

建築工程圖識讀本訓練教材 鋪飾混凝土認識與應用

編號：PCC-CMA0403

編著者：張淑秋

審稿者：陳吉木、張世鎔

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

刊製單位：中華職業訓練研究發展中心

印製日期：九十一年十一月

單元 PCC-CMA0403 學習指引

在你要學習本單元教材之前，你應該要先了解建造建築物的材料有那些及其性質，且對各種建材有基本的認識。假如你認為自己可以的話，請翻到下一頁開始學習。假使你認為自己還不熟悉，請將本教材放回原位，並取出編號 PCC-CMA0401 教材開始學習或請教你的老師。

引言

混凝土之應用被普遍採用，應追溯至卜特蘭水泥的被發明，古早羅馬時代已經有用石灰質之泥土加水拌合，凝結後製成物品，此乃天然水泥發現之開端。

鋼筋混凝土乃為鋼筋及混凝土之組合建材。兩者各其有優點互補其缺，互助其長，互補其短，混凝土構材之抗拉處擺置鋼筋，而鋼筋用混凝土加以包裹。構成理想的混合材料。

定義

混凝土：混凝土乃從翻譯而來，也有人稱之為「三合土」，但仍以「混凝土」較為合理、明釋。

「混」：將水泥、水、粗細骨根少收摻料混合而成。

「凝」：上述材料混合後經過水化作甲，於某段時間內產生初凝而成。

「土」：上述材料在凝結前，具有粘性，流動性及可塑性，如泥土一樣。

學習目標

- 一、在不參考任何書籍及資料的情況下，你能夠正確地說出混凝土的材料與其重要性質。
- 二、在不使用任何參考書籍的狀況下，你能夠說出混凝土水灰比理論與配合比例。
- 三、在不使用任何可供參考的書目情況下，你可明確的說出鋼筋的特性及鋼筋混凝土中結構的設計原理。
- 四、在不使用任何參考資料的情況下，你能說出鋼筋混凝土工程施工及混凝土之澆置和養護。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 103 頁做測驗。
假如你需要更多學習的話，請翻到下一頁。

學習活動

本單元之學習活動有相關知識的教導，你對鋼筋混凝土的認識與學習上可以由下列之二條途徑選擇一途徑去學習。

- 一、 閱讀本教材之第 6 頁至第 87 頁。
- 二、 閱讀下列參考書籍：
 - (一) 吳卓夫、黃立昌，1991 年，營造法與施工(下冊)，中華民國之茂榮圖書有限公司，1 頁~135 頁。

本教材的第一個學習目標是

在不參考任何書籍及資料的情況下，你能夠正確地說出混凝土的材料與其重要性質。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 27 頁做測驗。
假如你需要更多學習的話，請翻到下一頁。

一、概論

羅馬帝國時代，羅馬人曾應用一種石灰質之泥土加水拌合，凝結後製成各種形狀之物品，此乃天然水泥發現之開端。至 1824 年 Joseph—Aspdin 發生了卜特蘭水泥(portland cement)。此項發明使建築、土木界在材料上產生了革命性之演進。

卜特蘭水泥發明後數十年間，混凝土之應用被普遍採用，直至 1850 年 J. L. Lambot 利用鐵絲網安裝於混凝土中製成小船，初期的領悟了加強混凝土之原理。幾經研究，於 1861 年法國人 F. Coignet 發表了「鋼筋混凝土原理」，此為初期鋼筋混凝土理論之創造性著無。嗣後乃推廣應用於水管、平板、橋板及階梯之構造。1865 英國 W. Bwilkion 於新泰隆堡建造了第一幢鋼筋混凝土住宅，是乃鋼筋混凝土應用於工程之先聲。

此後 J. Beamschings，及 M. Koenen 兩氏共同研究，於 1886 年發表了鋼筋混凝土之理論計算法，其主要內容述及鋼筋混凝土兩種組合材料之應力作用分布情況，說明了鋼筋負擔拉力而混凝土承受壓力之原理。該理論之發表乃奠定了今日鋼筋混凝土應用科學之基礎。嗣後 Francois Hennebique 發明了肋筋(stirrup)及彎折筋(bent-up bar)之應用理論，使鋼筋混凝土向前邁進了一大步。

鋼筋混凝土建築自其肇始至今不過百餘年間，然其對於現代建築影響之深，應用之廣及其發展之速，為其他建築材料所莫及。茲因鋼筋混凝土具有高度耐火性、耐久性、耐壓及抗蝕性，又因鋼筋具備高度之抗拉力及抗撓曲性。同時混凝土可藉其可塑性澆置成任意之形狀，構成一體式之構造物。

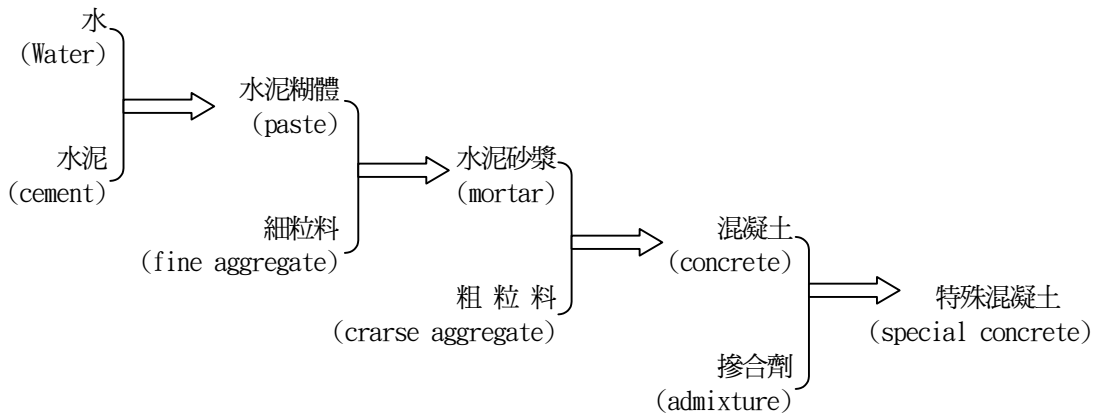
鋼筋混凝土為鋼筋及混凝土之組合建材，其特性為採用鋼筋及混凝土之材料優點互補其缺。混凝土之抗拉力強度約為抗壓強度之 1/10，實際設計上均假設其為零。故不適用為拉力構材。另者，鋼筋對於抗拉、抗壓均具有高強度之特性，然於大氣中容易氧化腐蝕，且不耐高溫。因此，兩者互助其長，互補其短，(換言之於混凝土構材之抗拉處擺置鋼筋，而鋼筋用混凝土加以包裹)，獲致一完美之理想混合材料。

近年來，混凝土及鋼筋等材料之強度與品質控制均有顯著性的增強，設計理論及施工技術亦有相對性的進步，對於長跨度及大規模之預力混凝土構材與預鑄混凝土構造方法，尤其突破性的發展，更能顯示混凝土構造之重要與特性。

二、混凝土材料

構成鋼筋混凝土之兩主要材料為鋼筋及混凝土。其中混凝土一項係由水泥(cement)，粒料(aggregate)及水(water)等三種基本原料拌合而成。如圖 1 所示。另依特定用途及預期效果可加入特定摻合劑(admixtures)製成特殊之混凝土。混凝土之主要材料依其功用可分為黏結材與填充材。黏結材在未凝結前供

使混具有流動性，提供工作性，且能將混凝土各種材料黏結在一起並填充骨材間的空隙使凝固成一堅硬的固體。故混凝土品質之良窳主要係取決於黏結材料之良否，而黏結材的好壞則決定於水泥的品質與水灰比，其中受水灰比的影響最大。



其含量加以絕對體積表示之則如圖所示。

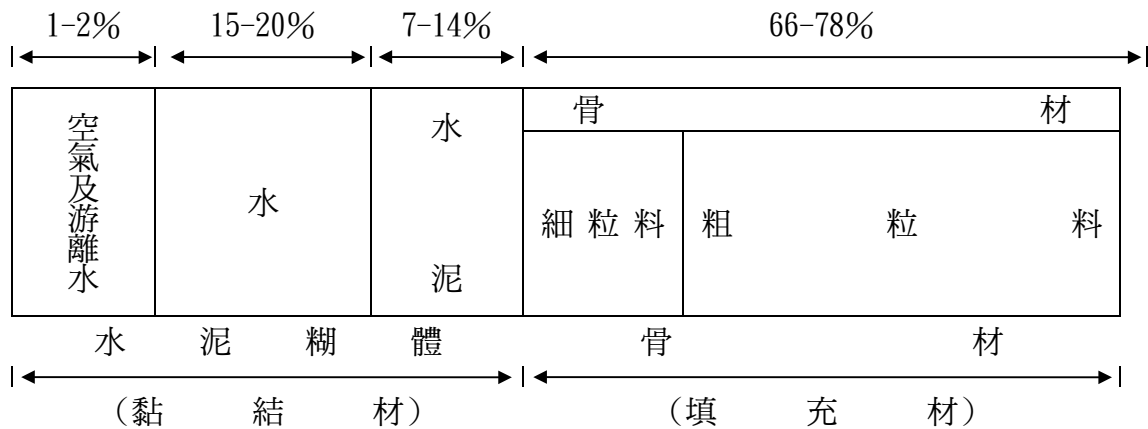


圖 1 混凝土之組成 (體積比)

填充材佔混凝土絕大部分之體積，對混凝土的品質亦十分密切，其主要功用可歸納如下：

- (一) 可填充取代水泥砂漿之體積，以降低成本。
- (二) 抵抗載重磨損，風化作用。
- (三) 減少混凝土的體積變化。
- (四) 粒料強度較水泥砂漿高時，可提昇混凝土之強度。

(一) 水泥

水泥係以石灰石與黏土約 4 : 1 之混合原料鍛燒，加入石膏研磨製成。其生產過程如圖 2 所示。

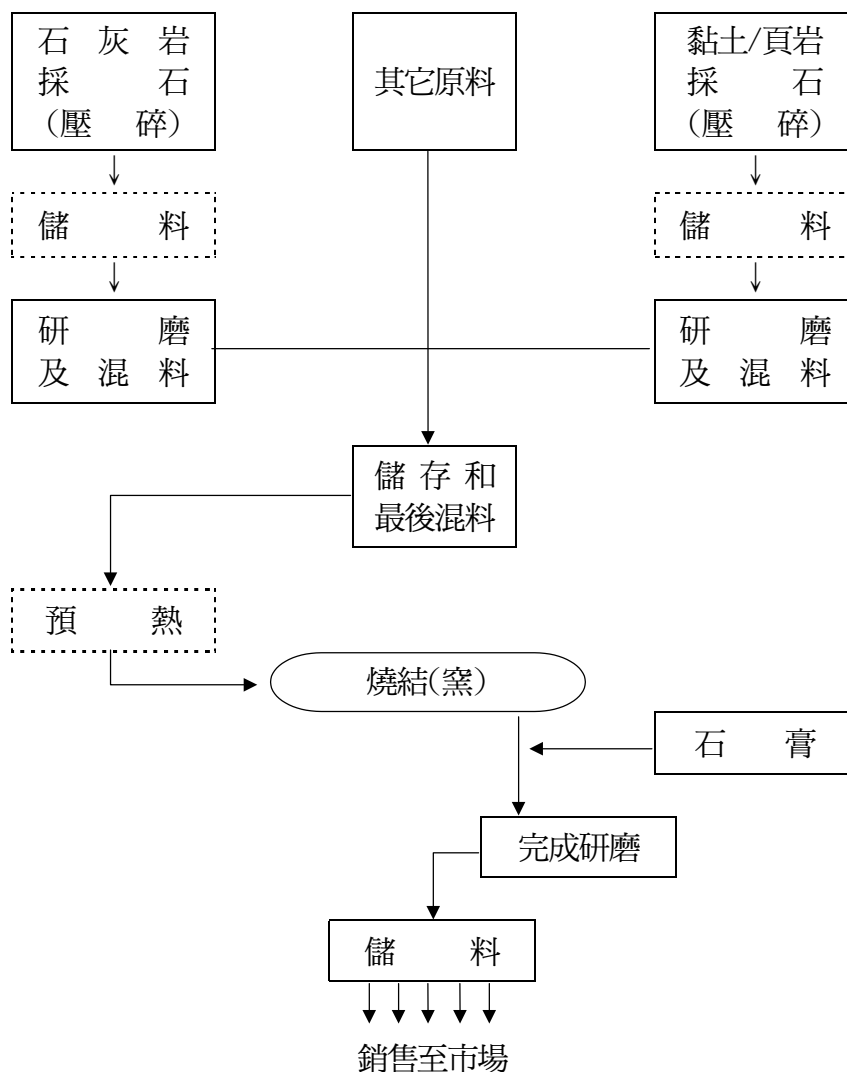


圖 2 水泥之製造過程

1. 水泥的成分

水泥原料之化學成分係以 CaO ， SiO_2 ， Al_2O_3 ， Fe_2O_3 ，居多，但由於鍛燒的結果，大部都結合成化學複合物，其主要化合物如下：

矽酸二鈣($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)簡稱 C_2S

矽酸三鈣($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)簡稱 C_3S

鋁酸三鈣($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)簡稱 C_3A

鋁鐵酸四鈣($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)簡稱 C_4AF

此外，尚有硫酸鈣、氧化鎂及游離石灰等次要化合物，關於卜特蘭水泥各種成份之含量及特性可參照表 1~3 所示。

表 1 卜特蘭水泥複合物成份含量

| 成分 水泥種類 | C_3S | C_2S | C_3A | C_4AF | MgO | SO_3 | 燃燒 損失 | Free CaO |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----|---------------|----------|-------------|
| Type I | 49 | 26 | 11 | 8 | 3.0 | 2.2 | 1.3 | 1.0 |
| Type II | 46 | 30 | 6 | 12 | 2.1 | 2.1 | 1.5 | 1.2 |
| Type III | 55 | 14 | 10 | 7 | 2.1 | 2.8 | 1.5 | 1.6 |
| Type IV | 30 | 47 | 5 | 13 | 2.1 | 2.1 | 1.4 | 0.8 |
| Type V | 41 | 36 | 4 | 10 | 2.8 | 1.9 | 1.3 | 0.8 |

表 2 卜特蘭水泥成份之特性

| | | C_3S | C_2S | C_3A | C_4AF |
|--------|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 水化作用速率 | | 快 | 慢 | 極快 | — |
| 水化熱量 | | 120 cal/g | 62 cal/g | 207 cal/g | 100 cal/g |
| 黏結力 | 早期(1, 2天)強度 | 佳 | 差 | 佳 | 差 |
| | 極限強度 | 佳 | 佳 | 差 | 差 |

表 3 CNS-61-R2001 水泥之種類及用途規定

| 種 | 類 | 代 號 | 用 途 | 說 明 |
|-------------|------------|-----|--------|-----------------------------|
| 中國國家標準之水泥種類 | (一)卜特蘭水泥 | 第一種 | (I) | 用於不需要其他任一種水泥所具有之特性之用途。 |
| | | 第二種 | (II) | 適於一般用途，特別是需要中度硫酸鹽抗力或中度水合熱時。 |
| | | 第三種 | (III) | 用於需要高度早期強度者。 |
| | | 第四種 | (IV) | 用於需要低度水合熱者。 |
| | | 第五種 | (V) | 用於需要高度硫酸鹽抗力者。 |
| | (二)輸氣卜特蘭水泥 | 第一種 | (IA) | 輸氣水泥，其用途與(I)種相同，但需要輸氣者。 |
| | | 第二種 | (IIA) | 輸氣水泥，其用途與(II)種相同，但需要輸氣者。 |
| | | 第三種 | (IIIA) | 輸氣水泥，其用途與(III)種相同，但需要輸氣者。 |

2. 水泥的性質

(1) 比重

水泥比重應在 3.05 以上，新生產卜特蘭水泥比重約在 3.14~3.16，但若長期置存，由於其微粒吸收空氣中的水分及 CO₂ 產生風化作用，使比重降至 3.0~3.05 之間。通常水泥比重在 3.05 以下者，即表示受風化作用影響甚深，已喪失部分特性。

(2) 細度

水泥的細度係以比表面積表示。顆粒愈細，比表面積值愈大，如表 4 所示。一般水泥細度比表面積值低於 2800 cm²/g 時，可能影響混凝土工作性，且有過量之泌水現象。而水泥的細度愈細，其水化速度率愈快，早期強度也愈強，但若細度值太高亦可能產生龜裂，而影響耐久性。細度之檢驗方法可依 CNS9747-R3112(溫度計法)及 CNS10473-R3115(篩析法)。

表 4 卜特蘭水泥之細度

比表面積(Blaine 值)(cm²/g)

| | 普通水泥(I) | 早強水泥(III) | 超早強水泥(II) | 低熱水泥 |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 規 格 值 | 2300 以上 | 3000 以上 | — | 2700 |
| 實 際 值 | 2800~3600 | 3600~4500 | 4500~6600 | 2900~3300 |

(3) 凝結

水泥的水化作用可分為凝結及硬化二個階段，當水泥與水拌成可塑性膠糊體時，水泥即與水開始水化作用而逐失可塑性，開始喪失可塑性現象時，稱為初凝(initial set)。初凝時之水泥漿或混凝土仍可重新拌合並無大害。初凝後水化作用持續進行，當完全失去可塑性時，則稱為終凝(final set)。終凝之混凝土若經攪動，則會受到嚴重傷害。一般水泥凝結時間過速或過緩均不適宜，過速則無足夠之輸送及澆置時間，反之，過緩則影響混凝土的強度發展。依 CNS61-R2001 對水泥凝結時間之規定如表 5。

(4) 健度

水泥中若含有游離石灰、苦土及無水硫酸等物質時，因健度不良呈不安定作用，而發生異常膨脹及畸變現象，致使混凝土因龜裂而降低強度。一般水泥的健度可依浸水法或煮沸法試驗檢驗之。

(5) 強度

抗壓強度檢驗法可獲知水泥強度。水泥強度之規定依表 5 所示。

表 5 卜特蘭水泥物理性質之標準規定

| | I | I A | II | II A | III | III A | IV | V |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 塹料之空氣含量體積 CNS787-R3023 百分率 最大值% 最小值% | 12 | 22 16 | 12 | 22 16 | 12 | 22 16 | 12 | 12 |
| 細度，比表面積(cm^2/g) 濁度計試驗 CNS9747-R3112 氣透儀試驗 CNS2924-R3044 | 1600 2800 | 1600 2800 | 1600 2800 | 1600 2800 | | | 1600 2800 | 1600 2800 |
| 健度：熱壓膨脹最大值% CNS1258-R3044 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| 抗壓強度(kg/cm^2) CNS1010-R3032 1 天 3 天 7 天 28 天 | | | | | 126 246 | 102 197 | | 85 155 211 |
| 凝結時間： 吉爾摩氏針試驗法 CNS785-R3021 初凝(分鐘)，不少於 終凝(小時)，不多於 費開氏針試驗法 CNS786-R3022 初凝(分鐘)，不少於 終凝(小時)，不多於 | 60 10 45 8 | 60 10 45 8 | 60 10 45 8 | 60 10 45 8 | 60 10 45 8 | 60 10 45 8 | 60 10 45 8 | 60 10 45 8 |

備註：試驗時間必須依下述規定在取樣後之期限內完成試驗。1 天試驗→6 天內，3 天試驗→8 天內，7 天試驗→12 天內，28 天試驗→33 天內。

(二) 粒料

粒料(aggregate)舊稱骨材，依粒徑尺寸可分為粗粒料及細粒料兩種。另依比重大小可分為重質粒料、普通粒料及輕質粒料。依「構造編第 339 條」規定：混凝土所用一般骨材料應符合 CNS-1240-A2029 標準，其最大粒徑不得大於兩模板間最小淨距之 1/5，或樓板厚之 1/3，亦不得大於鋼筋間，鋼筋束間，預力線管間或鋼筋與模板間最小淨距之 3/4。但如能確認施工良好，不致有空隙或蜂窩現象發生，經監造人同意得予變更。

1. 細粒料

細粒料包括天然砂、碎石砂、或兩者混合砂等。一般通過 5 mm CNS-36-Z7008 試驗篩或 ASTM 4 號篩(4.76 mm)以下之粒料屬之。依 CNS-1240-A2029 規定篩析細粒料之結果須符合表 6 之規定。

篩析時按表 6 所列連續相鄰二篩號之間所留存之部份不得超過總重 45%，其細度模數在 2.3~3.1 範圍內為適宜。

若混凝土配合比例設計時所設之細度模數與實際試驗所得粒料之細度模數相差在 0.20 以上時，除非重新調整配合比例，否則此種細料粒不得使用。所謂細度模數乃指積留於各號標準篩上粒料累積百分數之和除以 100 而言。不同級配之粒料可具相同之細度模數。其細度模數表示粒料粗細之程度，而不能表示粒料之級配狀態。細度模數愈大者，粒料粒徑愈粗。

每 m^3 輸氣混凝土其水泥用量超過 250kg(或每 m^3 普通混凝土其水泥用量超過 300kg)時，細粒料通過試驗篩 0.315(CNS-386)及試驗篩 0.16 之重量百分數，可各改為 5~3 及 0~10。此處所謂輸氣混凝土乃混凝土中加有輸氣水泥或輸氣劑，使其空氣含量大於 3%者。

表 6 細粒料之篩析規定

| CNS-386 試驗篩之標準孔寬(mm) | 通過試驗篩之重量(%) |
|----------------------|-------------|
| 試驗篩 10 | 100 |
| 試驗篩 5 | 95~100 |
| 試驗篩 2.5 | 80~100 |
| 試驗篩 1.25 | 50~85 |
| 試驗篩 0.63 | 25~60 |
| 試驗篩 0.315 | 10~30 |
| 試驗篩 0.16 | 2~10 |

另細粒料中有害質之含有量不得超過表 7 所示規定。

表 7 細粒料中有害物質數量限制

| 混凝土用細粒料中有害物質 | 最大容許極限(重量%) |
|---------------------------------------|-------------|
| 土塊(泥土) | 1.0 |
| 小於試驗篩 0.075CNS-380 之物質； 表面易受磨損之混凝土 | 3.0 |
| 所有其他種類之混凝土 | 5.0 |
| 煤渣： 外觀重要之混凝土 | 0.5 |
| 所有其他混凝土 | 1.0 |

2. 粗粒料

粗粒料包括碎石、礫石、爐渣、或三者之混合物等，一般留於 5 mm CNS-386 試驗篩或 ASTM 4 號篩以上者屬之。並應符合表 8 所示之有害物質含量限制。

用於經常處於潮濕狀態之混凝土的粗粒料，不可含有會與水泥中鹼質發生反應而使混凝土或水泥漿過度膨脹之有害物質。

表 8 粗粒料中有害物質含量限制

| 項 目 | 最大許可極限(重量%) |
|--|-------------|
| 粉脆顆粒 | 0.25 |
| 軟質顆粒 | 5.00 |
| 經 5 次循環健度試驗或在 -17.8°C 及 4.4°C 之水和冰中之凍融試驗易於分解或而乾飽和比重小於 2.35 之泥板岩： | |
| 於嚴重曝露部位者 | 1.0 |
| 於中等曝露部位者 | 5.0 |
| 小於試驗篩 0.075 CNS-386 之粒料 | 1.0(註) |
| 煤渣： | |
| 外觀重要之混凝土 | 0.5 |
| 所有其他混凝土 | 1.0 |

註：碎石中通過試驗篩 0.075 CNS-386 部份並無粒土及泥板岩夾雜者此數可增為 1.5。

3. 輕質粒料

一般混凝土工程所採用之砂石骨材稱為普通粒料(normal aggregate)其比重約為 1.7 以上，故採用普通粒料之混凝土其比重約為 2.3。

輕質混凝土分為發泡性輕質混凝土及輕質粒料混凝土兩種。發泡性輕質混凝土採用發泡化學劑或其他添加物使與水泥產生活性化作用產生氣泡，增加體積以達成減輕重量之目的。其比重約 0.5，約為普通混凝土比重之 1/5，抗壓強度約 10~50kg/cm²，輕質粒料混凝土係採用輕質粒料達成減輕重量之目的。一般輕質粒料分類如表 9 所示。

表 9 輕質粒料之分類

| | | |
|------------------|---|--|
| 輕 質 粒 料 | { | <p>天然輕質粒料：利用天然火山礫或煤渣為粒料，比重約為一般混凝土之半，多孔質吸水率大，表面組織弱，一般作為防熱隔音之非結構性用之混凝土。</p> <p>人造輕質粒料：使用頁岩、黏土、飛灰等原料，於高溫下燒成小球，由於高溫加熱，而於內部發生氣體，但表面形成一層堅硬之玻璃層。單位重量約為 1.5 左右，抗壓強度為 200~600kg/cm² 依製造過程之不同可分為造粒型與非造粒型兩種。</p> |
|------------------|---|--|

A. 輕質粒料之優點及展望

- 減輕混凝土重量，使結構物在大型化方面能發揮最大的效率。
- 減輕結構物自重，增加跨度，減少支柱(或橋墩)數，提高防震功能。
- 減少基礎載重，簡化基礎工程複雜之處理過程。
- 預鑄構材之輕質化，增加層數高度。
- 增加軟弱地層上構造物構築之可行性。
- 補助天然粒料資源之短缺。

B. 輕質粒料之參考資料

人造輕質粒料首先源起於歐美，特別是美國、英國、歐洲及日本等均深入之研究及施工實例。目前國內除成功大學王教授已將部份研究見外，施工實例及 CNS 規範等均尚欠資料可考。

4. 重質粒料

顧名思義重質粒料之比重較一般粒料大，利用重質粒料拌成之混凝土稱為重質混凝土。其主要功能為防護放射線，故廣泛地被應用於核能電廠、電子爐、醫院放射治療室等場所。重質混凝土因比重較大防護放射性能高，故重質混凝土防護牆之厚度可較一般混凝土防護牆薄，因而有較大之有效空間可供利用，所以近年來採用日廣。

重質粒料與水泥砂漿之比重相差較大，故於施工時容易發生分離現象，故須採用硬拌及振動搗實方式施工。

一般常見的重質粒料之用途及特性如表 10 所示。

表 10 重質粒料之用途與特性

| 使用之重質粒料 | 混凝土比重 | 適用範圍 |
|-------------|--------------------|------------------------------------|
| 褐鐵礦 | 2.6~2.7 | 適用於中子線之防護，若以褐鐵礦砂拌合比重可達 3.2，拌合結合性良好 |
| 銅礦渣(去硫) | 2.7~3.0 | γ 線之防護，鈷 60 照射設施 |
| 赤鐵礦 磁鐵礦 | 2.9~3.1 3.5~3.8 | 中子線及 γ 線之防護，原子爐、鈷 60 照射設施 |
| 重晶石 | 3.3~3.6 | 原子爐之中子線防護最有利，100°C 以上高溫及反覆凍結之處不適使用 |
| 磷鐵礦 | 4.0~4.5 | 原子爐頂部。單價較昂貴，故一般以不用之鋼材切屑，螺栓，鑄鐵屑等代替 |
| 含鉛，Barium 等 | —— | X 線設施 |

5. 粒料採樣

粒料採樣以在粒料潮濕時較佳，因在乾燥時不易取得粒料中之細料。樣品採取之數量隨試驗種類及方式而定，採樣數量須多於試驗用量，通常砂為 10kg，石子為 25kg，一般以四分法或分樣器(splitter)取得所需之試驗用量。

四分法乃將取得之樣品堆置於平板上，攪合均勻鋪成圓餅形後，切成等份四塊，除去對角之兩塊取得，如圖 3 所示斜線部份兩塊，重複上述步驟直至獲得試驗需要量為止。

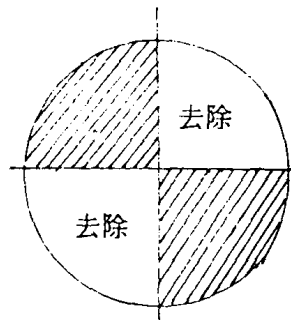


圖3 四分法

6. 粒料對混凝土之影響

混凝土中如無粒料，將成為僅帶有氣泡(air bubble)之水泥漿，按一般混凝土之用水量計算，每 m^3 水泥漿需水泥約計 16~22 包，不但價格昂貴，且耐磨損性極為薄弱，另因其於凝固時內外發生甚大之差別凝縮而導致破裂，是故混凝土中須有相當數量之粒料方可成為合適之建築材料，由此可知粒料之重要性。粒料對混凝土之影響關係，如下各項所述：

(1) 強度：

混凝土強度影響係控制於其間的膠體質(gel)，換言之；混凝土最弱之一環乃粒料與水泥漿膠糊體介面間之黏著強度，粒料對於混凝土強度之影響一般與下述數點性質有關：

- A. 粒料之表面性：粒料具粗糙之表面者較佳(如碎石)。
- B. 粒料形狀及級配：粒料形狀不良或級配不佳，致使水灰比增大，降低混凝土強度。
- C. 表面清潔度：粒料表面清潔度不良，對於混凝土之富級配強度影響甚大。
- D. 粒料品質不良，容易粉碎或本身具有層理者較易剝離。
- E. 粒料之最大粒徑：在工程許可範圍內，粗粒料應採用最大粒徑較大之級配。粒料之最大粒徑愈大，則所需之拌合水愈少。水灰比不變時，粒料最大粒徑愈大者其所需之水泥亦愈少。

(2) 工作度

所謂混凝土良好之工作度除須具備適當之流動性外，尚須有充分之稠度以免產生浮水，一般骨材對於混凝土工作度之影響如下：

- A. 表面粗糙之粒料流動性較差，須多加水，因而減低強度。
- B. 不良級配之粒料工作度不佳。
- C. 相同體積下，細粒對貧級配(水泥用量 70%以下)較為有利，對富級配(水泥用量 14%以上)較為不利。

(3) 耐久性

粒料具有吸水性，於冰凍地區水份因氣溫變化，凝結膨脹解凍收縮，空隙間之體積變化過巨，易將粒料破壞，所以粒料空隙較大者吸水性較小，耐凍性較佳。另粒料耐磨性較佳者，混凝土之耐久性亦較強。

(4) 體積穩定性

粒料之級配、形狀與水泥漿糊體體積穩定性有直接之關係。

(5) 經濟性

粒料之級配、形狀、價格、加工成本及材料地點之距離等，均直接與混凝土經濟性有關。

(三) 水

混凝土拌合之用水須清潔、無油、酸、鹼、鹽、有機物及其他對混凝土與鋼筋有害之物質，預力混凝土及混凝土中埋設鉛物時，必須無氯離子。

一般而言，適於食用之水亦適於混凝土之用。如用非飲用水，應先依其製成砂漿方試體，其 7 天及 21 天強度不得小於採用飲用水製出者之 97%。

如海水為唯一之水源時，據試驗採用海水拌合之混凝土強度較用淡水者約低 8~10%，故應提高水泥用量以彌補之；另混凝土若摻與砂糖水呈不凝結狀，應特別注意之。

三、混凝土之重要性質

結構物對混凝土品質的基本要求有三：即安全、耐久、經濟。為達到上述要求則必需具備良好之(1)強度，(2)工作性，(3)耐久性，(4)體積穩定性，(5)水密性等條件，參照圖 4。

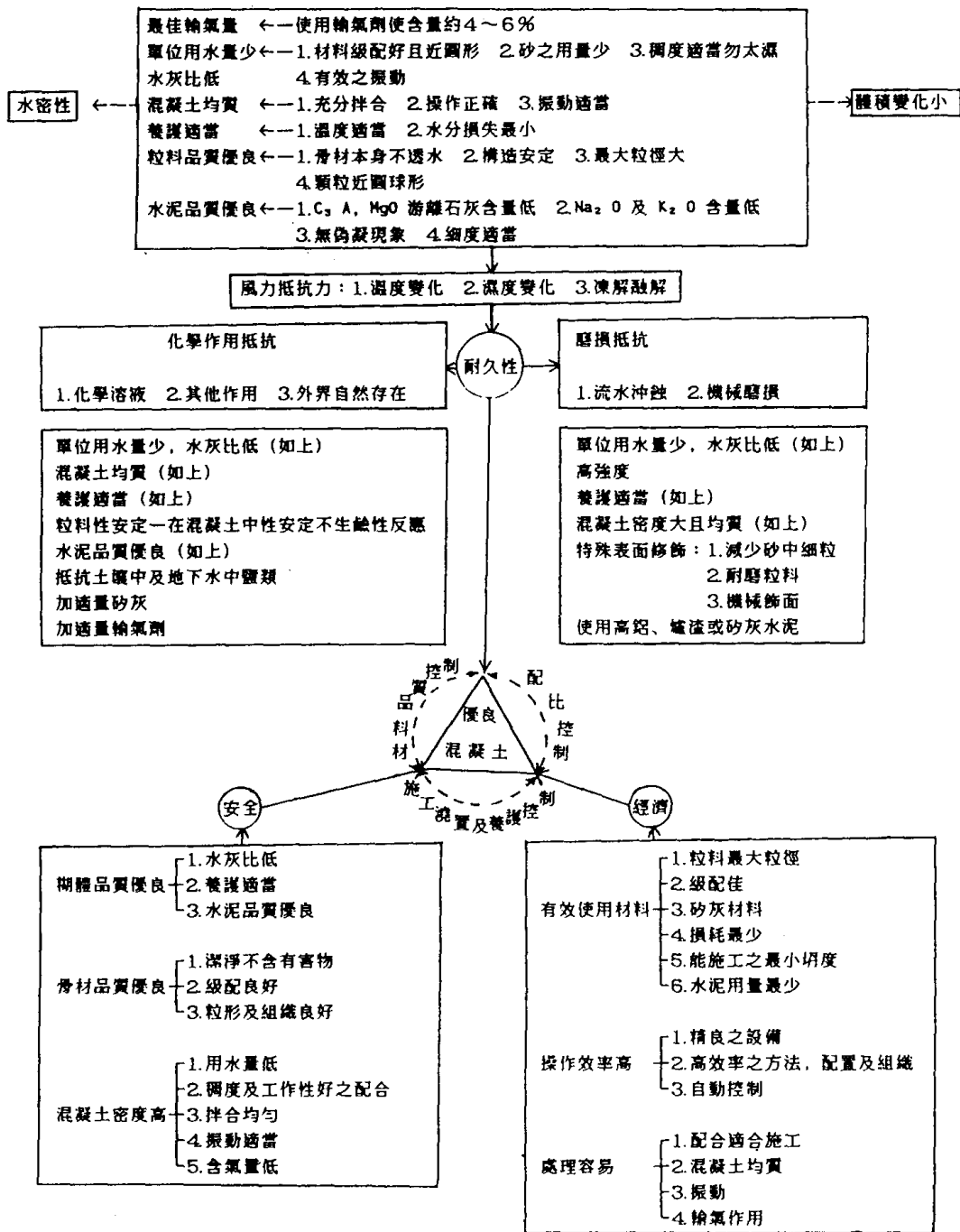


圖4 混凝土品質控制圖

(一) 工作性

混凝土的工作度係指混凝土澆置作業過程時之難易程度，良好的工作度有利於混凝土之澆置與搗實。反之，易使混凝土產生分離現象，且會降低強度。一般工作度測定方法有下列數種：

1. 坍度試驗。
2. 流度試驗。
3. 重模試驗。
4. Vee Bee 稠度測定方法。
5. Kelly 球貫入試驗法。
6. Iribarren 試驗方法。
7. 壓實因數試驗法。
8. 稠度測定法。
9. 其他：如落下試驗、貫入試驗、擴散試驗等。

工作度測定方法雖多，其中以坍度試驗採用最廣。坍度試驗係將新拌之混凝土分三次澆置於頂徑 10 cm，底徑 20 cm 及高 30 cm 之截頭圓錐筒，筒底置於水密性平板上(參照圖 5 所示)，每層輕揚棒搗實，然後保持垂直之方向輕輕將截頭筒提起，混凝土隨即下坍。試筒高度正坍陷後混凝土高度之差，即稱為坍度(Slump)，坍度值一般以 cm 計。

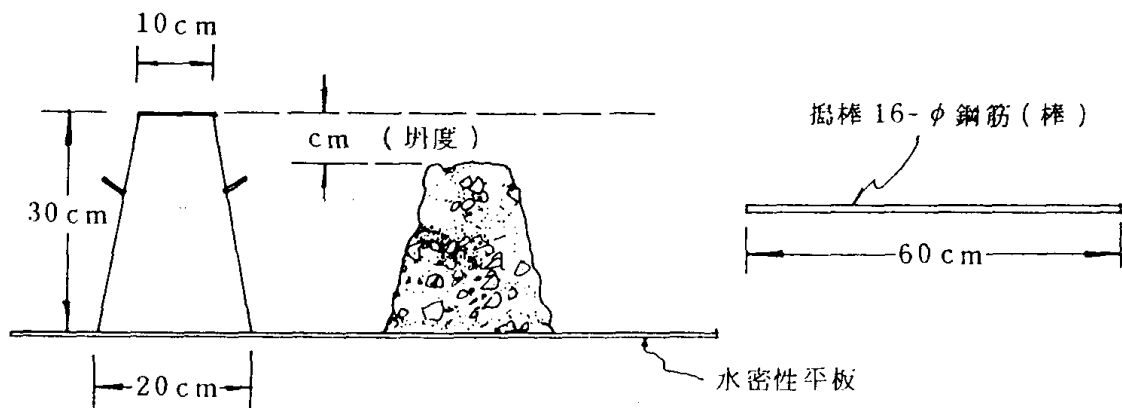


圖 5 坍度試驗

一般坍度試驗可能發生的坍陷有下列四種類型：

- (1) 近零坍度(near-zero slump)：
呈近零坍度之混凝土其含水量太低，工作度較差，但若為早強水泥混凝土，則可能仍有良好之工作度。
- (2) 正常坍度(normal slump)：
呈正常坍度之混凝土一般皆其有良好之工作度。
- (3) 剪力坍度(shear slump)：
呈剪力坍度之混凝土缺乏可塑性及黏性，工作度不佳故不宜施工。
- (4) 崩陷坍度(collapse slump)：
呈本坍度之混凝土水灰比大，拌合水過多，坍度值約在 18~25 cm，故常發生砂漿外流，粒料分離之狀態。
適當的坍度為混凝土優良施工性的重要因素。依美國混凝土研究會規定各種構造物之坍度要求如表 11 所示。

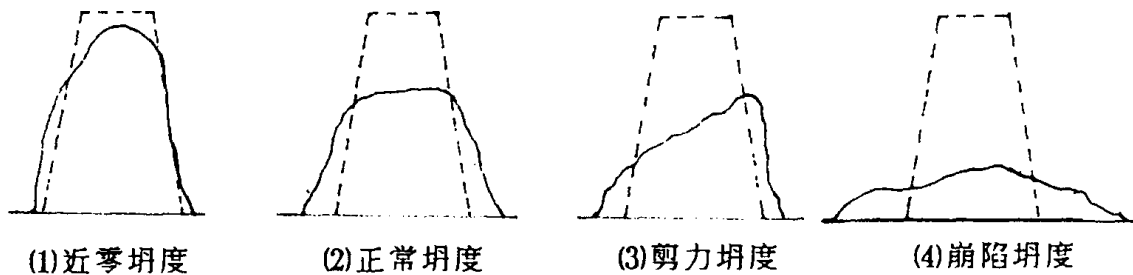


圖 6 混凝土坍度類型

表 11 各種構造物之混凝土坍度

| 構 造 物 種 類 | A | C | I | 規 定 |
|-----------------|------------|---|---|------------|
| | 最 大 坍 度 cm | | | 最 小 坍 度 cm |
| 鋼筋混凝土基腳 | 7.6 | | | 2.5 |
| 純混凝土基腳、沉箱下部結構之牆 | 7.6 | | | 2.5 |
| 板、梁、鋼筋混凝土牆 | 10.0 | | | 2.5 |
| 房屋之柱 | 10.0 | | | 2.5 |

(二) 耐久性

混凝土對於風化、化學作用、及磨損之耐久性問題，因其與實際使上甚少發生直接關係，故較少受人重視。

1. 風化作用

風化之主要原因乃係混凝土因溫度及氣候上之變化而產生的交替凍融現象所致。一般混凝土之材料選擇適當，施工控制適宜，水密性高者皆可獲耐風化之效果。另依試驗獲知，摻合適量之輸氣劑對混凝土之耐久性有甚大之助益。

2. 化學作用

混凝土之耐化學作用最常見為鹼質(alkali)反應及硫酸鹽反應兩種。鹼質應為水泥中鹼質材料(Na_2O 等)含量過多與粒料中之矽質發生化學作用，導致強度減低及過膨脹而產生破裂現象。一般採用水泥之 Na_2O 含量應低於 0.6% 以防止之。

土壤及地下水含有鹼類時，主要效應係由於硫酸鎂與硫酸鈉之作用與混凝土之水化鋁酸鈣發生反應，形成結晶體同時導致膨脹作用而致混凝土破裂。其防止對策為(1)使用抗硫水泥，(2)降低水灰比(以不超出 0.5 為原則)，(3)使用 15~30% 重之矽灰材料代替水泥，(4)使用 Autocuring 方法將混凝土加熱至 177°C 以加強抗硫性。

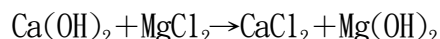
3. 磨損作用

行人、車輛等對樓地板與路面均具甚大之磨損性，另水工結構在水流變更方向及速度處，對混凝土具有強烈之孔蝕(cavitation erosion)作用，造成水工結構之嚴重損壞，因此混凝土應具有良好的耐磨損性。一般而言；密度高及水灰比低之混凝土，若於工作性容許範圍內使用最少量之細粒料，均可提高其耐磨損性。澆置後表面鑲飾不宜過早或過度操作以防止細砂及水份集中於表面而減低耐磨性，且輸氣混凝土之空氣含量不得超過 4%。

4. 海水鹽類作用

海水中含有硫酸鎂(MgSO_4)及氯化鎂(MgCl_2)等化學鹽類，均會與混凝土發生化學作用而逐漸侵蝕混凝土表面，其發生作用的途徑大致如下：

(1) 氯化鎂與混凝土中的石灰質化合成氯化鈣，並溶解於水中，使混凝土的空隙增加而降低其強度及耐久性。



(2) 混凝土中的石灰質，鋁化物及石膏等與海水中的硫酸鹽發生化學作用而產生膨脹性鈣鋁石($3\text{CaO} ; \text{Al}_2\text{O}_3 ; 3\text{CaSO}_4 ; 32\text{H}_2\text{O}$)，導致混凝土脹裂。

(三) 水密性

混凝土的水密性與其內部連續性之孔隙有關。影響混凝土水密性的因素可歸納如下數點：

1. 新拌混凝土在水化過程中，因多餘水分向上浮昇而產生泌水現象，該泌水之途徑在混凝土硬化後即形成連續性的孔隙。
2. 水泥漿水化以後，因絕對體積縮水而形成的膠孔。
3. 混凝土澆置時，因施工導入之空氣小孔隙，一般為增進混凝土水密性，其相關對策及施工注意事項如下所述：
 - (1) 水灰比宜在 0.5 以下，水灰比超過 0.65 則透水性加速。水灰比 0.8 之混凝土的透水性約為 0.4 者之 100 倍。
 - (2) 水泥之細度與水密性成反比。
 - (3) 慢水化水泥較快水化水泥之水密性強。
 - (4) 適量之輸氣劑，因可改善工作度，減少向上泌水現象，使混凝土中形成之孔隙不相連續。
 - (5) 混凝土中加用飛灰(fly ash)，可增加水密性。
 - (6) 粒料粒徑級配良好者，無蜂窩現象，其水密性亦較高。
 - (7) 適當之配合比例、坍度及澆置時充分之搗實及澆置後之養護等均與水密性有充分之關連。

(四) 體積之變化

混凝土體積因應力、溫度及濕度之變化，或因化學及機械之作用，而變化現象。所謂體積變化不外乎收縮與膨脹兩種。混凝土之體積變化雖為無法避免之事，然若不予適當之防止及設法避免，極易造成混凝土發生龜裂，嚴重者甚至影響到結構整體之破壞。現就各種導致體積變化之原因說明如下：

1. 泌水與凝結收縮

新拌之混凝土除粒料吸收一部份水外，其游離水溢至表面蒸發流失，因而體積發生收縮。這種收縮在澆置後約一小時內發生，收縮量最大約為 1%。

其防止方法為(1)模板須緊密且採用不吸水材料以減少水份流失，(2)使用飽和水份之粒料，(3)水泥用量在容許範圍內儘量減少，(4)混凝土澆置厚度不宜太厚。

2. 塑性收縮

混凝土澆置後尚處於可塑狀態時所發生之收縮謂之塑性收縮。此種收縮乃因混凝土表面迅乾燥所致，塑性收縮所產生之裂縫深度甚大，防止之對策應降低表面水份之蒸發率，特別在熱天高溫下施工更應注意。

3. 自生體積變化

自生體積變化純為水泥在水化作用時因膠體(gel)吸收孔隙中之水份而膨脹，乾燥則收縮，而導致體積變化。故其變化與水泥細度、水質、配合比例、養護狀況與時間等均有關，水泥細度高或用量多者體積變化亦大，巨積混凝土(mass concrete)之體積變化亦較顯著。一般以澆置後 2~3 個月內之自生收縮最為顯著。

4. 溫度體積變化

水泥漿之膨脹係數為 $15\sim 18\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，混凝土之膨脹係數在常溫下約為 $7\sim 13\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ，以石英質粒料者最大，石灰岩粒料最小。一般設計時採用 $10\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 之數值。鋼筋混凝土之鋼筋與混凝土兩者之熱膨脹係數甚為相近（鋼筋為 12×10^{-6} ），此乃鋼筋混凝土構材組成之基本原理。

巨積混凝土內部常因熱量無法發散而使溫度上升，為使混凝土溫度變化儘可能降至最低限度。故而巨積混凝土常改用低熱水泥，或人工冷卻如管冷卻(pipe cooling)或預冷(pre-cooling)處理。同時超構物須於適當距離（一般為 50~60 cm）設置伸縮縫以防止膨脹或收縮破壞。

（五）強度

混凝土強度分為抗壓強度、抗拉強度、抗彎強度及抗剪強度，一般而言上述四種強度均具有相關關係，其中某種強度高者，其他強度亦高，反之亦然。惟各種關係並不存一定之正比關係。

混凝土抗拉強度(σ_t)約為抗壓強度(σ_c)之 8~13%，通常視為 $\sigma_t=1/10\sigma_c$ ，因其值甚小，故一般均將其省略視為零值。換言之；抗拉強度在實用上均不予考慮。

混凝土之強度一般均指抗壓強度而言。混凝土之抗壓強度依材齡不同而異，一般除特別指明外均指 28 天之抗壓強度而言。所謂 28 天抗壓強度者係將拌合後之混凝土利用鋼模製成直徑 15 cm 高 30 cm 之圓柱試體，經 28 天養護後加壓試驗所得之抗壓強度而言。

在施工上因時間關係須依早期材齡來預測 28 天強度(σ_{28})時，依 W. A. Slater 建議可利用下述經驗公式求知；即 $\sigma_{28}=\sigma_7+30\sigma_7$ ，式中 σ_7 為 7 天材齡之抗壓強度。

一般施工上之粗略估算可依材齡強度之關係換算如下；設三天材齡之抗壓強度為 σ_3 ；則 $\sigma_3\div 1/3\sigma_{28}$ ， $\sigma_7=2/3\sigma_{28}$ 。

影響混凝土強度之主要項目可歸納如下數點：

1. 材料之品質(水、水泥、粒料、混合摻料)。
2. 配合(水灰比、粒料粒徑、水泥與粒料之配合比、工作度)。
3. 施工方法(拌合、澆置、搗實、養護)。
4. 試驗時之材齡及條件(試體之形狀、尺寸、及試驗方法)。

上述數項中影響混凝土強度最大、關係最密切者為水灰比。

(六) 潛變

混凝土構材長期間承受一定載重之情況下，應變(strain)隨時間之增加而增大。該現象稱為潛變。載重在某一限度下潛變值(應變量)之增大率，於加載後之瞬時最大並隨時間之增長而減少至某一限量而停止。反之載重超出某一限度時，潛變值則繼續增加至構材因受撓度控制而破壞為止。上述所稱之“某限度值”即為「潛變限度」圖7所示為潛變與時間之相關曲線。有關潛變對混凝土之各種影響請詳見書坊各種鋼筋混凝土書籍，本小節僅就影響潛變之各項因素列舉說明如下：

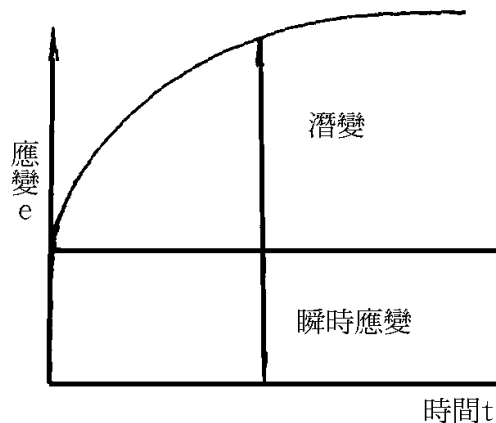


圖 7 潛變與時間之相關曲線

1. 拌合比：

潛變通常發生於水泥膠體而不在粒料，故粒料使用越多，水泥膠體之潛變受束越大，相對可減少混凝土潛變量。

2. 水泥特性：

混凝土之潛變受一般水泥種類之影響不大，但高爐水泥之潛變量較一般水泥稍大。

3. 養護條件

由 Hansen 所做之試驗顯示大氣中之蒸氣養護較濕水養護(65°C, 3hr)可減少 25%之乾縮，蒸熱(auto clave)養護(175°C, 9kg/cm², 5hr)較濕治可減少 70%之乾縮。乾收率越小之混凝土，其潛變率越小。

4. 構材大小及形狀

混凝土斷面之大小及形狀對構材之乾燥率影響較大，導致對乾縮潛變影響亦較大。

5. 環境

鄰近混凝土之空氣溫度會影響基本潛變及乾縮潛變，同時大氣度溼度會影響混凝土之乾燥率。所以混凝土在乾燥過程中，其周遭空氣之濕度有起伏變化時之潛變較濕度穩定狀態下之潛變為大。

6. 應力(stress)

應力達短期極限值之 40%時，潛變與應力成比例。較高之應力下潛變之增加率較應力之增加率為大。

7. 載重齡期(age at loading)

潛變率隨載重齡期之增加而減少。

8. 水灰比

混凝土的潛變與水灰比呈圖 8 所示之正比例關係，此乃水化作用過程中，多餘的水份於硬化後 形成毛細孔隙，毛細孔隙愈多則潛變量愈大。

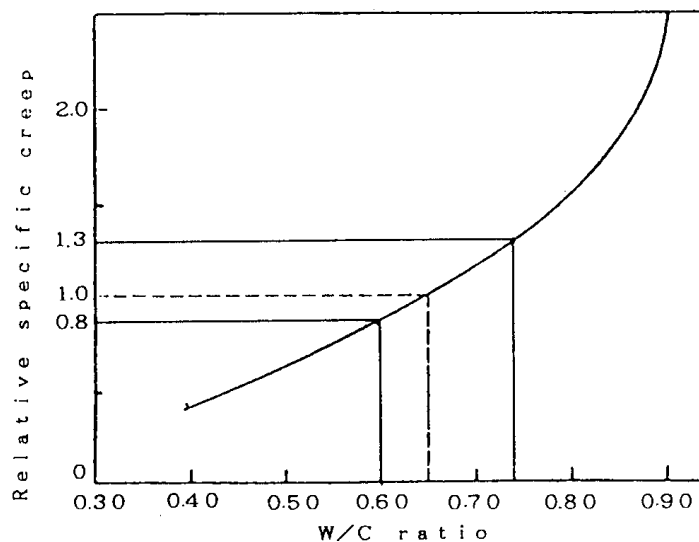


圖 8 水灰比對混凝土潛變的影響

學習評量一

問答題：

- 一、請例舉三項粒料對混凝土強度的影響性質。
- 二、請簡述說明混凝土工作度測定方法有那些數種。
- 三、請說明防止新拌混凝土凝結收縮的方法。

學習評量一答案

問答題：

一、

- (一) 粒料之表面性：粒料具粗糙之表面性者較佳。
- (二) 粒料形狀及級配：粒料形狀不良或級配不佳，致使水灰比增大，降低混凝土強度。
- (三) 表面清潔度：粒料表面清潔度不良，對於混凝土之富級配強度影響甚大。

二、

- (一) 坍度試驗。
- (二) 流度試驗。
- (三) 重模試驗。
- (四) Vee Bee 稠度測定方法。
- (五) Kelly 球貫入試驗法。
- (六) Iribarren 試驗方法。
- (七) 壓實因數試驗法。
- (八) 稠度測定法。

三、

- (一) 模板須緊密且採用不吸水材料以減少水份流失。
- (二) 使用飽和水份之粒料。
- (四) 水泥用量在容許範圍內儘量減少。
- (四) 混凝土澆置厚度不宜太厚。

假如你的答案與上述之重點相似，請翻至下一頁。假如你的答案不與上述之重點相似，則請閱讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻至第 6 頁重新閱讀以便發現你的錯誤之處，並將第 7 頁上的錯誤改正，然後翻到下一頁。

本教材的第二個學習目標是

在不使用任何參考書籍的狀況下，你能夠說出混凝土水灰比理論與配合比例。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 38 頁做測驗。
假如你需要更多學習的話，請翻至下一頁。

一、水灰比理論及配合比例

(一) 水灰比理論

混凝土強度之各種影響因素中，水灰比為影響最巨者。這種水灰比理論首為美國人 A. D. Abrams 於 1919 年所提倡，其概旨為：「構成混凝土之材料中，粒料與粒料間之空隙需由足夠之水泥漿填滿，經過充分之攪拌後，使粒料之空隙減少至最小值(理論上完美之混凝土其組合材料間之空隙應趨近於零)而形成混凝土成品。因此混凝土強度大小之決定，乃基於粒料空隙間之水泥漿硬化後，其強度之大小而決定之。換言之：混凝土之強度直接取決於水泥漿膠體(gel)成份之濃度。亦即混凝土強度之大小受定量水泥與水份配合比之影響。由此可知混凝土拌合時，採用等量水泥之情況下，混凝土之強度恰與所使用之水成反比」。

上述水灰比理論若以公式表示即為

$$S = A/B^x$$

S：混凝土強度(kg/cm²)

式中 X：水灰比(W/C 重量比)

A：與骨材有關之常數

B：視水泥及骨材之品質，混凝土凝固時日及養護情形而定之常數。

圖 9 所示為試驗所得之結果，表示選用等量水泥及等量同質粒料時，隨拌合水量多寡(即水灰比之大小)顯示出混凝土強度之變化關係。

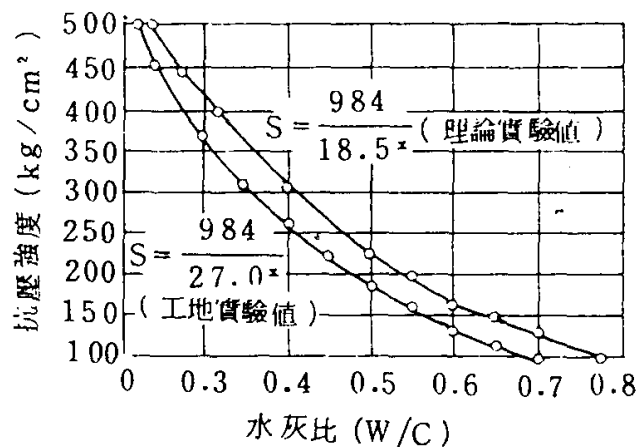


圖 9 水灰比與強度關係

(二) 配合比例理論

決定混凝土拌合時，所需混合材料(包括水泥、砂、石子及摻合劑)之質與量，拌合水量多寡之程序通稱為混凝土之配合比例設計。配合比例設計須符合(1)適宜之工作性，(2)適宜之強度及耐水性，(3)最佳之經濟配合。

配合比例設計之步驟分述如下：

1. 水灰比之決定：用水量預估，水泥用量估計，及坍度之選定，水灰比之決定。
2. 水泥、砂、石子之配合比決定：粒料最大粒徑之選擇，粗粒料用量估計。
3. 其他摻合材料之決定：如 A. E. 劑、快凝劑、擴散劑等使用量之決定。依「構造編第 350 條」規定；一般工程之混凝土強度與水灰比之關係如表 12 所示。

混凝土如澆置濕養後用於冰凍溫度，其水灰比不得大於 0.53，其含氣量應依表 13 所示。

表 12 一般工程之混凝土強度與水灰比

| 混凝土強度 f'_c (kg/cm ²) | | 175 | 210 | 245 | 280 | 315 | 350 |
|------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 水灰比 | 一般混凝土 | 0.65 | 0.58 | 0.51 | 0.44 | 0.38 | 0.31 |
| | 輸氣混凝土 | 0.54 | 0.46 | 0.40 | 0.35 | 0.30 | — |

表 13 混凝土之含氣量

| 含氣量(%) | 6~10 | 5~9 | 4~8 | 3.5~6.5 | 3~6 | 2.5~5.6 | 1.5~4.5 |
|----------|------|-----|-----|---------|-----|---------|---------|
| 最大粒徑(cm) | 1.0 | 1.3 | 1.9 | 2.5 | 3.8 | 5.0 | 7.6 |

又依規定混凝土如須不透水時，或用於硫化物液體中時其水灰比 $W/C \leq 0.48$ ，如用於海水中 $W/C \leq 0.44$ 。又根據混凝土水密性決定水灰比時，無筋混凝土及巨積鋼筋混凝土 $W/C \leq 0.53$ ，鋼筋混凝土薄斷面構造之 $W/C \leq 0.44$ 。

利用表 7-13 決定水灰比時，如係按 W. S. D. 法設計時，應將設計強度(f'_c)提高 15%後再求水灰比；如係依 U. S. D. 法設計或預力混凝土，則應將 f'_c 提高 25%後再求水灰比。

混凝土採用各種坍度及粒料時，其所需之單位水量(kg/m³)規定如表 14 所示。

混凝土中粗粒料之用量與粗粒料之最大粒徑與細粒料之細度模數有關，並直接影響工作度，一般適宜之用量可自試驗求得。表 15~17 為依實際經驗之推薦值。

表 14 混凝土之用水量近似值

| 坍度(cm) | 各種粒料最大粒徑所需之用水量(kg/m ³) | | | | | | | |
|---------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 10 mm | 15 mm | 20 mm | 25 mm | 40 mm | 50 mm | 80 mm | 150 mm |
| 普通混凝土 | | | | | | | | |
| 2.5~5 | 208 | 198 | 183 | 178 | 163 | 154 | 144 | 124 |
| 7.5~10 | 228 | 218 | 203 | 193 | 178 | 168 | 158 | 139 |
| 15~18 | 243 | 228 | 213 | 203 | 188 | 178 | 168 | 149 |
| 空氣含量(%) | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| 輸氣混凝土 | | | | | | | | |
| 2.5~5 | 183 | 178 | 163 | 154 | 144 | 134 | 124 | 109 |
| 7.5~10 | 203 | 198 | 178 | 168 | 158 | 149 | 139 | 119 |
| 15~18 | 213 | 203 | 188 | 178 | 168 | 158 | 149 | 129 |
| 空氣含量(%) | 8 | 7 | 6 | 5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |

表 15 粗粒料最大粒徑及坍度

| 鋼筋混凝土構造物種類 | 粗粒料最大粒徑(mm) | 坍度推薦值(cm) |
|------------|-------------|-----------|
| 樓板、梁、壁、柱 | 25 | 7.5~15 |
| 基腳、基礎 | 40 | 5~12 |
| 沉箱、地下牆壁 | 50 | 2.5~10 |

表 16 結構斷面尺寸及粗粒料粒徑

| 結構斷面之最大尺寸(cm) | 粗粒料之最大粒徑(推薦值)(cm) | | | |
|---------------|-------------------|------|--------|-----------|
| | 鋼筋混凝土牆、梁、柱 | 無筋牆壁 | 多量鋼筋之板 | 少量鋼筋或無筋之板 |
| 6~14 | 15~20 | 20 | 20~25 | 20~40 |
| 15~29 | 20~40 | 40 | 40 | 40~75 |
| 30~74 | 40~75 | 75 | 40~75 | 75 |
| 75及以上 | 40~75 | 150 | 40~75 | 75~150 |

表 17 混凝土單位體積所需之乾燥搗實粗粒料之體積

| 砂之細度模數 | 粗粒料之最大尺寸(mm) | | | | | | | |
|--------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 40 | 50 | 80 | 100 |
| 2.40 | 0.46 | 0.55 | 0.65 | 0.70 | 0.76 | 0.79 | 0.80 | 0.90 |
| 2.60 | 0.44 | 0.33 | 0.63 | 0.68 | 0.74 | 0.77 | 0.82 | 0.88 |
| 2.80 | 0.42 | 0.51 | 0.61 | 0.66 | 0.72 | 0.75 | 0.80 | 0.86 |
| 3.00 | 0.40 | 0.49 | 0.59 | 0.64 | 0.70 | 0.73 | 0.78 | 0.84 |

註：表 14 所示為一般具有適當工作度之混凝土，如路面工程等可使用較硬之稠度時，則表列體積可增加 10%。

(三) 普通混凝土配合比例計算實例

1. 假設已知條件

- (1) 一般混凝土不受硫酸鹽侵襲，無強烈氣候變化區。
- (2) 構造物斷面約 15~30 cm，鋼筋最小淨距為 5 cm。
- (3) 混凝土結構物設計採用 W. S. D 法， $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$ 。
- (4) 粗粒料夯實乾重為 1600kg/m^3 。
- (5) 砂之細度模數 F. M. = 2.6。
- (6) 飽和面乾狀粗細粒料之容積比重為 2.65。
- (7) 粗粒料吸水率為 0.5%。

2. 計算過程

- (1) $f'_c = 210\text{kg/cm}^2$ ，採用 W. S. D 法設計，故應將 f'_c 提高 15%，再求水灰比。故 $210 \times 1.15 = 242\text{kg/cm}^2$ ，自表 7-10 可知其水灰比 $W/C = 0.51$ 。
- (2) 自表 7-16 取適當良好工作性之坍度值 cm。
- (3) 自表 7-17 採用粒料之最大粒徑宜為 40 mm。
- (4) 自表 7-16 查得坍度為 9 cm，粒料最大粒徑為 40 mm 時，每 m^3 所需之拌合為 178kg。
- (5) 由(1)項得 $W/C = 0.51$ ，故所需水泥用量應為 $178/0.51 = 349\text{kg} \approx 7.0$ 包(每包 50kg)
- (6) 由表 7-15 得知粒料為 40 mm，砂之 F. M. 為 2.6，則每 m^3 混凝土所需之粗粒料為 0.74m^3 。粗粒料乾重為 1600kg/m^3 ，吸水率為 0.5%，故其面乾內飽和狀態之重量應為 $1600 \times 0.74 \times (1.005) \approx 1190\text{kg}$ 。

- (7) 每 m^3 混凝土中所需砂之固體體積應為 1m^3 減去其他材料之固體體積。

$$\begin{aligned} \text{水泥之體積} & (7.0 \times 50) / (3.15 \times 1000) = 0.111\text{m}^3 \\ \text{水之體積} & (183) / (1000) = 0.183\text{m}^3 \\ \text{粗粒料體積} & (1190) / (2.65 \times 1000) = 0.450\text{m}^3 \\ \text{空氣體積 1\%} & = 0.010\text{m}^3 \\ & \text{共 計} = 0.754 \text{m}^3 \end{aligned}$$

因此砂之體積為 $1 - 0.754 = 0.246\text{m}^3$ ，

砂之重量應為 $0.246 \times 2.65 \times 1000 = 652\text{kg}$

- (8) 實際上前列所述之計算乃假定粒料為面乾內飽和狀態者。一般應依工地粒料含水量之多寡須加以調整。現假設粗粒料之游離水為 1%，砂之游離水為 2%，則全部游離水應為 $1190 \times 1\% + 652 \times 2\% = 12 + 13 = 25\text{kg}$ 。因游離水為拌合水之一部故用水量及粒料用量應做調整如下：

| 配合計算結果 | 因工地粒料含水條件之調整 |
|-----------------|-----------------------------|
| 水泥 349kg(7.0 包) | 349kg (7.0 包) |
| 水 178kg | $17 - 825 = 153\text{kg}$ |
| 砂 652kg | $652 + 13 = 665\text{kg}$ |
| 粗粒料 1190kg | $1190 + 12 = 1202\text{kg}$ |
| 合計 2369kg | 2369kg |

- (9) 依(1)至(8)步驟做配合比例後，再做試拌工作，以檢核工作性，並製作試體試驗配合強度是否達到要求，如有不適再以調整配合。
- (10) 由上述配合比例結果得知水泥用量稍偏高，此乃用水量坍度值偏高所致，若欲達成更經濟之配合，則拌合用水量及坍度值應稍予減低調整之。

一般現場施工單位為方便監工人員核算配合比而製成表 18 所示之計算表。惟利用該表計算與上述(1)~(10)步驟計算所得之結果稍有出入，故於實際應用上宜注意現場環境因素予以適當調整(如粒料含水量、施工時之天候情況，工作之難易等)。

表 18 現場配合概算表

表 18 (a)水灰比與強度(kg/cm²)

| 水 灰 比 | | 80% | 75% | 70.6% | 67% | 64% | 59.6% | 53% | 48.4% | 44% | 40% | |
|----------|----------|------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|------|------|-----|
| 每袋水泥用水 | | 40kg | 37.5kg | 35.3kg | 33.5kg | 32kg | 29.8kg | 26.5kg | 24.2kg | 22kg | 20kg | |
| 設計 強度 | 抗壓 強度 | 28天 | 141 | 153 | 169 | 176 | 190 | 211 | 246 | 275 | 306 | 335 |
| | | 7天 | 88 | 99 | 107 | 112 | 123 | 137 | 169 | 190 | 211 | 236 |
| | | 3天 | 46 | 52 | 61 | 63 | 76 | 86 | 107 | 123 | 137 | 153 |
| | 彎曲 強度 | 28天 | 28 | 30 | 32 | 33 | 35 | 37 | 39 | 42 | 44 | 47 |
| | | 7天 | 18 | 19 | 21 | 22 | 24 | 26 | 30 | 32 | 34 | 37 |
| | | 3天 | 11 | 12 | 14 | 15 | 17 | 18 | 21 | 23 | 25 | 27 |

註：使用本表時，已加上施工偏差修正因素 15%在內，故在使用上若採用 53%水灰比配合，則表列值為 246kg/cm²，但實際上 53%之水灰比，可拌出 282kg/cm²之強度。

表 18 (b)配合比與混凝土中各項材料容積關係

| 拌 合 比 | 水泥 (袋) | 乾燥石 (m ³) | 乾燥砂 (m ³) | 乾料用 水(kg) | 潮濕石 (m ³) | 潮濕砂 (m ³) | 濕料用水 |
|-------------|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|------|
| 1 : 1 : 2 | 12.9 | 0.75 | 0.38 | 18.7 | 0.75 | 0.42 | 17.0 |
| 1 : 1½ : 3 | 8.5 | 0.87 | 0.43 | 23.1 | 0.87 | 0.47 | 21.0 |
| 1 : 2 : 3 | 7.7 | 0.79 | 0.53 | 25.3 | 0.79 | 0.58 | 22.6 |
| 1 : 1¼ : 3½ | 7.5 | 0.89 | 0.44 | 25.4 | 0.89 | 0.48 | 22.6 |
| 1 : 2 : 4 | 6.6 | 0.9 | 0.45 | 29.7 | 0.90 | 0.50 | 24.8 |
| 1 : 2½ : 4 | 6.2 | 0.84 | 0.53 | 29.7 | 0.84 | 0.58 | 25.4 |
| 1 : 2½ : 5 | 5.4 | 0.92 | 0.46 | 31.4 | 0.92 | 0.51 | 27.0 |
| 1 : 3 : 5 | 5.1 | 0.87 | 0.52 | 34.2 | 0.87 | 0.57 | 28.6 |
| 1 : 3 : 6 | 4.6 | 0.93 | 0.47 | 36.4 | 0.93 | 0.52 | 30.9 |
| 1 : 4 : 7 | 3.8 | 0.90 | 0.51 | 40.8 | 0.90 | 0.56 | 34.2 |

二、混凝土之種類

混凝土之種類按其各種特性大致可歸類如下：

(一) 依水泥用量而分類

1. 富級配混凝土

富級配之混凝土水泥及細料含量多，稠度軟，工作度佳，水泥之配合使用比例 14% 以上者稱之，強度可達 $350\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上。

2. 貧級配混凝土

貧級配之混凝土水泥及細粒料少，稠度硬，工作性不佳，無粘性且易產生材料分離及泌水現象，其水泥之配合使用比例約 7% 以下者，強度約在 $140\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下。

(二) 依材料之性質而分類

1. 一般混凝土

依正常密度之粒料，(如砂、卵石、碎石等)製成之混凝土。其單位量約 $2200\sim 2600\text{kg}/\text{cm}^3$ 。

2. 輕質混凝土

輕質混凝土乃係以較一般砂石為輕之天然或人造材料為粒料；如天然蛭石、煤渣、膨脹性爐渣等製成之混凝土。

除上述外，尚有泡沫混凝土(發泡混凝土)，乃以石灰質系或矽酸質系之輕質粒料，混以適量之鋁粉類發泡劑(foaming agents)使與石灰質發生作用，而產生氫氣封注於混凝土中。目前之產品有下列數種：

(1) Thermo-Con：首為美國發明以水泥、水及特殊發泡劑製造而成，用途最廣。

(2) Sylicalcite：於 1948 年首為北歐發明，主要原料為砂、生石灰混合粉碎，再加鋁、煤渣等之添加物使其產生活性化作用後，加入發泡劑製成。

(3) Syporex：於 1930 年首為瑞典發明，主要原料為含矽酸質 85% 以上之砂、水泥及發泡劑等製成。

(4) Ytong：於 1929 年首為瑞典 Ytong 公司發明，主要原料為生石灰與矽砂混合粉碎，加入水泥及發泡劑製成。

一般輕質混凝土在現場澆置者皆採用普通養護法，而工廠預鑄者則採用高壓蒸汽養護(autoclavd lightweight concrete)，一般均將預鑄之輕質混凝土簡稱為 ALC。

3. 重質混凝土

混凝土中粒料所佔之體積部份約為 70%，因此粒料之比重對混凝土比重之影響甚大，以重於普通砂石之材料如重晶石(Barite)，礦砂等粒料之混凝土稱為重質混凝土。其每 m^3 重量通常為 2.9t~4.8t，主要用於防護核子輻射。

4. 纖維加強混凝土

係於混凝土中添加纖維狀加強物質，防止混凝土內部裂縫之蔓延，以提高混凝土之抗拉強度，F. R. C 之纖維材料包括金屬纖維、玻璃纖維、聚合物纖維及天然植物纖維等。

5. 高分子混凝土

- (1) 注膠混凝土：將一般養護後之混凝土，經加熱處理除去混凝土中之水分，再注入高分子聚合物單體至混凝土孔隙或裂隙中，形成聚合之注膠混凝土。
- (2) 乳液改良混凝土(latex-modified concrete, L. M. C)：乳液改良混凝土係將乳液當作一種附加劑加入新拌混凝土中，俟硬化後，則形成連續性聚合物將水泥漿內之孔隙予以封閉，達成改善混凝土之水密性質。

學習評量二

問答題：

- 一、請說明混凝土拌合時配合比例設計須符合那些條件。
- 二、請簡敘何謂富級配混凝土。

筆記欄

學習評量二答案

問答題：

一、

- (一) 適宜之工作性。
- (二) 適宜之強度及耐水性。
- (三) 最佳之經濟配分。

二、 富級配混凝土：富級配之混凝土水泥及細料含量多，稠度軟，工作度佳，水泥之配合使用比例 14%以上者稱之，強度可達 350kg/cm^2 以上。

本教材的第三個學習目標是

在不使用任何可供參考的書目情況下，你可明確的說出鋼筋的特性及鋼筋混凝土中結構的設計原理。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 81 頁做測驗。
假如你需要更多學習的話，請翻到下一頁。

一、鋼筋

鋼筋混凝土中所使用之鋼筋係以迴轉爐法或平爐法煉成鋼錠後，經過軋壓法將燒紅之鋼塊軋延壓成各型各類軋壓鋼條，此即一般所稱之鋼筋。上述軋壓過程俗稱“抽鋼筋”。

建築界普通所使用之鋼筋可分為圓鋼筋(俗稱圓鐵)，方鋼條及變形鋼筋等三大類。

圓鋼筋條指鋼筋之表面圓滑無節者而言，其握持應力(bond-stress)較低，大多供與小規模建築及輕型鋼架或特定構材之螺筋或線構材之用。方形鋼條為方形斷面之平滑無節鋼筋，其握持應力與圓鋼筋相仿，因其為方形斷面加工較不方便，除特定工程外較少使用。一般最常用者為變形鋼筋，種類頗多，一般乃於圓形狀鋼筋表面，製成突起之竹節或呈凹凸之擋紋(參照圖 10)，利用此等節紋來增加鋼筋與混凝土間之接觸面積，增強握持力，使鋼筋與混凝土兩者材料更堅強的組成一體，一般建築土木工程所使用之鋼筋為圓形凸出竹節之變形鋼筋，故工地均俗稱其為“竹節鋼筋”以別於他種鋼筋。

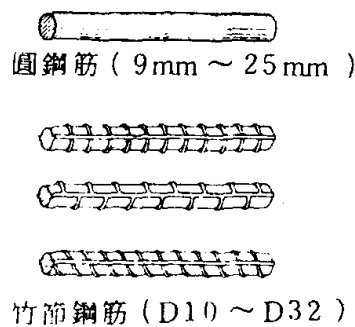


圖 10 變形鋼筋實例

(一) 鋼筋之規格

用於鋼筋混凝土之鋼筋，應具有下列三種主要性能，即：(1)鋼筋降伏點強度須高，(2)鋼筋的延性要好，(3)鋼筋與混凝土之握持作用要強。

依「構造編第 341 條」規定；鋼筋混凝土構造所用鋼筋，除螺筋及鋼線網外，均需為竹節鋼筋，並應符合建築用鋼筋中國國家標準 CNS-560-A2006 或建築用再軋鋼筋之國家標準 CNS-3300-A2045 之規定。

表 19 建築用鋼筋之機械性質

| 種類 | 記號 | 機械性質 | | | | | |
|--------|----|--|-------------------------------------|------------|-------|------------------|--------------------|
| | | 降伏點 F_y (kg/mm^2) | 抗拉強度 (kg/mm^2) | 伸長率 (%) | 彎曲角度 | 彎曲直徑 | |
| 熱軋鋼筋 | 1種 | SR24 | 24 以上 | 39~53 | 20 以上 | 180° | 直徑之 3 倍 |
| | 2種 | SR30 | 30 以上 | 49~63 | 16 以上 | 180° | 直徑之 4 倍 |
| 熱軋竹節鋼筋 | 1種 | SD24 | 24 以上 | 39~53 | 18 以上 | 180° | 直徑之 3 倍 |
| | 2種 | SD30 | 30 以上 | 49~63 | 14 以上 | 180° | 直徑之 4 倍 |
| | 3種 | SD35 | 35 以上 | 50 以上 | 18 以上 | 180° | 直徑之 4 倍 |
| | 4種 | SD40 | 40 以上 | 57 以上 | 16 以上 | 180° | 直徑之 5 倍 |
| | 5種 | SR45 | 45 以上 | 63 以上 | 12 以上 | 90° >25D <25D | 直徑之 6 倍 直徑之 5 倍 |
| 冷軋竹節鋼筋 | 1種 | SDC40 | 40 以上 | 50~65 | 10 以上 | 180° | 直徑之 5 倍 |
| | 2種 | SDC50 | 50 以上 | 63~89 | 8 以上 | 90° >25D <25D | 直徑之 5 倍 直徑之 6 倍 |

表 20 建築用再軋鋼筋之機械性質

| 種類 | 記號 | F_y (kg/mm^2) | 抗拉強度 (kg/mm^2) | 伸長率 (%) | 彎曲 角度 | 彎曲 直徑 | |
|--------|----|-----------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|----------|-------|
| 再軋圓鋼筋 | 1種 | SRR24 | 24 以上 | 39~60 | 20 以上 | 180° | 3 倍直徑 |
| | 2種 | SRR40 | 40 以上 | 65 以上 | 12 以上 | 180° | 5 倍直徑 |
| 再軋竹節鋼筋 | 1種 | SDR24 | 24 以上 | 39~60 | 18 以上 | 180° | 3 倍直徑 |

表 21 竹節鋼筋之標準斷面性能(表中粗字為斷面積 cm^2 ，細字為圓周長 cm)

| 稱呼 | 直徑 (d)(mm) | 重量 (kg/m) | 1- ϕ | 2- ϕ | 3- ϕ | 4- ϕ | 5- ϕ | 6- ϕ | 7- ϕ | 8- ϕ | 9- ϕ | 10- ϕ |
|------|---------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| ※D10 | 9.53 | 0.559 | 0.71 | 1.43 | 2.14 | 2.85 | 3.57 | 4.28 | 4.99 | 5.70 | 6.42 | 7.13 |
| | | | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 |
| ※D13 | 12.7 | 0.994 | 1.27 | 2.54 | 3.81 | 5.08 | 6.35 | 7.62 | 8.89 | 10.16 | 11.43 | 12.70 |
| | | | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 |
| ※D16 | 15.9 | 1.55 | 1.98 | 3.96 | 5.94 | 7.92 | 9.90 | 11.88 | 13.86 | 15.84 | 17.82 | 19.80 |
| | | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| ※D19 | 19.1 | 2.24 | 2.85 | 5.70 | 8.55 | 11.40 | 14.25 | 17.10 | 19.95 | 22.80 | 25.65 | 28.50 |
| | | | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 36 | 42 | 48 | 54 | 60 |
| ※D22 | 22.2 | 3.05 | 3.88 | 7.76 | 11.64 | 15.52 | 19.40 | 23.28 | 27.16 | 31.04 | 34.92 | 36.80 |
| | | | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 | 70 |
| ※D25 | 25.4 | 3.98 | 5.07 | 10.14 | 15.21 | 20.28 | 25.35 | 30.42 | 35.49 | 40.56 | 45.63 | 50.70 |
| | | | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 | 80 |
| D28 | 28.7 | 5.03 | 6.41 | 12.82 | 19.23 | 25.64 | 32.0 | 38.45 | 44.87 | 51.28 | 57.69 | 64.10 |
| | | | 8 | 18 | 27 | 36 | 45 | 54 | 63 | 72 | 81 | 90 |
| D32 | 32.2 | 6.22 | 7.92 | 15.84 | 23.76 | 31.68 | 39.60 | 47.52 | 55.44 | 63.3 | 71.28 | 97.20 |
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |

註：(1)※記號者僅 CNS-3300-A2045 中規定之產品。

(2)鋼筋強度計有 3.5m, 4.0m, 4.5m, 5.0m, 5.5m, 6.0m, 6.5m, 7.0m, 8.0m, 9.0m, 10m。※者無 9.0m 及 10.0m 產品。

表 22 圓鋼筋之標準斷面性能(表中粗字為斷面積 cm^2 ，細字為圓周長 cm)

| ϕ (mm) | (kg/m) | 1- ϕ | 2- ϕ | 3- ϕ | 4- ϕ | 5- ϕ | 6- ϕ | 7- ϕ | 8- ϕ | 9- ϕ | 10- ϕ |
|----------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 4 | 0.099 | 0.13 | 0.25 | 0.38 | 0.50 | 0.63 | 0.75 | 0.88 | 1.01 | 1.13 | 1.26 |
| | | 1.26 | 2.51 | 3.77 | 5.02 | 6.28 | 7.53 | 8.78 | 10.04 | 11.30 | 12.55 |
| | | 0.28 | 0.56 | 0.85 | 1.13 | 1.41 | 1.69 | 1.98 | 2.25 | 2.54 | 2.82 |
| 6 | 0.222 | 1.88 | 3.76 | 5.64 | 7.52 | 9.40 | 11.28 | 13.16 | 15.04 | 16.92 | 18.80 |
| | | 0.50 | 1.00 | 1.51 | 2.01 | 2.51 | 3.01 | 3.51 | 4.01 | 4.52 | 5.02 |
| 8 | 0.394 | 2.51 | 5.02 | 7.53 | 10.04 | 12.55 | 15.05 | 17.55 | 20.08 | 22.60 | 25.10 |
| 9 | 0.499 | 0.64 | 1.27 | 1.91 | 2.54 | 3.18 | 3.82 | 4.45 | 5.09 | 5.73 | 6.36 |
| | | 2.84 | 5.65 | 8.48 | 11.31 | 14.14 | 16.96 | 19.79 | 22.62 | 25.45 | 28.27 |
| | | 1.13 | 2.26 | 3.39 | 4.52 | 5.65 | 6.79 | 7.91 | 9.05 | 10.18 | 11.31 |
| 12 | 0.888 | 3.37 | 7.54 | 11.31 | 15.08 | 18.65 | 22.62 | 26.39 | 30.16 | 33.93 | 37.70 |
| | | 1.13 | 2.65 | 3.98 | 5.31 | 6.64 | 7.96 | 9.29 | 10.62 | 11.95 | 13.27 |
| 13 | 1.042 | 4.08 | 8.17 | 12.25 | 16.33 | 22.42 | 24.50 | 28.60 | 32.67 | 36.75 | 40.84 |
| 16 | 1.578 | 2.01 | 4.02 | 6.03 | 8.04 | 10.05 | 12.06 | 14.07 | 16.08 | 18.09 | 20.11 |
| | | 5.03 | 10.05 | 15.08 | 20.10 | 25.13 | 30.16 | 35.19 | 40.21 | 45.24 | 50.27 |
| | | 2.94 | 5.67 | 8.51 | 11.34 | 14.18 | 17.02 | 19.85 | 22.68 | 25.52 | 28.35 |
| 19 | 2.226 | 5.97 | 11.94 | 17.91 | 23.88 | 29.85 | 35.81 | 44.78 | 47.75 | 53.72 | 59.69 |
| | | 3.80 | 7.60 | 11.40 | 15.21 | 19.01 | 22.81 | 26.61 | 30.41 | 34.21 | 38.01 |
| 22 | 2.984 | 6.91 | 13.82 | 20.73 | 27.65 | 34.56 | 41.47 | 48.38 | 55.29 | 62.20 | 69.12 |
| 25 | 1.853 | 4.91 | 9.82 | 14.73 | 19.63 | 24.54 | 29.45 | 34.36 | 39.27 | 44.18 | 49.09 |
| | | 1.85 | 15.71 | 23.56 | 31.12 | 39.27 | 47.12 | 54.98 | 62.83 | 70.69 | 78.45 |
| | | 6.16 | 12.31 | 18.47 | 24.63 | 30.79 | 36.94 | 43.10 | 49.26 | 55.42 | 61.58 |
| 28 | 4.834 | 8.80 | 17.59 | 26.39 | 35.19 | 43.98 | 52.78 | 61.58 | 70.37 | 79.17 | 87.97 |
| | | 8.04 | 16.08 | 24.13 | 32.17 | 40.21 | 48.26 | 56.30 | 64.34 | 72.38 | 80.42 |
| 32 | 6.313 | 10.05 | 20.11 | 30.16 | 40.21 | 50.27 | 60.32 | 70.37 | 80.42 | 90.48 | 100.53 |

(二) 鋼筋之加工

1. 鋼筋表面之清除

鋼筋在綁紮前應將附著於表面之浮銹、油污、泥土及其他有害物質除去。

浮銹係指用鐵鎚輕擊即可脫落之鐵銹，一般有嚴重浮銹發生，可用鎚擊、鋼絲刷、在砂堆中往返拖拉及從適當高處往下擲落等方法清除之。據美國墾務局(Bureau of Reclamation)之試驗報告得知；鐵銹對鋼筋與混凝土間之握持力並無妨礙，正常之操作過程中已足夠使浮銹脫落。但生銹後之鋼筋會減少其有效斷面積。

油污應力求避免，必要時宜用火焰燒卻之，模板油應於鋼筋組立前塗刷，以減少鋼筋受污機會。

分層澆置時，鋼筋易附著濺污之水泥漿，對鋼筋與混凝土之黏結有害，應設法避免。

2. 鋼筋表面之防蝕

鋼筋於混凝土澆置前若須曝露於空氣中甚久時，可用水泥與水(重量比 1 : 0.3)混合之水泥漿塗刷表面，以防生鏽。於澆置時再以鋼刷清除。

3. 鋼筋之截切及彎

- (1) 鋼筋之截切及加工，原則上應在加工場內進行，不得在模板上加工。
- (2) 鋼筋之截切及加工應與設計圖相符，並應事前於組立前檢查以免組立時發現錯誤影響施工。
- (3) D25 以下之鋼筋應在常溫狀況下加工，D28 以上者得以在 600°C 左右加熱後加工，加工後不得使其急驟冷卻或加衝擊。
- (4) 鋼筋截切及彎曲加工分人工機械兩種。除非經監工試驗認可高溫不影響材質者，不得使用瓦斯(乙炔火焰)切斷法。
- (5) 主鋼筋、肋筋及箍筋之標準彎 依技術規則規定；如表 23 中 (1)(2)(3)項所示。

表 23 鋼筋標準詳細圖

| 竹節鋼筋標準表 | | 鋼筋稱呼 | 直徑 (mm) | | | | | | | | | | | | | 建築技術規則 構造編定 | | |
|---------|-------------------|---------------------|--------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|------|----------------|--|------|
| | | | D 6 | D 10 | D 13 | D 16 | D 19 | D 22 | D 25 | D 28 | D 32 | D 35 | 重量 (kg/m) | | | | | |
| 1 | 主鋼筋 180°彎曲 | D 1.4d且≥6.5cm | D cm | | | | | | | | | | | | | 362條 | | |
| | | | H cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 架之助筋及 箍筋135°彎曲 | D H 6d且≥6.5cm | D cm | | | | | | | | | | | | | 362條 | | |
| | | | J cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 主鋼筋 90°彎曲 | D 12d d | D cm | | | | | | | | | | | | | 362條 | | |
| | | | J cm | | | | | | | | | | | | | | | |
| 握持長度 | | 標準彎鉤長度 | ld (cm) | | | | | | | | | | | | | | | 398條 |
| | | | 受拉 | 受壓 | 20 | 20 | 20 | 23 | 27 | 33 | 45 | 59 | 75 | 94 | 57 | 399條 | | |
| 伸長 | | 版 | ld-le (cm) | | | | | | | | | | | | | | | 401條 |
| | | | 受拉 | 受壓 | 4 | 8 | 12 | 7 | 22 | 29 | 37 | 47 | 59 | 47 | 106 | | | |
| 4 | 長 三筋束筋 四筋束筋 | | ld-le (cm) | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 1.4ld-le (cm) | | | | | | | | | | | | | | | 398條 |
| | | | 1.2x1.4ld-le (cm) | | | | | | | | | | | | | | | 400條 |
| | | | 1.33x1.4ld-le (cm) | | | | | | | | | | | | | | | 400條 |
| 5 | 疊接長度 | | 受拉筋 | | | | | | | | | | | | | | | 367條 |
| | | | 搭接量 | 1/2以上 | 30 | 30 | 33 | 43 | 57 | 76 | 100 | 126 | 160 | 197 | 367條 | | | |
| | | | B cm 受壓筋 | | 30 | 30 | 32 | 39 | 45 | 51 | 58 | 65 | 72 | 368條 | | | | |

1. 本圖之鋼筋除螺絲及鋼筋外；應符合中國國家標準 CNS 560-A2006 或 CNS 3300-A2045
2. 本圖之伸長及各端定長係以 $f_y=2800\text{kg/cm}^2$ 按建築技術規則之實得長度。 $R=f A / f d$
3. 若彎曲點在鋼筋之鋼筋之高應力處，為防止混凝土之壓碎彎曲處須有足夠之直徑。
4. 第四項 Kld 中之 K 值請參照第 398 條第四款規定。
5. 本圖係按內政部所頒佈之建築技術規則所繪製。

(三) 鋼筋拼接

鋼筋拼接之方式一般分為：(1)搭接，(2)瓦斯壓接，(3)焊接，(4)其他特殊方法等四種。

依「構造編第 366 條」規定：直徑 35 mm 以上之鋼筋不得拼接，另採用焊接時對其接頭之拉力須能達到鋼筋規定降伏強度(F_y)之 1.25 倍以上。另拼接不宜集中於同一斷面處，以防止該處構成弱點，集中發生龜裂。

1. 搭接

鋼筋搭接(疊接)為一般工地上最普遍使用之拼接方式。然直徑超過 D25 之鋼筋及斷面內鋼筋配置量甚多，影響搭接處混凝土澆置工作或配筋施工困難者，應改用瓦斯壓接較為適宜。

一般搭接處應保有足夠之長度，以利鋼筋傳遞應力，搭接處應儘可能避免於受拉力處，不得已時應依「構造編第 367 條」規定，另壓力處鋼筋之搭接應依「構造編第 368 條」規定。設鋼筋之 $f_y=2800\text{kg}/\text{cm}^2$ 時則搭接長度如表 23 中第(5)所示。

2. 瓦斯壓接(參照圖 11)

- (1) 首先將準備拼接之鋼筋接頭表面以電動磨平機等進行清掃及磨平處理。
- (2) 在加熱前利用固定於兩端之油壓機將鋼筋輕輕加壓，使兩端接頭密合。
- (3) 以氧氣及乙炔之混合氣(火焰)將接合部加熱。
- (4) 當到達壓接溫度(約 1200°C 以上)時，一面加壓(壓力約為 $3\text{kg}/\text{mm}^2$ 以上)一面加熱。接合部膨脹黏成球形狀。

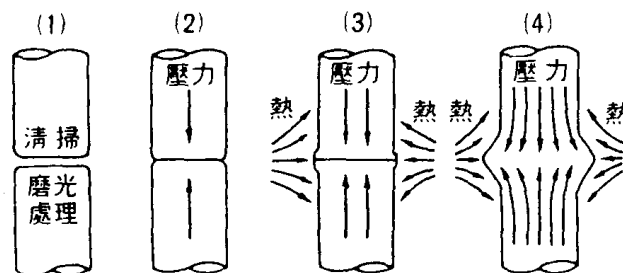


圖 11 瓦斯壓接施工原理

瓦斯壓接施工上應注意之事項：

- 加熱用噴火嘴，在鋼筋 D19 以下(含 D19)者，宜使用 No. 10，D19 以上者則應改用 No. 16。
- 火焰心與鋼筋之距離宜保持 10~15 mm，不得超出 20 mm。
- 壓接後不得急遽冷卻，強風、下雨、下雪時應停止作業。
- 加壓應在 $3\text{kg}/\text{mm}^2$ 以上，施工應請經驗豐富(或經技工考試及格)之專門技工操作。
- 壓接完成之標準形狀及偏心，應符合圖 12 所示之規定。

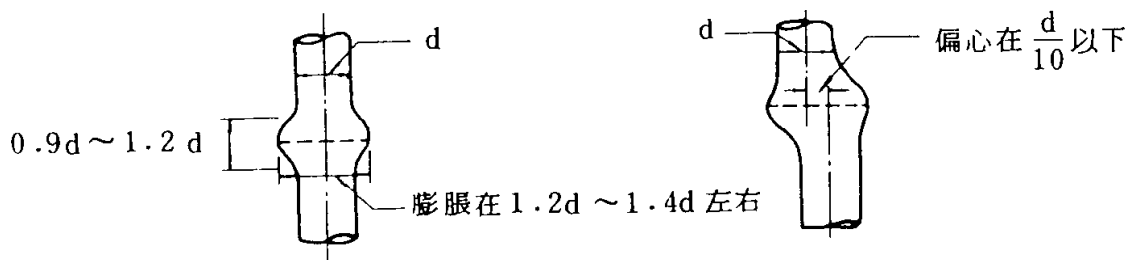


圖 12 瓦斯壓接標準

3. 潛弧焊接

混凝土強度提高至 $350\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上已甚普遍，構材斷面可相對減小，今後在有限斷面內配置鋼筋之趨勢將成下述兩種可能，即：(1)鋼筋直徑增大，(2)鋼筋強度增高。

上述(1)(2)兩者若採用瓦斯壓接，並不十分恰當。現在一般遇此情況皆用電弧焊接法，然因費時、費事實用效果仍為問題之焦點。

近年來常採用接頭套管，並以潛弧焊接用溶劑(thermit 係為金屬氧化物及鋁金屬粉末混合而成)點火燃燒，使溫度高達約 3000°C ，使接頭鋼筋達成還原熱熔而得焊接之效果經試驗證明此法焊接方式，可獲得良好優異之強度。此法施工簡便，對於未來粗徑鋼筋之接合將會普及，惟現階段單價稍嫌昂貴。

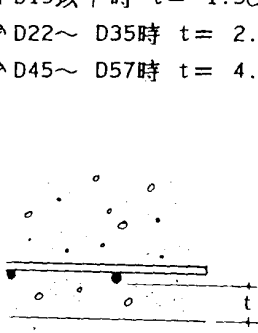
(四) 鋼筋保護厚度及間距

鋼筋、預力鋼材及套管之最小保護厚度及配筋時之間距，依「構造編第 374 條、365 條」之規定列成如表 24。

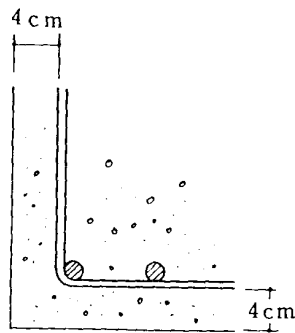
表 24 鋼筋保護厚度

| 構造及用料種別 | | 保護層厚度(cm) | | | | | |
|------------------------|-------------|-----------|--------|-----------------------|-----|-----|-----|
| | | 直接澆置地上者 | 暴露室外者 | 室內且不與土壤接觸者 | | | |
| 一般鋼筋 | | 7.5 以上 | | | | | |
| 就地澆置 混凝土之 鋼筋 | D19 以上 | | | 5.0 | | | |
| | D16 以下 | | | 4.0 | | | |
| | 板、牆及攔柵 | D19 以下 | | 1.5 | | | |
| | | D22~D35 | | 2.0 | | | |
| | | D45~D57 | | 4.0 | | | |
| 梁、柱之主筋及箍(肋)筋 | | | 4.0 | | | | |
| 薄殼及折板 | D19 以上 | | 2.0 | | | | |
| | D16 以下 | | 1.5 | | | | |
| 廠製 鑄 混凝土之 鋼筋 | 牆格板 | D35 以下 | 1.9 | | | | |
| | | D45~D57 | 3.8 | | | | |
| | 構材 | D19~D35 | 3.8 | | | | |
| | | D16 以下 | 3.2 | | | | |
| | | D45~D57 | 5.0 | | | | |
| 板、牆及攔柵 | D35 以下 | | 1.6 | | | | |
| | D45~D57 | | 3.2 | | | | |
| 梁及柱之主筋 | | | | 直徑以上(1.6 以上 3.8 公分以下) | | | |
| 梁及柱之箍(肋、螺)筋 | | | | 1.0 | | | |
| 預力混凝土之鋼材 (筋)及套 管 | 牆格板、板及攔柵 | | 7.6 以上 | 2.5 | 1.9 | | |
| | 其他構材 | | | | | | |
| | 板牆及攔柵 | | | | | | |
| | 梁及柱之主筋 | | | | | 3.8 | 3.8 |
| | 梁及柱之箍(肋、螺)筋 | | | | | 2.5 | 2.5 |
| 薄殼及摺板 | D16 以下 | | | 1.0 | | | |
| | 其他 | | | 同直徑(1.9 公分以下) | | | |
| 束筋 | | | | 各筋面積之相當直徑以上，5 cm 以下 | | | |

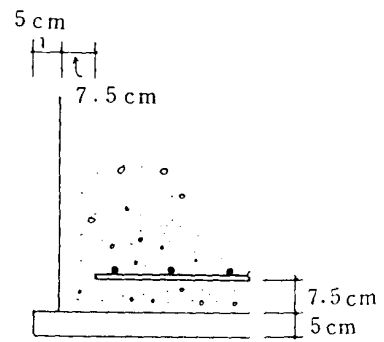
僅用 D19 以下時 $t = 1.5\text{cm}$
 僅用 D22~ D35 時 $t = 2.0\text{cm}$
 僅用 D45~ D57 時 $t = 4.0\text{cm}$



(a) 板保護層厚度

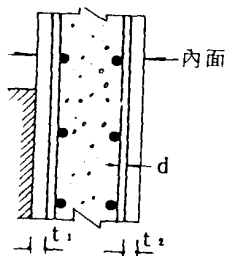


(b) 柱梁保護層厚度



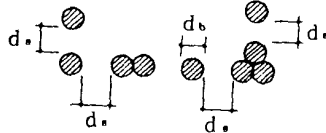
(c) 基礎保護層厚度

| 僅用鋼筋 | t_1 | t_2 |
|----------------------------|-------|-------|
| $\phi_{10} \sim \phi_{19}$ | 4.0cm | 1.5cm |
| $\phi_{22} \sim \phi_{35}$ | 5.0cm | 2.0cm |



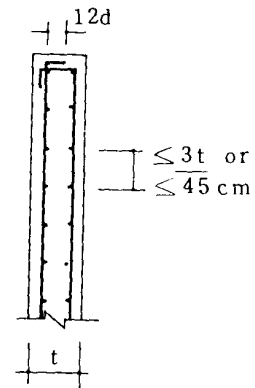
(d) 牆保護層厚度

成束鋼筋應以相當面積和之單根鋼筋直徑計算



| | 最小間距 d_s |
|------|------------------------------|
| 撓曲構材 | $1.0 d_b$ or 2.5 cm |
| 壓構材 | $1.5 d_b$ or 3.8 cm |
| 預力單線 | 4.0 cm |
| 預力絞線 | 3.0 cm |

(e) 平行鋼筋之間距



(f) 板及牆之主筋間距

圖 14

二、鋼筋混凝土板

在鋼筋混凝土結構中，梁與板之力學原理非常相似，其計設方法亦略同，一般梁之斷面深度較寬度為大，而板則深度(厚度)甚小，而寬度則甚大。

普通鋼筋混凝土板可分為單向板、雙向板及平板等三種，前兩者稱為有梁板，後者稱為無梁板。

(一) 單向板

若板之長向邊長與短向邊長之比值大於二之情況下，主鋼筋僅需配置於某一單方向者，稱為單向板，如陽台、橋板等屬之。依「構造編第 389 條」規定一般單向混凝土板之最小厚度規定如表 25 所示。

板之配置鋼筋其保護層厚度至少需 1.5 cm 以上(參照表 24)，主筋得超出 45 cm 或板厚之 3 倍(參照圖 14(a))。

表 25 單向板之最小板厚規定

| 板之支承條件 | 最 小 板 厚 | 備 註 |
|-----------|---------|-----------------|
| 簡 支 承 板 | $L/20$ | 其中“L”值所示為板之短邊長度 |
| 一 端 連 續 板 | $L/24$ | |
| 兩 端 連 續 板 | $L/28$ | |
| 懸 臂 板 | $L/10$ | |

為使主筋方向應力分佈均勻，防止龜裂發生，常於主筋之垂直方向配置副筋(或稱溫度鋼筋)，其使用直徑約為 10~13 mm ϕ 左右，間距不得大於板厚之 5 倍或 45 cm。

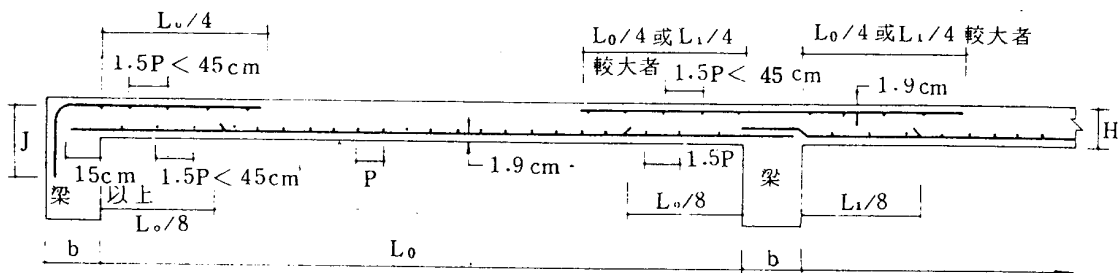
(二) 雙向板

雙向板之長短邊比不得大於 2.0，其板厚最小不得小於表 26 所示之值，且需依構造編第 391 條規定公式計算之。

表 26 雙向板最小厚度值

| 板 之 條 件 | 最小厚度值 (cm) | 備 註 |
|------------------------------|---------------|--|
| 板周無梁亦無柱頭板者 | 12.5 | (α m) 為板周各梁(α)之平均值。 |
| 板周無梁但有柱頭板者 | 10.0 | |
| 板周有梁且(α m)至少等於 2.0 時 | 9.0 | (α) 為板邊梁之撓曲勁度與至相鄰板中線板寬之撓曲勁度比。 |

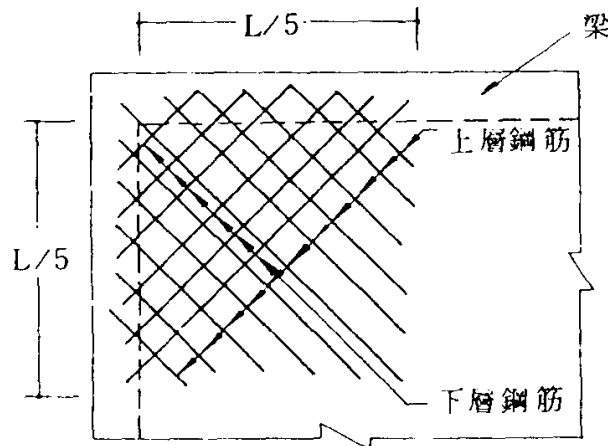
雙向板在設計上往往假定其係由許多小型的矩形梁密排而成，因此其原因類似，一般樓板之標準配筋如圖 15 所示。



※圖中 J 值依表 23 規定

圖 15 樓板(雙向)配筋標準圖(依構造圖編第 461 條)

板支承於梁斷面與其兩相鄰板格中線間(即梁兩側)板寬斷面之撓曲勁度比(α)值大於 0.1 時，板之外角處上下面應加用鋼筋，每向由角延伸長跨之 1/5 長，板上下面加用鋼筋須能以抵禦單位長度板寬之最大彎矩；彎矩方向在板上面為平行於板角之對角線。板上面或板下面之鋼筋可以一組依彎矩方向排置，或以兩組平行於板之兩邊排置。如圖 16 所示。



- 說明：(1)本圖依構造編第 461 條規定
 (2)L 為樓板長邊之長度
 (3)補強鋼筋端部，應彎曲插入梁柱 30 cm
 (4)補強鋼筋大小及間距與樓板主筋相同
 (5)上層鋼筋平行於板角對角線，下層鋼筋垂直於對角線

圖 16 雙向樓板角隅補強標準圖

另兩底角隅部之補強如圖 17 所示。板中開孔時之補強如圖 18 所示。

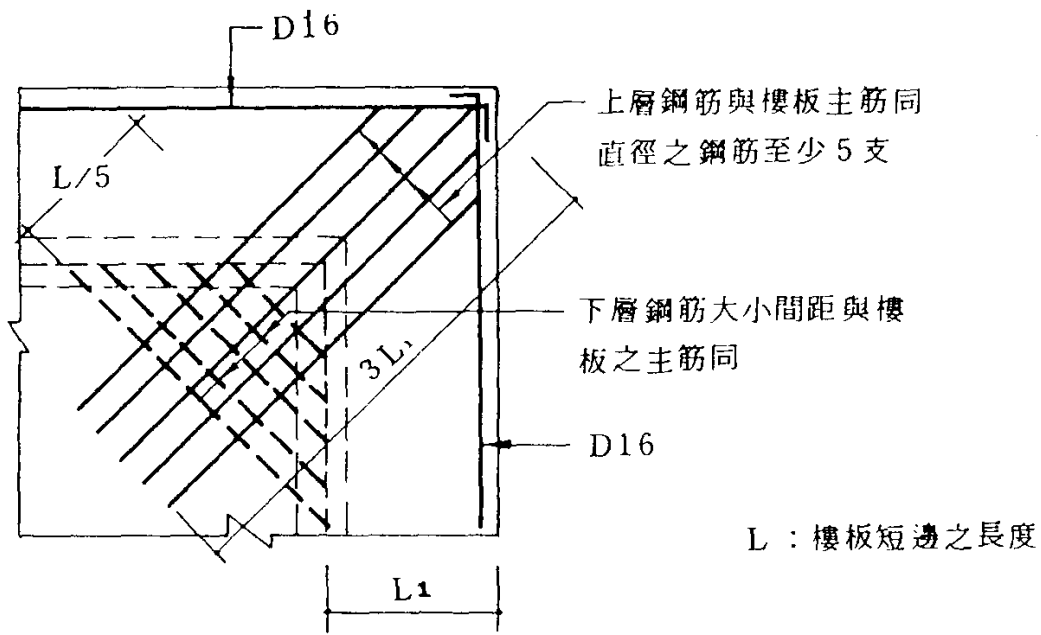
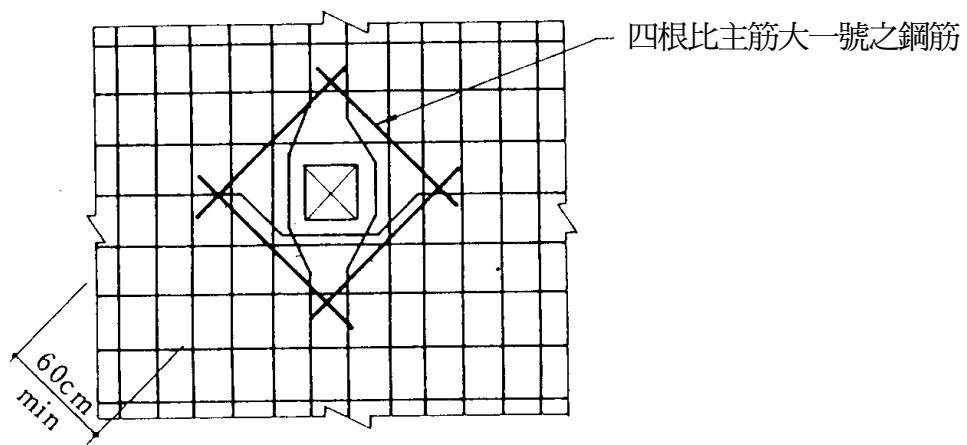


圖 17 雨庇角隅部鋼筋補強圖



註：無梁板得按下列之規定開孔

1. 每向跨度之中央一半部份可以開孔，鋼筋面積必須保有全格間無孔之原設計需要量。
2. 兩柱列帶相交區內開孔之每向寬度不得大於 1/8 帶寬，被開孔截斷鋼筋斷面積應在開口四周補加等量鋼筋。
3. 柱列帶中間帶相交區內，各帶中被孔截斷鋼筋，斷面積不得大於開帶內鋼筋總斷面之 1/4，並應在開口四周補強等量鋼筋。

圖 18 板中間孔補強標準圖

(三) 平板

平板亦為 R.C 樓板系統中之一種，板下無梁支承，係直接將所負之載重傳於支承之柱上。為使柱與樓板有較大之接觸面，通常將支柱之頂部加以擴大製成錐體狀，稱為柱冠或柱頭(column capital)如圖 19 所示。此種板因直接由柱支承，並無支承梁，故又稱為無梁樓板。一般平板又可分為有柱頭板及無柱頭板兩種：

1. 有柱頭板

即在柱冠附近之樓板處較其他部份稍予加厚，以增加承載耐力，減輕所受之力矩，該增厚之部份即稱為柱頭板或托板(dropped panel)如圖 7-28 所示。有柱頭板之板厚依規定不得小於 10 cm。

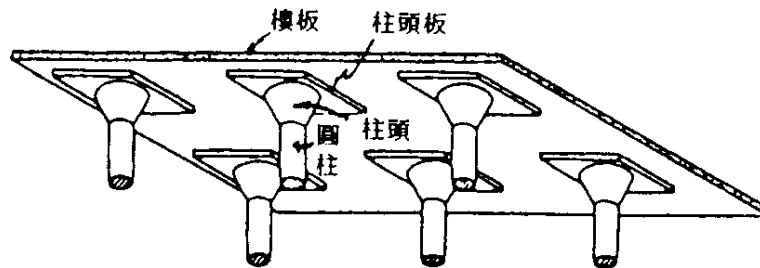


圖 19 有柱頭板

2. 無柱頭板

即板之底面為平面，靠近柱冠處並無柱頭板之設置，板全面積之厚度均相同者，如圖 20 所示。無柱頭板之厚度不得小於 10 cm。

平板式樓板鋼筋之配置分二向式、三向式、四向式及圓環式等四種。

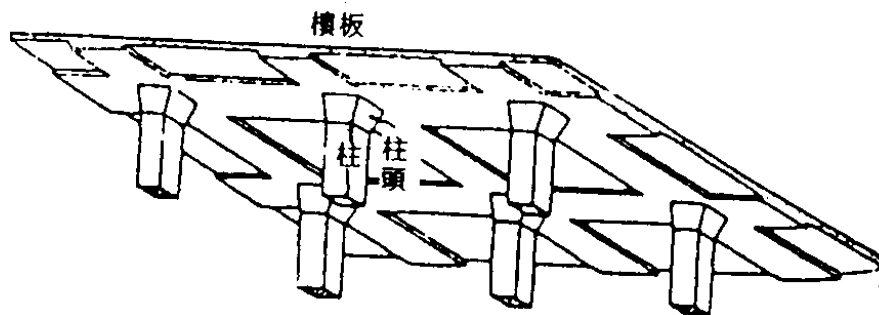


圖 20 無柱頭板

(1) 二向式

如圖 21 所示，其配筋方法與有梁板之雙向板相似，鋼筋呈雙向直交。本配筋法之柱位置通常為正方形，柱帶部份之鋼筋排在板上側，間距較密，中央帶部份之鋼筋則排在板下側，較柱帶為疏，此法應用最廣。

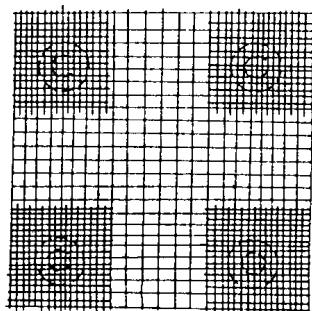


圖 21 二向式

(2) 三向式

此法係由美國 Daird Wmorros 氏所創，最適合於柱之配置互成正三角形之平面，如圖 22 所示。每根柱頭均有三層鋼筋通過，在施工上甚稱理想，然平面上柱三角形之配置在使用上較不方便，採用者較少。

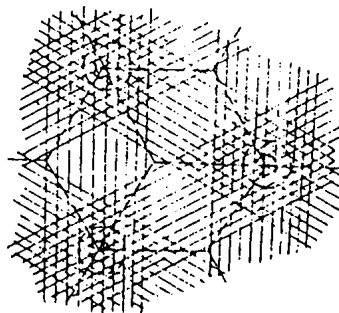


圖 22 三向式

(3) 四向式

四向式之鋼筋配置法，係除板之縱橫方向，配置適當數量之鋼筋外，並於支柱之對角線方向配置鋼筋。換言之，本法係由二組雙向配筋，互成 45° 度組成。因此板內柱頭上方之鋼筋有四層之多。因鋼筋之層數增多，相對地減少板之有效厚度，故施工上較二向式之二層鋼筋困難。本配筋法雖較二向式更能承受應力之作用，但因有上述之缺點，故較少採用，參照圖 23。

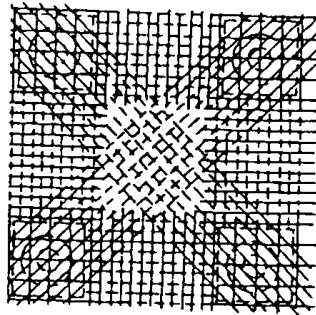


圖 23 四向式

(4) 圓環式

此法係由美國人 Eilwar Smulski 首創，除使用縱橫二方向之鋼筋外，並以柱頭為中心配置放射狀鋼筋，再以各柱頭及柱間中心點為圓心，分別配置半徑不同之圓環形鋼筋，如圖 24 所示即為圓環式鋼筋配置法。圖中配置於板之底處為正鋼筋，此法雖可減少配筋量，但於施工上卻相當繁雜，故採用者甚少。

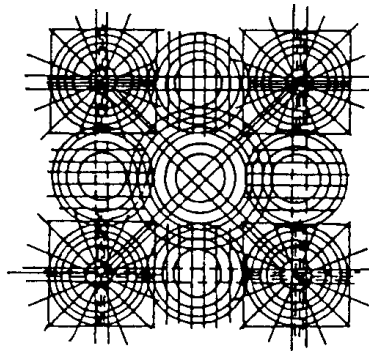


圖 24 圓環式

(四) 大跨度樓板

除上述三類板系統外，有時為了建築物機能，需要大跨度空間，或屋頂層為達成隔熱之效果亦有使用下列三種板構造者：

1. 擱柵樓板

擱柵樓板又稱小梁樓板，係由鋼筋混凝土大梁支承著密集之小梁，小梁與樓板澆置成一體，樓板之載重由小梁傳遞至大梁，再由大梁傳至支柱上，此種板構造厚約 6~15 cm，小梁之深度視跨度而定。同時視實際需要可於小梁間埋置輕質空心磚，如此可加強樓板之隔熱及隔音效果屋頂層採用者頗廣，如圖 25 所示。

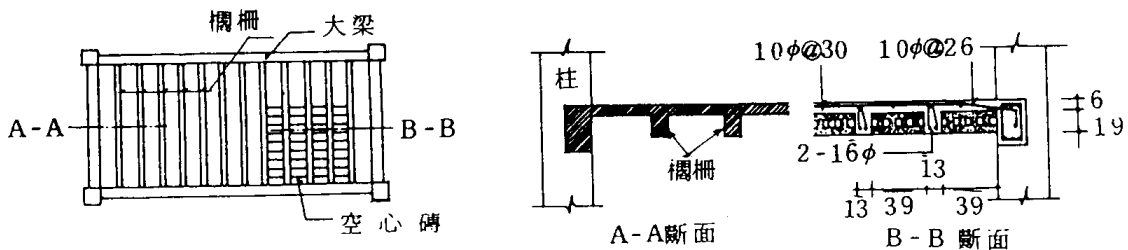


圖 25 擱柵樓板

2. 中空樓板

近年來建築結構物日趨大型化，跨度亦相對增大除擱柵樓板廣被應用外，例如預力系統之應用，鋼結構等亦日趨普遍。然某些特殊用途之建築如工廠、體育館等在平面配置中為減少柱子之阻礙，同時為達成空間之有效利用，減小梁深增加高因而產生了中空樓板之構想。

中空樓板即是與旋楞鋼管平行排列，沿管向配置主筋，再於橫向配置補助鋼筋使其連結一體，如圖 26 所示。

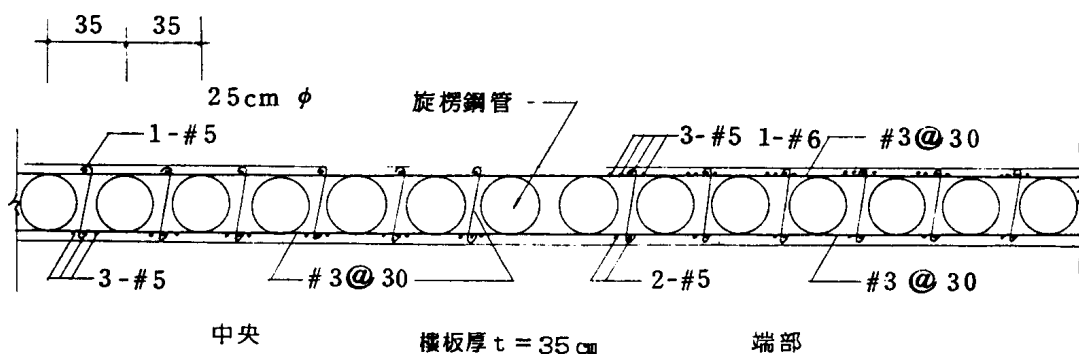


圖 26 中空樓板配筋實例

兩鋼管間主筋通過之混凝土部份即形成工字梁(I-beam)，參照圖 27 所示。因此中空樓板可視為沿管向工字梁之集合體。由材料力學獲知工字型斷面為一種良好之撓曲構材斷面，為合乎力學觀點之理想斷面。圖 28 為國內之實施例。

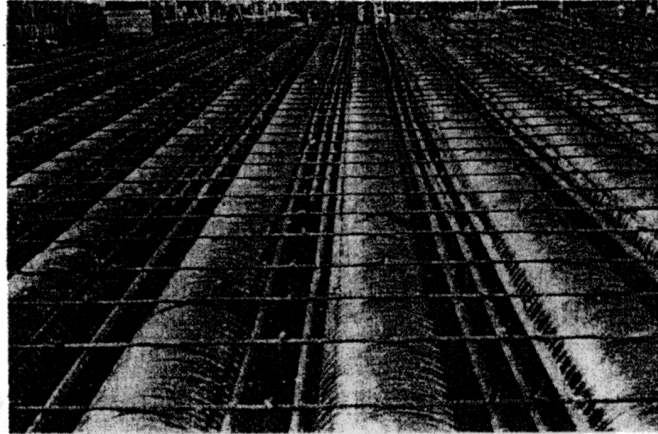
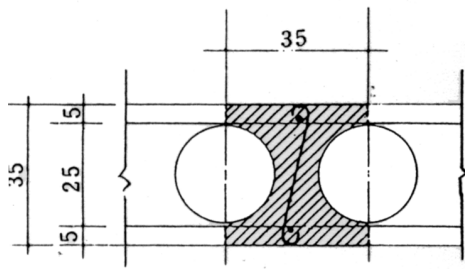


圖 27 中空樓板之力學原理

圖 28 中空樓板施工實例

中空樓板之特性如下所示，其配合尺度如表 27。

表 27 中空樓板之參考實例

| 構造跨距(m) | 樓板總厚度 (cm) | 旋楞鋼管直徑 (cm) | 管厚 (mm) | 換算平均板厚 (cm) | 板自重 kg/m ² |
|---------|---------------|----------------|------------|----------------|--------------------------|
| 5~7.5 | 25 | 15 | 0.4 | 17.93 | 430 |
| | | 12.5 | 0.4 | 20.09 | 482 |
| 7~8 | 27.5 | 17.5 | 0.4 | 18.75 | 450 |
| 8~11 | 30 | 20 | 0.4 | 19.53 | 469 |
| | | 17.5 | 0.4 | 21.98 | 528 |
| 11~13 | 35 | 25 | 0.5 | 20.98 | 503 |
| | | 22.5 | 0.5 | 23.64 | 567 |
| 12.5~14 | 37.5 | 27.5 | 0.5 | 21.66 | 519 |
| | | 25 | 0.5 | 24.41 | 586 |
| 13~14.5 | 40 | 27.5 | 0.5 | 25.15 | 604 |
| 13.5~16 | 45 | 32.5 | 0.5 | 26.56 | 638 |
| 16~18 | 52 | 37 | 0.6 | 31.30 | 752 |
| 18~21 | 60 | 44 | 0.6 | 34.66 | 832 |
| 19~25 | 65 | 50 | 0.6 | 34.79 | 835 |
| 24~27 | 75 | 60 | 0.6 | 37.30 | 895 |
| | 80 | | | 44.66 | 1072 |

- (1) 利用旋楞鋼管作襯管，埋設在混凝土中形成「中空」以減輕該部份之混凝土重量。
- (2) 樓板身兼梁之功效，節省建築物內部小梁之配置，增加建築淨高，減低建造費。
- (3) 天花板無梁，簡潔美觀，可節省裝修費用。
- (4) 適合大跨度設計，平面無柱、梁阻礙，可做任意之隔間及使用機能上之應用。
- (5) 中空部份可增加隔音、防熱之效果。
- (6) 中空部份可兼作空氣調節、水電等配管等穿線之用。

(五) 格子及華福樓板

格子板構造係將等間距之肋梁(rib)，與其上頂板澆置成一體，構成雙向格子狀之樓板。本系統與平板系統比較，雖不適於大垂直載重之建築物，但對於大跨度且載重較小之建築物，反較有利。

本結構系統係由密集之肋梁(凸緣小梁)組成格子狀板。因此僅能承受垂直載重，對於水平橫力之抵抗，另須考慮介入其它耐震要素。正方形平面之格子則利用肋梁將垂直載重朝雙方向分攤，每方向僅須承受 1/2 之載重，故可達成縮小斷面之經濟效益。唯長邊與短邊之比例若超過 2 時，其效益相對減小，若超過其界限時，須視為單向梁處理。格子板之力學觀念如圖 29 所示。

格子板之種類可分為(1)與大梁成 90° 之直交格子板，(2)與大梁成 45° 之斜交格子板，(3)利用 3 道肋梁(小梁)構成斜交式 3 方向格子板(圖 30(a), (b), (c))。

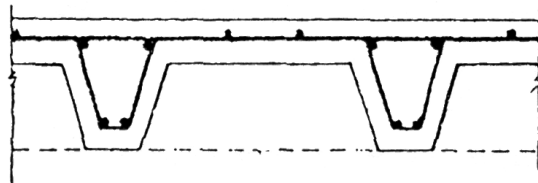


圖 29 格子板之力學觀念

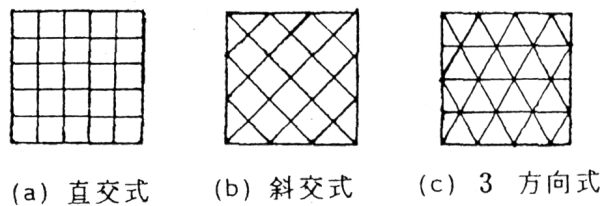


圖 30 格子板之種類

表 28 所示為典型的直交與斜交格子梁之計算方式，周邊假設為單純支持之情況下，正方形格子梁之應力計算實例。由表中所示之值，大致可掌握各格子梁承受彎矩之傾向。

表 28 格子梁之應用(周長單純支純之正方形格子梁)

| 形 狀 | 梁 名 | 梁之單位重量 | 最 大 彎 矩 |
|---|----------------|-------------------------------|---|
|  | AA BB | 0.562P1 0.415P1 | 0.0703P1L ² 0.0520 P1L ² |
|  | AA BB | 0.550P1 0.316P1 | 0.0686 P1L ² 0.0395 P1L ² |
|  | AA BB | 0.305P1 0.506P1 | 0.0382 P1L ² 0.0746 P1L ² |
|  | AA BB CC | 0.340P1 0.302P1 0.538P1 | 0.0425 P1L ² 0.0378 P1L ² 0.0729 P1L ² |

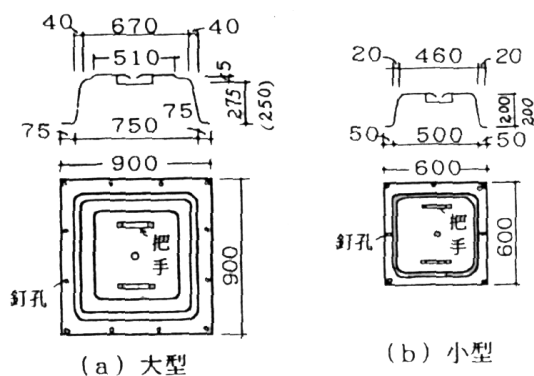


圖 31 華福模板之種類

格子板系統中格子較小，肋梁斷面為正方形且跨度較小者，特別以華福板(waffle)之名稱之，以別於一般之格子板。華福板之標準尺寸可分為 600

三、鋼筋混凝土梁

梁主要承受彎矩作用之撓度構材，當梁承受彎矩作用後，則依中立軸(N. A.)分上下兩部份承受不同之彎曲應力(bending stress)，一側為壓應力，另一側為拉應力。混凝土雖屬優良之抗壓材料，然抗拉應力僅為抗壓之 1/10 左右，因此供做抗拉材料實為不妥。一般純混凝土梁，僅因其自重所發生之拉應力即可使梁斷裂。為彌補混凝土抗拉之先天缺陷，乃於混凝土梁中之拉力側置放適量之鋼筋，以抵抗拉應力作用。而壓力側仍由混凝土承受，利用兩種材料之特性，分別承擔其優於抵抗之應力，乃為鋼筋混凝土梁之基本原理。

一般鋼筋混凝土梁依其斷面形狀及配筋之情形可分為矩形梁及 T 形梁兩種。另矩形梁尚分為單筋矩形梁如圖 32(b)，及複筋矩形梁如圖 32(e)兩種。單筋矩形梁僅於拉力側配置抗拉鋼筋，而複筋矩形梁除拉力側外尚於壓力側配置抗壓鋼筋者稱之。圖中(c)(d)所示為 T 形梁斷面，乃於抗拉側配置補強鋼筋，相對地減少抗拉面積，構成合乎力學原理特性之經濟斷面。

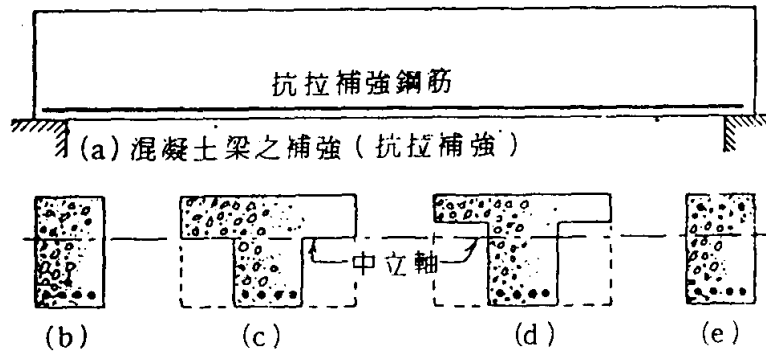


圖 32 受撓構材

(一) 鋼筋混凝土梁之破壞

1. 拉力破壞

梁之載重當增至鋼筋之降伏點強度(F_y)時，若載重仍繼續增大，當超過 F_y 值時，鋼筋產生急速伸長變形，導致拉力側混凝土裂縫擴大破壞，如圖 33(a)所示。

2. 壓力破壞

混凝土梁中若配有大量抗拉鋼筋時，則拉力側在未達鋼筋降伏強度前，壓力側之混凝土即被壓碎而破壞。該壓力破壞情形如圖 34(b)所示。補救此種破壞之方法，為提高混凝土強度或增加梁深。

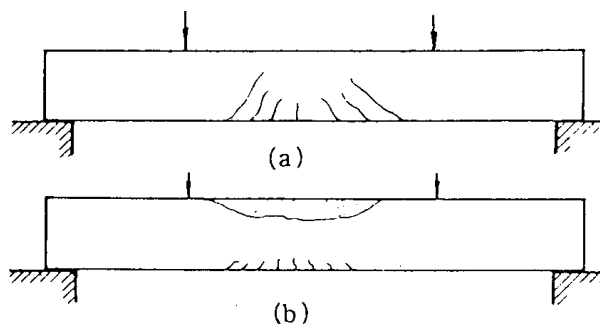


圖 34 拉力及壓力破壞

3. 斜拉力破壞

如圖 35(a)所示，當梁承巨大之剪力與彎曲力矩作用時，所產生之斜拉應力，將會在梁端附近引起斜向裂縫，為防止此裂縫發生，以往均將梁之抗拉鋼筋部份彎折抵抗之，如圖 35(b)所示。近年來由於混凝土力學理論之更新，大部份均改用肋筋環繞於抗拉鋼筋上配置之，如圖 35(c)所示。另如圖(d)所示，為利用(b)(c)兩項合併用之實例。

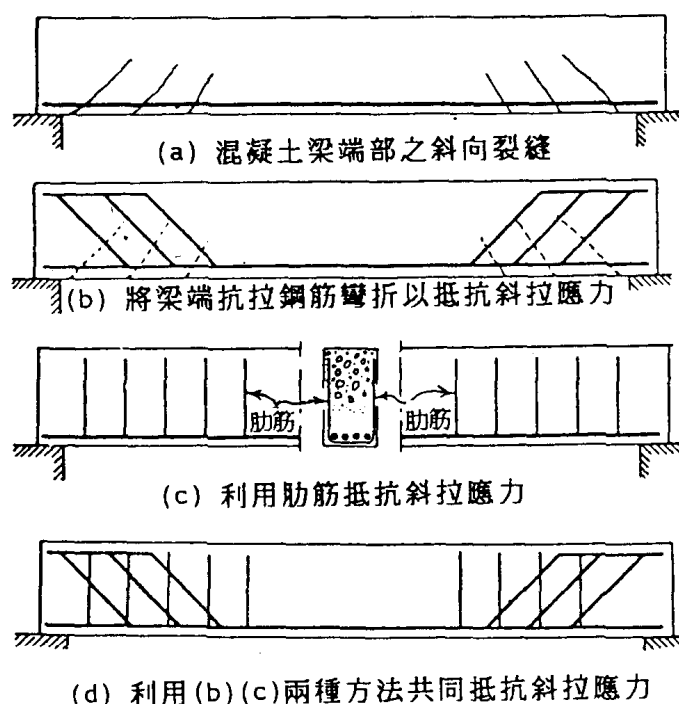


圖 35 斜拉力破壞

4. 剪力破壞

梁端支點附近受有巨大剪應力作用時，亦有被剪力破壞現象發生。事實上一般混凝土之直接抗剪力甚大，外來載重所引起之剪應力一般情況下均小於混凝土之抗剪力。但為安全起見仍須配置適量之肋筋。

5. 握持力之破壞

梁受撓曲時，若混凝土中鋼筋之握持力不足，則鋼筋將產生滑動 (slip)，致使混凝土拉力側之應力無法傳遞於鋼筋，而導致梁之破壞。通常為補救該缺點，可採用異形鋼筋(如竹節鋼筋)，且在鋼筋之末端作成彎 (如圖 36 所示)，以增加鋼筋與混凝土間之握持力。

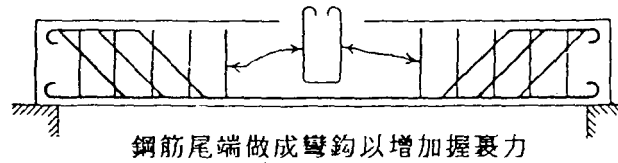


圖 36 握裹力破壞

(二) 鋼筋混凝土梁之標準配筋

鋼筋混凝土梁配筋時須注意下列事項：

1. 主鋼筋之標準彎 依表 23 第(1)，(3)項規定。
2. 梁肋筋之標準彎 依「構造編第 362 條」規定如圖 37 所示。
3. 鋼筋拼接之位置儘可能避免在應力最大處。
4. 梁上下側至少須有兩支鋼筋直通構材全長。
5. 鋼筋斷面比不得少於 $14/f_\gamma$ 。換言之；梁之斷面設為 A_g 鋼筋降伏強度 $f_\gamma = 2800\text{kg/cm}^2$ ，則梁之最小鋼筋斷面 $A \geq 0.005A_g$ 。
6. 肋筋最小直徑為 10 mm(D10)以上，最大間距為有效梁深之半(即 $d/2$)。
7. 距梁端相當於 4 倍有效梁深距離(即 $4d$)內，肋筋間距不得大於 $d/4$ ，肋筋面積不得大於 $A_v d/s - 0.15A's$ 或 $0.15A_s$ 。式中(A_v)為肋筋面積 (d)有效梁深，(S)肋筋間距，($A's$)壓力鋼筋面積，(A_s)拉力鋼面積。
8. 小梁之主筋端部須照規定具有足夠之長度彎曲錨定於大梁內如圖 38 所示。
9. 梁主筋做二層配置時，依「III—365 條」規定其標準配筋圖如圖 39 所示。
10. 其他依「構造編(III)—387 條、394 條、396 條、398 條、399 條」規定，繪成之標準配筋及鋼筋銜接詳細規定如圖 40 所示。

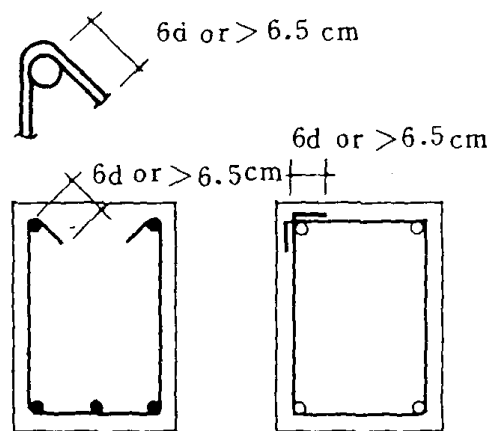


圖 37 箍、肋筋標準圖

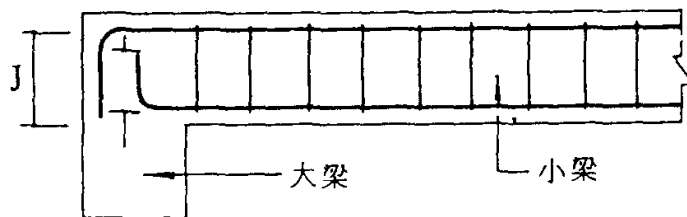


圖 38 大梁與小梁連接部詳圖

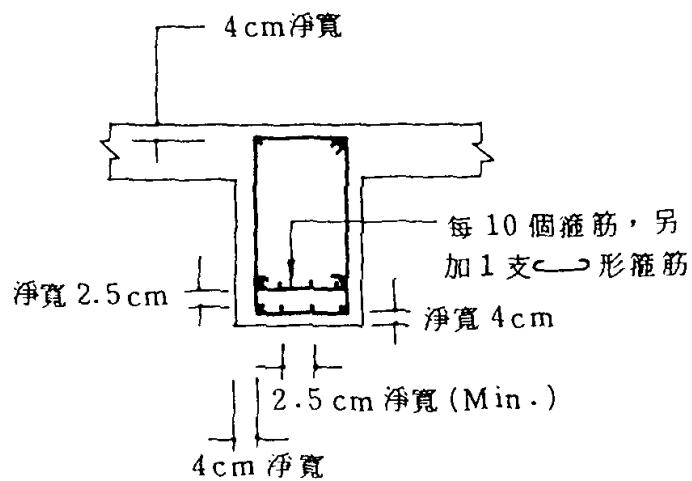
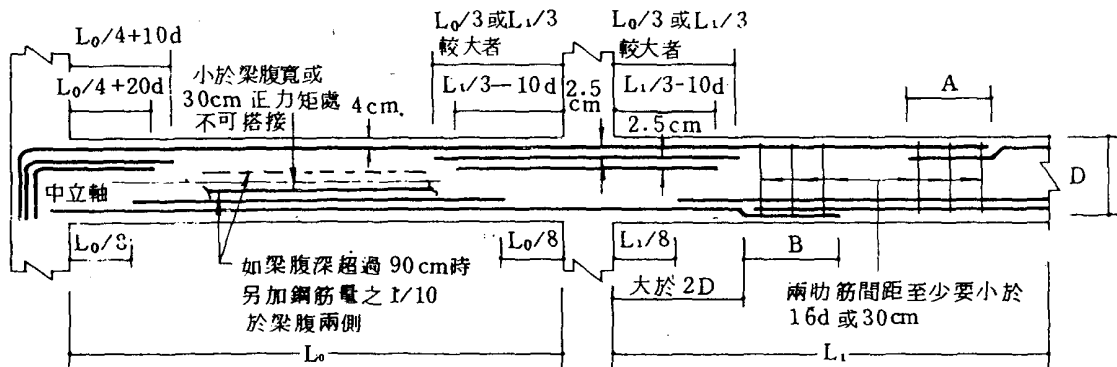


圖 39 雙層配筋標準圖



※註：梁端負力矩處，鋼筋不可搭接

D：有效梁深

d：鋼筋直徑

L_0 ：外跨距長度

L_1 ：內跨距長度

A、B：疊接長度詳見表 23

圖 40 梁之標準配筋

四、鋼筋混凝土柱

在鋼筋混凝土構造中，柱所佔之結構地位較諸板梁等單元重要。茲因構造體之載重係由板→梁→柱→而傳至基礎。柱之破壞將涉及構造整體安危，較諸板、梁等局部性的破壞尤為嚴重。

柱為受壓構材，一般除承擔剪力、軸力與彎矩之混合作用外，常因偏心載重尚須承受扭力及部份拉力等作用，且因長細比之關係涉及屈曲(buckling)問題，故其力學行為較為複雜，因而柱之設計及施工應特加留意。

(一) 柱之種類

1. 依設計上分類

依設計公式分類，柱可分為長柱及短柱兩種，一般係依柱之無支撐長度 L 與橫斷面最小寬度 t (圓柱時為直徑 t) 之比值做為分類依據。

(1) 長柱(long column)： $L/t > 10$ 者屬之。

(2) 短柱(short column)： $L/t < 10$ 者屬之。

一般長柱因受長細比(slender ratio)之控制，其耐力較相同斷面之短柱為小。長細比過大之長柱常因屈曲現象而破壞，猶如相同斷面之 2 cm 長鐵釘與 1 cm 長鐵線在承相等壓力下所產生之破壞現象相似。

2. 依斷面之形狀及構造分類

(1) 純混凝土柱：

由純混凝土製成，其高度甚小，以不超過柱寬之 3 倍為限，其抗彎曲及耐震性較差，一般結構上採用者甚少。

(2) 螺旋箍柱(spiral column)

如圖 41(a)所示，螺旋箍柱俗稱圓柱，係於混凝土圓柱中，等間距配置縱向鋼筋，並於橫向以螺旋狀箍筋(簡稱螺筋)圍繞之。

圓柱斷面性能較方形柱為佳，但於施工上模板組立工作繁雜，故一般性建築物較少採用。

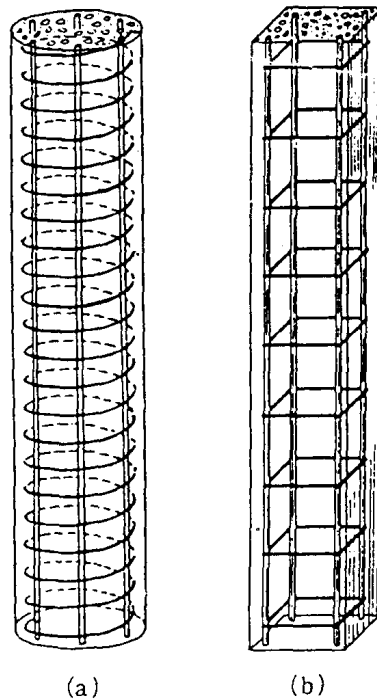


圖 41 螺旋箍柱及橫箍柱

圓柱之施工應注意下列事項：

- 鋼筋之降伏強度(f_y)不得超過 $4200\text{kg}/\text{cm}^2$ 。
- 圓柱直徑須在 25 cm 以上。
- 縱向主筋量(A_s)須在 $0.01A_g \leq A_s \leq 0.08A_g$ 範圍內，式中 A_g 為柱斷面積。
- 主筋續接長度不得小於鋼筋直徑之 30 倍或 40 cm。
- 縱向主筋至少使用 6 根，等間距配置。(直徑宜用 D16 以上)
- 螺筋宜用 D6 以上並依規定之體積比配置。

(3) 橫箍柱(tied column)：

橫箍柱分方形及長方形兩種，由縱向主筋與方形箍筋組合構成如圖 41(b)所示。橫箍柱之軸向承載量較劣於圓柱(約為 85%)但施工方便性較佳，故普遍採用之。

橫箍柱在施工上宜注意下列事項：

- 柱斷面之最小邊長不得小於 20 cm，柱斷面(A_g)不得小於 600cm^2 。(各層不連續之輔助用柱之最小邊長可為 15 cm)
- 主鋼筋量(A_s)宜在 $0.01A_g \leq A_s \leq 0.08A_g$ 範圍內。
- 主筋至少須 4 根配置於四個角隅。(直徑宜用 D16 以上)
- 箍筋直徑宜在 D6 以上。
- 箍筋應按規定配置，不得疏忽，因箍筋具有下列功用(1)固定主筋位置，(2)阻止柱斷面橫向變形，(3)抵抗剪力作用，(4)阻止縱向主筋產生屈曲現象，(5)增加握持力。一般箍筋之佈置方法如圖 42 所示。

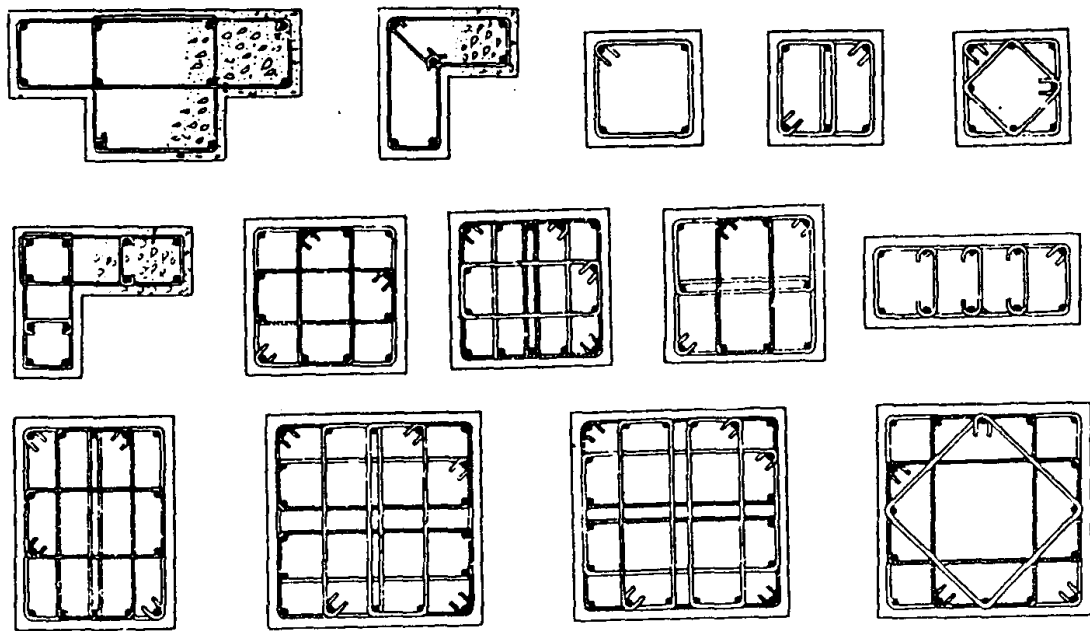


圖 42 柱箍筋之配置方式

(4) 合成柱

高層建築物之底層柱，因高層樓板載重之累積，而須擴大柱之斷面積，相對地減少了有效建築空間，為補救此缺點，可於圓柱內插入型鋼、鋼管或其他組合鋼材，以增強柱之承载力，因而無須擴大原有斷面，此等鋼筋混凝土與鋼材合併構成之柱稱為合成柱，如圖 43 所示。

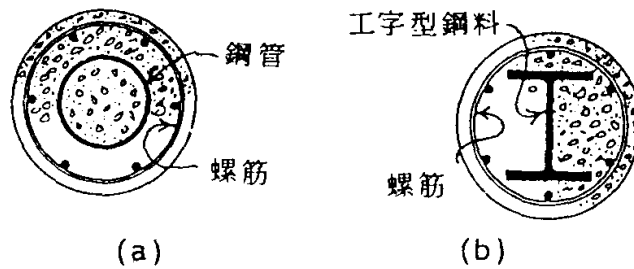


圖 43 合成柱

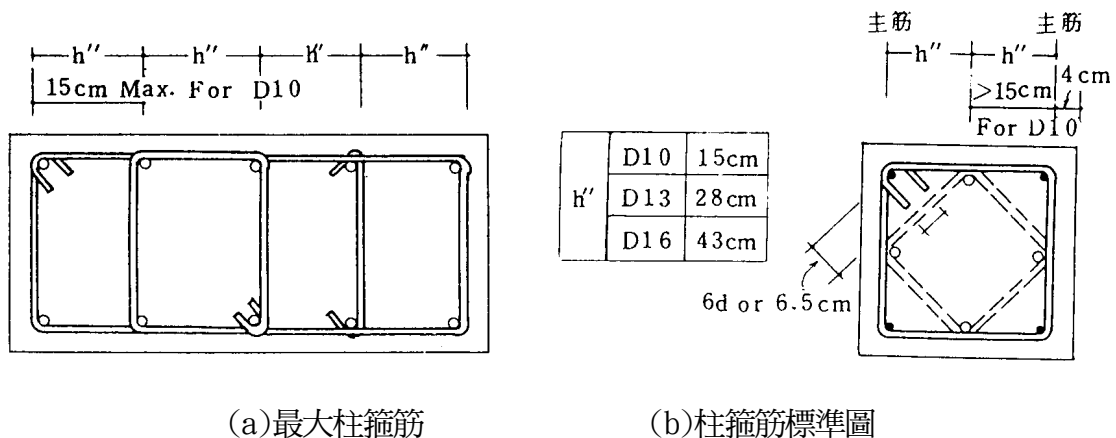
一般合成柱之規定如下：

- 合成柱內之鋼材斷面不得超出總斷面積之 20%。
- 鋼材柱與螺筋間之淨距不得小於 7.5 cm，若採用 H 型鋼時，可減為 5 cm。
- 鋼材(如鋼管)之中空部份須灌滿混凝土。
- 其他鋼筋及螺筋依圓柱之規定。

(二) 柱之標準配筋

1. 橫箍筋的標準配置

一般除圓形、多邊(六邊或八邊)形柱之箍筋採用螺筋外，最常用者為橫箍柱，其標準圖如圖 44 所示。



(a) 最大柱箍筋

(b) 柱箍筋標準圖

圖 44 橫箍筋配置標準圖

4. 不同尺寸柱之接頭及托架

除經特殊設計外，一般不同尺寸柱接頭部份之標準配筋如圖 47 所示。另假設為簡支承(simple support)設計之柱托架標準配筋如圖 48 所示。

另柱主筋在圖 49 所示中 A、B、C、D 各斷面內之焊接、壓接鋼筋量不得多於該斷面總鋼筋量之 1/4，且兩鄰近併接(焊接或壓接)點之間距不得小於 30 cm。

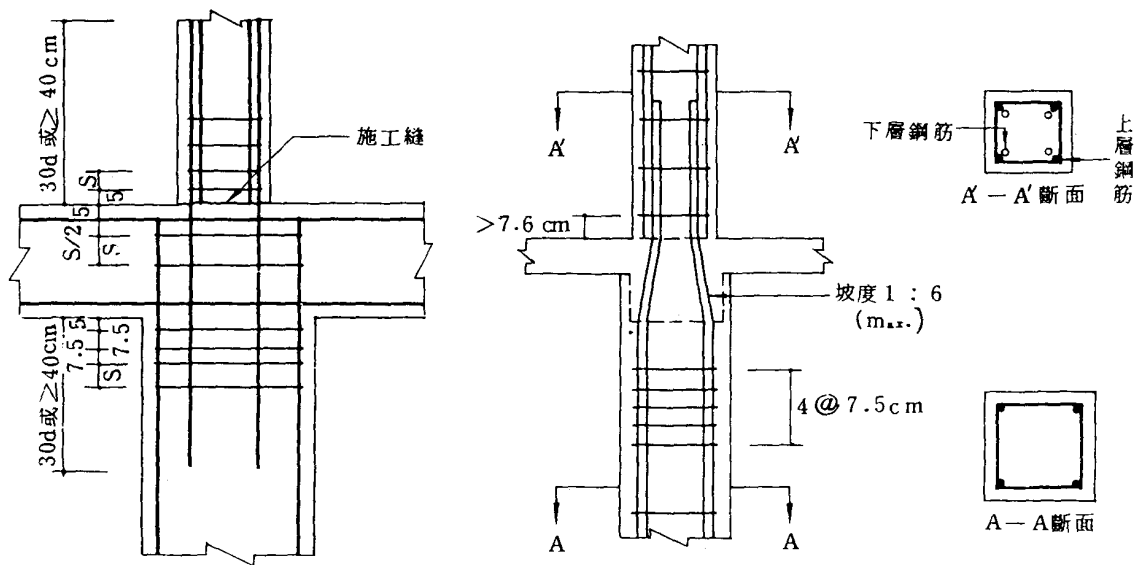


圖 47 不同尺寸柱鋼筋接頭詳圖

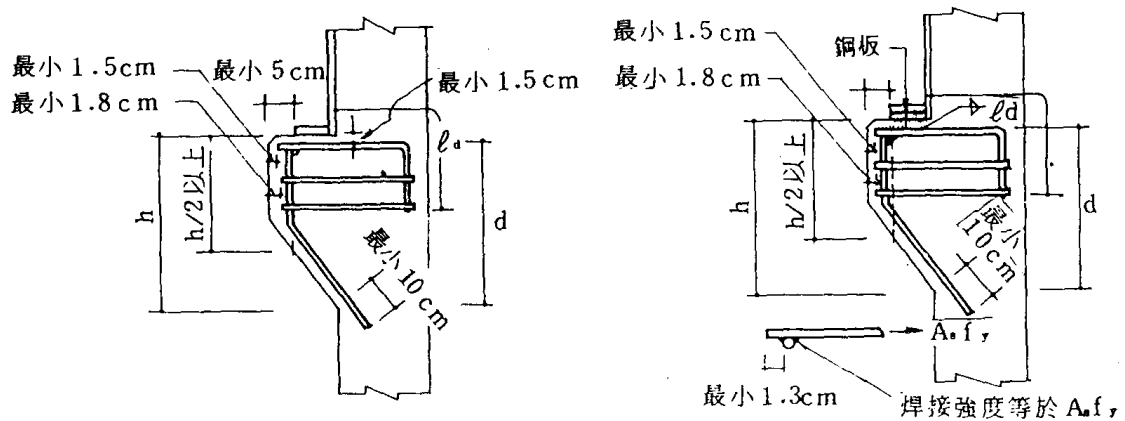


圖 48 柱托架配筋詳圖(簡支設計)

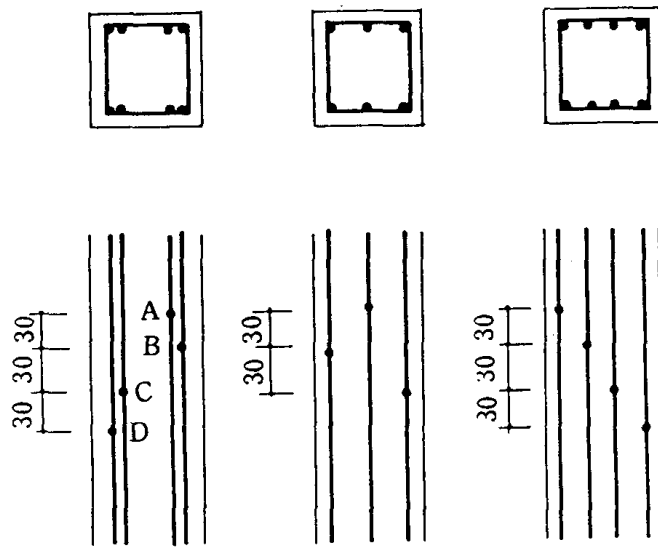


圖 49 主筋焊接及頂接之詳細

五、鋼筋混凝土牆

鋼筋混凝土牆依技術規則規定之承擔載重之不同，可分為承重牆與非承重牆兩種：

(一) 承重牆

凡載重之牆壁及承受橫力之剪力牆與帷幕牆，均為承重牆。若假設為剪力牆時須能抵禦傾倒力矩、垂直載重剪力之共同作用，並須適當傳遞牆之彎矩，垂直載重及剪力至其基礎或支承物。

依 ACI Code 規定一般建築物之承重牆牆厚約為 15~22 cm，大建築約為 30 cm；牆厚不得小於無支撐高度或無側撐寬度之 $1/25$ (取兩者之較小值為準)，頂層厚度不得小於 15 cm，由上往下，每增 7.5 cm 牆厚宜相對增厚 2.5 cm。牆之橫向及豎向鋼筋不得小於牆身全斷面積之 $1/400$ 。

承重牆之配筋可視若一連續柱列處理，配筋理論與柱相同，在垂直向配置主筋，橫向配置副筋，一般所使用之鋼筋為 D10~D16，間隔約在 15~40 cm 之間。

混凝土牆相交部份之詳細配筋如圖 50、51 所示。另鋼筋混凝土牆若設有開口時，須於開口門窗之四個角隅處配置 45° 之斜方向補強筋，以防止開口處發生 45° 之斜向裂縫，其詳細補強如圖 52 所示。

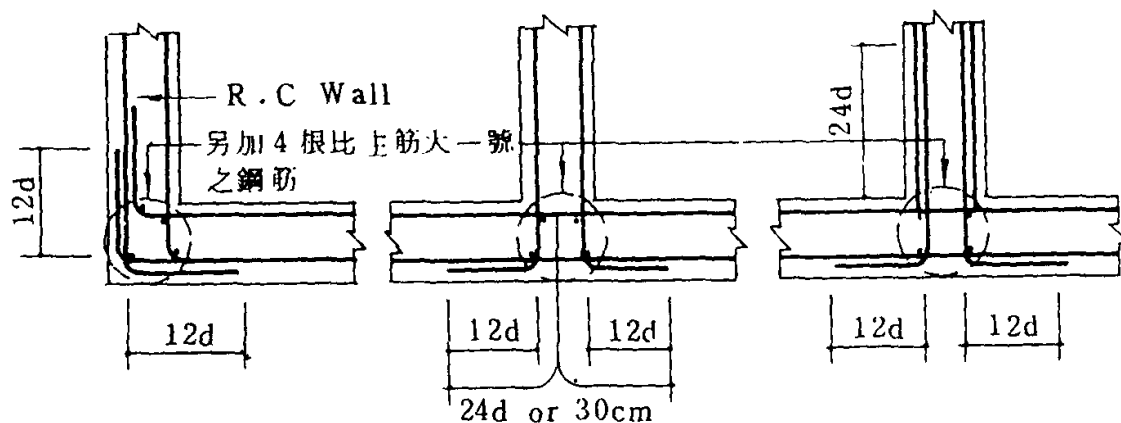


圖 50 複筋 R.C. 牆相交部份之配筋詳圖

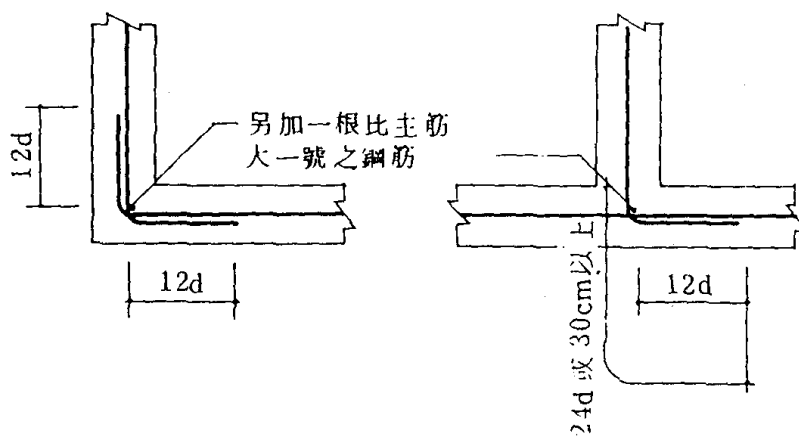
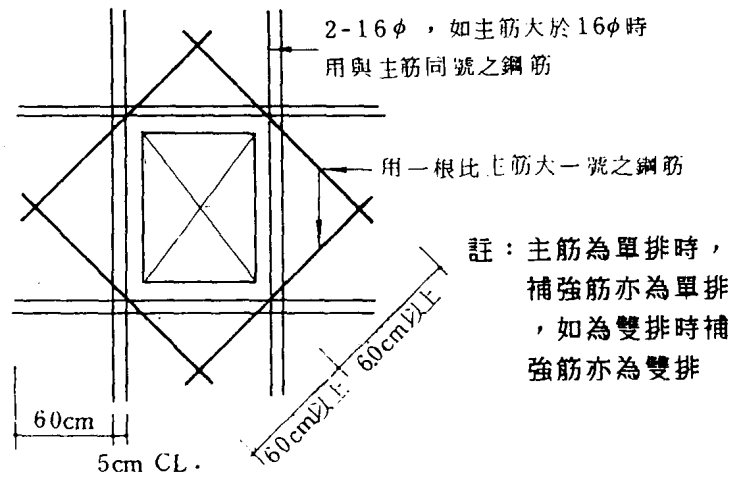


圖 51 複筋 R.C. 牆相交部份之配筋詳圖



註：主筋為單排時，補強筋亦為單排，如為雙排時補強筋亦為雙排

圖 52 R. C. 牆開口部份補強詳圖

(二) 非承重牆

凡承受自身重量及自身地震力之分間牆均屬非承重牆。一般非承重牆之牆厚約為 10~15 cm。牆體配筋之形式有(a)縱橫直交式，(b)斜交式，(c)隅角式，(d)對角式等四種，如圖 53 所示。一般所使用之鋼筋直徑為 D10，其間距約為 12~30 cm。

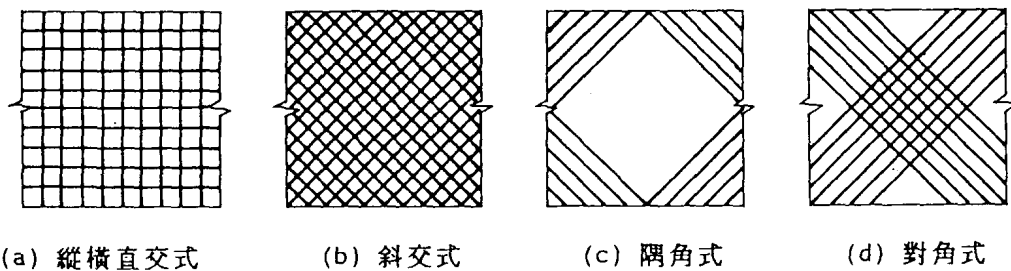


圖 53 非承重牆壁體配筋方式

六、鋼筋混凝土基礎

本單元就僅一般房屋建築中，鋼筋混凝土直接基礎之構繼敘述如下：

(一) 獨立基礎

獨立基礎通常用來支承獨立柱，其底面一般為正方形或矩形，特殊情況時亦有多角形及圓形。如載重過大，或土壤容許支承力不佳時，則配合樁基處理之。

獨立基礎之主筋配置一般以雙向配置為多，如圖 54(a)所示。亦有採用四向配置者，其配置方式除於縱橫雙向配筋外，並在對角線方向增配補助筋，如圖 54(b)所示。同時基礎部份之柱筋及基礎盤鋼筋宜作成彎 錨定，以增加握持力。無筋混凝土基礎板不得小於 20 cm，若為鋼筋混凝土基礎板支承於盤上者，基礎板之下層鋼筋以上厚度不得小於 15 cm，如支壓於基礎上時不得小於 30 cm。

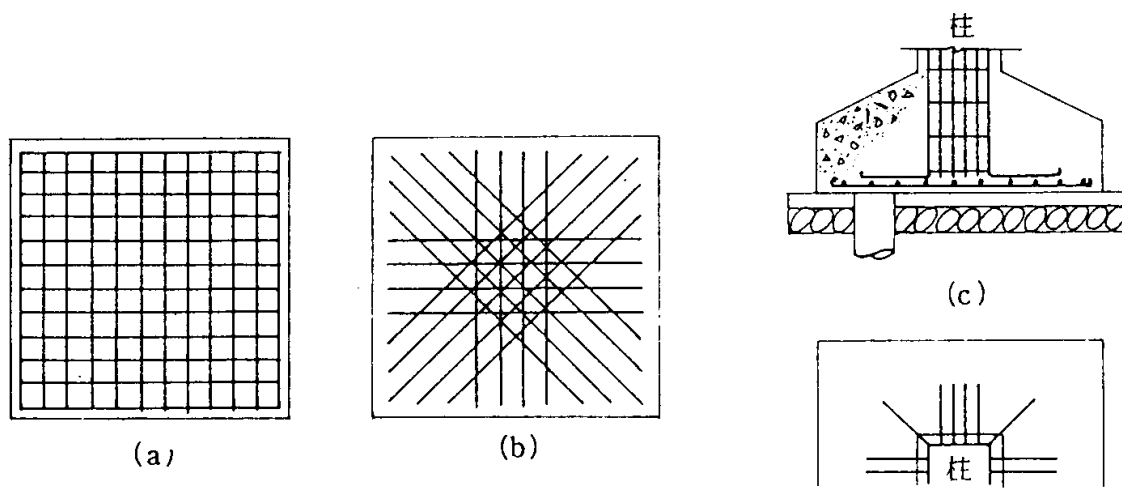


圖 54 獨立基礎之標準配筋

獨立基礎因各自獨立，故常發生不等沉陷，另因地震時容易產生位移及迴轉等現象，而導致結構體之破壞。為防止上述現象發生，通常利用繫梁(地梁)(tiebeam)，依縱橫方向，將各獨立基礎連成一體，以增強抵抗水平作用力。繫梁頂面並兼為承重牆壁之支承基面，如圖 55 所示。

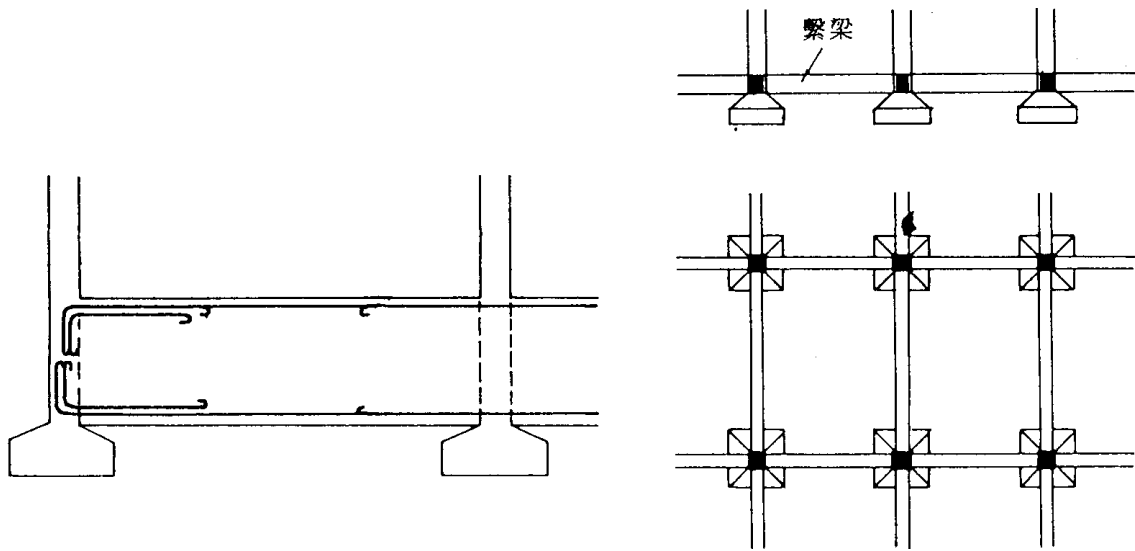


圖 55 獨立基礎及繫梁

(二) 聯合基礎及連續基礎

建築物外柱因地界限制，柱呈偏心載重現象，力相鄰兩柱以上，間隔太近或載重太大，不宜採用獨立基礎而將兩根以上之柱共同支承於同一基礎板者稱為聯合基礎。

聯合基礎之形狀一般分為矩形及梯形兩種，如圖 56 所示。並以繫梁串成一體，如圖 57 所示。

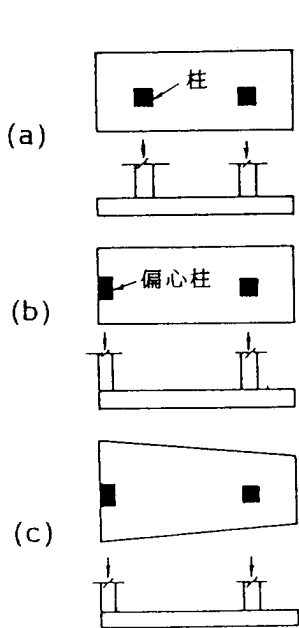


圖 56 聯合基礎之形式

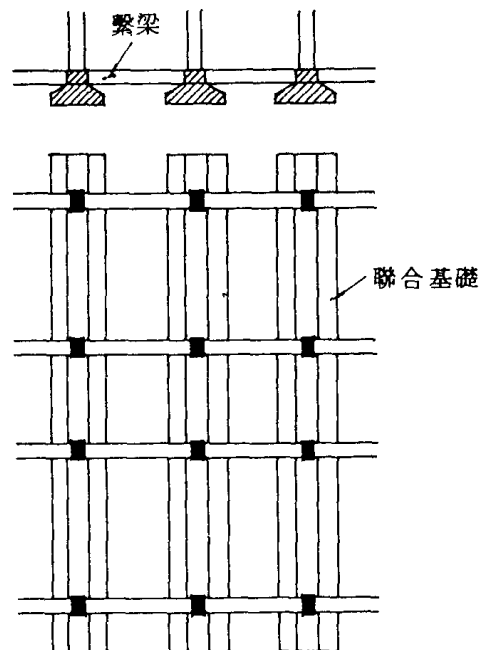


圖 57 聯合基礎之繫梁

如圖 56(b)(c)等偏心基礎，依「構造編第 80 條」規定：應以偏心繫梁連接至鄰柱，繫梁承受彎矩及剪力，柱偏心之基腳支承由於偏心而增大之壓力。兩向均偏心者，應兩向均以偏心繫梁連至鄰柱，並於兩向間斜向以繫梁連至斜向之鄰柱，如圖 58 所示。偏心繫梁主要作用在於防止基礎因偏心而產生之迴轉及扭曲，故做成牛腿狀，其配筋實例參照圖 7-59 所示。

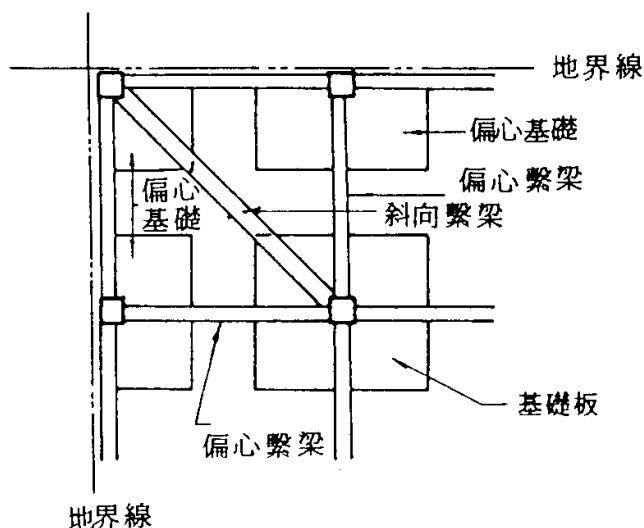


圖 58 偏心基礎及繫梁

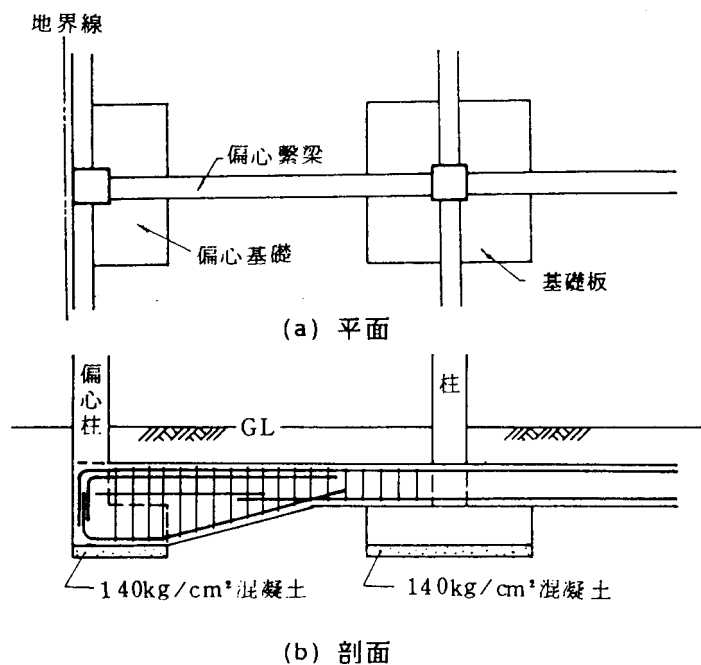


圖 59 偏心繫梁配筋實例

一般所謂支持兩根柱以上之聯合基礎皆指單向為原則，若將其加以擴展，使縱橫兩向均構成聯合基礎，組成井桁狀使基礎連成一體者則稱為連續基礎，如圖 60 所示。

一般構造物主要牆壁(承重牆)配置於兩柱間，或兩柱的間隔較近者採用此種基礎形式較多。

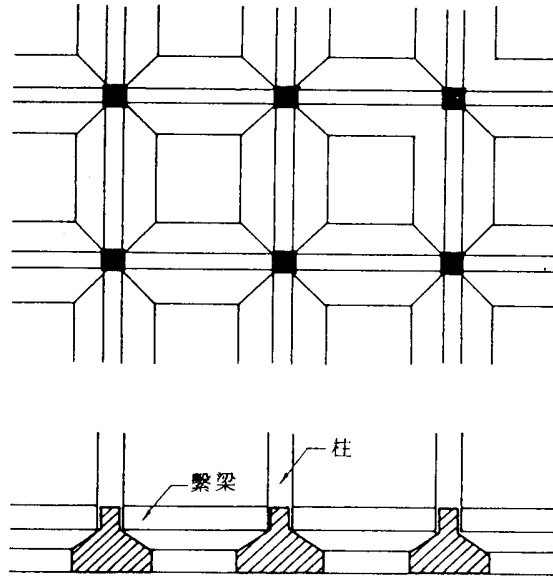


圖 60 連續基礎

(三) 筏式基礎

筏式基礎在構造理論上可視為聯合基礎之擴大，利用全面開挖，與構造物所有柱子支承於同一基礎板上，如圖 61 所示。筏式基礎如同船舟浮在基土上，利用土壤浮力承載構造物之重量。目前較大規模及高層建築之地下室構築，大部份皆採用此種方式，筏式基礎之特性如下所述。

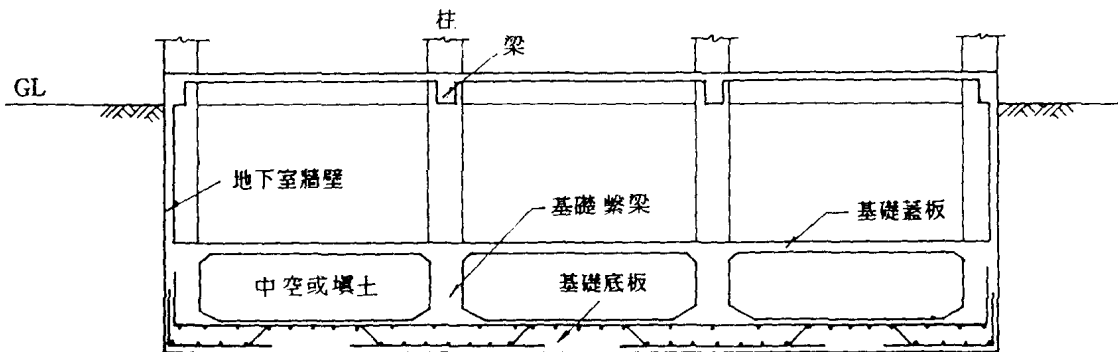


圖 61 筏式基礎

1. 建築物載重甚大，或地基土壤容許支承力甚小，若採用獨立基礎，其基礎板總面積超過建築面積 1/2 時，反較筏式基礎之施工費用昂貴。
2. 地基土壤本身之壓縮性甚大，且建築物之容許沉陷量受到限制，若採用筏式基礎，令全面開挖之土壤重與建築相等，則可減少沉陷量或避免沉陷，且無獨立基礎之不均勻沉陷現象發生。

學習評量三

問答題：

- 一、請說明鋼筋混凝土之鋼筋應具有那些性能。
- 二、請簡述橫箍柱在施工上要注意的事項。
- 三、請說明箍筋的功用。

學習評量三答案

問答題：

一、

- (一) 鋼筋降伏點強度須高。
- (二) 鋼筋的延性要好。
- (三) 鋼筋與混凝土之握持作用要強

二、

- (一) 柱斷面之最小邊長不得小於 20 cm，柱斷面(A_g)不得小於 600cm^2 。
- (二) 主鋼筋量宜在 0.01 主鋼筋量 \leq 主鋼筋量 \leq 0.08 主鋼筋量範圍內。
- (三) 箍筋直徑宜在 D6 以上。
- (四) 主筋至少須 4 根配置於四個角隅。
- (五) 箍筋應按規定配置，不得疏忽。

三、

- (一) 固定主筋位置
- (二) 阻止柱斷面橫向變形
- (三) 抵抗剪力作用
- (四) 阻止縱向主筋產生屈曲現象
- (五) 增加握持力

本教材的第四個學習目標是

在不使用任何參考資料的情況下，你能說出鋼筋混凝土工程施工及混凝土之澆置和養護。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 101 頁做測驗。
假如你需要更多學習的話，請翻到下一頁。

一、鋼筋混凝土工程施工

(一) 拌合機

混凝土拌合機依形狀分類，可分為立方形拌合機、鼓形拌合機、桶形拌合機、碗形拌合機、圓錐形拌合機及圓錐碗形拌合機等數種，如圖 62 所示。另依拌合使用方式，可分為重力式及強制式。

1. 重力拌合式

(1) 不傾排出式(如圖 63)

(2) 傾倒排出式(如圖 64)

2. 強制拌合機(如圖 65)拌合機種類型式之選擇，應視混凝土要求品質、種類、數量、及工期決定之。一般除移動性較大及小型工程(如排水溝、砌卵石護坡)外，碗形、圓形、桶形等傾倒排出式拌合機用途較少。其拌合容量以 7 才(約合 0.2m^3)者居多。

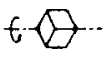
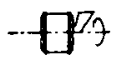




| 類 別 | 形 狀 | 拌 合 | 排 出 方 式 |
|-----------------------------|---|------|---------|
| 立方形拌合機 (Cube mixer) |  | 水平拌合 | 不傾排出 |
| 鼓形拌合機 (Drum mixer) |  | 水平拌合 | 不傾排出 |
| 桶形拌合機 (Barrel mixer) |  | 傾斜拌合 | 傾倒排出 |
| 碗形拌合機 (Bowl mixer) |  | 傾斜拌合 | 傾倒排出 |
| 圓錐形拌合機 (Conical mixer) |  | 水平拌合 | 傾倒排出 |
| 圓錐碗形拌合機 (Conebowl mixer) |  | 傾斜拌合 | 傾倒排出 |

圖 62 拌合機形式

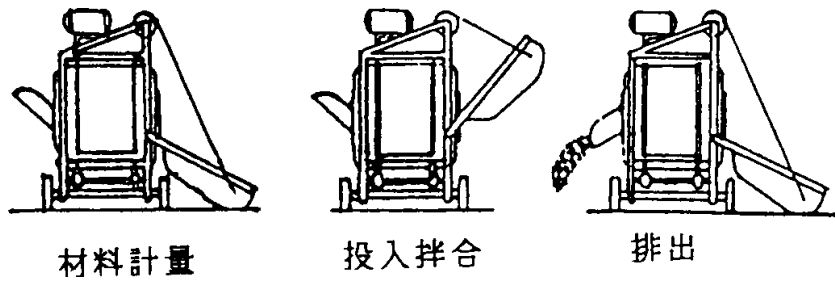


圖 63 不傾排出式拌合機

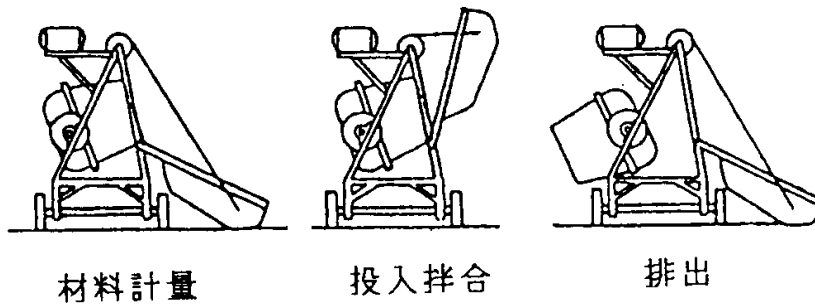


圖 64 傾倒排出式拌合機

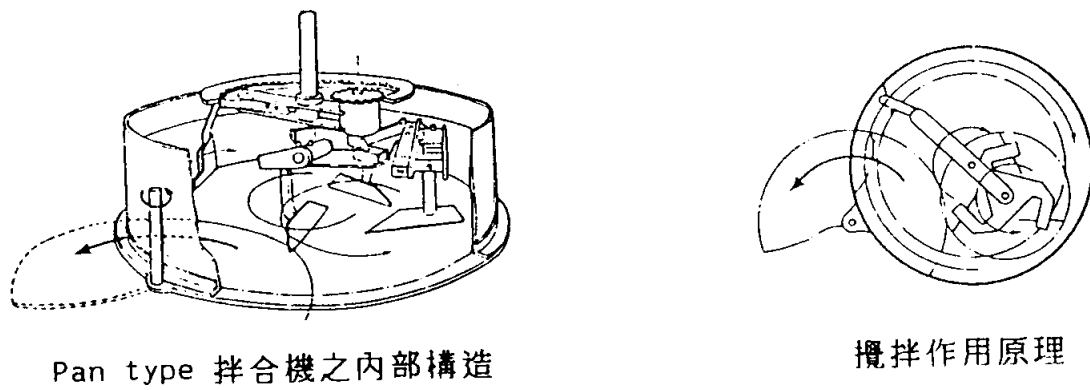


圖 65 強制式拌合機

一般建築工程以不傾排出式用途較廣，而販品之拌合機容量為 $0.2\text{m}^3 \sim 0.6\text{m}^3$ ，其中 0.4m^3 及 0.5m^3 兩者使用最為普遍，特殊大工程可達 1.5m^3 。

另外預拌廠及大工程拌合場，均採用強制式拌合機，其拌合方式為繞垂直軸攪拌，拌合時間短，適用於任何配比之拌合。表 29 為不傾排出式與強制式拌合機之性能比較。表 30 為各型拌合機之拌合能率表。

表 29 拌合機性能比較

| | 不傾排出式拌合機 | 強制式拌合機 |
|---------------|----------|----------|
| 材料計量 | 20~30(秒) | 20~30(秒) |
| 材料投入 | 15~20 | 10~15 |
| 攪拌 | 75~100 | 25~45 |
| 混凝土排出 | 15~25 | 10~20 |
| 平均 1Cycle 之時間 | 2 分 30 秒 | 1 分 30 秒 |

表 30 拌合機之容量及拌合能率

| 公稱 容量 | 一次 骨材 用數 | 一次 拌合 容量 | 每小時 拌合容 量 | 一次水泥用量 | | 所需馬力 | | 重量 | | 每日拌合量 (8 小時) |
|----------|----------------|----------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|----------|----------|-----|-----|-----------------|
| | | | | 140kg /cm ² | 175kg /cm ² | 拌合 機用 | 昇降 機用 | 固定式 | 移動式 | |
| 才 | m ³ | m ³ | m ³ | 袋 | 袋 | HP | HP | t | t | m ³ |
| 4 | 0.16 | 0.11 | 3.3 | 0.5 | 0.66 | 3 | — | — | — | 18~24 |
| 7 | 0.28 | 0.20 | 6.0 | 0.9 | 1.20 | 5 | — | 1.7 | 2.8 | 32~42 |
| 8 | 0.32 | 0.22 | 6.7 | 1.0 | 1.32 | 7.5 | 10 | — | — | 36~48 |
| 10 | 0.40 | 0.28 | 8.4 | 1.26 | 1.68 | 7.5 | 10 | 2.6 | 4.0 | 45~60 |
| 14 | 0.55 | 0.39 | 11.7 | 1.76 | 2.34 | 10 | 15 | 3.3 | 5.0 | 63~84 |
| 16 | 0.64 | 0.44 | 13.4 | 2.00 | 2.64 | 15 | 25 | — | — | 80~96 |
| 21 | 0.83 | 0.58 | 17.4 | 2.61 | 3.48 | 15 | 30 | 4.5 | 6.5 | 95~126 |

(二) 混凝土之澆置

1. 搗實

混凝土搗實之主要目的為排除混凝土中之孔隙，使混凝土能充分填滿於模板內各空間，並使與模板，鋼筋充分密合。往昔常用鐵鏟，竹竿或手工等方法搗實，效果不彰，今日大都採用振動機搗實，振動器主要可分為三種類型，即內部振動機、外部裁動機及表面振動機等三種，參照表 31。

表 31 振動機(Vibrator)之性能

| 振動機種類 | 電壓(v) | 馬力(kv) | 振動數(CPM) | 用途 | 振動方式 |
|-------|-------------------|-----------|------------|-----------------|--------------------------|
| 內部振動機 | 硬棒式 110 220 | .150~.400 | 7000~12000 | 基礎、外牆、柱、樓板等 | 直接插入混凝土中，振動傳達呈放射狀 |
| | 軟管式 100 220 | .250~.1.0 | 8000~10000 | | |
| 外部振動機 | 壁式 110 220 | .130~.230 | 5500~6500 | 側壁、柱、樓板、樓梯、拱等模板 | 安裝於模板外部、利用模板的振動傳達至內部之混凝土 |
| | 鋤刀式 110 220 | .380~.550 | 8000~10000 | | |
| | 掛式 220 | .380~.750 | 2000~6000 | 漏斗(促使混凝土流暢落下) | |
| 表面振動機 | 電動式 110 220 | .400~ | 1600~7000 | 樓板、道路、地坪等 | 振動機置於混凝土表面，使表面與內部同時承受振動 |
| | 引擎式 1.50~4.50 | HP | 1600~7000 | 道路、地坪等 | |

註：內部及外部振動機除電動外尚有以引擎為動力者。

(1) 內部振動機：內部振動器係將振動器直接置入混凝土中振實，常見者可分為硬棒式及軟管式，其使用方法說明如下：

- A. 每層混凝土須作有系統之振動，每處間隔約 45 cm，且先後振動之範圍須相互重疊。
- B. 振動棒插入混凝土中時應保持垂直，並插入下層尚為塑性狀之混凝土，且不得在混凝土中游動，如圖 66。

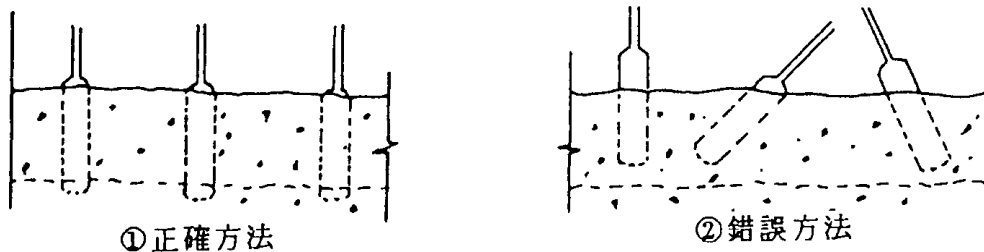


圖 66 振動棒之使用方法

- C. 振動棒應避免直接觸及模板或鋼筋。

(2) 外部振動機：係將振動機附於模板外部產生振動，利用振動之傳遞搗實混凝土。一般使用於斷面狹窄、鋼筋密集或內部振動機無法伸及之混凝土澆置體上，如薄牆、隧道、襯壁塑。其使用要點如下：(參照圖 67)

- A. 振動機須緊附於模板上，每處振動距離不得超過 1m。
- B. 每次分層澆置之混凝土深度不宜太大，且最上層約 60 cm 之處最好用內部振動機。

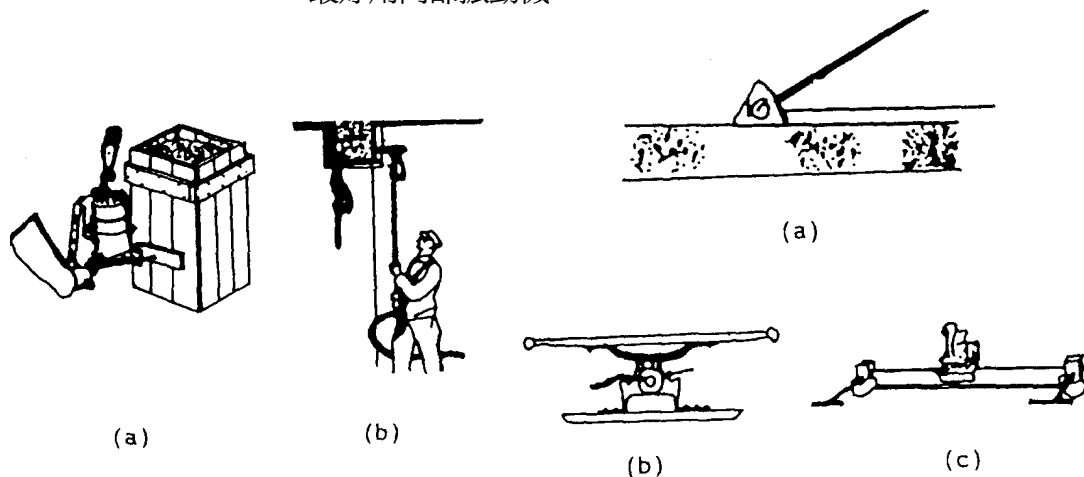


圖 67 外部振動器

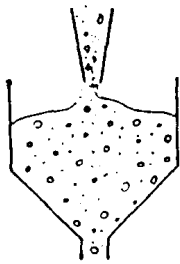
圖 68 表面振動器

(3) 表面振動器：表面振動器係用於平板式構造物，其對厚度 20 cm 以下之板相當有效，如樓板、路面等。(參照圖 68)

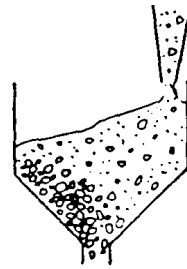
混凝土之搗實，不論採用任何機種，均不宜過度或不及，因振動搗實過度常造成混凝土材料析離，反之，則易存有空隙或蜂巢，一般振動搗實可以下列三種現象判斷施行之。

- A. 混凝土振動時，常有氣泡冒出，當無氣泡冒出時，表示該處已振實。
- B. 混凝土振動不足時，聲音會有變化，當聲音無變化時表示已振實。
- C. 當水泥漿從模板及鋼筋的邊緣溢出時，即表示已振實。

2. 漏斗(hopper)之使用方法(圖 69)



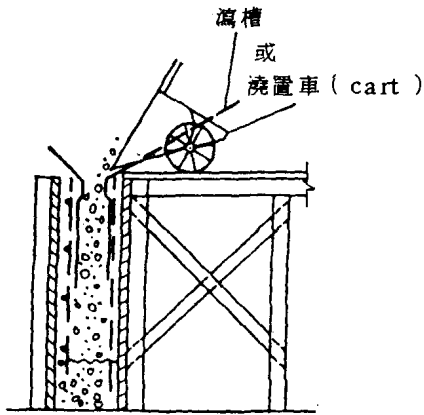
【正確例】
混凝土排出口配置於漏斗中央使混凝土直接下落時，則不會發生分離現象。



【錯誤例】
混凝土排出口若配置於漏斗之邊側，易使混凝土產生分離現象。

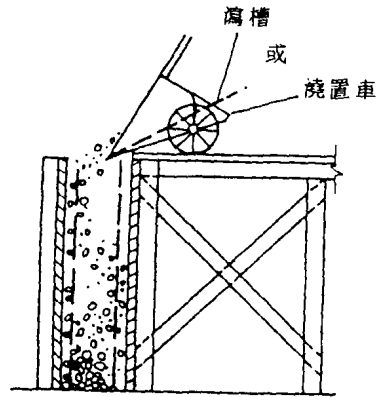
圖 69 漏斗之使用方法

3. 瀉槽(chute)之使用方法(圖 70(a)~(b))



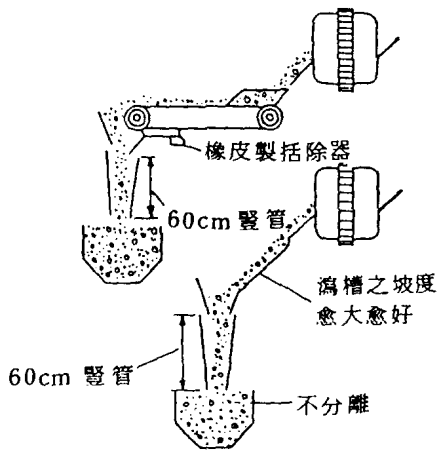
【正確例】

(a) 採用垂直瀉槽澆置混凝土可減少分離現象產生，並可避免污及中間之模板及鋼筋



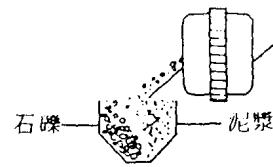
【錯誤例】

(b) 不採用瀉槽直接澆置時，混凝土因碰擊模板，產生反彈作用而致分離



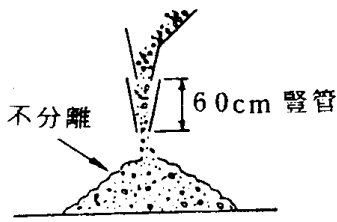
【正確例】

(c) 拌合機瀉槽及履帶輸送機(Conveyer)之出口處，採用豎管時，混凝土無分離現象



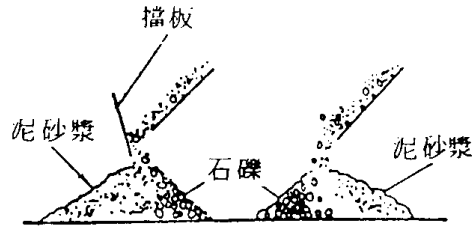
【錯誤例】

(d) 拌合機之瀉槽直接引入漏斗時，混凝土容易發生分離



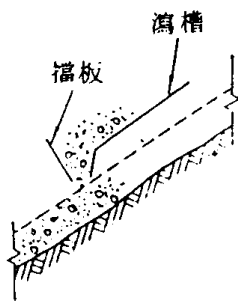
【正確例】

- (e) 利用豎管配合瀉槽可防止混凝土分離。



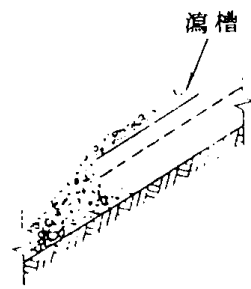
【錯誤例】

- (f) 不使用豎管時，混凝土容易產生分離，擋板僅能使分離方向改變



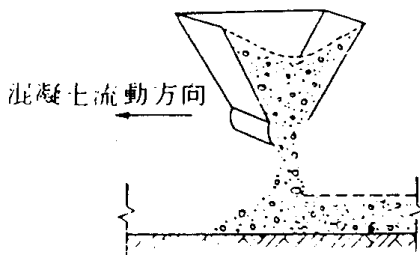
【正確例】

- (g) 傾斜之情況下，瀉槽之末端配置有擋板時，混凝土不分離



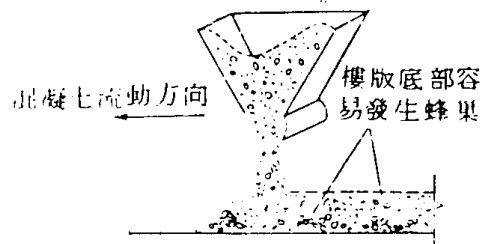
【錯誤例】

- (h) 不設置擋板時，於自由落下之瞬間，粒料因較重沿斜面集中而呈分離現象



【正確例】

- (i) 漏斗內混凝土已分離之石礫應使其朝混凝土堆土投置。(即漏斗出口朝向混凝土)



【錯誤例】

- (j) 反之漏斗出口若朝向模板，則樓板底部容易發生蜂巢

圖 70 瀉槽之使用方法

4. 樓板之澆置方法(圖 71)



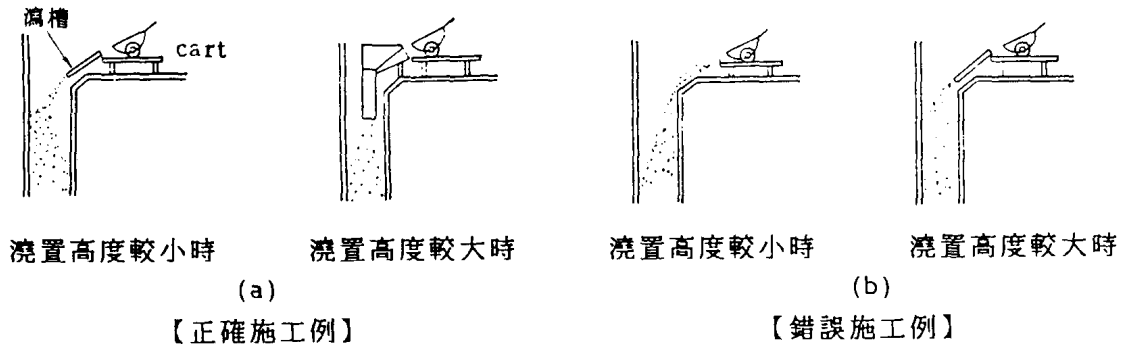
(a) 隨樓板混凝土之澆置方向，邊退邊施工者，混凝土不分離

(b) 反之隨澆置方向前進施工者，粗粒料容易集中，發生分離

圖 71 樓板之澆置方法

5. 牆壁之澆置方法(圖 72，圖 73)

澆置車之澆置方法



澆置高度較小時

澆置高度較大時

澆置高度較小時

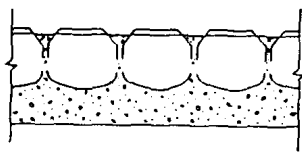
澆置高度較大時

(a)

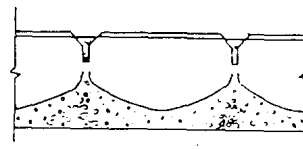
(b)

【正確施工例】

【錯誤施工例】



【正確例】

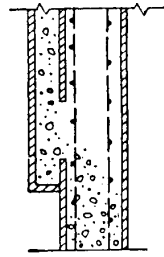


【錯誤例】

(c) 澆置口儘可能多設，澆置口距離愈近者，澆置效果愈佳

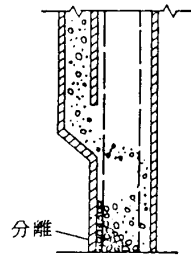
(d) 澆置口距離太遠混凝土形成堆積，模板內之混凝土呈傾側流動，容易分離

圖 72 牆壁之澆置方法



【正確例】

(e)高牆壁澆置混凝土時，常於中間部份設置凹槽式澆置口，如此由垂直方向流入之混凝土先經由凹槽袋再流入牆內，則不致產生分離現象。

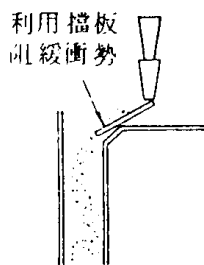


【錯誤例】

(f)傾斜式澆置口或利用瀉槽直接澆入牆內，則因高速衝力，容易分離

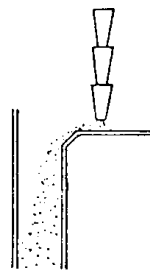
圖 73 牆壁突出及開口之澆置方法

6. 柱之澆置方法(圖 74)



【正確例】

(a)利用擋板將豎管之混凝土衝勢稍以阻緩，並以鏟子攪動拌合鏟入



【錯誤例】

(b)豎管直接與樓板或柱之模板碰擊，則材料因反彈作用容易發生分離現象

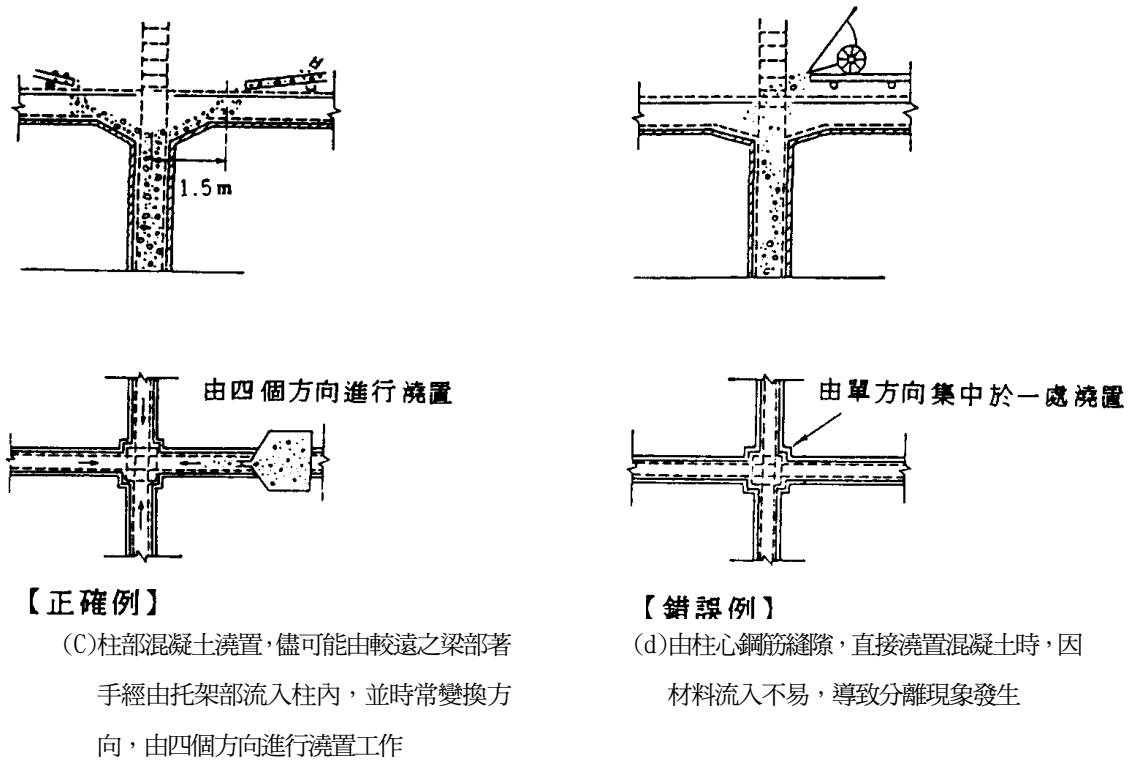


圖 74 柱之澆置方法

7. 梁之澆置方法

梁之混凝土澆置，一般與樓板一齊舉行。梁於澆置前應暫時停止樓板澆置工作，以少量之混凝土由梁側流入，梁底經完全填充搗實後再予澆置上部。特別是 SRC 構造之梁，鋼材翼緣底部極易造成空洞，(圖 75)應宜多加留意。

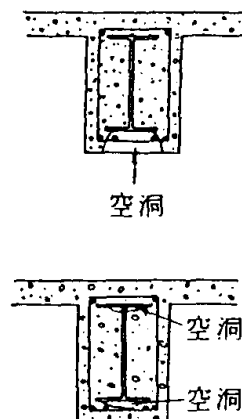


圖 75

8. 混凝土之澆置接縫

混凝土澆置應以一次澆置完成為原則，不得已時，澆置接縫應設置於構材剪應力作用最小之處(依構造編第 361 條規定)。澆置接縫面必須先行清除潔淨，並去除鬆動之水泥砂漿及混凝土塊屑，再經濕潤並塗一層水泥漿後，方得澆置連接混凝土。

樓板之接縫須設在板、梁及大梁之中央附近，如圖 76 所示。若大梁之中央部份與小梁相交，則大梁之澆置接縫應偏移約梁寬之兩倍，混凝土澆置至柱頂及牆頂，應稍停俟混凝土之塑性消失後，再繼續澆置其上之梁與板，托肩、托架、柱冠等必須一次澆置完成不得分開。

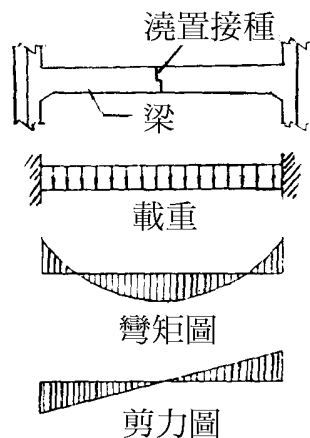


圖 76 澆置接縫

9. 混凝土澆置時對惡劣天候之防護

惡劣天候對混凝土之損害影響甚大，故需注意防護，以免影響其品質，一般防護方法如下：

- (1) 冷天：寒冬天氣下澆置混凝土，應嚴防混凝土在澆置時及養護前，即遭凍結而損害其品質，因混凝土強度在未達約 $35\text{kg}/\text{cm}^2$ 前，若遭受凍害，輕者可使表面受損龜裂，重者將使混凝土結凍膨脹而喪失其強度。故於嚴寒冬天一般將混凝土材料加熱或加熱水拌合保溫，以防混凝土在初期水化作用時發生凍結現象。
- (2) 熱天：熱天氣溫太高，混凝土坍度損失大，水化速度快，故容易發生瞬凝及冷縫，且後期強度有降低之現象，故氣溫若超過 32°C 時，應以冰屑取代部份之拌合水，使材料預冷。

(三) 混凝土之養護

混凝土澆置後初期強度發展甚速，後期則增加較緩，強度之發展乃依水化作用之進行而定。而水化作用之先決條件為：

保持混凝土中水份

維持適當的溫度

混凝土澆置後，如何維持混凝土中之適度水份及溫度，實為養護之控制指標。一般混凝土之養護方法可分濕治、護膜養護、蒸氣養護三種：

1. 濕治養護

濕治法係於混凝土凝結初期，不時補充水份以達養護目的之方法，一般採用濕治之方法可分下列幾種：

- (1) 澆水法：連續性或間歇性澆水於混凝土表面，惟需注意勿使中斷使其表面呈乾燥狀，否則在乾濕之交替作用下，反易使混凝土表面發生裂縫。
- (2) 蓄水法：於構造物之表面周圍築土堤蓄水，此法多用於樓板面或路面等。
- (3) 遮蓋法：利用濕袋、濕砂、或稻草等遮蓋於混凝土之表面，並長期保持其潮濕。
- (4) 延時拆模法：拆模後之混凝土面不易獲得養護，因而延遲拆模時間，並經常澆水於模板上，以保持其內部之潮濕。

2. 護膜養護

護膜養護係於新澆置或剛拆模之混凝土表面噴塗封面劑薄膜，利用該薄膜降低或防止混凝土內水份之蒸發，使用護膜劑時應注意下列事項：

- (1) 施用護膜劑時，混凝土應充分潮濕。
- (2) 使用之護膜劑須能於指定期限內能自動消失，或能以其他方法完全消除。

3. 蒸氣養護

蒸氣養護大都使用於大規模生產之預鑄混凝土製品，如混凝土帷幕牆，預力梁、P.C. 樁等，此法主要可促進混凝土之水化速率，使混凝土早期強度快速發展以達大量生產之目的。蒸氣養護前混凝土需先預置 2~5 小時，使混凝土之水化能有某程度的穩定。如圖 77。

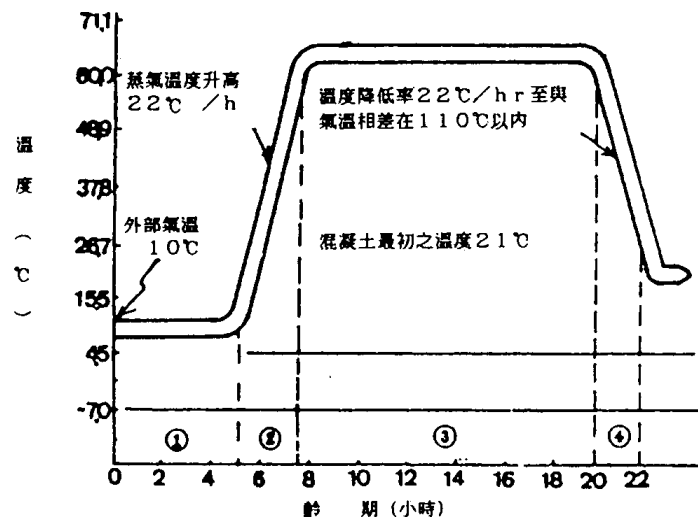


圖 77 標準大氣中蒸汽養治過程

蒸氣養護之方法主要有連續大氣壓法、間歇大氣壓法、高壓法三種：

- (1) 高壓蒸汽養護法：此法須將混凝土製品預置，然後運至密閉之耐壓養護室，養護時室內水蒸氣需保持飽和狀態，室溫維持在 $120^{\circ}\text{C} \sim 160^{\circ}\text{C}$ 左右，此法養護一天即可達相當濕治 28 天之抗壓強度，其特點如下：
 - A. 健性較差之材料不易發生剝落。
 - B. 乾縮量僅為濕治法的一半。
 - C. 可增加抗硫作用。
 - D. 混凝土鋼筋的握持力較弱。
- (2) 大氣蒸汽養護法：連續性蒸汽養護法係將預置後之混凝土製品置放在輸送帶上，運經蒸汽加熱(濕度維持在 65°C 左右)之長隧道內養護之；間歇性蒸汽養護法與前述方法大致相同，相異處乃以一連串的養護室代替長隧道。

(四) 澆置混凝土時可能發生之缺點

混凝土澆置時可能發生之缺點很多，其中以材料分離、冷縫、泌水、蜂巢等四種現象對混凝土之品質及強度影響最大，茲分別說明如下：

1. 材料分離

混凝土在輸送澆置過程中，極易發生材料分離現象，導致混凝土失去均勻性而影響強度。故於澆置時對於裝卸及澆置過程中須特別注意。參照第 § 7. 13. 3 之圖例及說明。

2. 泌水

新拌混凝土仍處於塑性狀態時，因水化作用多餘的水份會上浮而聚集於表面，形成泌水現象。該泌水現象對混凝土會產生下述之影響：

- (1) 降低強度：混凝土泌水之毛細管道在硬化後，將形成連續性之毛細孔隙，致使混凝土強度、耐久性及水密性之降低。
- (2) 組織不均：泌水現象將使混凝土產生上部密度小而下部密度大之組織不均勻現象。
- (3) 造成浮泥：泌水上升時常夾帶水泥顆粒而成形浮泥，浮泥若不予清除，將會影響混凝土接續澆置時表面之黏著力。
- (4) 降低握持力：泌水上升若遇到鋼筋或粗粒料時，將受阻而滯積其下方，使粗粒料及鋼筋與混凝土間之握持力降低。如圖 78。

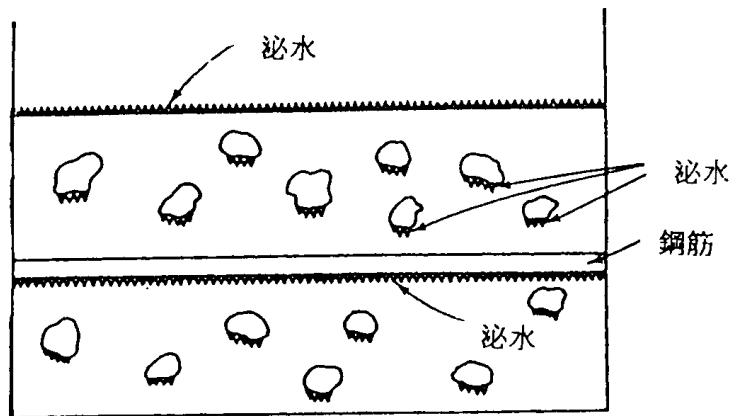


圖 78 不同型態的混凝土泌水現象

一般減少泌水現象之方法如下述四種方法：

- (1) 增加水泥細度或使用火山灰(pozzolans)。
- (2) 使用高鹼性，提高 C_3A 含量或加 $CaCl_2$ 附加劑，以增加水化作用速度。
- (3) 使用輸氣劑。
- (4) 在工作性容許範圍內，應盡量降低水灰比。

3. 冷縫

冷縫係因先期澆置之混凝土過度硬化或凝結，無法與新澆置之混凝土黏結成一體而形成之縫隙。一般在熱天或有風之狀況下，因高溫及水份蒸發消失太快，最易發生冷縫現象。其防治方法如下：

- (1) 添加緩凝劑。
- (2) 控制混凝土之澆置計畫，避免混凝土之先後作業發生無法銜接之現象。
- (3) 當前置混凝土已發生冷縫現象時，其補救方法為在前置混凝土上澆置一層水灰比相同之水泥砂漿，再行澆置新混凝土。

4. 蜂巢現象

混凝土澆置時，由於未充份搗實，拆模後拆模面常有蜂巢現象產生，該現象會嚴重影響混凝土之強度及水密性。其防止方法如下：

- (1) 應針對各種澆置對象，計畫澆置方法及選用適當工作性之坍度。
- (2) 混凝土澆置時需充份搗實。
- (3) 模板破縫需確實補整，以防漏漿。
- (4) 鋼筋太密集時，應考慮改以束筋配置以增加間距。

當拆模面發生蜂巢現象時，應速以修補，修補前需將蜂巢周圍澆置不良及鬆浮之混凝土打除，然後以下列方法修補之：

- (1) 加灌混凝土：蜂巢較大者可使用一般混凝土灌注之。
- (2) 塗抹樹脂砂漿：拆模面缺損部位較淺或只限於表面時，可用樹脂拌合潔淨乾砂塗抹之。塗抹前修補面需充份乾燥。
- (3) 灌注無收縮水泥砂漿：若蜂巢孔隙深入結構體內部，無法以上述兩種方法修補時，則需用無收縮水泥砂漿以加壓方式灌注之，使內部之孔隙能充分灌實，此法填灌前須將蜂穴之雜屑清理乾淨並潤濕之。

學習評量四

問答題：

- 一、請簡述減少泌水現象的方法。
- 二、請說明高壓蒸汽養護法的特點何為。
- 三、請簡述內部振動機的使用方法。

筆記欄

學習評量四答案

問答題：

一、

- (一) 增加水泥細度或使用火山灰。
- (二) 使用高鹼性，提高 C_3A 含量或加 $CaCl_2$ 附加劑，以增加水化作用速度。
- (三) 使用輸氣劑。
- (四) 在工作性容許範圍內，應儘量降低水灰比。

二、

- (一) 韌性較差之材料不易發生剝落。
- (二) 乾縮量僅為濕治法的一半。
- (三) 可增加抗硫作用。
- (四) 混凝土鋼筋的握持力較弱。

三、

- (一) 每層混凝土須作有系統之振動，每處間隔約 45 cm，且先後振動之範圍須相互重疊。
- (二) 振動棒插入混凝土中時應保持垂直，並插入下層尚為塑性狀之混凝土，且不得在混凝土中游動。

學後評量

問答題：

- 一、請說明何謂輕質混凝土。
- 二、請簡述填充材對混凝土的功用。
- 三、請說明骨材對於混凝土工作度的影響。