

6.1 一般規定

- (1) 構材之製造工廠以固定工廠生產為原則，其他因工程或特殊情況需要，經認可後，亦可採用臨時工廠(場)生產。
- (2) 構材之製造需依據製造計畫書，以確保構材之品質。

解說：(1) 構材之製造以固定工廠製作為原則，其工廠設備、品質管理及製造經驗，均因構造所需性能不同應詳加規定註明。如因工程或特殊情況需要，臨時製造工廠(場)亦可被接受，惟工廠現地環境影響評估，除應符合政府既定基本法規外，且應詳細註明基本設備、生產動線、品質控制等規定及標準，並經相關人員認可。(參照附錄 3)

(2) 製造計畫書除依 2.1 節施工計畫內容規定編撰外，下列 ①—⑧ 項均應詳列，並經相關人員認可。

- ① 使用材料 混凝土用材料(水泥、粒料、摻料)鋼材、鋼筋、銲接鋼線網、脫模劑及其它所需之結構用預埋組件。
- ② 混凝土配比計畫
 - (i) 設計條件 規定強度、出貨日所需強度、脫模時所需強度、混凝土種類、坍度、空氣含量、氣乾單位容積質量(輕質混凝土時)、粗粒料標稱最大粒徑、標準偏差。
 - (ii) 配比設計 配比強度、水灰比，配比表。
- ③ 養護條件 前置時間、昇溫坡度、最高溫度及持續時間。
- ④ 強度管理 脫模時、出貨日、28日、標準養護、試驗頻率(初期、安定期)之計畫。
- ⑤ 製造規格 製造尺寸規格(容許誤差)、製品規格。
- ⑥ 製造程序
- ⑦ 檢查規定
- ⑧ 貯存方法

構材之製造，應依據構材製造計畫書內容，其品質應符合 3 至 5 章之規定。

每日一循環之構材製造工廠，其標準流程如圖 6.1 之例

工作項目	時間	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1. 脫模強度試驗		□																
2. 養生頂蓋移除																		
3. 脫模作業			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
4. 鋼模整理			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
5. 脫模劑噴塗			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
6. 鋼模組立			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
7. 鋼筋網組立			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
8. 預埋件安裝			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
9. 封模固定			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
10. 澆置混凝土前檢查			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
11. 混凝土澆置			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
12. 表面粉光抹平			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
13. 蒸氣養護			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
14. 製品檢查			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
15. 鋼筋網組立			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
16. 拌合場作業			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
17. 產品貯存			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
18. 產品出貨			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
19. 產品必要之包裝			□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

圖6·1 每日一循環之構材製造工程範例

依上圖每日上午七時，由試驗室相關人員確認脫模強度後，可先由數人進行構材養護設備拆卸及拆模作業之準備。八時即可由全體作業員加入進行拆模及吊移構材至檢查修飾場，當構材移入數量達某一程度時，即可分別就模板清理、組立及構材修飾（氣泡填補、缺角補修、面飾材整修等）等工作同時展開作業。

拌合場相關人員在粒料含水量之測定後即可展開作業。鋼筋及資材整理人員整日工作按計畫進行。構材吊運班人員負責移出合格構材至貯存場堆疊，同時亦負責連絡出貨車輛及裝載等工作。鍋爐操作手通常下午開始上班，如採熱拌合時才需上午開始運轉鍋爐，在寒冬時如未使用熱拌合混凝土，表面修飾將延後，故鍋爐亦有運轉至深夜的可能，加熱養護之頂蓋打開時如構材與外界空氣溫度差異很大時，亦為造成構材表面裂紋之原因。

6.2 構材用混凝土配比之選定

(1) 構材用混凝土配比之選定，依構材製造條件及出貨條件所需之工作度、強度、耐久性及氣乾單位容積質量而定，參照第3章預鑄用混凝土之品質之規定。

(2) 配比用要求強度，須依下列①～⑥項規定。

① 配比用要求強度，以標準養護之齡期28天試體的抗壓強度表示，須同時滿足下列(6.1) (6.2)公式

$$F_{28} \geq F_c + 1.73 \sigma \quad (6.1)$$

$$F_{28} \geq F_m + 1.73 \sigma \quad (6.2)$$

公式中 F_{28} ：配比用要求強度(kgf/cm²)

F_c ：規定強度(kgf/cm²)

F_m ：要求強度管理用之規定強度(kgf/cm²)

σ ：混凝土強度之標準偏差(kgf/cm²)

② 要求強度管理用之規定強度，須同時滿足下列(6.3) (6.4) (6.5)公式

$$F_m \geq F_A + T_A \quad (6.3)$$

$$F_m \geq F_B + T_B \quad (6.4)$$

$$F_m \geq F_c + T_c + 1.27 \sigma \quad (6.5)$$

公式中 F_A ：脫模時所需強度(kgf/cm²)

F_B ：出貨日所需強度(kgf/cm²)

T_A ：對構材養護後脫模時所需強度之混凝土強度校正
值(kgf/cm²)

T_B ：對構材養護後出貨日所需強度之混凝土強度校正
值(kgf/cm²)

T_c ：對構材養護後規定強度之混凝土強度校正
值(kgf/cm²)

③ 對構材養護後脫模時所需強度之混凝土強度校正值，係由同一拌合採取之試體，經標準養護齡期28天之抗壓強度，與構材相同條件養護之試體在脫模時的抗壓強度之差值而定，此校正
值需經相關人員之認可。

- ④對構材養護後出貨日所需強度之混凝土強度校正值，係由同一拌合採取之試體，經標準養護齡期28天之抗壓強度，與構材相同條件養護之試體在最短出貨日的抗壓強度之差值而定，此校正值需經相關人員之認可。
- ⑤對構材養護後規定強度之混凝土強度校正值，係由同一拌合採取之試體，經標準養護齡期28天之抗壓強度，與構材相同條件養護試體的構材混凝土抗壓強度之保證齡期抗壓強度之差值而定，此校正值需經相關人員之認可。
- ⑥混凝土強度之標準偏差，係以構材製造工廠內與構材相同養護條件之試體的抗壓強度之標準偏差實計值而定。

解說：(1) 混凝土配比之選定，應考量構材生產循環之詳細計畫，由該計畫決定混凝土澆置至脫模、出貨時所需時間與抗壓強度之保證齡期，並應滿足3.5節所示之脫模時強度、出貨日強度、規定強度，且其可能強度以能滿足規定強度，來訂定其配比與養護條件。例如上午與午後澆置之混凝土、夏季或冬季澆置之混凝土，構材在脫模吊離前，其所需之養護時間完全不同，如為考慮脫模或出貨所需時間，調整修正混凝土配比是必須考慮的，故選定混凝土配比受上述各種條件所左右。本項中對工作度、強度、耐久性及氣乾單位容積質量具體之規定，如工作度依3.4節規定，構材用混凝土強度依3.5節規定，耐久性則依3.6節所示之單位用水量、水泥量、水灰比、氯化物含量而定，氣乾單位容積質量依3.3節特別說明輕質混凝土之氣乾單位容積質量表示。

(2) 配比用要求強度(F_{28})一般被要求至少為規定強度(F_c)與預估強度分佈值(1.73σ)之和。

- ①本項公式(6.1)及(6.2)與3.5節(1).(2)項規定之抗壓強度相互對應。

公式(6.1)指構材用混凝土抗壓強度為規定強度與其預估強度分佈值之增額。在11章規定混凝土抗壓強度之評定標準為「三個試體平均抗壓強度必需在規定強度以上」，則標準偏差取 $3/\sqrt{3}=1.73$ ，且不良率約為4%。

公式(6.2)指構材用混凝土抗壓強度為預鑄混凝土要求強度管理用之規定強度(F_m)與公式(6.1)相同之強度分佈值增額

1.73σ 之和。 F_m 為以標準養護所得之抗壓強度可獲得與構材同一養護時所定齡期之要求強度，又稱為「配比管理用規定強度」(符號中 m 即為管理 Management 之代號)或「要求強度管理用規定強度」。

②要求強度管理用之規定強度為構材混凝土在標準養護情況下不同齡期所得之抗壓強度，能滿足如脫模時所需強度(F_A)，出貨日所需強度(F_B)及規定強度(F_C)。

公式(6.3)與3.5節(2)①款相關規定對應，要求強度管理用之規定強度(F_m)為混凝土構材在28天標準養護之抗壓強度與和構材同一養護狀況下於脫模時之抗壓強度之差(T_A)與脫模時所需強度(F_A)之和。其關係如圖6.2所示。

公式(6.4)與3.5節(2)②款相關規定對應，要求強度管理用之規定強度(F_m)為混凝土構材在28天標準養護之抗壓強度與和構材同一養護狀況下於最短之出貨日之抗壓強度之差(T_B)與出貨日所需強度(F_B)之和。構材之出貨日一般為混凝土澆置日後一星期或2~4星期並不一定，故要求混凝土管理用之規定強度要以最短出貨日為基準。其關係如圖6.3所示。

公式(6.5)與3.5節(2)③款相關規定對應，要求強度管理用之規定強度(F_m)為混凝土構材在28天標準養護之抗壓強度與和構材同一養護狀況下於構材混凝土保證齡期之抗壓強度差(T_C)與規定強度(F_C)和1.27倍之標準偏差(σ)之和。因在公式(6.2)中已考慮1.73倍之標準偏差，故本項由原先考慮之3倍標準偏差降為1.27倍標準偏差(即 $3\sigma - 1.73\sigma = 1.27\sigma$)。其關係如圖6.4所示。

要求強度管理用之規定強度在本文中分為以標準養護和構材養護條件不同之強度差與強度分佈值相加之方法。

亦有利用構材養護強度發展與標準養護強度發展之比例值乘以強度修正之方法，後者之關係如圖6.5~6.7所示，要求強度管理用之規定強度以下列公式表示

$$F_m \cong \alpha_A \cdot F_A \quad (6.2.1)$$

$$F_m \cong \alpha_B \cdot F_B \quad (6.2.2)$$

$$F_m \cong \alpha_C \cdot (F_C + 1.27\sigma) \quad (6.2.3)$$

公式中 α_A ：構材養護對脫模時所需強度之混凝土強度修正比例

α_B ：構材養護對出貨日所需強度之混凝土強度修正比例

α_C ：構材養護對規定強度之混凝土強度修正比例

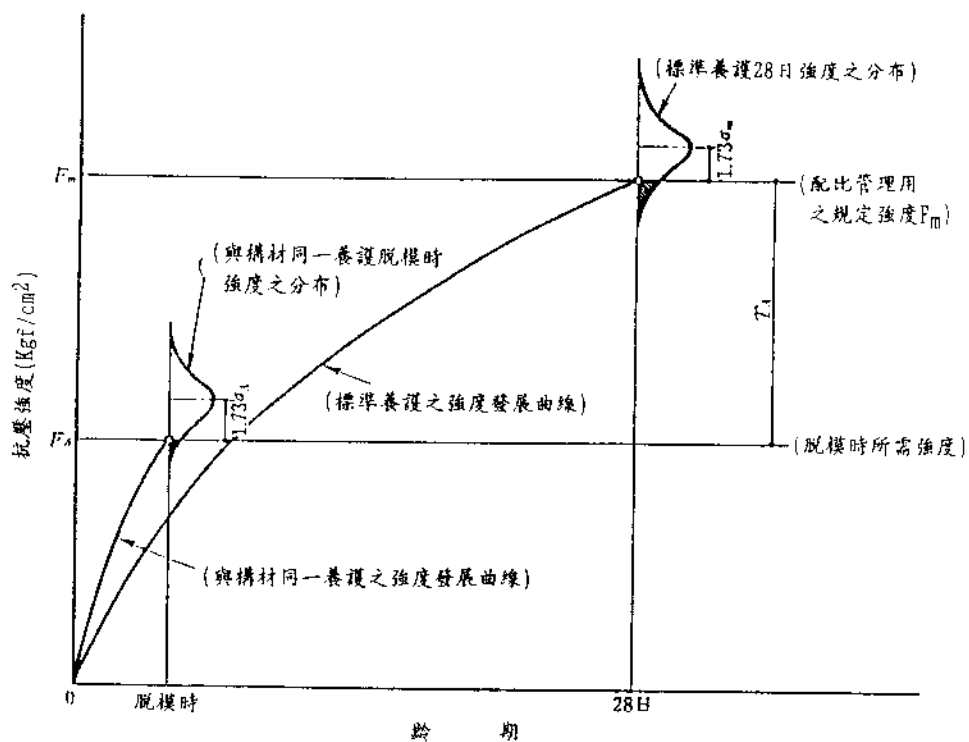


圖6·2 公式(6·3) 脫模時所需強度與配比管理用規定強度(\$F_m\$)之關係

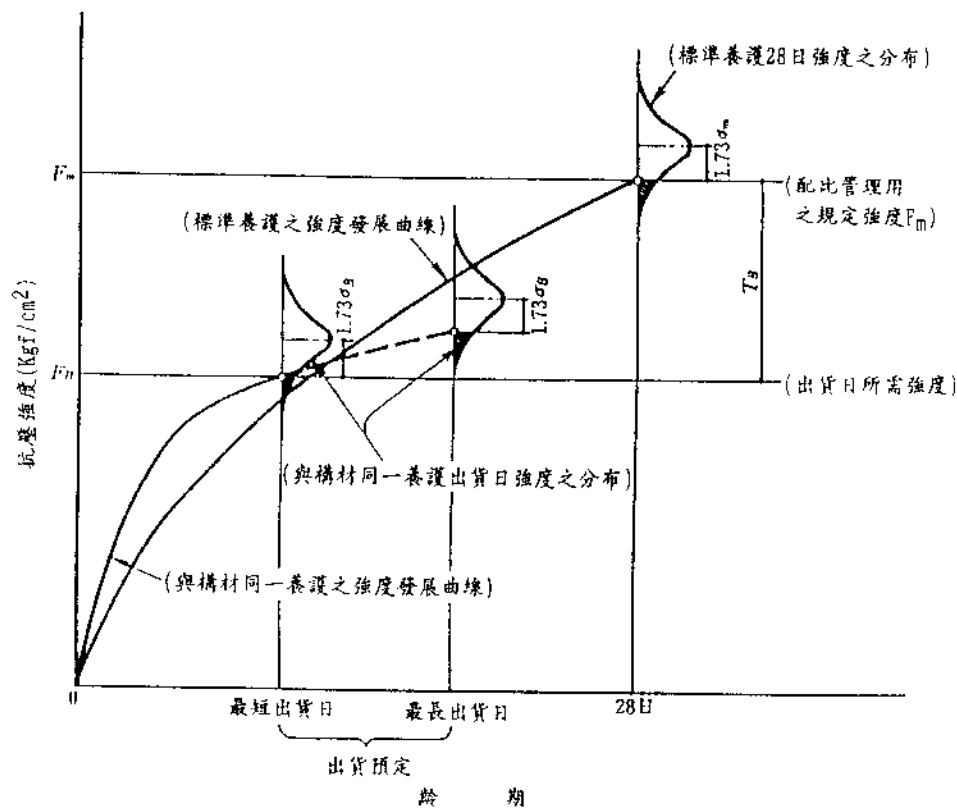


圖6·3 公式(6·4) 出貨日所需強度與配比管理用規定強度(\$F_m\$)之關係

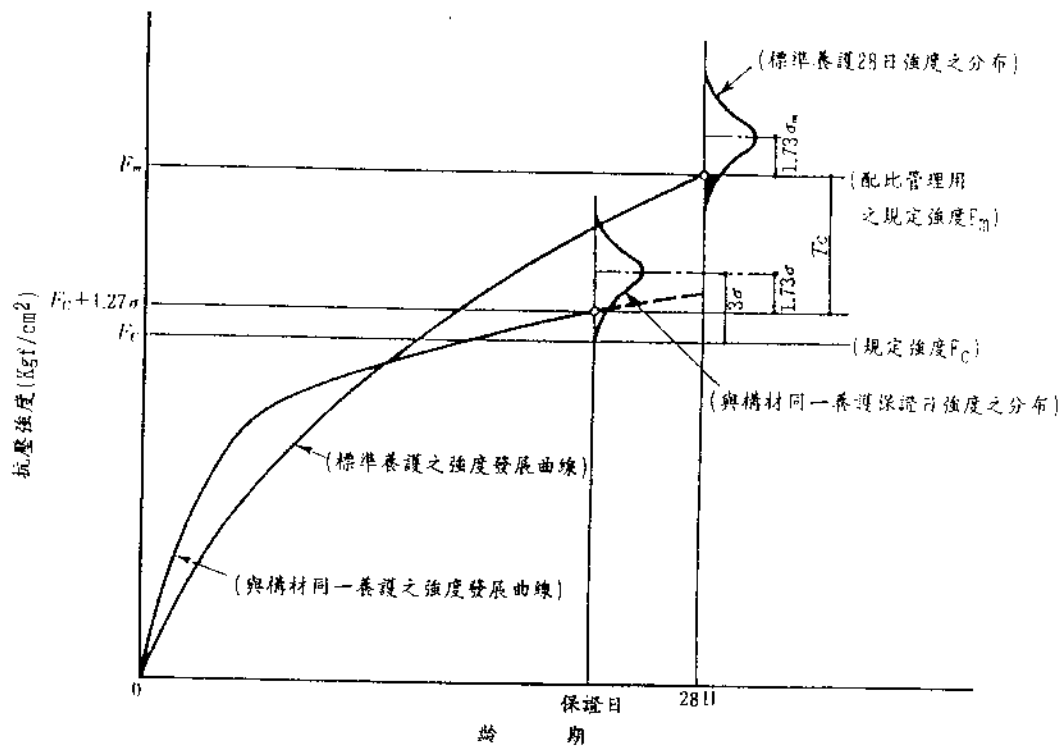


圖 6.4 公式(6.5) 規定強度與配比管理用規定強度(F_m)之關係

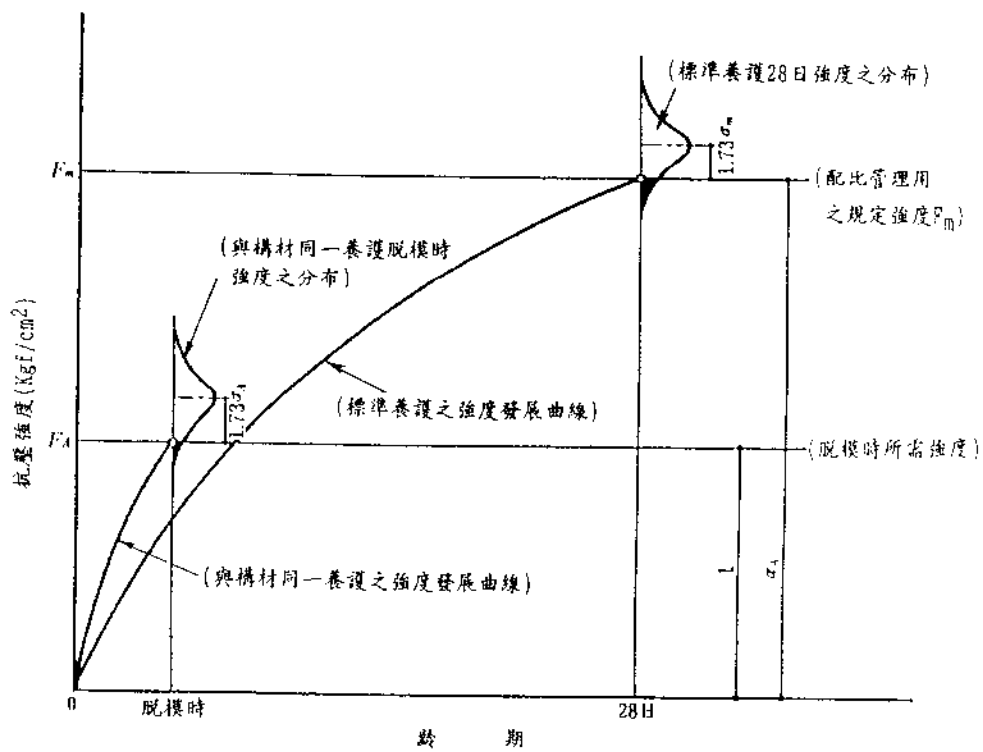


圖 6.5 公式(6.2.1) 脱模時所需強度與配比管理用規定強度(F_m)之關係

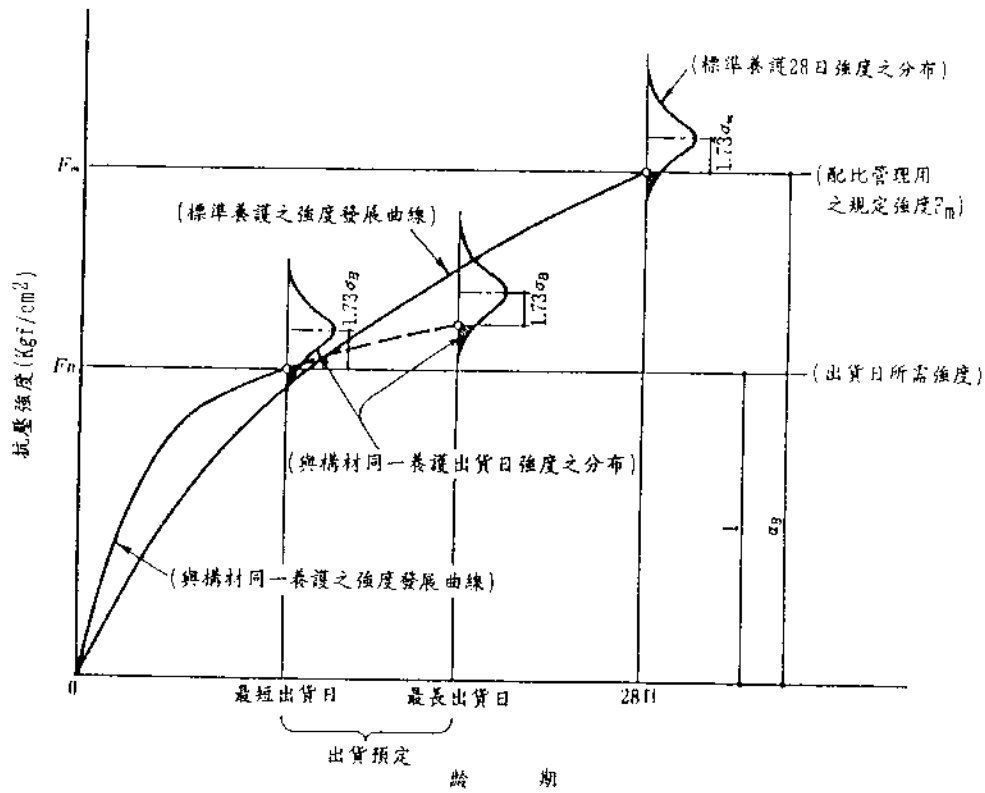


圖6·6 公式(6·2·2) 出貨日所需強度與配比管理用規定強度(F_m)之關係

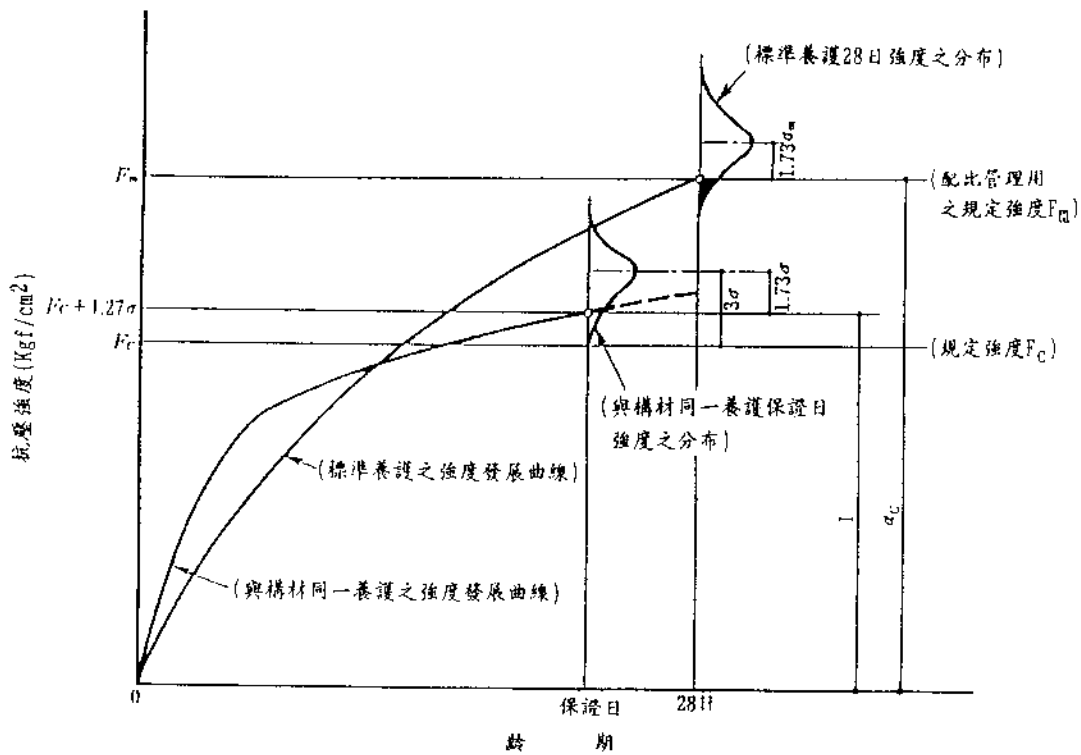


圖6·7 公式(6·2·3) 規定強度與配比管理用規定強度(F_m)之關係

③、④、⑤對構材養護脫模時所需強度之混凝土強度校正值(T_A)，對出貨日所需強度之混凝土強度校正值(T_B)，對規定強度之混凝土強度校正值(T_C)，乃標準養護28天後之抗壓強度和構材依規定齡期之抗壓強度之差值，構材養護對脫模時所需強度之混凝土強度修正比例(α_A)，對出貨日所需強度之混凝土強度修正比例(α_B)，對規定強度之混凝土強度修正比例(α_C)，上列乃標準養護28天後之抗壓強度和構材依規定齡期之抗壓強度之修正比例。在求出這些校正值、修正比例後，要求強度管理用之規定強度，欲採用規定強度加上 T_A 、 T_B 、 T_C 或以規定強度乘以 α_A 、 α_B 、 α_C ，則依工廠情況不同而異。上述數值依製造條件、養護條件之不同而異，且其差異極大，並非定值，故需事先由各工廠依其製造條件自行訂定強度之標準。

圖6·8為求出 T_A 、 T_B 、 T_C 之值所需之順序，此乃以預定之製造條件及養護條件做出數組不同配比之試體，並測出其各組平均值線，各平均值線與 F_A 、 F_B 、 F_C 相交點再連線至標準值線，求出其間之差值即為 T_A 、 T_B 、 T_C 。

圖6·8顯示脫模時之強度為關鍵性強度，惟對於高強度混凝土之使用時，則考慮以保證日強度為關鍵性強度。

⑥混凝土在同一養護條件下之脫模強度、出貨日之抗壓強度及保證齡期之抗壓強度間之標準偏差，在決定配比時，其必要之混凝土強度之各種不同標準偏差中，仍以採用構材混凝土保證齡期抗壓強度之標準偏差值為宜。

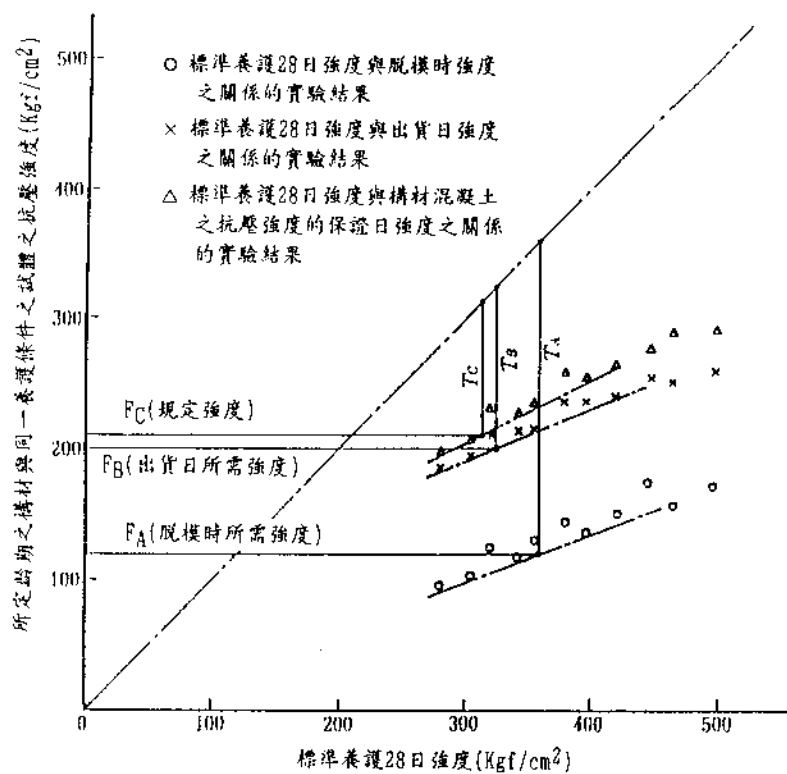


圖6·8 求出 T_A 、 T_B 、 T_C 值所需之順序

6.3 模板之組立

- (1) 構材製造用模板必須清理潔淨，不得有彎翹扭曲，組立時其尺寸、平直度、角度必須準確。
- (2) 脫模劑，對混凝土之硬化、表面修飾材料之附著有不良影響者或會使混凝土面產生氣泡者，均不得使用。

解說：(1) 模板分別由底床及周邊模組成，為確保構材尺寸之精度及長期翻用次數，預鑄用模板一般以鋼模為原則。

周邊模在底床上放樣後以螺栓栓固，一般製品厚度、邊長等之誤差平均值因生產方式及工廠設備而有不同，經驗上得知，鋼模設置尺寸較構材設計尺寸小1~2mm可被接受。底床鋼模製作不論剛性多強，若安裝不良仍易彎翹及扭曲，或雖安裝水平仍於使用時常有扭曲變形現象，故長久翻用應考慮底床水平可調整之設計。加熱養護時構材因上下溫差易產生扭曲變形，故底床周圍應使蒸氣可上下迴流。周邊模中央頂部易有向外大肚變形現象，其原因為螺栓受熱而鬆弛或因周邊模底部混凝土夾有殘渣之故，因此模板清理及螺栓栓固須充分注意。底模與周邊模及周邊模本身之固接方法會因構材形狀、混凝土軟度、鋼模接合設計方式等而異，惟須易於組拆作業，更應求其堅固。

構材脫模後，底床及周邊模之清潔工作應隨即展開，殘留之混凝土渣或薄膜易為鏽蝕及脫模劑固著層形成的原因，故澈底清除十分重要。

(2) 脫模劑應依工廠蒸氣養生及生產方法不同慎選適合者，塗抹方法有噴霧式、拖把式及滾筒式等，應慎防用量過多殘留於鋼模，導致混凝土表面修飾之不良影響，且應在組紮鋼筋前完成，以避免污染鋼筋或其他預埋組件，且配筋或預埋組件作業後若有污染亦應注意清除之。

6.4 鋼材、鋼筋及銲接鋼線網之加工、組立與組件之預埋

- (1) 鋼材、鋼筋及銲接鋼線網之加工、組立依據構材製作圖辦理。
- (2) 接合用五金鐵件、鋼筋及預埋組件，依據構材製作圖，以間距器、墊塊等予以正確配置固定，以混凝土澆置完成時不致移動為原則。

解說：(1) 鋼筋通常在特定之鋼筋加工廠內完成組立，再經由小搬運吊放預組鋼筋單元至鋼模底床上配置，故鋼筋加工廠內應以與構材形狀相同之框架或依施工大樣圖規格尺寸等作原寸放樣才可預組鋼筋籠。

預組之鋼筋籠如組紮不實，搬運過程易變形或散落。為避免上述情況發生，鋼筋交接點綁紮方向勿以同方向紮結否則在搬運時會呈平行四邊形，故應垂直交錯紮結方可避免。組紮方式之要領參照圖6.9。

綁紮用鐵絲應使用BWG #18或#20鍍鋅鐵絲，以防產生鐵鏽。鋼筋採銲接時，會損及母材斷面，應儘量避免。錨定用鋼材銲接於鋼板製作接合用五金鐵件時，必需先行預熱母材，且銲接後徐徐降溫，防止急速冷卻致銲接處根部的脆裂。

預組鋼筋籠因規格尺寸類似者繁多，但鋼筋直徑不同，因此需以色帶或標籤來區分管理防止差錯，此乃澆置混凝土前優先檢查的項目之一。

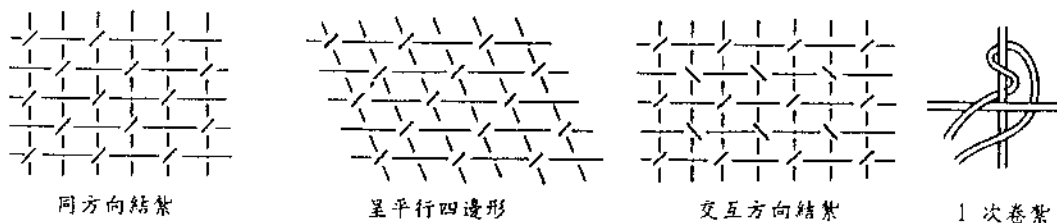


圖6.9 鋼筋結紮之方向

(2) 鋼筋籠吊放至底模前，底床面部份之預埋組件、版中央接合組件或邊模接合用鋼筋可能已先行配置，是否影響到鋼筋籠的吊放，均應詳加檢討。外露之鋼筋應保持足夠之接合長度。接合鐵件或開口處周邊往往因補強鋼筋而更錯雜，故施工之順序、保護層確保均應事前詳加檢討。在鋼筋保護層方面，易為疏忽且應注意的位置如下：

- ①樓版滴水線勾縫與版筋。
- ②版片上層鋼筋易在澆置混凝土時下沉。
- ③預埋組件或加強筋處。
- ④雙向使用之墊塊(Spacer)配置因轉向而產生保護層厚度不同。

6.5 混凝土澆置前之檢查

構材製造用模板及配筋與組件預埋之狀況，於澆置混凝土前應先行檢查，其方法依照11.4(2)之規定辦理。

解說： 模具尺寸雖在模板組立時已檢查，但在混凝土澆置前仍應再次複查，尤其一些附屬或應分段組立之模板。一般而言每日混凝土澆置前的檢查應含鋼筋規格、尺寸、層數、周圍之保護層厚度及其他預埋物件，檢查方法詳表11·2。

檢查結果及其相關資料均應妥加歸檔保存，俾供日後調閱用。目前電腦科技日益精進，大量圖面與資料之保存已非困難。一般檢查資料至少應含構材施工大樣圖、檢查表二種。檢查表內容及表格可自行規劃設計，檢查項目、方法及抽樣比率均應經相關人員認可後進行。

6.6 混凝土之製造及澆置

- (1) 使用混凝土之材料依重量計量之，惟水及摻料，得使用容積計量，其各材料計量之許可差依混凝土工程施工規範之規定。
- (2) 混凝土拌合需均勻。
- (3) 混凝土拌合溫度，依指示辦理。
- (4) 拌合後之混凝土輸送，應保持均勻狀態，不得有材料析離現象。
- (5) 混凝土澆置時，應使用振動機確實搗實，避免形成構材之缺陷。
- (6) 混凝土表面修飾方式，應予明示。

解說： (1) 混凝土材料的計量，基本上針對水泥、粒料、水及摻料分別計量，水泥、粒料以重量計，水或摻料可以重量或容積計量。

(2) 混凝土拌合是否均勻與拌合機性能及拌合時間關係甚大，應依相關規定辦理。

(3) 熱拌混凝土在使用前，要確定混凝土之溫度，由於熱拌混凝土初凝時間很短，拌合後要儘速使用，故運輸及澆置計畫均應詳加檢討，溫度60℃之熱拌混凝土如圖6·10所示，其坍度迅速降低且會附著於漏斗及吊筒，如將溫度設定於50℃上下，則較易處理。

(4) 混凝土在運輸過程中，應避免受外力振動導致粒料析離。一般混凝土運輸方式有天車吊桶、拌合車、輸送帶等多種方式，可依工廠配置、構材種類、混凝土類別等決定最佳運輸方式。一般預鑄工廠因構材採水平模生產較多，坍度大多可控制在8公分以下，運輸方式為使用天車吊桶較多。

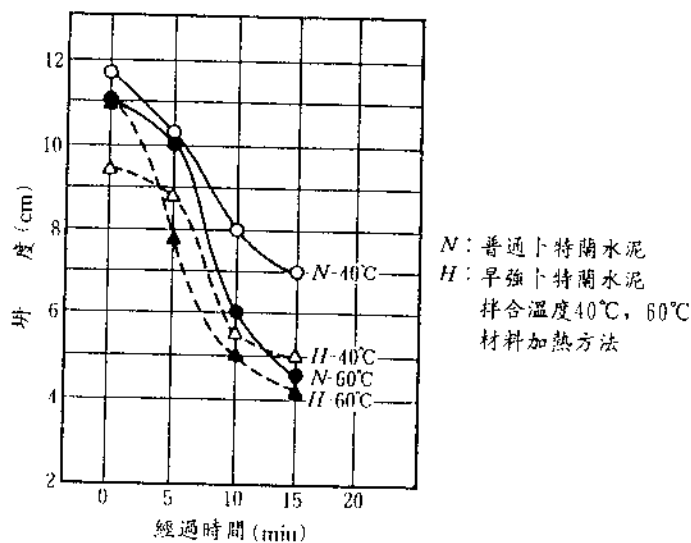


圖6·10 熱拌混凝土之坍度經時變化

(5) 混凝土在澆置時應均勻散布避免造成空氣殘留。搗實需視混凝土配比、軟度、種類等因素，選擇最佳方法。坍度在4至8公分時使用振動棒，更小的坍度應採用振動台。此時混凝土依配比、工作性、種類、構材規格、模具剛性、振動機種類、振動頻率、時間都有所不同，應先行試做，以確定其最佳方法。接合鐵件、開口處因補強鋼筋較多，搗實更應確實，但應注意不得造成移位或蜂巢現象。

(6) 混凝土表面修飾方法有毛刷、木鏟刀、鐵鏟刀等，須依大樣圖之規定及程序施工。適當粉光時機可由落球式等方式測定，但一般熟練的泥水工均可判定。混凝土自澆置到粉光修飾完成所需時間與混凝土配比、拌合溫度、加熱養護方法、天候、修飾種類等有關，為提早粉光修飾時間，可採減少拌合用水或採用熱拌合等有效方法。

毛刷粉面可採多把併列方式水平修飾，鐵鏟刀修飾前應採木鏟刀拍漿後粉光之。大面積的粉光，應選熟練泥水工或以粉光機修飾，惟平面上若有鐵件外露時，仍以人工粉光較為適宜。

最近由於勞務不足及現場施工合理化、修飾品質提昇等因素，大多採用工廠修飾完成之構材再運入現場之方式，其各式各樣的修飾面，須依指示為之。

6.7 加熱養護

- (1) 混凝土加熱養護時，依2.1節施工計畫規定辦理。
- (2) 加熱養護應訂定下列各項之規定，並應明示：
 - ① 加熱開始前之養護方法。
 - ② 養護溫度之上昇率。
 - ③ 最高養護溫度及持續時間。
- (3) 養護終止時，若槽內溫度與外氣溫度相差過大，應設置防止構材急速冷卻之措施。

解說：(1) 2.1節施工計畫中，有關構材製造中的養護條件含前置時間、溫度上昇率、最高溫度及持續時間等，均應遵照施行。

為促使混凝土在一定時限內達到所需強度的保護方式，稱之養護，養護期間應防止熱應力、外力及水分流失對混凝土硬化造成不良影響。一般化學反應都會因溫度的上昇而急速發生，混凝土的水化作用也因溫度上昇而加速硬化。加熱養護又稱混凝土硬化促進養護，且須以濕潤養護為之。一般混凝土加熱養護即蒸氣養護，以大量水蒸氣包圍混凝土養護之方法，故兼俱加熱硬化促進養護及濕潤養護兩種功能。惟也有在夏天使用早強水泥及減水劑等而不採用蒸氣養護的例子，另外採用特殊養護之方式。特殊促進硬化之養護方法如下：

- ① 以加熱方式者
 - a. 電氣養護：電熱線之熱反射板、高週波之電磁波等。
 - b. 斷熱養護：保持水泥之水化熱，充份保溫。
 - c. 溫風養護：溫風加熱模板，以間接傳熱，適用於直立生產方式者。
 - d. 高溫高壓養護——Auto-Clave養護。以上方法均以加熱方式者，若溫度不足則另外加溫或以塑膠布（隔熱效果佳者）覆蓋，避免因水份蒸發而導致溫濕度的不足。
- ② 加熱以外的方式者
 - a. 夯壓法：土木工程或大型建築構材較適合。
 - b. 吸水法：真空氈吸收脫水。
 - c. 振動法：如作空心磚之方式，振動搗實即時脫模。
 - d. 早強水泥使用法：使用例極少。
 - e. 摻料使用法：使用硬化促進劑或減水劑。

蒸氣養護條件，對混凝土品質之影響可分為下列五階段：

- a. 前養護期：混凝土澆置後至正式養護開始前，本階段若非採用熱拌合時可予保溫，以除去表面水。
- b. 昇溫期：蒸氣開始送入養護槽或模型中為正式養護開始，應以一定的速率，緩緩提昇混凝土的溫度。

- c. 高溫期：本階段為養護槽內之溫度到達最高限時，控制並保持該溫度一定時間。蒸氣供給停止前，本階段內混凝土的溫度會繼續上昇，且比養護槽或模板的溫度更高。
- d. 降溫期：本階段為停止蒸氣輸入，養護槽內溫度以一定速率緩緩下降至構材取出前。
- e. 後養護期：在脫模後置於貯存場至出貨前的養護期間，又稱為二次養護或後養護。

以上五階段之模式參照圖6·11所示。

(2) 以下分別敘述各階段對混凝土品質的影響

一般混凝土在加熱前有數小時的前養護期是必要的，在混凝土未硬化前，急速加熱將導致熱變形，此種變形是前養護期愈長而愈小(詳如圖6·12)粒料的膨脹係數為 $5\sim 18\times 10^{-6}$ ，水泥硬化體在 $20^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 間的膨脹係數為 $11\sim 14\times 10^{-6}$ ，而水約是水泥硬化體的10倍，水泥硬化體的增加與水的減少可說明適當的前養護期將使熱變形減小之理。且不足的前養護時間將使混凝土強度不足，乃因此種熱變形造成混凝土硬化時的組織鬆弛，圖6·13顯示前養護時間與混凝土強度間之關係。在前養護一小時的情況下，昇溫速度為 $30\sim 40^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 時，強度甚低，若以 $10\sim 20^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，幾乎沒有差別。故在每小時 20°C 的升溫圖中，最適當的前置期為3至7小時，一般工廠中的前置期多採3小時。前養護時間與混凝土澆置後熱變形有很大關係，減少熱變形的一種方法是熱拌混凝土，亦即採用 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 拌合混凝土時，若加熱至 80°C ，因其熱變形小故對強度之影響亦小。熱拌混凝土的特色為混凝土澆置後至表面粉光的時間將不會因季節的溫差而有增減。另一種方法為使用密閉模板，以機械式的氣壓控制混凝土的熱變形，惟完全控制混凝土的熱變形是不可能的，但是在上述情況下可減少前置期一小時。由於水是熱變形的最大因素，故乾拌混凝土或真空吸水也可縮短前養護期。如採預熱時，應避免急速升溫，並以鐵蓋壓住，可減少熱變形及改善混凝土品質。

b. 養護溫度上昇率

急速升溫造成混凝土內部與表面的溫度差太大，應予避免，一般多採每小時昇溫 20°C 為標準。圖6·14表示溫度上昇率在8.5小時、3日、7日、28日狀況下與混凝土強度的關係，由圖知昇溫率愈低在3~28日的強度愈高，而在8.5小時的最高強度則是以每小時 50°C 的昇溫率。

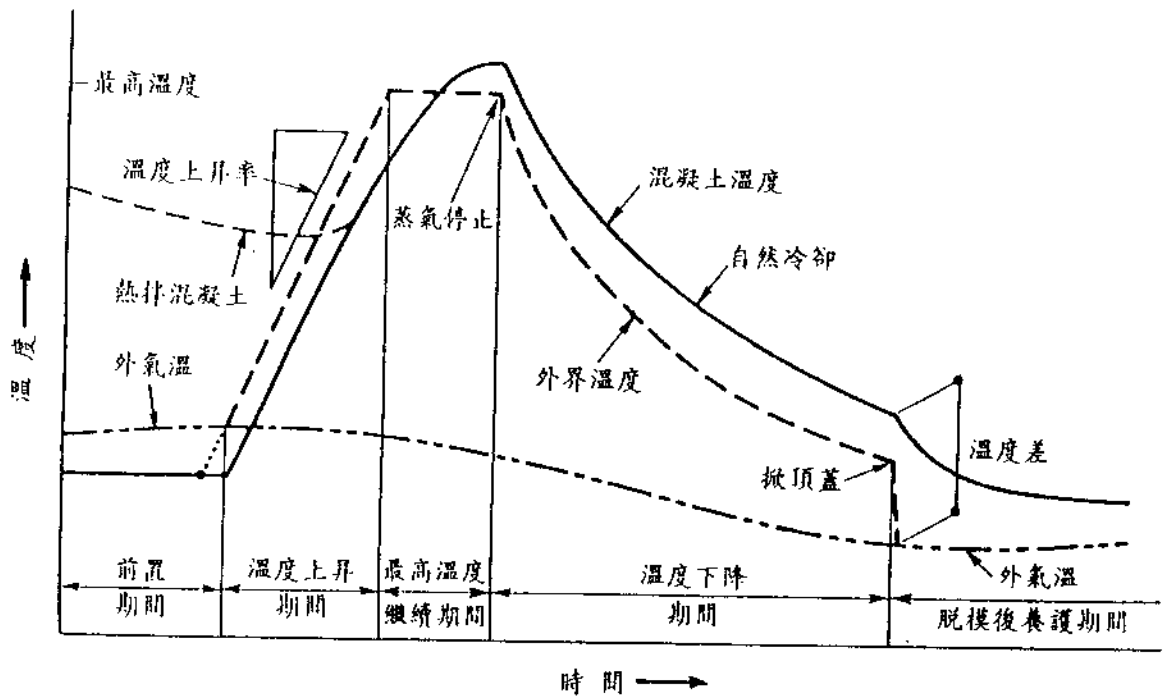


圖6·11 加熱養護條件之模式

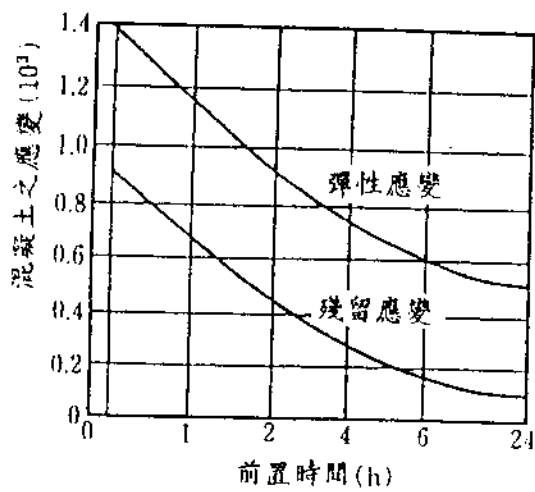


圖6·12 加熱養護中之混凝土的熱變形

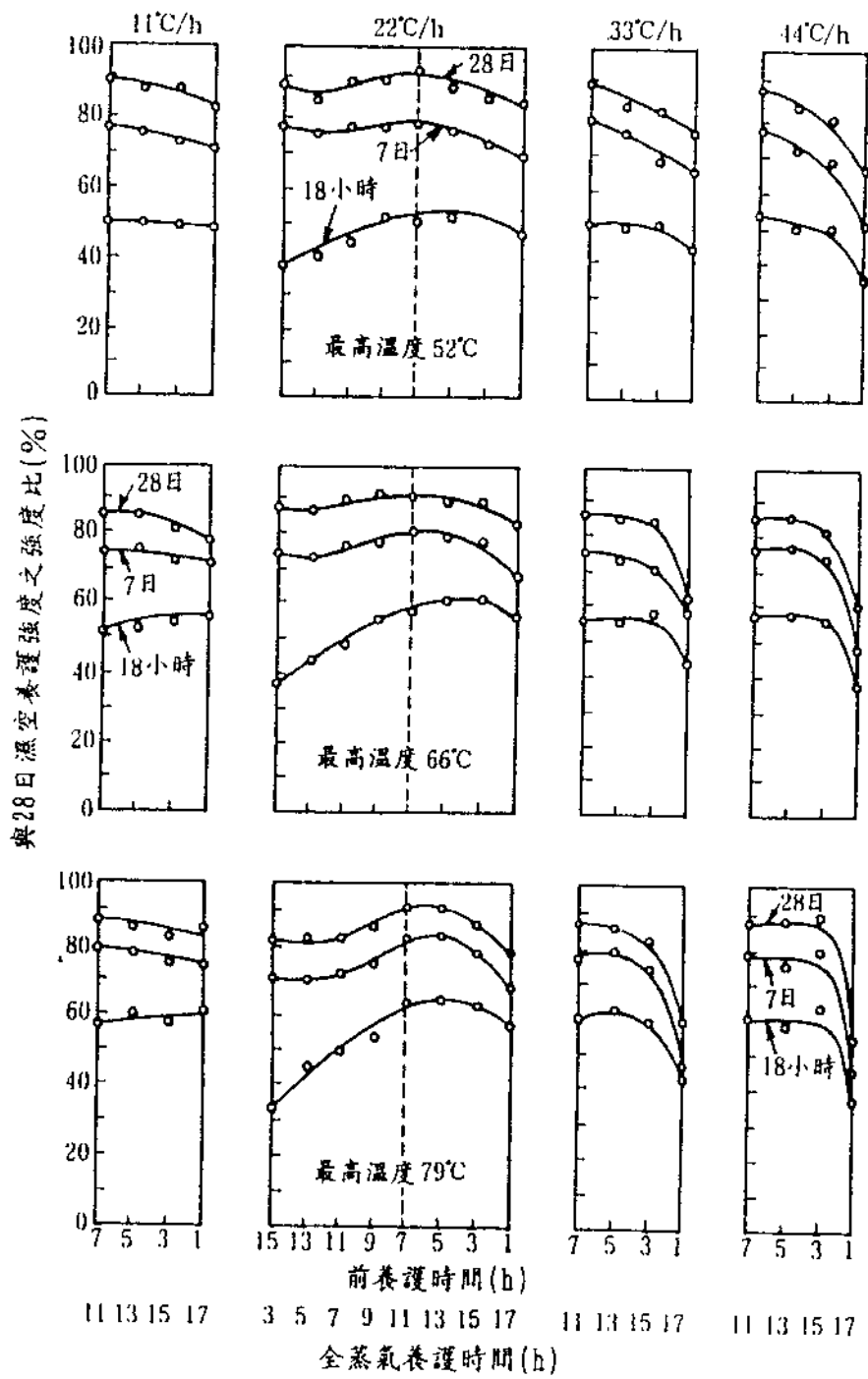


圖6·13 蒸氣養護混凝土之強度比

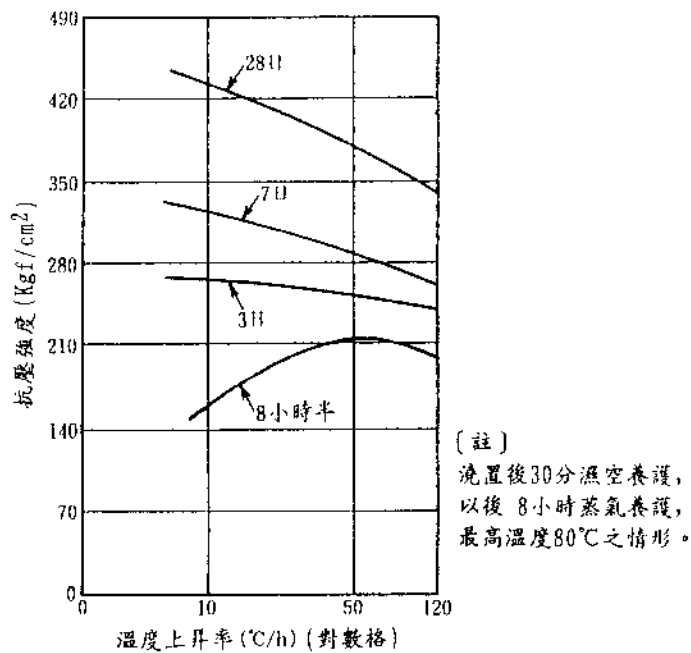


圖6·14 溫度上升率對抗壓強度之影響 [R. W. Nurse]

c. 最高養護溫度及持續時間

一般而言，早期的高溫養護可得到較高的早期強度，但長期強度將比標準養護條件的強度更低。

最高溫的建議值，依水泥種類而有所不同，普通卜特蘭水泥以80°C以下較佳，超過將使長期強度降低，且耗損之燃油亦不符經濟原則。故一般工廠在每日一循環下多採60°C，二循環則採70°C。如圖6·15所示。

(3) 由圖6·11可知，養護槽內溫度比混凝土本身之溫度較先昇及先降，在溫度下降時，混凝土內部仍在高溫情況，由於表面冷卻收縮，產生內應力，造成表面龜裂，此種狀況在冬季時最易發生。由於混凝土構材內外部溫度不易量測，但為減緩內外溫差方式，可以分段掀開養護槽蓋之方式及在混凝土表面鋪蓋一層保溫塑膠布來減少因溫差產生的龜裂。其影響如圖6·16。

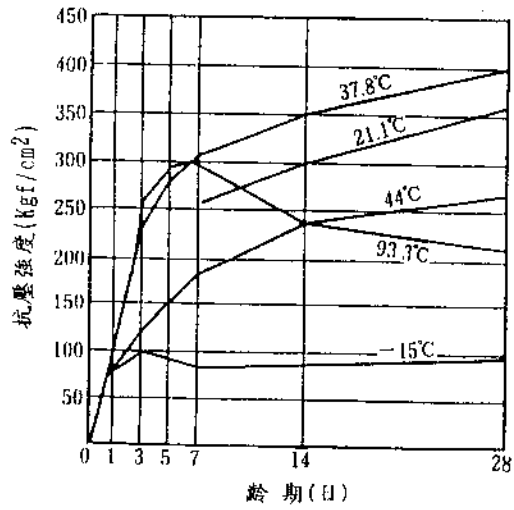


圖6·15 養護溫度與強度經時變化之關係
[Green]

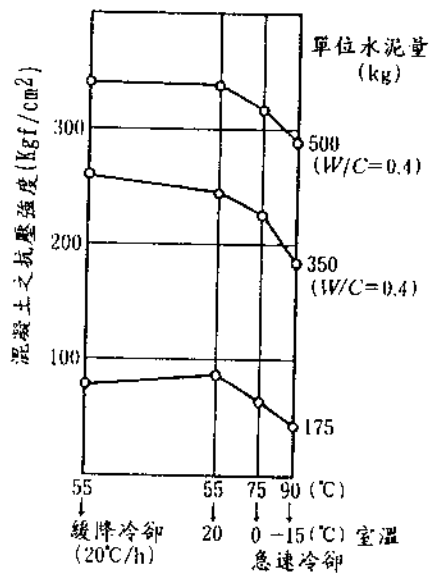


圖6·16 急速冷卻對混凝土
之抗壓強度之影響

由於養護槽內的溫度會先上昇，混凝土表面會有結露水產生，但在高溫期的後期因停止輸入蒸氣，混凝土表面極為乾燥，因此在貯存期間，補充混凝土因養護失去的水份，灑水養護就成為不可缺少的一環。如果考慮脫模後的養護，在 $100\sim 120\text{kgf/cm}^2$ 時的脫模強度將可在28天達到設計的強度。

二次養護與混凝土強度關係試驗資料如表6·1及圖6·17。

表6·1 二次養護之影響

養護條件		抗壓強度(kgf/cm ²)				與試體標準養護強度比(%)			
		3日	7日	28日	180日	3日	7日	28日	180日
標準養護		104	196	270	315	100	100	100	100
蒸氣養護後	置放空氣中	158	167	170	197	182	85	63	63
	水中自然養護	141	177	211	224	136	90	79	71
	水中標準養護	138	177	202	234	133	90	75	75
	濕潤覆蓋養護	141	166	189	254	135	90	70	81

註：單位水泥量： 425kg/m^3

單位水量： 210kg/m^3

單位細粒料量： 900kg/m^3

單位粗粒料量： 81kg/m^3

坍度：3cm

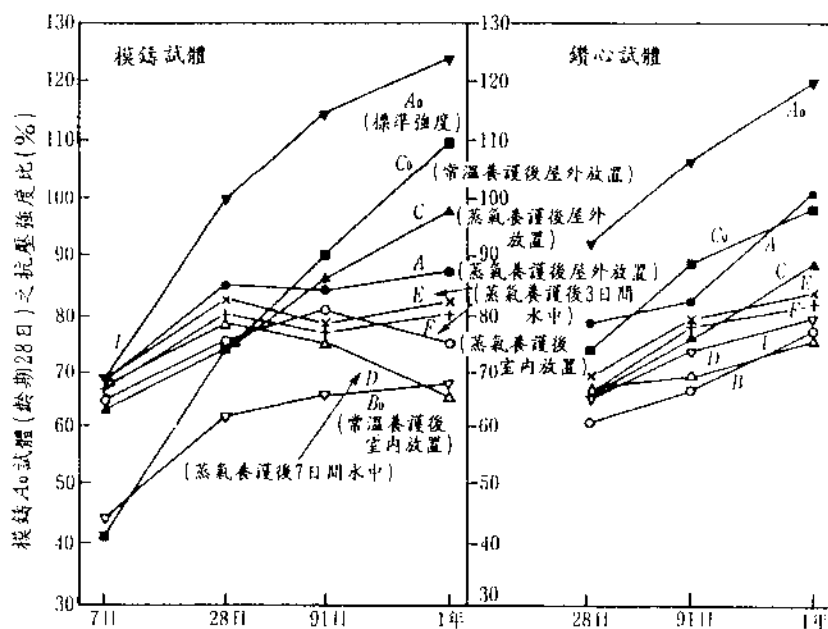


圖6·17 二次養護方法與強度之關係

6.8 脫模

(1) 脫模時應確認構材混凝土之抗壓強度是否達到 3.5節脫模時之規定。

(2) 脫模時需防構材產生有害之裂縫及破損。

解說：(1) 構材脫模強度應於 2.1節製造計畫書中提出，且測試之試模強度應大於計畫之脫模強度，方可進行脫模作業。脫模作業先拆除邊模，再將構材由底床徐徐吊起，運往修飾場檢查及補修。

構材之脫模強度因多種因素而異，實驗顯示，在低強度的情形下(如 50kgf/cm^2 至 120kgf/cm^2 時)執行脫模作業易造成角隅部份龜裂情形的發生。

脫模強度除依3.5(3)或6.2(2)之規定外，一般水平床模脫模強度平均約 120kgf/cm^2 ，而當床模呈 $70^\circ \sim 80^\circ$ 以上之傾斜角度時，脫模強度可降為 $80 \sim 100\text{kgf/cm}^2$ 。

(2) 脫模時之剝離力依下列三種原則來計算。剝離力即構材自重及構材與鋼模附著力之和。

① 剝離力因脫模劑使用的種類不同而異。

② 剝離力因版片窗框開口固定方法不同而異。

③ 若使床模傾斜可減小剝離力，故斜面起吊法為較有效之方式。

水平起吊及傾斜床模起吊間剝離力之差異，可由表6.2及6.3之測試結果得知。

表6.2 水平方式起吊之剝離力

測試數 n (個)	最小值 (kgf/m^2)	最大值 (kgf/m^2)	平均值 x (kgf/m^2)	標準偏差 σn (kgf/m^2)	剝離力 $x+2\sigma n$ (kgf/m^2)
31	0	204	63.4	50	163.4

表6.3 傾斜方式起吊之剝離力

傾斜角度 θ	測試數 n (個)	平均值 x (kgf/m^2)	標準偏差 σn (kgf/m^2)	剝離力 $x+2\sigma n$ (kgf/m^2)
0	6	76.4	36.6	149.6
60	7	28.3	17.5	63.3
75	11	15.0	12.7	40.4

脫模時，起吊金屬預埋組件應注意下列事項：

- a. 因起吊時的混凝土強度不高，應考慮吊鉤埋設處局部之混凝土強度。
- b. 外露部份之吊鉤鐵件強度。

構材起吊時，常因側力導致起吊點周邊混凝土破損，作業前應詳加檢討。亦可增加補強鋼筋或以千斤頂等方式輔助之，另有關預埋吊件之埋設長度、握裹力均應詳加檢討。

一般以U型鋼筋替代吊鉤時，因構材多次移動，吊鉤反覆受力易致變形，應採用規格品。若以較常用的SR24之13 ϕ 或16 ϕ 鋼筋在五次90°彎曲試驗中，如未發現裂紋、強度衰減或斷裂方屬合格。

脫模前周邊模之拆卸亦應避免使用撬桿、榔頭造成構材損傷，預埋件固定於鋼模上的螺絲務必先行鬆卸拆除，避免造成預埋件及周邊混凝土之損傷，吊起時亦應注意勿使構材底部破損或扭曲。

6.9 製品檢查

- (1) 製品檢查之項目含形狀、尺寸、裂縫、破損、預埋組件之固定狀態、表面修飾狀態及保護層厚度，其方法及認定標準依11.4節之規定辦理。
- (2) 輕微龜裂及破損，在結構及防水之容許範圍內者，得補修之，惟補修後應予複驗。
- (3) 製品檢查後之處理方式如下：
 - ① 檢查合格之構材，其必要各項標示（製造工廠、工程名稱、製造日期……）應予明示。
 - ② 檢查不合格之構材應予剔除。

解說：(1) 成品檢查，通常在脫模後開始，一般檢查結果區分為合格、不合格與待整修等三種，待整修之成品於修補後，仍應再行複查。

成品形狀、尺寸的檢查在第一片成品時測定，爾後以抽樣方式檢查，惟模具應保持在翻用20至30次後仔細檢查，修正調整超出容許誤差之部位。

成品較易發生龜裂、破損之區域，應研討原因，澈底改善解決，避免類似情況再度發生。

預埋組件種類、位置均需檢查，保護層厚度在澆置混凝土時檢測，必要時在成品混凝土面以電磁或其他工具量測實際尺寸。

成品檢查方法、標準詳如11.4節(3)表11·3，檢查時機應在製作場混凝土澆置前，檢查項目詳如下列原則，俾便工程管理：

- ① 於施工大樣圖上，以特殊或醒目的方式註明應檢查的項目及其規格尺寸。

②依施工大樣圖檢查。

③製作檢查表(Check List)。

成品檢查主要為混凝土表面及外觀，是否需要修補應另行記錄，混凝土澆置前的檢查與成品檢查應分開記錄，俾便查明預嵌物與成品表面缺失間的關係。

(2) 對防水有影響的裂紋，一般定義為超過0.1mm裂縫，但下述日本規範可供參考或引用。依日本「鋼筋混凝土構造計算規準」中，對防鏽的裂紋規定為，建築物外牆面0.2~0.25mm，建築物內牆面0.3~0.4mm時可接受，但是必需修補至防水及防鏽。

修補方式依龜裂的程度不同而異，一般在0.2mm以下之裂縫，以埋入注射頭壓力注入樹脂方式補修。

破損部份補修方式為：

①破損部份以接著劑塗布，水泥砂漿摻入接著劑修飾。

②樹脂砂漿修飾。

③砂漿或水泥漿修飾。

以水泥砂漿接著劑修飾時，破損部份如果無法一次修補時，應分層修補，在有滲水顧慮時，應作防水性的補修。

i) 輕微裂縫寬在0.3mm以下之修補方法參考例如下：

①龜裂部份切成“V”型斷面，以JIS A6042建築修補專用EPOXY注入修補，其規格如表6·4。

表6·4 環氧樹脂(EPOXY)之規格

材 料	比 重	粘 度
注 入 劑 二液型EPOXY (主劑及硬化劑)	1.10 (依JIS Z8004)	200CPS/25°C (依JIS Z9903)
化 學 特 性	可 使 用 時 間	硬 化 時 間
不 加 溶 劑 時	50分 以 內	4hrs/0.127mm
100%之反應型	(20° ~25°C)	(20° ~25°C)

②EPOXY樹脂之規格如表6·4，使用前應將使用樹脂之品質規格與現場調配比例方法提出有關人員認可。

③EPOXY注入後，混凝土與EPOXY界面不可破斷。

④注入機器

a. EPOXY 注入壓可自由加減之壓力邦浦。

b. 邦浦有二液混合計量裝置，壓力在20kg/cm²以上者。

c. 壓力管及噴頭應可承受相同壓力者。

ii) 輕微破損的修補，則以預拌聚合劑之水泥漿 (Premix Polymer Cement Paste 簡稱 Made Paste) 或預拌聚合劑之水泥砂漿 (Premix Polymer Cement Mortar 簡稱 Made Mortar) 修補。

較嚴重之破損則在破損處清潔後，先以 Made Paste 在破損處塗布，乾燥前以 Made Mortar 填充，每層厚度以不大於 30mm，經修補後的部分應避免在搬運或組立時再次受損。

(3) 成品檢查結果如屬合格，應在構材適當位置標註製造廠商、工程名稱、構材名稱、製造日期及合格認可員簽章等相關資料，不合格成品，以紅色噴漆標明廢版，並應於期限內運離現場。合格成品在運至貯存場存放時，應按施工計畫中的貯存方式(水平或直立)及疊放順序進行，否則成品搬運次數增加，破損機率增大，因此貯存計畫中應儘量以搬運乙次為基本原則。