through) shall satisfy the following:

1. They shall not be larger in outside dimension than one-third the overall thickness of slab, wall, or beam in which they are embedded.
2. They shall not be spaced closer than three diameters or widths on center.
3. They shall not impair significantly the strength of the construction.

1505.3.5 Displaced concrete: Conduits, pipes, and sleeves shall not be considered as replacing structurally in compression the displaced concrete unless:

1. They are not exposed to rusting or other deterioration.
2. They are of uncoated or galvanized iron or steel not thinner than standard Schedule 40 steel pipe.
3. They have a nominal inside diameter not over 2 inches and are spaced not less than three diameters on center.

1505.3.6 Additional considerations: In addition to other requirements of Section 1505.3, pipes that will contain liquid, gas or vapor which are embedded in structural concrete shall conform to the following conditions:

1. Pipes and fittings shall be designed to resist effects of the material, pressure, and temperature to which they will be subjected.
2. Temperature of liquid, gas, or vapor shall not exceed 150 degrees F. (66 degrees C.).
3. Maximum pressure to which any piping or fittings shall be subjected shall not exceed 200 psi (1379 kPa) above atmospheric pressure.
4. All piping and fittings shall be tested as a unit for leaks before concrete placement. Testing pressure above atmospheric pressure shall be 50 percent in excess of pressure to which piping and fittings will be subjected, but minimum testing pressure shall not be less than 150 psi (1034 kPa) above atmospheric pressure. Pressure test shall be held for 4 hours without a drop in pressure except that caused by changes in air temperature.

Exception: Drain pipes and other piping designed for pressures of not more than 1 psi (7 kPa) above atmospheric pressure need not be tested.

5. Pipes carrying liquid, gas, or vapor that is explosive or injurious to health shall again be tested as specified in Section 1505.3.6, item 4, after concrete has hardened.
6. Liquid, gas, or vapor, except water not exceeding 90 degrees F. (32 degrees C.) or 50 psi (345 kPa) pressure, shall not be placed in the pipes until the concrete has attained its design strength.
7. In solid slabs, piping, unless it is for radiant heating or snow melting, shall be placed between top and bottom reinforcement.
8. Concrete cover for pipes and fittings shall not be less than 1½ inches (38 mm) for concrete exposed to earth or weather, or ¾ inches (19 mm) for concrete not exposed to weather or in contact with ground.
9. Reinforcement with an area of not less than 0.002 times area of concrete section shall be provided normal to piping.
10. Piping shall be fabricated and installed so that cutting, bending or displacement of reinforcement from its proper location will not be required.

1505.4 Construction joints: Construction joints shall be created using the procedures set forth in Sections 1505.4.1 through 1505.4.6.

1505.4.1 Surface cleaning: Surface of concrete construction joints shall be cleaned and laitance removed.

1505.4.2 Preparation of joint: Immediately before new concrete is placed, all construction joints shall be wetted, and standing water shall be removed.

1505.4.3 Effect on strength: Construction joints shall be so made and located as not to impair the strength of the structure. Provisions shall be made for transfer of shear and other forces through construction joints.

1505.4.4 Location of joints: Construction joints in floors shall be located within the middle third of spans of slabs, beams, and girders. Joints in girders shall be offset a minimum distance of two times the width of intersecting beams.

1505.4.5 Support conditions: Beams, girders, or slabs supported by columns or walls shall not be cast or erected until concrete in the vertical support members is no longer plastic.

1505.4.6 Monolithic pours: Beams, girders, haunches, drop panels and capitals shall be placed monolithically as part of a slab system, unless otherwise shown in design drawings or specifications.

ARTICLE 23

ROOFS AND ROOF COVERINGS

SECTION 2300.0 GENERAL

2300.1 Scope: The provisions of this article shall govern the materials, design, construction and quality of roofs and roof coverings. For the definition and requirements of approved light-transmitting plastics, see Section 2001.1.

SECTION 2301.0 FIRE CLASSIFICATION

2301.1 Classification: Roof covering materials shall be classified in accordance with Section 2301.3 when tested in accordance with ASTM E108 listed in Appendix A.

2301.2 Existing roofs: The repair of existing roofs shall comply with the provisions of Section 103.0, but more than 25 percent of the roof covering of any building shall not be replaced in a period of 12 months unless the entire roof covering is made to conform to the requirements for new roofing.

2301.3 Classification of use: Roof coverings shall be classified according to Sections 2301.3.1 through 2301.3.4.

2301.3.1 Class A roof coverings: Class A roof coverings are those which are effective against severe fire test exposure. Class A roof coverings shall include the following: masonry, concrete, slate, tile, cement-asbestos or assemblies listed and identified as Class A by an approved testing agency. Class A roof coverings shall be permitted for use in buildings or structures of all types of construction.

2301.3.2 Class B roof coverings: Class B roof coverings are those which are effective against moderate fire test exposure. Class B roof coverings shall include metal sheets and shingles or assemblies listed and identified as Class B by an approved testing agency. Class B roof coverings shall be permitted as the minimum for use in buildings or structures of Type I construction.

2301.3.3 Class C roof coverings: Class C roof coverings are those which are effective against light fire test exposure. Class C roof coverings shall include assemblies listed and identified as Class C by an approved testing agency. Class C roof coverings shall be permitted as the minimum for use in buildings or structures of Types 2, 3, 4 and 5A construction.

2301.3.4 Nonclassified roof coverings: Nonclassified roof coverings shall not be permitted.

Exceptions

1. Buildings and structures of Type 5B construction with a fire separation distance of not less than 30 feet (9144 mm) from the leading edge of the roof.
2. Detached buildings of Use Group R-3, and accessory buildings thereto, which have a fire separation distance of not less than 6 feet (1829 mm) from the leading edge of the roof.

2301.4 Roof insulation: The use of cork, fiber board and other combustible roof insulation shall be permitted, provided it is covered with approved roof coverings directly applied thereto (see Section 2002.3.4).

2301.5 Grounding of metal roofs: Whenever, because of hazard resulting from electrical equipment or apparatus located thereon, or because of proximity to power lines, or for any other reason, it is deemed necessary by the code official, metal roofs shall be grounded by bonding together each course or strip. The bonding conductor or conductors shall be extended to and attached in an approved manner to the grounding electrode used to ground the electrical system within the building on which such metal roofing is applied. The conductors used to bond courses or strips of metal roofing together, or any conductor extended for grounding to the grounding electrode, shall not have greater resistance than the conductor used to ground the electrical system within the building.

2301.5.1 Alternative methods of grounding metal roofing: Alternative methods of grounding metal roofing shall not be used unless they are at least equal in performance to the methods described herein and are approved.

SECTION 2302.0 WOOD SHINGLES

2302.1 General: Wood shingles, handsplit shakes and taper-sawn shakes used for roof covering where permitted in Section 2301.0 shall comply with the RCSHSB *Grading Rules for Certigrade Red Cedar Shingles* or the TFS *Grading Rules for Pressure Treated Southern Pine Taper-Sawn Shakes* listed in Appendix A, and shall be installed on tight decking or on spaced roof boards.

2302.2 Reroofing: Not more than one overlay of wood shakes shall be applied over an existing asphalt shingle or wood shingle roof. One layer of 18-inch (457 mm) Type 30 felt shall be interlaced between each layer of shakes.

2302.3 Application over shakes: New roof covering shall not be applied over an existing shake roof.

SECTION 2303.0 ASPHALT SHINGLES

2303.1 General: Asphalt shingle roofs with a slope of four units vertical in 12 units horizontal (4:12) or more shall have an underlay consisting of one layer

of Type 15 asphalt-saturated felt, adequately attached. Where January daily average temperature is 25 degrees F. (-4 degrees C.) or less, or where there is possibility of ice forming along the eaves and causing a backup of water, an eaves flashing strip of mineral surfaced roll roofing shall be applied to extend to a point 12 inches (305 mm) minimum inside the interior wall line of the building. Asphalt shingles laid shall not be installed on slopes below 4:12 to as low as 2:12 unless the shingles are laid with double coverage, are approved self-sealing shingles or are hand-sealed and are installed with an underlayment consisting of two layers of Type 15 felt applied shingle fashion. In areas where the January daily average temperature is 25 degrees F. (-4 degrees C.) or less, or where there is a possibility of ice forming along the eaves and causing a backup of water, the two layers of felt shall be cemented together from the eaves up the roof to overlie a point 24 inches (610 mm) inside the interior wall line of the building.

2303.2 Reroofing: Not more than two overlays of asphalt shingles shall be applied over an existing asphalt shingle roof. Not more than two overlays of asphalt shingles shall be applied over wood shingles. Asphalt shingles applied over wood shingles shall have an underlay of not less than Type 30 nonperforated felt.

SECTION 2304.0 FLASHINGS

2304.1 General: Flashings shall be installed at the intersection of chimneys or other masonry construction with frame or stucco walls, with projecting lips on both sides under stucco copings; under and at the ends of masonry, wood or metal copings and sills; continuously above all projecting wood trim; at wall and roof intersections; built-in gutters; at junctions of chimneys and roofs; and in all roof valleys and around all roof openings.

SECTION 2305.0 FASTENING

2305.1 General: All roof coverings shall be securely nailed with aluminum, copper, zinc, zinc-coated or other approved corrosion-resistive nails in accordance with the nailing schedule in Appendix C or the approved manufacturer's recommendations. Wood shingles or shakes shall not be applied over fiber board shingle backer or fiber board sheathing unless the installation is in accordance with the approved manufacturer's recommendations and the shingles or shakes are attached with approved corrosion-resistive annular grooved nails. Where wood shingles or shakes or asbestos shingles or siding are nailed directly to nail base fiber board sheathing not less than 1/2-inch nominal thickness, approved corrosion-resistive annular grooved nails shall be used and the installation shall be in accordance with the approved manufacturer's recommendations.

SECTION 2306.0 LIGHT-TRANSMITTING PLASTIC ROOF PANELS

2306.1 General: Approved light-transmitting plastic roof panels shall not be installed in buildings of Use Groups H, I-2 and I-3. In all other uses, approved

light-transmitting plastic roof panels shall not be installed unless one of the following conditions applies:

1. The building is equipped throughout with an approved automatic fire suppression system;
2. The roof construction is not required to have a fire-resistance rating by Table 401; or
3. The roof panels meet the requirements for roof coverings.

2306.2 Separations: Individual roof panels shall be separated from each other by a distance of not less than 4 feet (1219 mm) measured in a horizontal plane, except that the separation between roof panels is not required in a building equipped throughout with an approved automatic fire suppression system.

2306.3 Location: Where exterior wall openings are required to be fire-resistance rated by Section 907.0, a roof panel or unit shall not be installed within 6 feet (1829 mm) of such exterior wall.

2306.4 Area limitations: Roof panels or units shall be limited in area and the aggregate area of panels shall be limited by a percentage of the floor area of the room or space sheltered in accordance with Table 2306.

Exceptions

1. The area limitations of Table 2306 shall be increased 100 percent in buildings equipped throughout with an approved automatic fire suppression system.
2. Low hazard use buildings such as swimming pool shelters and greenhouses are exempt from the area limitations of Table 2306 provided the buildings do not exceed 5,000 square feet (465 m²) in area and have a minimum fire separation distance of 4 feet (1219 mm).
3. Roof coverings over terraces and patios of buildings of Use Group R-3 are exempt from the area limitations of Table 2306 and shall be permitted with approved plastics.

Table 2306
AREA LIMITATIONS FOR ROOF PANELS

Class of plastic	Maximum area individual unit of panel (sq. ft.)	Maximum aggregate area (% of floor area)
C1	300	30
C2	100	25

Note a. 1 square foot = 0.093 m².

ARTICLE 31

ENERGY CONSERVATION

SECTION 3100.0 GENERAL

3100.1 Scope: The provisions of this article regulate the design and construction of the exterior envelope and selection of HVAC, service water heating, electrical distribution and illuminating systems and equipment required for the purpose of effective use of energy, and shall govern all buildings or structures, or portions thereof, hereafter erected that provide facilities or shelter for human occupancy.

Exceptions

1. Buildings or structures, or portions thereof, which are neither heated nor cooled.
2. Buildings or structures, or portions thereof, whose peak design rate of energy usage is less than 1 Watt per square foot (10.75 W/m^2) or 3.4 Btu per hour per square foot (10.75 W/m^2) of floor area for all purposes.
3. Buildings of Use Groups F and U whose peak design rate of annual energy usage is less than 29,784 Btu per square foot (94 kW/m^2) or 8.76 kW hours per square foot (94 kW/m^2) of floor area.
4. Buildings and structures shall comply with this code or with the CABO *Model Energy Code* listed in Appendix A.

3100.2 Other standards: Compliance with the applicable provisions of ASH-RAE 90A or 90B listed in Appendix A shall be deemed to meet the requirements of this article, unless otherwise specifically provided herein.

SECTION 3101.0 PLANS AND SPECIFICATIONS

3101.1 General: Plans, specifications and necessary computations shall be submitted to indicate conformance with this section and other applicable sections of this code, and the mechanical and plumbing codes listed in Appendix A.

3101.2 Details: The plans and specifications shall show in sufficient detail all pertinent data and features of the building and the equipment and systems as herein governed, including but not limited to exterior envelope, component materials, U values of the respective elements including insulation, R values of insulating materials, size and type of apparatus and equipment, equipment

and system controls and other pertinent data to indicate conformance with the requirements herein.

SECTION 3102.0 EXTERIOR ENVELOPE REQUIREMENTS

3102.1 General: The intent of this section is to provide minimum requirements for exterior envelope construction in the interest of energy conservation. Calculation and measurement procedures and information contained in ASHRAE 90A listed in Appendix A shall be used, except where otherwise noted, to determine conformance with the requirements herein.

In addition to the criteria set forth in this article, the proposed design is permitted to include consideration of the thermal mass of the building with regard to energy conservation.

3102.1.1 Thermal performance: All buildings and structures that are heated or mechanically cooled shall be constructed so as to provide the required thermal performance of the various components.

The required thermal transmittance values U_o of any one component, such as roof/ceiling, wall or floor shall be increased and the U_o values for other components decreased when it is shown that the overall heat gain or loss for the entire building envelope does not exceed the total resulting from conformance to the required U_o values.

3102.1.2 Different requirements: A building that is designed to be both heated and cooled shall meet the more stringent of the heating or cooling requirements for the exterior envelope as provided in this section when requirements differ.

3102.1.3 Exterior walls: For the purpose of this article, the gross area of exterior walls consists of all opaque wall areas, including foundation walls above grade, peripheral edges of floors, window areas including sash, and door areas, where such surfaces are exposed to outdoor air and enclose a heated or mechanically cooled space.

3102.1.4 Roof assembly: For the purpose of this article, a roof assembly shall be considered as all components of the roof/ceiling envelope through which heat flows, thereby creating a building transmission heat loss or gain, where such assembly is exposed to outdoor air and encloses a heated or mechanically cooled space.

3102.1.4.1 Gross roof area: The gross area of a roof assembly consists of the total interior surface of such assembly, including skylights, exposed to the heated or mechanically cooled space.

3102.1.4.2 Ceiling plenums: Where air-ceiling plenums are employed, the roof/ceiling assembly shall for thermal transmittance purposes not include the ceiling proper nor the plenum space as part of the assembly and for gross area purposes shall be based upon the interior face of the upper plenum surface.

3102.2 Criteria for residential buildings: The requirements herein shall apply

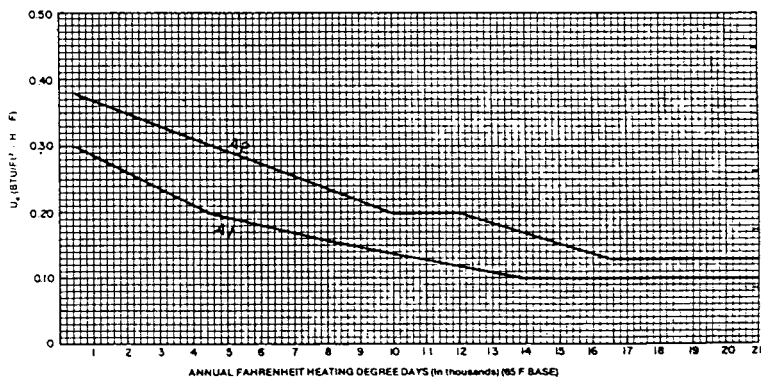
to all buildings or structures or portions thereof of Use Group R that are heated or mechanically cooled when not more than three stories in height.

3102.2.1 Walls: The gross area of exterior walls above grade, including foundation walls, shall have a combined thermal transmittance (U_o) value not exceeding those specified in Figure 3102.2.1a.

Exceptions

1. In locations with less than 500 heating degree days, there shall not be a maximum U_o requirement if only heating is provided and the U_o shall be 0.30 maximum for Type A1 and 0.38 maximum for Type A2 buildings as described in Figure 3102.2.1a if the building is mechanically cooled.
2. Where the opaque exterior wall areas are constructed having thermal transmittance U_w values in conjunction with glazed openings areas in accordance with Figures 3102.2.1b and 3102.2.1c.

Figure 3102.2.1a
MAXIMUM ALLOWABLE U_o VALUES
FOR GROSS EXTERIOR WALL ASSEMBLIES^a



Note a. Line A1 inside graph denotes detached one- and two-family dwellings and Line A2 inside graph denotes all other residential buildings not more than three stories in height.

3102.2.2 Roof/ceiling: The roof/ceiling assemblies shall have a combined thermal transmittance value U_o as specified in Figure 3102.2.2.

Exceptions

1. The maximum U_o value for roof/ceiling assemblies in which the finished interior surface is essentially the underside of the roof deck shall be 0.08 for any heating degree day area.

2. Where domed skylights are used, the domed skylight area is exempt from the roof/ceiling U_o value computation, provided all the following conditions are met.
 - a. The area of the domed skylights does not exceed 10 percent of the roof/ceiling area.
 - b. Double-domed units are used when heating degree days exceed 2,500.
 - c. Curbs are insulated to a U_o value of 0.21 maximum.
 - d. The infiltration coefficient of the skylight units does not exceed 0.05 Btu per hour per square foot per degree F. ($0.28 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$).
 - e. If domed skylights exceed 10 percent of the roof/ceiling area, energy balance calculations made in accordance with AAMA Standard 1602.1 listed in Appendix A shall be used to calculate the percentage of skylights permitted.

Figure 3102.2.1b
SINGLE GLAZED OPENINGS

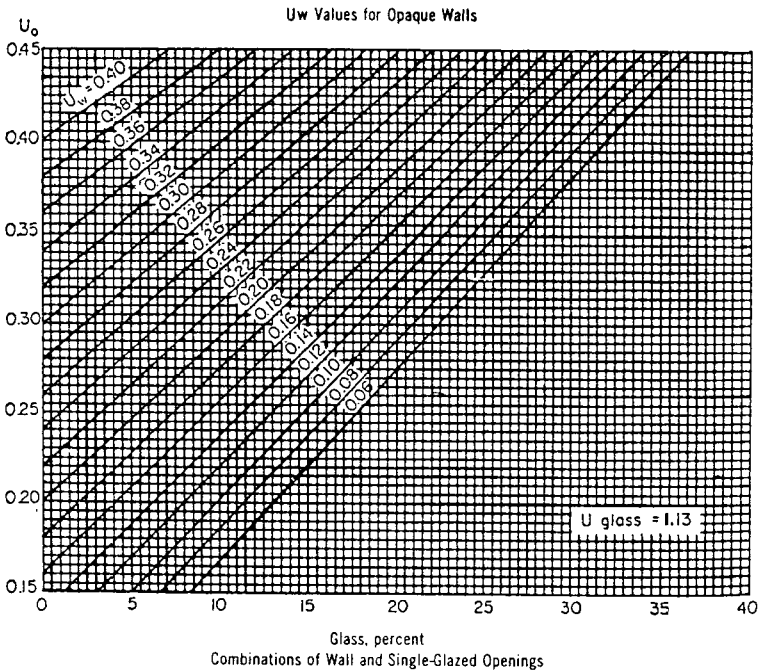
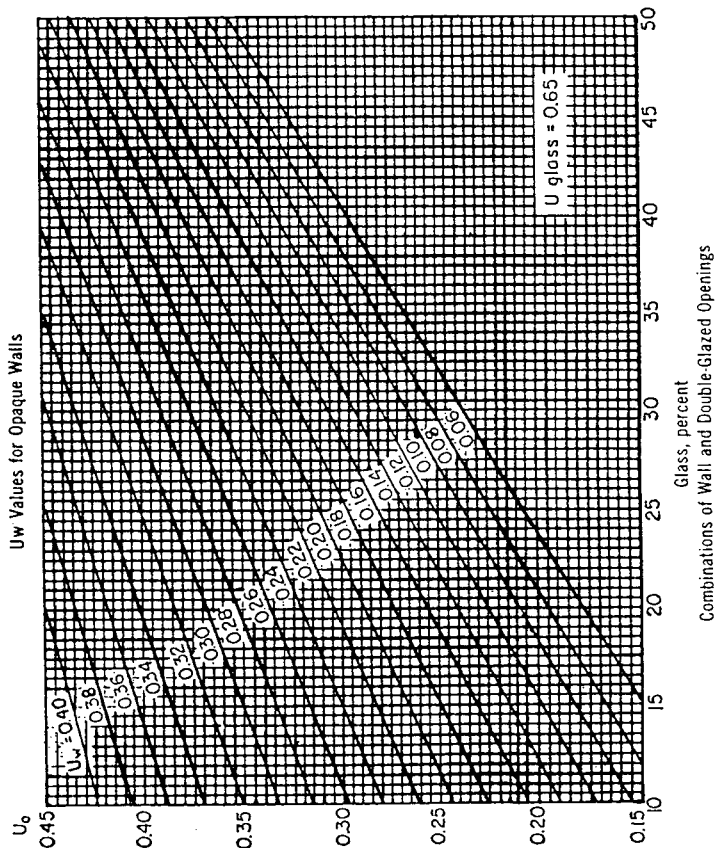


Figure 3102.2.1c
DOUBLE GLAZED OPENINGS



3102.2.3 Floors over unheated spaces: The floor of a heated or mechanically cooled space located over an unheated space shall have a combined thermal transmittance value U_o as specified in Figure 3102.2.3. For floors over outdoor air, such as overhangs, the U_o value shall meet the same requirements as for roofs in Section 3102.2.2.

3102.2.4 Slab-on-grade floors: For slab-on-grade floors, the perimeter of the

floor shall be insulated with a material having a thermal resistance value R not less than those specified in Figure 3102.2.4. The insulation shall extend downward from the top of the slab for a minimum distance of 24 inches (610 mm), or downward to the bottom of the slab then horizontally beneath the slab for a minimum total distance of 24 inches (610 mm).

Exception: Insulation is not required for heated slabs in locations having less than 500 heating degree days or for unheated slabs in locations having less than 2,500 heating degree days.

Figure 3102.2.2
MAXIMUM ALLOWABLE U_o VALUES
FOR ROOF/CEILING ASSEMBLIES

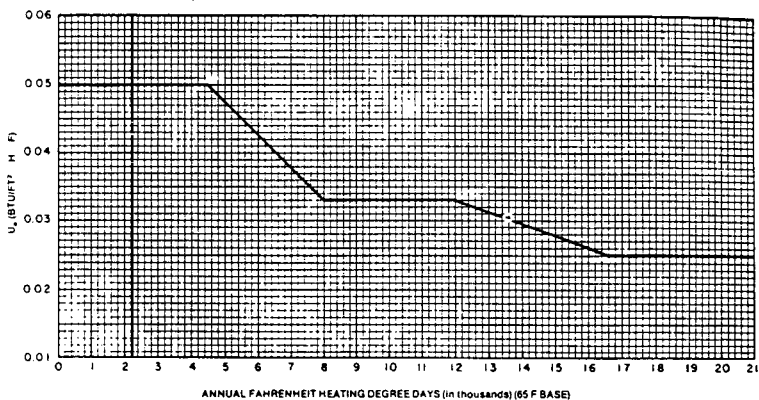
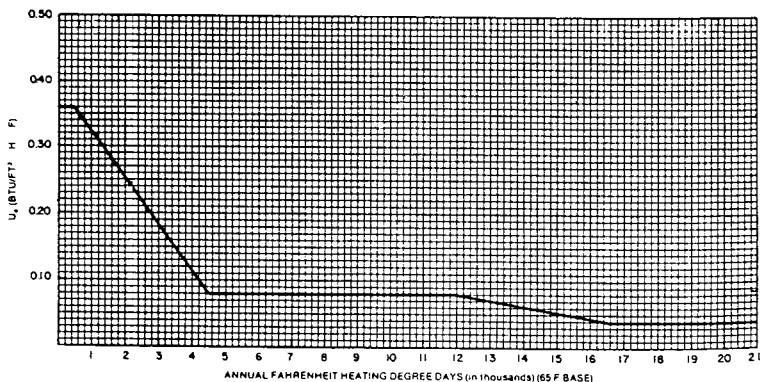


Figure 3102.2.3
MAXIMUM ALLOWABLE U_o VALUES
FOR FLOORS OVER UNHEATED SPACES



Chapter 32

ROOF CONSTRUCTION AND COVERING

General

Sec. 3201. Roofs shall be as specified in this code and as otherwise required by this chapter.

Roof coverings shall be securely fastened to the supporting roof construction and shall provide weather protection for the building at the roof.

Subject to the requirements of this chapter, combustible roof coverings and roof insulation may be used in any type of construction.

Skylights shall be constructed as required in Chapter 34.

Penthouses shall be constructed as required in Chapter 36.

For use of plastics in roofs, see Chapter 52.

For solar energy collectors located above or upon a roof, see Section 1714.

Definitions

Sec. 3202. For purposes of this chapter certain terms are designated as follows:

BASE PLY is one layer of felt secured to the deck over which a built-up roof is applied.

BASE SHEET is a product used as the base ply in a built-up roofing membrane.

BUILT-UP ROOF COVERING is two or more layers of felt cemented together and surfaced with cap sheet, mineral aggregate, smooth coating or similar surfacing material.

CAP SHEET is roofing made of organic or inorganic fibers, saturated and coated on both sides with a bituminous compound, surfaced with mineral granules, mica, talc, ilmenite, inorganic fibers or similar materials.

CEMENTING is solidly mopped application of asphalt, cold liquid asphalt compound, coal tar pitch or other approved cementing material.

COMBINATION SHEET is a glass fiber felt integrally attached to kraft paper.

CORROSION-RESISTANT is any nonferrous metal or any metal having an unbroken surfacing of nonferrous metal, or steel with not less than 10 percent chromium or with not less than 0.20 percent copper.

EQUIVISCIOUS TEMPERATURE (EVT) is the temperature determined by the manufacturer at which the asphalt has a viscosity of 125 centistokes and is considered to be the proper temperature for asphalt applications.

FELT is matted organic or inorganic fibers, saturated or coated with bituminous compound.

FELT, NONBITUMINOUS SATURATED, is a felt for special purpose roofing weighing not less than 12 pounds per 100 square feet, not less than .022 inch in thickness, containing a fire- and water-retardant binder, and reinforced with glass fibers running lengthwise of the sheet not more than 1/4 inch apart.

INTERLAYMENT is a layer of felt or nonbituminous saturated felt not less than 18 inches wide, shingled between each course of roof covering.

INTERLOCKING ROOFING TILES are individual units, typically of clay or concrete, possessing matching ribbed or interlocking vertical side joints that have been designed to restrict lateral movement and water penetration.

METAL ROOFING is metal shingles or sheets for application on solid roof surfaces, and corrugated or otherwise shaped metal sheets or sections for application on roof frameworks or on solid roof surfaces.

ROOF-COVERING CLASSIFICATION is the classification assigned to a roof-covering assembly by Section 3204 or the classification of a covering established by testing in accordance with U.B.C. Standard No. 32-7.

ROOFING PLY is a layer of felt in a built-up roofing membrane.

ROOFING SQUARE is 100 square feet of roofing surface.

ROOFING TILES are units, typically clay or concrete, which comply with U.B.C. Standard No. 32-12.

SPOT CEMENTING is discontinuous application of asphalt, cold liquid asphalt compound, coal tar pitch or other approved cementing material.

UNDERLAYMENT is one or more layers of felt, sheathing paper, nonbituminous saturated felt, or other approved material over which a roofing system is applied.

VAPOR RETARDER is a layer of material or a laminate used to appreciably reduce the flow of water vapor into the roofing system.

WOOD SHAKES are tapered or nontapered pieces of approved durable wood of random widths ranging from 4 inches to 14 inches and of the following four types:

1. Hand-split and resawn: tapered with one sawed and one split face; semisplit: tapered with partially sawn and split faces both sides, 15 inches, 18 inches or 24 inches in length.
2. Taper-split: tapered with both split faces, 24 inches in length.
3. Straight-split: nontapered with both split faces, either 18 inches or 24 inches in length.
4. Taper-sawn: sawn both sides, edges sawn or split. Lengths 24 inches and longer.

Preservative-treated wood shakes are taper-sawn pieces of southern pine wood treated in accordance with U.B.C. Standard No. 25-12 of random widths ranging from 4 inches to 8 inches and lengths of 18 inches.

WOOD SHINGLES are tapered pieces of approved durable wood, sawed both

sides, of random widths ranging from 3 inches to 14 inches and in lengths of 16 inches, 18 inches or 24 inches.

Roof Covering Requirements

Sec. 3203. The roof covering on any structure regulated by this code shall be as specified in Table No. 32-A and as classified in Section 3204.

The roof-covering assembly includes the roofdeck, underlayment, interlayerment, insulation and covering which is assigned a roof-covering classification.

Roof Covering Classification

Sec. 3204. (a) Class A Roof Covering. A Class A roof covering shall be one of the following roofings:

1. Any Class A roofing assembly.
2. Asbestos-cement shingles or sheets.
3. Exposed concrete slab roof.
4. Sheet ferrous or copper roof covering.
5. Slate shingles.
6. Clay or concrete roof tile.

(b) **Class B Roof Covering.** Class B roof shall be any Class B roofing assembly.

(c) **Class C Roof Covering.** Class C shall be any Class C roofing assembly.

(d) **Nonrated Roof Covering.** A nonrated roof covering shall be one of the following roofings:

1. Any mineral aggregate surface built-up roof for application to roofs having a slope of not more than 3 inches in 12 inches applied as specified in Section 3208 (b) 4, consisting of not less than the following:

Roofing Plies

Three layers of felt, and

Surfacing Material

300 pounds per roofing square of gravel or other approved surfacing material, or

250 pounds per roofing square of crushed slag.

2. Wood shingles.
3. Wood shakes.

(e) **Special Purpose Roofs.** 1. **Wood shakes and shingles with nonbituminous saturated felt.** A. **Wood shakes.** Special purpose wood shake roofing shall conform to grading and application requirements of this chapter except that nonbituminous saturated felt is to be substituted for the asphalt felt specified in Section 3208 (b) 10. In addition, the deck shall be constructed of 19/32-inch plywood with exterior glue or 1-inch nominal tongue-and-groove boards overlaid with a layer of approved nonbituminous saturated felt lapped 2 inches on the horizontal and vertical joints. An 18-inch-wide strip of the same felt shall be

shingled in between each course of shakes in such manner that no felt is exposed to the weather.

B. **Wood shingles.** Special purpose wood shingle roofing shall conform to grading and application requirements of this chapter. In addition, the deck, whether of spaced boards or solid, shall be overlaid with a layer of approved nonbituminous saturated felt lapped 2 inches on the horizontal and vertical joints.

2. **Wood shakes or shingles with gypsum board underlayment.** Special purpose wood shake or wood shingle roofing shall conform to the grading and application requirements of this chapter. In addition, an underlayment of 1/2-inch Type X gypsum board shall be placed under 1 5/32-inch plywood solid sheathing or 1-inch nominal spaced sheathing.

Attics: Access, Draft Stops and Ventilation

Sec. 3205. (a) Access. An attic access opening shall be provided in the ceiling of the top floor of buildings with combustible ceiling or roof construction. The opening shall be located in a corridor or hallway of buildings of three or more stories in height and readily accessible in buildings of any height.

The opening shall be not less than 22 inches by 30 inches.

Thirty-inch minimum clear head room shall be provided above the access opening.

Attics with a maximum vertical clear height of less than 30 inches need not be provided with access openings.

(b) **Draft Stops.** Attics, mansards, overhangs and other concealed roof spaces formed of combustible construction shall be draft stopped as specified in Section 2516 (f).

(c) **Ventilation.** Where determined necessary by the building official due to atmospheric or climatic conditions, enclosed attics and enclosed rafter spaces formed where ceilings are applied direct to the underside of roof rafters shall have cross ventilation for each separate space by ventilating openings protected against the entrance of rain and snow. The net free ventilating area shall be not less than 1/150 of the area of the space ventilated, except that the area may be 1/300, provided at least 50 percent of the required ventilating area is provided by ventilators located in the upper portion of the space to be ventilated at least 3 feet above eave or cornice vents with the balance of the required ventilation provided by eave or cornice vents. The openings shall be covered with corrosion-resistant metal mesh with mesh openings of 1/4 inch in dimension.

Smoke and Heat Venting

Sec. 3206. (a) When Required. Smoke and heat vents complying with U.B.C. Standard No. 32-14 or fixed openings shall be installed in accordance with the provisions of this section as follows:

1. In single-story Group B, Divisions 2 and 4 Occupancies having over 50,000 square feet in undivided area.

EXCEPTIONS: 1. Office buildings and retail sales areas where storage does not exceed 12 feet in height.

2. Group B, Division 4 Occupancies used for bulk frozen food storage when the building is protected by a complete automatic sprinkler system.
2. In Group H, Divisions 1, 2, 3, 4 or 5 Occupancies over 15,000 square feet in single floor area.

For requirements on smoke and heat venting in buildings with high-piled combustible stock, see the Fire Code.

(b) **Mixed Occupancies.** Venting facilities shall be installed in buildings of mixed occupancy on the basis of the individual occupancy involved.

(c) **Types of Vents.** Vents shall be fixed in the open position or vents shall be activated by temperature and shall open automatically in the event of fire.

Fixed openings may consist of skylights, or other openings which provide venting directly to exterior above the plane of the main roof in which they are located. Vents shall meet the design criteria of this subsection regarding elevation, and Subsection (e) regarding venting area, dimensions, spacing and venting ratios. The building official may require documentation of the design to assure proper performance of required venting.

Temperature activation of vents shall be at or near the highest elevation of the ceiling and in no case lower than the upper one third of the smoke curtain. Where plain glass is used, provisions shall be made to protect the occupants from glass breakage. In no case shall vents be located closer than 20 feet to an adjacent property line.

(d) **Releasing Devices.** Release devices shall be in accordance with U.B.C. Standard No. 32-14.

(e) **Size and Spacing of Vents.** 1. **Effective venting area.** The effective venting area is the minimum cross-sectional area through which the hot gases must pass en route to atmosphere. The effective venting area shall be not less than 16 square feet with no dimension less than 4 feet, excluding ribs or gutters whose total width does not exceed 6 inches.

2. **Spacing.** The maximum center-to-center spacing between vents within the building shall be:

- A. In Group B Occupancies: 120 feet.
- B. In Group H Occupancies: 100 feet.

3. **Venting ratios.** The following ratios of effective area of vent openings to floor areas shall be:

- A. In Group B Occupancies: 1:100.
- B. In Group H Occupancies: 1:50.

(f) **Curtain Boards.** 1. **General.** Curtain boards shall be provided to subdivide a vented building in accordance with the provisions of this subsection.

2. **Construction.** Curtain boards shall be sheet metal, asbestos board, lath and plaster, gypsum wallboard or other approved materials which provide equivalent performance that will resist the passage of smoke. All joints and connections shall be smoke tight.

3. **Location and depth.** Curtain boards shall extend down from the ceiling for

a minimum depth of 6 feet but need not extend closer than 8 feet to the floor. In Group H Occupancies, the minimum depth shall be 12 feet except that it need not be closer than 8 feet to the floor, provided the curtain is not less than 6 feet in depth.

4. **Spacing.** The distance between curtain boards shall not exceed 250 feet and the curtained area shall be limited to 50,000 square feet. In Group H Occupancies, the distance between curtain boards shall not exceed 100 feet and the curtained area shall be limited to 15,000 square feet.

Roof Drainage

Sec. 3207. (a) General. Roof systems shall be sloped a minimum of 1/4 inch in 12 inches for drainage. See Section 2305 (f).

(b) **Roof Drains.** Unless roofs are sloped to drain over roof edges, roof drains shall be installed at each low point of the roof.

Roof drains shall be sized and discharged in accordance with the Plumbing Code.

(c) **Overflow Drains and Scuppers.** Where roof drains are required, overflow drains having the same size as the roof drains shall be installed with the inlet flow line located 2 inches above the low point of the roof, or overflow scuppers having three times the size of the roof drains may be installed in adjacent parapet walls with the inlet flow line located 2 inches above the low point of the adjacent roof and having a minimum opening height of 4 inches.

Overflow drains shall be connected to drain lines independent from the roof drains.

(d) **Concealed Piping.** Roof drains and overflow drains, when concealed within the construction of the building, shall be installed in accordance with the Plumbing Code.

(e) **Over Public Property.** Roof drainage water from a building shall not be permitted to flow over public property.

EXCEPTION: Groups R, Division 3, and M Occupancies.

Roof Covering Materials and Application

Sec. 3208. (a) General. Roof coverings shall be as specified in this section, and shall be provided as follows:

1. **Materials.** The quality and design of roofing materials and their fastenings shall conform to the applicable standards listed in Chapter 60.

2. **Identification.** All material shall be delivered in packages bearing the manufacturer's label or identifying mark.

Each package of asphalt shingles, mineral surfaced roll roofing, fire-retardant-treated wood shingles and shakes, and built-up roofing ply materials shall bear the label of an approved agency having a service for the inspection of material and finished products during manufacture.

Each bundle of wood shingles, slate shingles and wood shakes shall comply with: U.B.C. Standards Nos. 32-8, 32-10 and 32-11, respectively, and shall bear

the label or identification mark of an approved inspection bureau or agency showing the grade.

Asphalt shall comply with U.B.C. Standard No. 32-2 and shall be delivered in cartons indicating the name of the manufacturer, the flash point and the type of product. Bulk shipments shall be accompanied with the same information issued in the form of a certification or on the bill of lading by the manufacturer. Coal tar pitch shall comply with U.B.C. Standards Nos. 32-1 and 32-2 and bear the manufacturer's name and type. Additional information such as equiviscous temperature (EVT) may be furnished.

(b) **Application.** Application of roof-covering materials shall be in accordance with the following provisions:

1. **Asbestos-cement roofing.** Corrugated asbestos-cement roofing shall be applied in an approved manner.

2. **Asbestos-cement shingles.** Asbestos-cement shingles shall comply with U.B.C. Standard No. 32-9 and shall be installed in an approved manner.

3. **Asphalt shingles.** Asphalt shingles shall comply with U.B.C. Standard No. 32-3. Asphalt shingles shall be fastened according to manufacturer's instructions and Table No. 32-B-1.

4. **Built-up roofs.** Built-up roofing shall be applied in accordance with the manufacturer's instructions and Table Nos. 32-E through G.

5. **Clay or concrete tile.** Tile of clay or concrete shall comply with U.B.C. Standard No. 32-12 and shall be installed in accordance with manufacturer's instructions and Tables Nos. 32-D-1 and 32-D-2.

6. **Metal roofing.** Metal roofing exposed to the weather shall be corrosion resistant.

Corrugated or ribbed steel shall be not less than No. 30 galvanized sheet gauge.

Flat steel sheets shall be not less than No. 30 galvanized sheet gauge. Other ferrous sections or shapes shall be not less than No. 26 galvanized sheet gauge.

Flat nonferrous sheets shall be not less than No. 28 B. & S. gauge. Other nonferrous sections or shapes shall be not less than No. 25 B. & S. gauge.

Corrugated or otherwise shaped sheets or sections shall be designed to support the required live load between supporting members.

Ferrous sheets or sections shall comply with U.B.C. Standards Nos. 27-9 and 32-4. Nonferrous sheets or sections shall comply with U.B.C. Standard No. 32-4.

7. **Metal shingles.** Metal shingles shall be applied in an approved manner. Nonferrous shingles shall be not less than No. 28 B. & S. gauge.

8. **Sheet roofing.** Sheet roofing shall comply with the provisions of U.B.C. Standard No. 32-3 and shall be installed in an approved manner.

9. **Slate shingles.** Slate shingles shall comply with U.B.C. Standard No. 32-10 and shall be installed in an approved manner.

10. **Wood shakes.** Shakes shall comply with U.B.C. Standard No. 32-8 and shall be installed in accordance with Tables Nos. 32-B-1 and 32-B-2.

11. **Wood shingles.** Shingles shall comply with U.B.C. Standard No. 32-11 and shall be installed in accordance with Tables Nos. 32-B-1 and 32-B-2.

(c) **Flashing. 1. Valleys.** Roof valley flashings shall be as in this subsection. Shingle application shall be consistent with applicable Table No. 32-B-1, 32-B-2, 32-D-1 or 32-D-2.

A. Asphalt shingles. The roof valley flashing shall be provided of not less than No. 28 galvanized sheet gauge corrosion-resistant metal, and shall extend at least 8 inches from the center line each way. Sections of flashing shall have an end lap of not less than 4 inches. Alternatively, the valley shall consist of woven asphalt shingles applied in accordance with manufacturer's printed instructions.

In each case, the roof valley flashing shall have a 36-inch-wide underlayment directly under it consisting of one layer of Type 15 felt running the full length of the valley, in addition to the underlayment specified in Table No. 32-B-1. In severe climates, the metal valley flashing underlayment shall be solid cemented to the roof underlayment for slopes under 7 inches in 12 inches.

B. Metal shingles. The roof valley flashing shall be provided of not less than No. 28 galvanized sheet gauge corrosion-resistant metal, which shall extend at least 8 inches from the center line each way and shall have a splash diverter rib not less than $\frac{3}{4}$ inch high at the flow line formed as part of the flashing. Sections of flashing shall have an end lap of not less than 4 inches. The metal valley flashing shall have a 36-inch-wide underlayment directly under it consisting of one layer of Type 15 felt running the full length of the valley, in addition to underlayment required for metal shingles. In severe climates, the metal valley flashing underlayment shall be solid cemented to the roofing underlayment for roof slopes under 7 inches in 12 inches.

C. Asbestos-cement shingles, slate shingles, and clay and concrete tile. The roof valley flashing shall be provided of not less than No. 28 galvanized sheet gauge corrosion-resistant metal, which shall extend at least 11 inches from the center line each way and shall have a splash diverter rib not less than 1 inch high at the flow line formed as part of the flashing. Sections of flashing shall have an end lap of not less than 4 inches. For roof slopes of 3 inches in 12 inches and over, the metal valley flashing shall have a 36-inch-wide underlayment directly under it consisting of one layer of Type 15 felt running the full length of the valley, in addition to the underlayment specified in Tables Nos. 32-D-1 and 32-D-2. In severe climates, the metal valley flashing underlayment shall be solid cemented to the roofing underlayment for slopes under 7 inches in 12 inches.

D. Wood shingles and wood shakes. The roof valley flashing shall be provided of not less than No. 28 galvanized sheet gauge corrosion-resistant metal, which shall extend at least 8 inches from the center line each way for wood shingles and 11 inches from the center line each way for wood shakes. Sections of flashing shall have an overlap of not less than 4 inches. The metal valley flashing shall have a 36-inch-wide underlayment directly under it consisting of one layer of Type 15 felt running the full length of the valley, in addition to underlayment specified in Table No. 32-B-2. In severe climates, the metal valley flashing

underlayment shall be solid cemented to the roofing underlayment for roof slopes under 7 inches in 12 inches.

EXCEPTION: Where local practice indicates satisfactory performance, the building official may permit valley flashing without underlayment.

2. **Other flashing.** At the juncture of the roof and vertical surfaces, flashing and counterflashing shall be provided per roofing manufacturer's instructions, and when of metal, shall be not less than No. 26 gauge corrosion-resistant metal.

(d) **Roof Insulation.** Roof insulation shall be of a rigid type suitable as a base for application of a roof covering. Foam plastic roof insulation shall conform to the requirements of Section 1712. The use of insulation in fire-resistive construction shall comply with Section 4305 (a).

The roof insulation, deck material and roof covering shall meet the fire retardancy requirements of Section 3204 and Table No. 32-A.

Insulation for built-up roofs shall be applied in accordance with Table No. 32-E. For other roofing materials such as shingles or tile, the insulation shall be covered with a suitable nailing base secured to the structure.

TABLE NO. 32-A—MINIMUM ROOF CLASSES

OCCUPANCY	TYPES OF CONSTRUCTION									
	I		II			III		IV	V	
	F.R.	F.R.	1-HR	N	1-HR	N	H.T.	1-HR	N	
A-1	B	B	—	—	—	—	—	—	—	—
A) 2-2-1	B	B	B	—	B	—	B	B	—	—
A-3	B	B	B	B	B ³	B ³	B ³	B ³	B ³	B ³
A-4	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B ³
B) 1-2	B	B	B	B	B ³	B ³	B ³	B ³	B ³	B ³
B) 3-4	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B ³
E	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B ³
H-1	A	A	A	A	B	B	B	B	B	B
H) 2-3-4-5-6-7	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B
I) 1-2	A	B	B	—	B	—	B	B	B	—
I-3	A	B	B ¹	—	B ¹	—	—	—	B ²	—
M	B	B	B	B	NR ⁴	NR ⁴	NR ⁴	NR ⁴	NR ⁴	NR ⁴
R-1	B	B	B	B	B ^{2,3}	B ^{2,3}	B ^{2,3}	B ^{2,3}	B ^{2,3}	B ^{2,3}
R-3	B	B	B	B	NR	NR	NR	NR	NR	NR

¹See Section 1002 (b)

²Nonrated roof coverings may be used on buildings which are not more than two stories in height and have not more than 3000 square feet of projected roof area and there is a minimum of 10 feet from the extremity of the roof to the property line on all sides except for street fronts.

³Buildings which are not more than two stories in height and have not more than 6000 square feet of projected roof area and there is a minimum of 10 feet from the extremity of the roof to the property line or assumed property line on all sides except for street fronts may have Class C roof coverings

A—Class A roofing

B—Class B roofing

C—Class C roofing

NR—Nonrated roof coverings

N—No requirements for fire resistance

F.R.—Fire Resistive

H. T.—Heavy Timber

which comply with U.B.C. Standard No. 32-7 and roofs of cedar or redwood shakes and No. 1 shingles constructed in accordance with Section 3204 (e), Special Purpose Roofs.

*Unless otherwise required because of location as specified in Parts IV and V of this code, Group M, Division 1 roof coverings shall consist of not less than one layer of cap sheet, or built-up roofing consisting of two layers of felt and a surfacing material as specified in Section 3204 (d) 1.

TABLE NO. 32-B-1—SHINGLE APPLICATION

ASPHALT SHINGLES	
NOT PERMITTED BELOW 2:12	
ROOF SLOPE	2:12 to less than 4:12
ROOF SLOPE	4:12 and over
DECK REQUIREMENT	Asphalt shingles shall be fastened to solidly sheathed roofs. Sheathing shall conform to Sections 2516 (i) and 2517 (h) 7.
UNDERLAYMENT Temperate climate	Asphalt strip shingles may be installed on slopes as low as 2 inches in 12 inches, provided the shingles are approved self-sealing or are hand-sealed and are installed with an underlayment consisting of two layers of nonperforated Type 15 felt applied shingle fashion. Starting with an 18-inch-wide sheet and a 36-inch-wide sheet over it at the eaves, each subsequent sheet shall be lapped 19 inches horizontally.
Severe climate: In areas subject to wind-driven snow or roof ice buildup.	Same as for temperate climate, and additionally the two layers shall be solid cemented together with approved cementing material between the plies extending from the eave up the roof to a line 24 inches inside the exterior wall line of the building.
One layer nonperforated Type 15 felt lapped 2 inches horizontally and 4 inches vertically to shed water.	Same as for temperate climate, except that one layer No. 40 coated roofing or coated glass base sheet shall be applied from the eaves to a line 12 inches inside the exterior wall line with all laps cemented together.
ATTACHMENT Type of fasteners	Corrosion-resistant nails, minimum 12-gauge 3/8-inch head, or approved corrosion-resistant staples, minimum 16-gauge 13/16-inch crown width. Fasteners shall comply with the requirements of U.B.C. Standard No. 25-17. Fasteners shall be long enough to penetrate into the sheathing 3/4 inch or through the thickness of the sheathing, whichever is less.
No. of fasteners ¹	4 per 36-40-inch strip 2 per 9-18-inch shingle
Exposure Field of roof Hips and ridges	Per manufacturer's instructions included with packages of shingles. Hip and ridge weather exposures shall not exceed those permitted for the field of the roof.
Method	Per manufacturer's instructions included with packages of shingles.
FLASHING Valleys Other flashing	Per Section 3208 (c) 1 A Per Section 3208 (c) 2

¹Figures shown are for normal application. For special conditions such as mansard application and where roofs are in special wind regions, shingles shall be attached per manufacturer's instructions.

TABLE NO. 32-B-2—SHINGLE OR SHAKE APPLICATION

ROOF SLOPE	WOOD SHINGLES	WOOD SHAKES
	NOT PERMITTED BELOW 3:12	NOT PERMITTED BELOW 4:12 ¹
	See Table No. 32-C	See Table No. 32-C
DECK REQUIREMENT	Shingles and shakes shall be applied to roofs with solid or spaced sheathing. Spaced sheathing for wood roofs shall be spaced not to exceed 6 inches clear nor more than the nominal width of the sheathing board. Sheathing boards shall be not less than 1 inch by 4 inches nominal dimensions. Sheathing shall conform to Sections 2516 (i) and 2517 (h) 7.	
UNDERLAYMENT Temperate climate	No Requirements	One 18-inch-wide interlayment of Type 30 felt shingled between each course in such a manner that no felt is exposed to the weather below the shake butts.
Severe climate: In areas subject to wind-driven snow or roof ice buildup.	Two layers of nonperforated Type 15 felt applied shingle fashion shall be installed and solid cemented together with approved cementing material between the plies extending from the eave up the roof to a line 36 inches inside the exterior wall line of the building.	Sheathing shall be solid and the shakes shall be applied over a layer of nonperforated Type 15 felt applied shingle fashion. Two layers of nonperforated Type 15 felt applied shingle fashion shall be installed and solid cemented together with approved cementing material between the plies extending from the eave up the roof to a line 36 inches inside the exterior wall line of the building.
ATTACHMENT Type of fasteners	Corrosion-resistant nails, minimum No. 14 ¹ / ₂ -gauge ⁷ / ₃₂ -inch head, or corrosion-resistant staples, when approved by the building official. Fasteners shall comply with the requirements of U. B. C. Standard No. 25-17. Fasteners shall be long enough to penetrate into the sheathing ³ / ₄ inch or through the thickness of the sheathing, whichever is less.	Corrosion-resistant nails, minimum No. 13-gauge ⁷ / ₃₂ -inch head, or corrosion-resistant staples, when approved by the building official.
No. of fasteners	2 per shingle	2 per shake
Exposure Field of roof Hips and ridges	Weather exposures shall not exceed those set forth in Table No. 32-C. Hip and ridge weather exposures shall not exceed those permitted for the field of the roof.	
Method	Shingles shall be laid with a side lap of not less than 1 ¹ / ₂ inches between joints in adjacent courses, and not in direct alignment in alternate courses. Spacing between shingles shall be approximately ¹ / ₄ inch. Each shingle shall be fastened with two nails only, positioned approximately ³ / ₄ inch from each edge and approximately 1 inch above the exposure line. Starter course at the eaves shall be doubled.	Shakes shall be laid with a side lap of not less than 1 ¹ / ₂ inches between joints in adjacent courses. Spacing between shakes shall be not less than ³ / ₈ inch nor more than ³ / ₈ inch except for preservative-treated wood shakes which shall have a spacing not less than ¹ / ₄ inch nor more than ³ / ₈ inch. Shakes shall be fastened to the sheathing with two nails only, positioned approximately 1 inch from each edge and approximately 2 inches above the exposure line. The starter course at the eaves shall be doubled. The bottom or first layer may be either shakes or shingles. Fifteen-inch or 18-inch shakes may be used for the starter course at the eaves and final course at the ridge.
FLASHING Valleys Other flashing	Per Section 3208 (c) 1 D Per Section 3208 (c) 2	

¹When approved by the building official, wood shakes may be installed on a slope of not less than 3 inches in 12 inches when an underlayment of not less than nonperforated Type 15 felt is installed.

TABLE NO. 32-C—MAXIMUM WEATHER EXPOSURE

GRADE LENGTH	3" TO LESS THAN 4" IN 12" Inches	4" IN 12" AND STEEPER Inches
WOOD SHINGLES		
No. 1 16-inch	3 ³ / ₄	5
No. 2 ¹ 16-inch	3 ¹ / ₂	4
No. 3 ¹ 16-inch	3	3 ¹ / ₂
No. 1 18-inch	4 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂
No. 2 ¹ 18-inch	4	4 ¹ / ₂
No. 3 ¹ 18-inch	3 ¹ / ₂	4
No. 1 24-inch	5 ³ / ₄	7 ¹ / ₂
No. 2 ¹ 24-inch	5 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂
No. 3 ¹ 24-inch	5	5 ¹ / ₂
WOOD SHAKES²		
18-inch	7 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂
24-inch	10	10

¹To be used only when specifically permitted by the building official.

²Exposure of 24-inch by ³/₈-inch resawn handsplit shakes shall not exceed 5 inches regardless of the roof slope.

**TABLE NO. 32-D-1—ROOFING TILE APPLICATION¹
FOR ALL TILES**

ROOF SLOPE	2 ¹ / ₂ :12 to less than 3:12	3:12 and over
DECK REQUIREMENTS	Solid sheathing per Sections 2516 (i) and 2517 (h) 7	
UNDERLAYMENT	Built-up roofing membrane, three plies minimum, applied per Section 3208 (b) 4. Surfacing not required.	Same as for other climate areas, except that extending from the eaves up the roof to a line 24 inches inside the exterior wall line of the building, two layers of underlayment shall be applied shingle fashion and solidly cemented together with an approved cementing material.
Other climate areas		One layer heavy-duty felt or Type 30 felt side lapped 2 inches and end lapped 6 inches.
ATTACHMENT² Type of fasteners	Corrosion-resistant nails not less than No. 11 gauge, ³ / ₁₆ -inch head. Fasteners shall comply with the requirements of U. B. C. Standard No. 25-17. Fasteners shall be long enough to penetrate into the sheathing ³ / ₄ inch or through the thickness of the sheathing, whichever is less. Attaching wire for clay or concrete tile shall not be smaller than No. 14-gauge, and shall comply with U. B. C. Standards Nos. 32-6 and 32-13.	
No. of fasteners ^{2,3}	One fastener per tile. Flat tile without vertical laps, two fasteners per tile.	Two fasteners per tile. Only one fastener on slopes of 7:12 and less for tiles with installed weight exceeding 7.5 pounds per square foot having a width no greater than 16 inches. ⁴
Tile headlap	3 inches minimum	
FLASHING	Per Sections 3208 (c) 1 C and 3208 (c) 2	

¹In snow areas a minimum of two fasteners per tile are required.

²In areas designated by the building official as being subject to repeated wind velocities to excess of 80 mph or where the roof height exceeds 40 feet above grade, all tiles shall be attached as follows:

(a) The heads of all tiles shall be nailed.

FOOTNOTES FOR TABLE NO. 32-D-1—(Continued)

- (b) The noses of all eave course tiles shall be fastened with approved clips.
 - (c) All rake tiles shall be nailed with two nails.
 - (d) The noses of all ridge, hip and rake tiles shall be set in a bead of approved roofer's mastic.
- ¹In snow areas a minimum of two fasteners per tile are required, or battens and one fastener.
⁴On slopes over 24:12, the nose end of all tiles shall be securely fastened.

**TABLE NO. 32-D-2—CLAY OR CONCRETE ROOFING TILE APPLICATION
INTERLOCKING TILE WITH PROJECTING ANCHOR LUGS**

ROOF SLOPE	4:12 and over
DECK REQUIREMENTS	Spaced structural sheathing boards or solid roof sheathing.
UNDERLAYMENT In climate areas subject to wind-driven snow, roof ice or special wind regions as shown in Figure No. 23-4.	Solid sheathing one layer of Type 30 felt lapped 2 inches horizontally and 6 inches vertically, except that extending from the eaves up the roof to line 24 inches inside the exterior wall line of the building, two layers of the underlayment shall be applied shingle fashion and solid cemented together with approved cementing material.
Other climates	For spaced sheathing, approved reinforced membrane. For solid sheathing, one layer heavy-duty felt or Type 30 felt lapped 2 inches horizontally and 6 inches vertically.
ATTACHMENT¹ Type of fasteners	Corrosion-resistant nails not less than No. 11 gauge, 3/16-inch head. Fasteners shall comply with the requirements of U.B.C. Standard No. 25-17. Fasteners shall be long enough to penetrate into the battens ² or sheathing 3/4 inch or through the thickness of the sheathing, whichever is less. Attaching wire for clay or concrete tile shall not be smaller than 14 gauge and shall comply with U.B.C. Standards Nos. 32-6 and 32-13. Horizontal battens are required on solid sheathing for slopes 7:12 and over. ¹ Horizontal battens are required for slopes over 7:12. ¹
No. of fasteners ³ With battens Without battens	Below 5:12, fasteners not required. 5:12 to less than 12:12, one fastener every other row. 12:12 to 24:12, one fastener every tile. ⁴ All perimeter tiles require one fastener. ⁵ Solid sheathing without battens, one fastener per tile required. Tiles with installed weight less than 9 pounds per square foot require a minimum of one fastener per tile. ³ One fastener every tile.
Tile headlap	3-inch minimum
FLASHING	Per Section 3208 (c) 1 C and 3208 (c) 2

¹In areas designated by the building official as being subject to repeated wind velocities to excess of 80 mph, or where the roof height exceeds 40 feet above grade, all tiles shall be attached as set forth below:

- (a) The heads of all tiles shall be nailed.
- (b) The noses of all eave course tiles shall be fastened with a special clip.
- (c) All rake tiles shall be nailed with two nails.
- (d) The noses of all ridge, hip and rake tiles shall be set in a bead of approved roofer's mastic.

²Battens shall be not less than 1-inch by 2-inch nominal. Provisions shall be made for drainage beneath battens by a minimum of 1/8-inch risers at each nail or by 4-foot long battens with at least 1/2-inch separation between battens. Battens shall be fastened with approved fasteners spaced at not more than 24 inches on center.

³In snow areas a minimum of two fasteners per tile are required, or battens and one fastener.

⁴Slopes over 24:12, nose ends of all tiles must be securely fastened.

⁵Perimeter fastening areas include three tile courses but not less than 36 inches from either side of hips or ridges and edges of eaves and gable rakes.

TABLE NO. 32-E—BUILT-UP ROOF COVERING APPLICATION

	MECHANICALLY FASTENED SYSTEMS	ADHESIVELY FASTENED SYSTEMS
DECK CONDITIONS	Decks shall be firm, broom-clean, smooth and dry. Insulated decks shall have wood insulation stops at all edges of the deck, unless an alternative suitable curbing is provided. Insulated decks with slopes greater than 2:12 shall have wood insulation stops at not more than 8-foot face-to-face. Wood nailers shall be provided where nailing is required for roofing plies.	
	Solid wood sheathing shall conform to Sections 2516 (i) and 2517 (h) 7.	Provide wood nailers where nailing is required for roofing plies (see below).
UNDERLAYMENT	One layer of sheathing paper, Type 15 felt or other approved underlayment nailed sufficiently to hold in place, is required over board decks where openings between boards would allow bitumen to drip through. No underlayment requirements for plywood decks. Underlayment on other decks shall be in accordance with deck manufacturer's recommendations.	Not required
BASE PLY REQUIREMENTS Over non-insulated decks	Over approved decks, the base ply shall be nailed using not less than one fastener for each 1 1/2 square feet.	Decks shall be primed in accordance with the roofing manufacturer's instructions. The base ply shall be solidly cemented or spot mopped as required by the type of deck material using adhesive application rates shown in Table No. 32-F.
MECHANICAL FASTENERS	Fasteners shall be long enough to penetrate 3/4 inch into the sheathing or through the thickness of the sheathing, whichever is less. Built-up roofing nails for wood board decks shall be minimum No. 12 gauge 7/16-inch head driven through tin caps or approved nails with integral caps. For plywood, No. 11 gauge ring-shank nails driven through tin caps or approved nails with integral caps shall be used. For gypsum, insulating concrete, cementitious wood-fiber and other decks, fasteners recommended by the manufacturer shall be used.	When mechanical fasteners are required for attachment of roofing plies to wood nailers or insulation stops, (see below), they shall be as required for wood board decks.
VAPOR RETARDER Over insulated decks	A vapor retarder shall be installed where the average moisture conditions are anticipated within the building.	January temperature is below 45°F, or where excessive moisture conditions are anticipated. It shall be applied as for a base ply.
INSULATION	When no vapor retarder is required, roof insulation shall be fastened in an approved manner. When a vapor retarder is required, roof insulation is to be solidly mopped to the vapor retarder using the adhesive application rate specified in Table No. 32-F. See manufacturer's instructions for the attachment of insulation over steel decks.	When no vapor retarder is required, roof insulation shall be solid mopped to the deck using the adhesive application rate specified in Table No. 32-F. When a vapor retarder is required, roof insulation is to be solidly mopped to the vapor retarder, using the adhesive application rate specified in Table No. 32-F. See manufacturer's installation instructions for attachment of insulation over steel decks.
ROOFING PLIES	Successive layers shall be solidly cemented together and to the base ply or the insulation using the adhesive rates shown in Table No. 32-F. On slopes greater than 1:12 for aggregate-surfaced, or 2:12 for smooth-surfaced or cap sheet surfaced roofs, mechanical fasteners are required. Roofing plies shall be blind-nailed to the deck, wood nailers or wood insulation stops in accordance with the roofing manufacturer's recommendations. On slopes exceeding 3:12, plies shall be laid parallel to the slope of the deck (strapping method).	
CEMENTING MATERIALS	See Table No. 32-G	
CURBS AND WALLS	Suitable cant strips shall be used at all vertical intersections. Adequate attachment shall be provided for both base flashing and counterflashing on all vertical surfaces. Reglets shall be provided in wall or parapets receiving metal counterflashing.	
SURFACING	Mineral aggregate surfaced roofs shall comply with the requirements of U. B. C. Standard No. 32-5 and Table No. 32-F. Cap sheets shall be cemented to the roofing plies as set forth in Table No. 32-F.	

**TABLE NO. 32-F—BUILT-UP ROOFING
CEMENTING ADHESIVE AND SURFACING APPLICATION RATES**

	MINIMUM APPLICATION RATE, MATERIAL/100 FT. ² ROOF AREA		
	HOT ASPHALT (Lbs.)	HOT COAL-TAR (Lbs.)	COLD- PROCESS CEMENT (Gal.)
MATERIAL TO BE ADHERED			
Base Ply or Vapor Retarder			
1. Spot mopping	15	15	1
2. Solid cementing	20	20	1 1/2
Insulation			
1. Solid cementing	20	20	1 1/2
Roofing Plies (and between layers of vapor retarder)			
1. Felts	20	20	not permitted
2. Coated felts	20	20	1 1/2
Cap Sheets			
1. Solid cementing	20	not permitted	1 1/2
Mineral Aggregate ^{1, 2}			
1. Fire-retardant roof coverings			
(a) Gravel, 400 lb./sq.	50	60	not permitted
(b) Slag, 300 lb./sq.	50	60	not permitted
2. Nonrated roof coverings			
(a) Gravel, 300 lb./sq.	40	50	not permitted
(b) Slag, 250 lb./sq.	40	50	not permitted

¹Mineral aggregate shall not be used for built-up roofing membranes at roof slopes greater than 3 inches in 12 inches.

²A minimum of 50 percent of the required aggregate shall be embedded in the pour coat.

TABLE NO. 32-G—APPLICATION OF CEMENTING MATERIALS

APPLICATION	MAXIMUM SLOPE, INCHES PER 12 INCHES				
	ASPHALT TYPE				COAL-TAR PITCH
	TYPE I	TYPE II	TYPE III	TYPE IV	
Insulation to deck	—	—	All	All	—
Felt or vapor retarder to deck	—	1/2 or less	3 or less	All	1/2 or less
Felt to felt	—	1/2 or less	1/2-3	All	1/2 or less
Cap sheet to felt	—	—	3 or less	All	—
Gravel to felts	1/2 or less	1/2 or less	1/2-3	N.P.	1/2 or less
Heating of Cementing Mat'l., ¹ °F.					
Temperature at kettle ² (maximum)	475	525	525	525	425
Application temperature, ³ °F.	375-425	375-425	375-425	400-450	350-400

N.P. = Not permitted

¹Bulk tanker temperatures shall be reduced to 320-350°F. at night or during periods when no roofing will occur.

²Cementing material shall not be heated above a temperature which is 25°F. below its flash point.

³Asphalt which is identified with the equiviscous temperature (EVT) shall be applied at the EVT ± 25°F.

Chapter 32

RE-ROOFING

NOTE: This chapter has been revised in its entirety.

General

Sec. 3209. All re-roofing shall conform to the applicable provisions of Chapter 32 of this code.

Roofing materials and methods of application shall comply with the U.B.C. Standards or shall follow manufacturer's installation requirements when approved by the building official.

Inspections

Sec. 3210. New roof coverings shall not be applied without first obtaining an inspection by the building official and written approval from the building official. A final inspection and approval shall be obtained from the building official when the re-roofing is complete. The pre-roofing inspection shall pay particular attention to evidence of accumulation of water. Where extensive ponding of water is apparent, an analysis of the roof structure for compliance with Section 3207 shall be made and corrective measures, such as relocation of roof drains or scuppers, resloping of the roof or structural changes, shall be made.

An inspection covering the above-listed topics prepared by a special inspector may be accepted in lieu of the preinspection by the building official.

Built-up Roofs

Sec. 3211. (a) General. Built-up roof covering shall be completely removed before applying the new roof covering. New roofing conforming to Section 3203 shall be applied except that when the new roof is to be applied directly to a nailable deck which has residual bitumen adhering to it, a rosin-sized or other dry sheet shall be installed prior to the installation of the new roof system.

EXCEPTION: The building official may allow existing roof coverings to remain when inspection or other evidence reveals all of the following:

1. That the roof structure is sufficient to sustain the weight of the additional dead load of the roof covering.
2. There is not more than one existing roof covering on the structure.
3. The existing roof covering is securely attached to the deck.
4. The roof deck is structurally sound.
5. The existing insulation is not water soaked.

(b) Preparation of Roof and Application of New Covering. 1. General. When re-roofing without removal of existing roof coverings is permitted by the building official and when the conditions specified in the exceptions to Subsection (a) above have been met, the re-roofing shall be accomplished in accordance with this section.

2. Over gravel-surfaced roof coverings. Over gravel-surfaced roof coverings, the roof shall be cleaned of all loose gravel and debris. All blisters, buckles

and other irregularities shall be cut and made smooth and secure. Minimum 3/8-inch insulation board shall be nailed or securely cemented to the existing roofing with hot bitumen over which a new roof complying with Section 3203 shall be installed. When insulation board is to be attached with hot bitumen, the existing surface shall be primed.

Alternatively, on nailable decks only, all existing gravel shall be spudded off to provide a smooth surface. All blisters, buckles and other irregularities shall be cut and made smooth and secure. A rosin-sized or other dry sheet shall be installed and a base sheet as defined in the code shall be mechanically fastened in place. New roofing conforming to Section 3203 shall be applied.

3. Over smooth or cap-sheet surface. Over smooth or cap-sheet surfaced roof coverings, all blisters, buckles and other irregularities shall be cut and made smooth and secure. In the case of non-nailable decks, a base sheet shall be spot cemented to the existing roofing. New roofing conforming to Section 3203 shall be applied.

In the case of nailable decks, a base sheet shall be nailed in place. In those cases where residual materials may cause the new base sheet to adhere to the old roof, a rosin-sized dry or other sheet shall be installed under the base sheet. New roofing conforming to Section 3203 shall be applied.

(c) **Construction Details.** 1. **Flashings and edgings.** Vent flashings, metal edgings, drain outlets, metal counterflashing and collars shall be removed and cleaned. Rusted metal shall be replaced. Metal shall be primed with cutback primer prior to installation. Collars and flanges shall be flashed per the roofing manufacturer's instructions.

2. **Intersecting walls.** All concrete and masonry walls shall be completely cleaned and primed to receive new flashing. All vertical walls, other than concrete or masonry, shall have the surface finish material removed to a height of approximately 6 inches above the deck new roof surface to receive new roofing and flashing. All rotted wood shall be replaced with new materials. Surface finish material shall be replaced.

3. **Parapets.** Parapets of area separation walls shall have noncombustible faces, including counterflashing and coping materials.

EXCEPTION: Combustible roofing may extend 7 inches above the roof surface.

4. **Cant strips.** Where space permits, cant strips shall be installed at all angles. All angles shall be flashed with at least two more layers than in the new roof with an exposed finish layer of inorganic felt or mineral surfaced cap sheet.

Shingles and Shakes

Sec. 3212. (a) General. Based on inspection of the existing roofing, the building official may permit the recovering of existing shingle or shake roofing in accordance with the provisions of this section.

(b) **Asphalt Shingle Application.** Not more than two overlays of asphalt shingles shall be applied over an existing asphalt shingle roof.

Not more than two overlays of asphalt shingle roofing shall be applied over wood shingles. Asphalt shingles applied over wood shingles shall have an overlay underlayment of not less than Type 30 nonperforated felt.

On structures with a slope of 2:12 or greater and having no more than one existing built-up roof, one overlay of asphalt shingles may be applied, provided (1) If the built-up roof has a gravel surface, the gravel must first be spudded off to provide a smooth surface. All blisters and irregularities shall be cut and made smooth and secure and an underlayment of not less than Type 30 nonperforated felt shall be installed. (2) If the built-up roof has a smooth or cap-sheet surface, all blisters and irregularities shall be cut and made smooth and secure and an underlayment of not less than Type 30 nonperforated felt shall be installed.

(c) **Wood Shake Application.** Not more than one overlay of wood shakes shall be applied over an existing asphalt shingle or wood shingle roof (with one layer of 18-inch, Type 30 nonperforated felt interlaced between each layer of shakes).

(d) **Wood Shingle Application.** Not more than one overlay of wood shingles shall be applied over existing wood shingles.

(e) **Application Over Shakes.** New roof covering shall not be applied over an existing shake roof.

(f) **Flashing and Edgings.** Rusted or damaged flashing, vent caps and metal edgings shall be replaced with new materials as necessary.

Tile

Sec. 3213. Tile roofs may be applied over existing roof coverings when approved by the building official. Such installations shall be substantiated by structural data indicating that the existing or modified roof framing system is adequate to support the additional tile roof covering.

Existing tile roofing shall be removed and cleaned. Damaged or rusted flashing and cracked or broken tile shall be replaced. Tile shall be applied in accordance with the requirements of Section 3208 (b) 5 (application of clay or concrete tile) and in conformance with the original manufacturer's specifications.

EXCEPTION: When the original manufacturer's specifications are no longer available, the tile may be reinstalled to match the prior installation except that clay and terra-cotta hips and ridge tile shall be reinstalled with portland cement mortar.

Metal Roofing

Sec. 3214. Reroofing with metal roofing shall be in accordance with the original manufacturer's specifications or when the original manufacturer's specifications are no longer available as required by Section 3208 (b) 6.

Other Roofings

Sec. 3215. Re-roofing with systems not covered elsewhere in Chapter 32 or this appendix, such as, but not limited to, those that are fluid applied, foamed in place or applied as nonasphaltic sheets, shall be done with materials and procedures approved by the building official.

附錄 6 期初、中、末簡報會議記錄

「台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料 使用狀況之研究」初期簡報記錄

一、時 間：七十九年三月廿六日（星期一）下午二時卅分

二、地 點：內政部建築研究所籌備處會議室
（新店市北新路一段四十五巷五號六樓）

三、主持人：蕭副主任江碧

四、出席人員：

（一）專家學者：

營建署建管組：蕭文雄技正 經濟部工業局：趙紐科長
工業技術研究院：蔡必超先生
沈愷建築師 林貴榮建築師 王明前先生 林森滄先生
胡偉谷先生 高健章教授 陳慰慈先生
黃兆龍教授（許桂銘先生代）

（二）本 處：

周智中技正 廖慧燕副研究員

（三）中華民國建築師公會全國聯合會

陳宗鵠建築師 張大華建築師 趙家琪建築師 饒餘杏小姐
黃志景先生 趙玉珍小姐

五、主席致詞：（略）

六、報告事項：

（一）委託單位報告研究計畫說明及預期成果（如附件）。

（二）研究單位報告計畫緣由、計畫內容、研究方法、研究步驟……等

。

七、建議事項：

- (一) 調查先前所得資料加以分析時，考慮到材料之評估。
- (二) 本研究計畫除邀請建築師專業人員參與研究外，應請建材廠商參與。
- (三) 研究範圍宜針對舊建築物實際使用現況分析其利弊，供設計及消費者參考使用。
- (四) 針對屋頂之住戶進行問卷調查，可透過廠商之管道。
- (五) 問卷調查範圍及對象可包含建設公司的服務部門、大廈管理委員會、學校建築、消基會、施工廠商及工程小包等，如有需要得函請以建研所之名義配合發函給業者或使用者。
- (六) 問卷考慮再精簡，以利使用者填寫。
- (七) 請廠商提供實際施工經驗，供研究單位參考。
- (八) 建議考慮屋頂防水隔熱之標準施工法、檢驗測試基準（如泡水試驗……等）及驗收認定標準……等評估事項，可供消費使用者參考，以利施工水準提昇。
- (九) 建議考慮防水隔熱廠商之分級及簽證制度。
- (十) 對相關建築法及建築技術規則作考量，提出修改建議，供政府有關主管機關參考。

八、主席結論

- (一) 將評估事項納入本研究案。
- (二) 簡化問卷格式，再針對住戶繼續抽樣調查。
- (三) 加強建築物本體防水重要性之觀念，應加重說明。
- (四) 材料標準工法之研究。
- (五) 相關法規建議條文之研究。
- (六) 針對材料物理化學分析，提供資料以供利用。

「台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料 使用狀況之研究」期中簡報記錄

一、時間：七十九年七月廿日（星期五）上午九時卅分

二、地點：內政部建築研究所籌備處會議室
（台北市敦化南路一〇三五號十三樓）

三、主持人：蕭副主任江碧

四、出席人員：

（一）專家學者：

營建署建管組：吳冰科長 經濟部工業局：趙紐科長
工業技術學院：黃兆龍教授
工業技術研究院：蔡必超先生 台灣省建材公會：王榮吉總幹事
沈愷建築師 林貴榮建築師 陳錦賜建築師
王明前先生 周亮達先生 陳慰慈先生 黃兆龍教授

（二）本處：

林主任秘書純政
周智中技正 王文安助理研究員 曾亮助理研究員
方志雄科員

（三）中華民國建築師公會全國聯合會

陳宗鵠建築師 黃長美建築師 饒餘杏小姐 張宗祺先生

五、主席致詞：（略）

六、報告事項：

- （一）委託單位報告研究計畫預期成果及宣讀初期會議記錄。
- （二）研究單位報告計劃進行過程，問卷統計整理結果，目前工作進度及預定完成之研究報告內容概要。

七、建議事項：

- (一) 調查先前所得資料加以分析時，考慮到材料之評估。
- (二) 本研究計畫除邀請建築師專業人員參與研究外，應請建材廠商參與。
- (三) 研究範圍宜針對舊建築物實際使用現況分析其利弊，供設計及消費者參考使用。
- (四) 針對屋頂之住戶進行問卷調查，可透過廠商之管道。
- (五) 問卷調查範圍及對象可包含建設公司的服務部門、大廈管理委員會、學校建築、消基會、施工廠商及工程小包等，如有需要得函請以建研所之名義配合發函給業者或使用者。
- (六) 問卷考慮再精簡，以利使用者填寫。
- (七) 請廠商提供實際施工經驗，供研究單位參考。
- (八) 建議考慮屋頂防水隔熱之標準施工法、檢驗測試基準（如泡水試驗……等）及驗收認定標準……等評估事項，可供消費使用者參考，以利施工水準提昇。
- (九) 建議考慮防水隔熱廠商之分級及簽證制度。
- (十) 對相關建築法及建築技術規則作考量，提出修改建議，供政府有關主管機關參考。

八、主席結論

- (一) 將評估事項納入本研究案。
- (二) 簡化問卷格式，再針對住戶繼續抽樣調查。
- (三) 加強建築物本體防水重要性之觀念，應加重說明。
- (四) 材料標準工法之研究。
- (五) 相關法規建議條文之研究。
- (六) 針對材料物理化學分析，提供資料以供利用。

「台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料
使用狀況之研究」 期末簡報紀錄

一、時 間：八十年三月六日（星期三）上午九時卅分

二、地 點：內政部建築研究所籌備處會議室

三、主 持 人：蕭副主任江碧

四、出席人員：

（一）專家學者：

內政部營建署：高月霞小姐

中華民國消費者文教基金會：王健先生

台灣省建材公會：王榮吉先生

工業技術學院營建系：黃兆龍教授

趙 紐 先生

林弘明 建築師

陳錦賜 建築師

欽固貿有限公司：周亮達先生

昆原股份有限公司：胡偉谷先生

聖志企業有限公司：王明前先生

（二）內政部建築研究所籌備處：

周智中組長 曾 亮先生 方志雄先生

（三）中華民國建築師公會全國聯合會

陳宗鶴建築師 張大華建築師 趙家琪建築師 張宗祺先生

五、主席致詞：（略）

六、報告事項：

委託單位作研究計畫成果報告：

問卷調查結果分析、材料種類、工法及評估、失敗原因檢討、技術規則研議、指南手冊及建議事項等。

七、建議事項：

- (一) 研究報告內容之各種材料優缺點，可考慮納入指南手冊內，讓消費者能夠對材料本身有初步的認識了解。
- (二) 報告內容試擬技術規則條文，其中內容如使用材料應符合 CNS 規範、保固年限、積水試驗等資料，可參考納入手冊內。
- (三) 建立合格專業廠商、技術人員執照制度，以提供消費者合格建材、標準施工、合理收費及安全感。
- (四) 屋頂防水部份於本研究案已完成，建議委託單位可繼續針對建築物地下室及浴廁防水工程進行研究計畫。
- (五) 防水隔熱工程之標準施工規範制定，建議可繼續結合學術、工程界、材料廠商再作下一步研究，共同制定。
- (六) 防水工程施工前應以詳細做施工規劃為首要工作，並徹底依據規劃施工，方有可能做好，此點可做為報告建議事項內容。
- (七) 研究報告內容、圖片，參考文獻應詳註明資料來源。
- (八) 指南手冊應可納入工程合約內容重點摘要、查詢單位電話、常發生漏水部位等資料供消費者參考。
- (九) 指南手冊應廣泛推展消費使用者，使教育功能可更加明顯有助益。
- (十) 研究報告書內容結論及建議事項，應可將本研究主題之使用狀況研究內容時機、評估、效益、對策等資料整理後加強。
- (十一) 報告附錄防水隔熱材料廠商名錄，建議補註具有 CNS 標記廠商。

八、主席結論：

- (一) 指南手冊內容可將工程缺失部位、合約條件、材料優劣點等資料簡化納入。
- (二) 關於防水隔熱工程標準施工圖、施工規範等之製作研究計畫，建研所研究後可考慮進行。
- (三) 屋頂花園施工對漏水影響，施工建議及注意事項請研究單位斟酌考慮納入研究報告書內。

附錄 7 參考文獻

1. 杜希聖, "台灣地區屋頂構造隔熱性能之探討", 碩士論文, 成大建築研究所 (民國 71 年)。
2. 黃兆龍、黎綱維, "隔熱材料的基本性能與應用", 營建世界雜誌 (1985.10)。
3. 徐忠慶, "台灣地區建築物外殼常用建材及構造熱傳特性之研究" 碩士論文, 技術學院營建工程研究所 (民國 75 年)。
4. "中國國家標準推廣制度研究", 中華民國建築學會 (民國 78 年)。
5. 黃兆龍、孫勝利, "混凝土工程防水施工法之探討", 財團法人台灣營建研究中心, 營建簡訊 (民國 77 年 3 月)。
"防水工程經驗談", 財團法人台灣營建研究中心, 營建簡訊 (民國 77 年 3 月)。
John M. Putman. U.S.A., "混凝土整體防水系統", 財團法人台灣營建研究中心, 營建簡訊 (民國 77 年 5 月)。
馮學光, "混凝土防水特殊建材及其使用方法", 財團法人台灣營建研究中心, 營建簡訊 (民國 77 年 5 月)。
6. 洪國峰, "台灣地區建築物漏水滲水問題探討", 碩士論文, 成大建築研究所 (民國 73 年)。
7. 王洪斌、楊逸詠、黃斌, "建築防水問題探討 -- 台灣地區鋼筋混凝土步行用平屋頂防水計劃及構法擬議", 碩士論文, 成大建築研究所 (民國 71 年)。
8. 鄭俊騰, "從營造觀點解決鋼筋混凝土構造, 廠房建築屋頂之防水隔熱難題", 台灣建築徵信 (民國 76 年 6 月)。
9. 鄭俊騰, "精緻防水一兼論 ARA 材質及工法改良", 臺灣建築徵信 (民國 77 年 6 月)。

10. 賴榮平、江哲銘、杜希聖、潘俊榮，" 建築設計省能對策 "，台灣省建築師公會（民國 70 年 9 月）
11. 孫勝利，" 覆膜防水材料對混凝土防水性質影響之研究 "，碩士論文，技術學院營建工程研究所（民國 77 年）。
12. 葉基棟、吳卓夫，" 營造法與施工 "（民國 65 年）。
13. 中華民國建築學會，" 中國國家標準推廣制度研究 "，內政部建築研究所籌備處（民國 78 年 6 月）。
14. 陳宗鵠、林麗珠，" 台灣地區建築本體省能設計準則之初步研究 "，經濟部能源委員會（民國 73 年 7 月）
15. 陳宗鵠、林麗珠，" 現有住宅建築本體能源環境調查研究 — 省能設計準則之探討 "，經濟部能委會。（民國 73 年 7 月）
16. 陳宗鵠、賴其文，" 建築省能法規及推廣研究 "，經濟部能委會。（民國 74 年 7 月）
17. 陳宗鵠／賴其文，" 辦公大樓建築外最佳 U 值之探討 "，中華民國建築師雜誌（1985，10 月）
18. " 常用施工大樣圖集 "，台北市建築師公會（民國 74 年）。
19. " 防水工法事典 "，日本產業調查會（1981 年）。
20. " UNIFORM BUILDING CODE " ,U.S.A (1988)
" STANDARD BUILDING CODE " , U.S.A (1988)
" NATIONAL BUILDING CODE " , U.S.A (1987)

內政部建築研究所籌備處專題研究計畫成果報告
計畫名稱：台灣地區建築物屋頂防水隔熱材料使用狀況之研究

台灣地區建築物屋頂防水隔熱材料
使用狀況之研究

計畫編號：A09-22-79-18

執行期間：七十九年二月一日至七十九年十一月卅日

計畫主持人：陳宗鵠

協同研究員：沈 愷・張大華・黃長美

趙家琪・劉 果・饒餘杏

研究助理：張宗祺・趙玉珍(按姓氏筆劃順序)

執行單位：中華民國建築師公會全國聯合會
中華民國七十九年十一月卅日

謝 誌

本研究案於作業過程中，承蒙內政部建築研究所籌備處蕭副主任江碧與周組長智中之指導，及學術界、相關建材業廠商，多位學者及專家顧問群，鼎力相助並惠賜寶貴意見，才能使本研究計畫順利完成，特此致謝。

中華民國建築師公會全國聯合會
理事 長：林 長 勳

摘 要

1. 在二千萬人口及個人年平均所得八千美元的今日台灣，民眾對各類公、私建築物的質、量上的需求，皆明顯反應於政府政策及民間市場。
2. 今天台灣地區的建築，無論外觀造型設計、空間機能規劃及建材色樣選用皆有相當水準成長。惟，使用安全上及一些不在表面的工程品質上，則仍待全民各階之共同努力加強，如屋頂設計、建材選用及構造方法不良造成漏水及滲水、建築物內部設備系統、安全維護系統、室內逃生樓梯間之私用、外牆鐵窗欄杆之裝置、廣告招牌圍閉外牆、室內建材防火 隔音防潮性能等等之不週全，皆致民眾無以安心渡日。
3. 在建築物屋頂隔熱防水方面，目前市場供應材料紛亂，施工廠商專業不一，消費者因無充分資料而無法有效解決所遭遇之屋頂漏水問題；有鑑於此，內政部建築研究所籌備處委託中華民國建築師公會全國聯合會，進行此研究計畫以提供消費者充分之資訊及提高建築物之防水及隔熱設計施工水準，改善全民居住環境品質。
4. 本次研究案，以收集整理台灣地區屋頂防水、隔熱工程之相關資料加以分析，例舉各項缺失，並提供相關研究成果及建議為主，除此外亦出版民眾宣導小冊，以期務實精神，對各階公、私團體、個人需要提供些許貢獻。
5. 整體作業經由各項問卷（包括使用者、建築師、建設公司、屋面工程廠商）調查、訪談並辦理座談研討；分別記述各項資料之統計分析成果，並整合台灣地區各式屋頂構造及相關防水、隔熱工程施工方式，且試就各項材料予以特性優劣評估；屋面工程之規劃、施工、使用造成之品質失敗亦予探討、分析；對於國內、外相關資料研析一併陳述於本研究；最後提供我們對台灣地區適用之屋頂防水、隔熱工程設計、施工、管理維護之意見及建議。
6. 除了響應政府對民眾居住品質的提昇努力，本項報告期望自建築投資者、規劃設計人員、營建施工單位，以致消費者皆能本份自約，而且互動之連線作業，完成表裡一致美好的建築空間。

ABSTRACT

1. Today's Taiwan is a country of 2 million people, with an average annual per capita income of \$8000 U.S. dollars. The demand for public and private construction in both qualitative and quantitative terms is now clearly reflected in the governmental policies and in market place .
2. The standards of the construction industry in Taiwan in terms of exterior design, spatial and functional planning and material selection have improved substantially in recent years. However, there is still considerable room for improvement in the area of building safety and systems that are often hidden from view. For instance in roofing design, improper selection of material and faulty installation often lead to leakage. Also inadequately designed mechanical, electrical, acoustical and damp proofing systems often lead to inconvenience and discomfort for the users; and unlawful private usage of fire stairs, installation of metal grills on balconies and oversized commercial billboards threaten public safety.
3. In the area of roof insulation and waterproofing, the market here is very confused. As the experiences of the roofing companies vary considerably from one to another, consumers who made the wrong choice often find themselves unable to obtain remedy or solution. For this reason, the Institute of Building Technology of the Ministry of Interiors commissioned the Chinese National Union of Architects Association to conduct this research project in an effort to improve the standards of roof waterproofing and insulation.

4. This research project included the collection of current information related to roof insulation and waterproofing in the Taiwan area, the analysis of these material, and the discovery of inadequacies. The result of this research is offered to the public along with our recommendations. A handbook on the subject will be published in the hope that both public and private concerns will find it useful in a practical way.

5. The entire research process began with a survey whereby questionnaires were developed and sent out to users, architects, developers and roofing contractors. This is followed by telephone surveys, interviews and round table discussions with various experts and professionals. The results of our survey were analyzed statistically. Construction methods and details for various roof forms and structural types were collected, and evaluations were made as to their quality and suitability. Case studies of roofing failures were conducted and analysis made of the planning, construction and operation processes involved. Relevant materials from abroad were also collected and described. Lastly, we included our opinions and recommendations regarding the design, construction and maintenance of roof waterproofing and insulation for the Taiwan area.

6. In addition to responding to the government's call for the elevation of construction quality in Taiwan, we hope that through our report we could reach the real estate investors, the planning and design professionals, the contractors and the users alike, and work towards our common goal of creating an architecture of durability as well as beauty.

目 錄

■ 圖目錄

■ 表目錄

■ 照片目錄

第一章 前言

1 - 1	計畫緣起及目的	1
1 - 2	研究內容	2
1 - 3	研究方法及進行步驟	3
1 - 4	預期完成之工作項目及成果	4

第二章 台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料使用現況調查及分析

2 - 1	問卷調查對象及方法	5
2 - 2	問卷調查結果統計	7
2 - 2 - 1	屋頂防水材料使用現況	7
2 - 2 - 2	屋頂隔熱材料使用現況	8
2 - 2 - 3	現有防水隔熱材料之選擇方法及條件 ...	8
2 - 2 - 4	現有防水隔熱材料使用現況綜合評估 ...	10
2 - 3	問卷調查結果分析	13

第三章 台灣地區建築物屋頂防水隔熱材料的種類與特性分析

3 - 1	建築物屋頂構造及型式	15
3 - 2	建築物屋頂防水材料種類及工法	18
3 - 3	建築物屋頂隔熱材料種類及工法	57
3 - 4	建築物屋頂防水及隔熱材料各種類之特性分析、評估	69

第四章 台灣地區建築物屋頂防水隔熱工程失敗原因檢討及檢驗項目內容

4-1	屋頂防水、隔熱工程失敗原因檢討	76
4-2	屋頂防水、隔熱失敗部位實態分析及改善構法	78
4-2-1	防水失敗部位實態分析及改善構法	78
4-2-2	隔熱失敗部位實態分析及改善構法	47
4-3	既有建築屋頂防水、隔熱工程修補措施	101
4-3-1	防水工程修補措施	101
4-3-2	隔熱工程修補措施	102
4-4	屋頂防水、隔熱工程之檢驗項目及驗收程序內容	103

第五章 屋頂防水、隔熱相關法規探討及建築技術規則研擬

5-1	國外相關法規及建築技術規則對屋頂防水、防熱之規定	106
5-2	屋頂防水、隔熱建築技術規則條文之研議	109

第六章 台灣地區建築物屋頂適用之防水、隔熱材料及工法

6-1	屋頂防水、隔熱材料使用應考慮事項	111
6-2	屋頂適用之防水材料及工法	114
6-3	屋頂適用之隔熱材料及工法	116

第七章 結論及建議事項

7-1	結論	118
7-2	建議事項	120

附錄

1. 台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料使用狀況之研究問卷表	
1-1 建設公司、建築師、營造廠商問卷表	121
1-2 防水材料廠商問卷表	126
1-3 隔熱材料廠商問卷表	129
2. 台灣地區問卷防水隔熱材料廠商名錄	132
3. 屋頂防水隔熱指南	144
4. 防水隔熱材料中國國家標準規範摘錄表	173
5. 美國技術規則規範摘錄	
5-1 STANDARD BUILDING CODE	175
5-2 THE BOCA NATIONAL BUILDING CODE	184
5-3 UNIFORM BUILDING CODE	199
6. 期初、中、末會議記錄	217
7. 參考文獻	223

圖目錄

圖 1- 1 研究進行步驟	3
圖 2- 1 問卷寄發及回收統計圖	5
圖 2- 2 問卷回收比例分析圖	6
圖 2- 3 屋頂防水材料使用現況分析圖	7
圖 2- 4 屋頂隔熱材料使用現況分析圖	8
圖 2- 5 選用防水隔熱材料及工法資訊來源比例分析圖	9
圖 2- 6 選用防水隔熱材料之方法比例分析圖	9
圖 2- 7 選用防水隔熱材料時考慮因素比較分析圖	10
圖 3- 1 斜面屋頂鋼筋混凝土構造圖	15
圖 3- 2 斜面屋頂鋼架構造圖	15
圖 3- 3 斜面屋頂木架構造圖	15
圖 3- 4 平面屋頂鋼筋混凝土構造圖	15
圖 3- 5 曲線屋頂鋼筋混凝土構造圖	16
圖 3- 6 曲線屋頂鋼架構造圖	16
圖 3- 7 屋頂之構成要素	16
圖 3- 8 防水水泥砂漿防水施工示意圖	23
圖 3- 9 柏油油毛氈防水層鋪貼示意圖	32
圖 3-10 柏油油毛氈防水施工示意圖	34
圖 3-11 防水薄片端部之金屬抽制固定處理	38
圖 3-12 薄片防水毯豎立部位處理	41
圖 3-13 屋頂各部名稱示意圖	41
圖 3-14 屋頂排水頭、貫通管之裝設位置圖	41
圖 3-15 薄片防水毯全黏式鋪設示意圖	43
圖 3-16 薄片防水毯鬆置式鋪設示意圖	43
圖 3-17 薄片防水毯機械固定鋪設示意圖	43
圖 3-18 薄片防水毯展貼方法示意圖	44
圖 3-19 豎立部位底部防水覆膜之施工法	45
圖 3-20 薄片防水毯出隅、入隅部之增貼補強處理	45
圖 3-21 排水頭、貫通管周圍增貼薄片防水毯處理	46
圖 3-22 保護層伸縮縫之設置處理	48
圖 3-23 屋頂之伸縮部位處理	52

圖 3-24	出隅、入隅部位處理	53
圖 3-25	屋頂貫通管部位處理	55
圖 3-26	保麗龍、PU 隔熱磚施工示意圖	58
圖 3-27	高壓五腳隔熱磚施工示意圖	59
圖 3-28	泡沫、煤渣、蛭石混凝土隔熱施工示意圖	62
圖 3-29	發泡 PS、PU 隔熱板示意圖 (鋼筋混凝土構造)	63
圖 3-30	木絲水泥板隔熱施工示意圖 (鋼筋混凝土構造)	64
圖 3-31	木絲水泥板隔熱施工示意圖 (鋼筋混凝土構造)	65
圖 3-32	玻璃纖維棉與鋁箔氈隔熱施工示意圖	66
圖 3-33	發泡 PS、PU 隔熱板施工示意圖 (鋼筋混凝土構造)	67
圖 3-34	輕石板、PA 合成板、PE 發泡板隔熱施工示意圖	68
圖 4- 1	屋頂伸縮縫防水改善構法	79
圖 4- 2	新舊建築物接縫防水改善構法	80
圖 4- 3	女兒牆、機房等豎立部位入隅防水處理	81
圖 4- 4	女兒牆、機房周圍部位防水構法	84
圖 4- 5	金屬板材搭接部位防漏構法	82
圖 4- 6	金屬板材屋脊部位防漏構法	82
圖 4- 7	平面轉折處補強示意圖	83
圖 4- 8	出隅部位防水層之補強措施示意圖	84
圖 4- 9	屋頂版高低差時之防水構法處理	84
圖 4-10	貫通管周圍部位防水構法	85
圖 4-11	貫通管之一般處理	85
圖 4-12	貫通管部位防水層增貼補強措施	86
圖 4-13	貫通管處理措施	86
圖 4-14	金屬板貫通管處理措施	86
圖 4-15	導水管有關部位防水構法處理例 (一)	88
圖 4-16	導水管有關部位防水構法處理例 (二)	89
圖 4-17	橫向排水管構法防水處理	89
圖 4-18	金屬板固定隱藏式施工	90
圖 4-19	金屬板螺栓固定式施工	90
圖 4-20	樓梯間出入口防水處理	91
圖 4-21	樓梯間外壁與數交角部位防水處理	92
圖 4-22	金屬欄杆固定埋設防水處理例	93

圖 4-23 熱傳導	97
圖 4-24 熱傳遞	97
圖 4-25 熱傳透	97
圖 4-26 屋頂隔熱層伸縮縫處理	99
圖 4-27 施工縫、裂縫修補處理	101
圖 6- 1 隔熱材料中之傳熱	112

■ 照片目錄

照片 3-1 柏油油毛氈	72
照片 3-2 薄片防水毯 (一)	72
照片 3-3 薄片防水毯 (二)	72
照片 3-4 橡膠瀝青防水膠	72
照片 3-5 PU 防水膠	73
照片 3-6 保麗龍隔熱磚	73
照片 3-7 PU 隔熱磚	73
照片 3-8 泡沫混凝土	73
照片 3-9 發泡 PU 隔熱板	74
照片 3-10 發泡 PS 隔熱板	74
照片 3-11 發泡 PE 隔熱板	74
照片 3-12 輕石板	74
照片 3-13 PA 合成板	75
照片 3-14 木絲水泥板	75
照片 3-15 太空金屬箔	75
照片 3-16 玻璃纖維棉、鋁箔氈	75
照片 4-1 屋頂伸縮縫缺失實例	94
照片 4-2 屋頂女兒牆缺失實例	94
照片 4-3 屋頂管道間缺失實例	94
照片 4-4 防水材轉折處脫落缺失實例	94
照片 4-5 水電管、排氣管處漏水缺失實例	95
照片 4-6 屋面瓦材穿孔處漏水缺失實例	95
照片 4-7 屋頂樓梯間出入口處漏水缺失實例	95
照片 4-8 人孔漏水實例	96
照片 4-9 機械墩破壞漏水實例	96
照片 4-10 隔熱磚破壞實例	96

■ 表目錄

表 2-1	不同屋頂型式選用防水材料統計表	10
表 2-2	不同屋頂型式選用隔熱材料統計表	11
表 2-3	防水隔熱材料發生缺失時，造成損失的嚴重性評估統計表	12
表 2-4	防水隔熱材料造成困擾或損失的原因，發生可能性評估統計表	12
表 3-1	建築物屋頂構造型式及防水隔熱層架構表	15
表 3-2	不同接著方式之工法比較表	18
表 3-3	防水工事用瀝青品質	24
表 3-4	瀝青接著改良劑之組成成分	29
表 3-5	薄片防水適用性區分表	39
表 3-6	防水薄片間接著部位之構法	47
表 3-7	塗膜防水材之適用部位表	50
表 3-8	屋面防水材料種類及特性分析	70
表 3-9	屋面隔熱材料種類及特性分析	71
表 4-1	排水管口徑中心與外壁面距離關係	87
表 4-2	屋頂排水管徑與排水面積之關係	88
表 6-1	屋頂型式構造適用防水材料及工法	114
表 6-2	屋頂型式構造適用隔熱材料及工法	116

第一章 前言

- 1 - 1 計畫緣起及目的
- 1 - 2 研究內容
- 1 - 3 研究方法及進行步驟
- 1 - 4 預期完成之工作項目及成果

第二章

台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料 使用現況調查

2-1 問卷調查對象及方法

2-2 問卷調查結果統計

2-2-1 屋頂防水材料使用現況

2-2-2 屋頂隔熱材料使用現況

2-2-3 現有防水隔熱材料之選擇方法及條件

2-2-4 現有防水隔熱材料使用現況綜合評估

2-3 問卷調查結果分析

第三章

台灣地區建築物屋頂防水隔熱材料的種類與特性分析

3-1 建築物屋頂構造及型式

3-2 屋頂防水及隔熱材料種類特性分析

3-3 建築物屋頂隔熱材料種類及工法

3-4 建築物屋頂防水及隔熱材料各種類之特性分析、評估

第四章

台灣地區建築物屋頂防水隔熱工程失敗原因 檢討及檢驗項目內容

- 4-1 屋頂防水、隔熱工程失敗原因檢討
- 4-2 屋頂防水、隔熱失敗部位實態分析及改善構法
 - 4-2-1 防水失敗部位實態分析及改善構法
 - 4-2-2 隔熱失敗部位實態分析及改善構法
- 4-3 既有建築屋頂防水、隔熱工程修補措施
 - 4-3-1 防水工程修補措施
 - 4-3-2 隔熱工程修補措施
- 4-4 屋頂防水、隔熱工程之檢驗項目及驗收程序內容

第五章

屋頂防水、隔熱相關法規探討及建築技術規則研議

- 5 - 1 國外相關法規及建築技術規則對屋頂防水、防熱之規定
- 5 - 2 屋頂防水、隔熱建築技術規則條文之研議

第六章

台灣地區建築物屋頂適用之防水、隔熱材料及工法

- 6-1 屋頂防水、隔熱材料使選用應考慮事項
- 6-2 屋頂適用之防水材料及工法
- 6-3 屋頂適用之隔熱材料及工法

第七章

結論及建議事項

1 - 1 結論

1 - 2 建議事項

附錄

1. 台灣地區建築物屋頂防水及隔熱材料使用狀況之研究問卷表
 - 1 - 1 建設公司、建築師、營造廠商問卷表
 - 1 - 2 防水材料廠商問卷表
 - 1 - 3 隔熱材料廠商問卷表
2. 台灣地區問卷防水隔熱材料廠商名錄
3. 屋頂防水隔熱指南
4. 防水隔熱材料中國國家標準規範摘錄表
5. 美國技術規則規範摘錄
6. 期初、中、末會議記錄
7. 參考文獻