

模板工程瑕疵衍生之混凝土品質缺失探討

溫上元¹

中國科技大學建築系碩士班研究生

徐鑫元³

中國科技大學建築系碩士班研究生

何明錦⁵

中華大學建築與都市計畫學系教授

吳志仁²

中國科技大學建築系碩士班研究生

李彥民⁴

中國科技大學建築系碩士班研究生

摘要

混凝土結構物的成品外觀良窳受模板施工品質及混凝土澆置過程與混凝土本身品質的影響，要完成一件外觀良好的混凝土構造物需由模板組立、澆置過程及混凝土養護共同協力完成。只要三者其中一方有施作無法如質達成的情事，即可能導致後續的工序也連帶發生缺失進而導致混凝土構造物的品質缺失。本文即透由現地勘查與專家經驗累積與學理探討，分析常見模板工程瑕疵造成之混凝土品質缺失，並提出建議改善措施。

關鍵詞： 混凝土 模板工程 品質缺失

Discussion on Concrete Quality Deficiency Caused by Formwork Defects Abstract

The appearance of the finished concrete structure is affected by the construction quality of the formwork, the concrete pouring process and the quality of the concrete itself. To complete a good-looking concrete structure, the formwork assembly, the pouring process and the concrete curing work together to complete. As long as one of the three cannot achieve the same quality, it may lead to the failure of the subsequent process and the quality of the concrete structure. This paper analyzes the lack of concrete quality caused by common formwork engineering defects through on-site investigation and expert experience accumulation and theoretical discussion, and proposes improvement measures.

Keywords : concrete formwork, quality deficiency

一. 研究源起與目的

台灣的營建構造物中，是以鋼筋混凝土為主，約佔總建築樓地板面積的 87%，而模板工程之工料費用則為鋼筋混凝土結構物建造成本中所佔比例最大的四個項目之一，約佔總工程費的 25-30% 左右[1]。模板組立工程為勞力密集的作業項目，其施作速度會影響整個工程進度，同時模板施工良好與否亦將直接影響混凝土整體工程之品質。

模板工程對於混凝土工程施工之安全、品質、工期、成本之影響至鉅，承包商須遵照設計圖說與工程要求及混凝土組成特性之特定要求，進行合宜之模板工程之規劃與設計與施工，以防範工地意外，保障人員安全，確保工程如期如質完成。

近年混凝土工程施作品質雖已逐年改善；唯仍有部分工程因模板組立工項之缺失或瑕疵，小者影響外觀，大者造成工安意外。本文乃藉由文獻回顧與混凝土施作現地勘查，探討模板組立常見之瑕疵與成因，並研提模板組立工程之缺失建議改善策略。

二. 混凝土施工之模板組立工項基本要求

參考 2005 中國土木工程學會等混凝土工程施工規範與解說，顯示模板組立工程是混凝土澆築前的最後一項工作分項，也是與混凝土直接接觸的材料，故模板材質的好壞、整潔、平整、縫隙、及吸水性，皆會混凝土澆置後的品質有最直接的影響，同時不同的結構承重也需採用最適合的模板支撐系統，才能使整個工程達到符合安全、品質、工期及成本之要求。其施作組立應注意事項及拆模時間之管控影響品質至鉅，可分述如下：

2.1 混凝土模板施工注意事項

混凝土結構外觀良好與否，一般都須在拆模後才能真實呈現，模板內面上之雜物將影響混凝土結構物完工後之表面品質；而模板在未組模時較易清理，故應於組立前妥適清理、修補。尤其，重複使用之模板更應注意，模面上之雜物主要為黏著於模板上之水泥漿、泥土或雜物等。

在組立支撐方面，施工時若支柱或支撐架發生沉陷或移動，小則造成模板嚴重變形，使拆模後之混凝土表面尺寸及形狀不符規定；嚴重者甚至造成模板倒塌。為防支柱或支撐之橫向變形及移動，應先行做模板支撐力學計算，並於支柱或支撐架之垂直面上與水平面上適當增加斜撐及繫材。

模板施工時難免有木屑等雜物堆積底部或彎折處，為便於清理，應在適當位置，如柱、牆模板之底部設置臨時開口。同時為便於澆置混凝土，高度較大之柱、牆模板上，於適當高度(每 2 至 3m)設置臨時澆置開口，防止粒料分離。澆置混凝土時，由於模板須承受相當大之側向壓力。為抵抗側向壓力、防止模板變形與保持模板間距應採用適當之模板繫條，並須考量拆除繫條桿端或桿端固定器時，不致損壞混凝土表面。

模板應組合緊密防止混凝土漏漿，針對模板組合漏漿防止方法，鋼模接合處不得有變形之間隙存在，木模一般可採用模板間作企口榫或以石膏等材料填縫補強等。露面混凝土施工縫處，續接之模板應確實貼於硬化混凝土以防止偏離或漏漿，並保持施工縫處表面平整。一般續接模板與已硬化混凝土之接觸面之疊接長度太長時，先完成之混凝土面於再澆置後續混凝土時受水泥砂漿黏著而形成帶狀接頭，使露面混凝土形成表面觀瞻的瑕疵。一般模板與已硬化混凝土之疊接長度應視施工方式妥為處理，以防止滲漿面積過大，影響美觀並增加後續處理之麻煩。

混凝土澆置前應將模板面及埋設物表面之雜物清除乾淨，模板面塗敷脫模劑或鋪設無吸水性之襯料，以防止模板自混凝土吸收水份，模板被混凝土黏結及混凝土表面受污染。表 1 為澆置混凝土結構的品質要求，其中夾渣、外形缺陷及外表缺陷即是因模板工程引起的混凝土缺失。

表1-澆置混凝土結構物的品質要求 [2] (資料來源:混凝土結構工程施工質量驗收規範)

名稱	現象	嚴重缺陷	一般缺陷
露筋	構件內鋼筋未被混凝土包裹而外露	縱向受力鋼筋有露筋	其他鋼筋有少量露筋
蜂窩	混凝土表面缺少水泥砂漿而形成石子外露	構件主要受力部位有蜂窩	其他部位有少量蜂窩
孔洞	混凝土中孔穴深度和長度均超過保護層厚度	構件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夾渣	混凝土中夾有雜物且深度超過保護層厚度	構件主要受力有夾渣	其他部位有少量夾渣
疏鬆	混凝土中局部不密實	構件主要受力部位有疏鬆	其他部位有少量疏鬆
裂縫	裂縫從混凝土表面延伸至混凝土內部	構件主要受力部位有影響結構性能或使用功能的裂縫	其他部位有少量不影響結構性能或使用功能的裂縫
連接部位缺陷	構件連接處混凝土有缺陷或連接鋼筋、連接件鬆動	連接部位有影響結構傳動性能的缺陷	連接部位有基本不影響結構傳力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翹曲不平、飛邊凸肋等	清水混凝土構件有影響使用功能或裝飾效果的外形缺陷	其他混凝土構有不影響使用功能的外形缺陷
外表缺陷	構件表面麻面、掉板、起砂、黏污等	具有重要裝飾效果的清水混凝土構件有外表缺陷	其他混凝土構件有不影響使用功能的外表缺陷

2.2 模板拆除時間注意事項:

拆模之基本原則為不得造成構材之結構性及表面性傷害。為防止造成構材之結構性傷害，應依結構力學原理及混凝土強度成長情形，並經監造認可決定拆模時間與順序。同時應注意混凝土表面強度，使用適當之拆模器具與方法，防止造成表面性傷害。若需提前拆除模板，應確實注意不得損害混凝土結構，且需注意模板拆除後之混凝土養護。混凝土拆模時所需強度應依據結構力學分析決定，以免構材產生過大之撓度、扭曲或損壞，且必須足以抵抗拆模作業之損傷。除經監造許可外，通常版或梁拆除模板支撐時，工地養護試體強度不得低於設計強度之70%。若混凝土使用 I 型水泥且不添加卜作嵐材料或其他摻料，其拆模時間不得少於表 2 之規定。

表 2 混凝土模板最少拆模時間[3] (資料來源:混凝土工程施工規範與解說)

構件名稱	最少拆模時間
------	--------

柱、牆、及梁之不做支撐側模 75cm 以下 大於 75cm	3 天 4 天	
	活載重不大於靜載重	活載重大於靜載重
單向版 淨跨距小於 3m 淨跨距 3m 至 6m 淨跨距大於 6m	4 天 7 天 10 天	3 天 4 天 7 天
拱模	14 天	7 天
欄柵肋梁、小梁及大梁底模 淨跨距小於 3m 淨跨距 3m 至 6m 淨跨距大於 6m	7 天 14 天 21 天	4 天 7 天 14 天
雙向版	依再撐作業實施計畫所定之時間而定	
後拉預力版系統	全部預力施加完成後	

三. 常見模板組立工項瑕疵造成之混凝土品質缺失

混凝土施工常因模板的組裝、清潔或材質導致混凝土澆置後產生品質缺失，進一步須進行修復，除增加成本也會影響工期，本文依工地勘查經驗及相關文獻，彙整模板施工常見問題及其導致混凝土品質缺失如下：

3.1 模板老舊、破損、縫隙大

模板老舊、破損及縫隙變大是木模常見的缺失，如圖 1 所示，如未能及時更換，繼續使用臨時夾板補縫，在混凝土澆置後常會出現如圖 2 的剝皮缺失。

建議改善對策：

- (a) 開工進場模板應進用新料
- (b) 過度使用及老舊之模板應適時汰換
- (c) 模板使用及堆置應妥適管理及維護



圖 1 模板間隙過大[4]

(資料來源:郭永芳，混凝土、鋼筋及模板常見缺失，簡報檔)



圖 2 模板老舊破損以薄木片修補，拆模後黏結於混凝土
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)

3.2 模板清理不完全及未塗脫模油

模板因清理不完全及未塗脫模(劑)油也是常見的管理缺失如圖 3，工地現場常見模板上舊混凝土未完全清理乾淨，也未上脫模油，易造成拆模後產生混凝土表面脫板現象如圖 4。上述狀況在鋁合金模板也會發生，如圖 5 及圖 6，顯示當模板管理不善時，使用非木質模板也會產生混凝土表面缺失。主要原因為(a)未適時更新汰換舊模板(b)拆模清理不到位(c)模板整理後未立即塗刷模板油。

建議改善對策：

- (a) 開工進場模板應進新料。
- (b) 過度使用及老舊之模板應適時汰換。
- (c) 模板每次使用應整理及塗模板油。
- (d) 模板使用及堆置應妥適管理及維護。



圖 3 模板表面未清潔及上油
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 4 模板未清潔乾淨及上油，造成混凝土剝皮
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 5 鋁合金模板未清潔乾淨
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 6 鋁合金模板未清潔乾淨脫模產生混凝土表面缺失
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)

3.3 模板接合不緊密致漏漿、錯位

混凝土模板組裝若不夠緊密或是支撐鋼性不足如圖 7 及圖 8，則可能在進行澆置時產生生漏漿狀況，或牆面產生錯位狀況。其成因為 1.模板拼縫過大造成模板銜接不緊密或縫隙過大；2.相鄰模板錯位造成漏漿；3.模板剛度不足。上述狀況則會使混凝土澆置發生漏漿，並污染混凝土面如圖 9 所示，也可能混凝土牆面發生錯位如圖 10 所示。

預防及改善對策：

- (a) 開工前應告知模板協力廠商，模板組立 要求一律四層支撐，如圖 11 所示。
- (b) 模板組立配合斜撐管控垂直度。
- (c) 監造單位及承攬廠商應落實檢查及查驗。
- (d) 模板勁度應足夠。



圖 7 模板鋪設不平整錯位
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 8 模板支撐鋼性不足造成模板變形
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 9 混凝土澆置後產生漏漿污染混凝土面
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 10 混凝土牆面不平整產生錯位
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 11 模板組立以四層支撐為原則[4]

(資料來源:郭永芳，混凝土、鋼筋及模板常見缺失，簡報檔)

3.4 混凝土過早拆除模板或拆除支撐

混凝土澆置後如因環境溫度較低導致混凝土強度成長緩慢，或澆置至夜間時而於一早進行側向模板拆除，則有可能發生因混凝土強度不足而產生缺棱掉角狀況，如圖 12 所示。另一方面，若過早拆除模板支撐或支撐承載力不足，則可能混凝土版與柱的界面造成剪力裂縫，如圖 13 所示。

建議改善對策：

- (a) 可依表 2 之建議之拆模時間進行拆模。
- (b) 如為非純水泥配比，若有提早拆模需求，可依現場試體之強度決定拆模時間，通常版或梁拆除模板支撐時，工地養護試體強度不得低於設計之規定強度之 70%。



圖 12 過早拆模牆體產生掉角(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 13 過早拆除支撐導致柱板產生沖剪破壞裂縫
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)

3.5 模板組立完成之清潔

模板組立完成後，須待鋼筋綁紮、管線配置等作業完成後才會進行混凝土澆置，在這過程中有可能發生雜物掉落至模板中，若未在澆置混凝土前清潔乾淨，則會導致混凝土完成表黏結雜物，如圖 14 所示。模板不同位置的清潔難易度不同，若為平面模板，則可採氣吹方式將模板上的粉塵及雜物清除乾潔，如圖 15 所示。然而針對梁、牆、柱等結構部位的模板，其清除往往因為模板組立未設清潔口而導致難以將雜物清出。

建議改善對策：

- (a) 施工前工班教育。
- (b) 牆、柱、梁局部部位留設清潔口，如圖 16 所示。
- (c) 灌漿前全面檢查。



圖 14 梁底混凝土黏結雜物
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 15 模板雜物粉塵清理[4]
(資料來源:郭永芳，混凝土、鋼筋及模板常見缺失，簡報檔)



圖 16 柱底可設置活動清潔口[4]

(資料來源:郭永芳，混凝土、鋼筋及模板常見缺失，簡報檔)

3.6 鋼模獨立柱水痕

混凝土鋼模獨立柱常發生柱面有水痕紋路，如圖 17，其成因為鋼柱密封性較好，混凝土澆置後若有產生泌水，泌水不易排出而由柱下方往上方移動，移動過程會將柱面的局部漿體往上帶而形成水痕，而泌水也會蓄積於柱頂如圖 18。造成上述狀況的原因為(1)混凝土成份中，因比重不一致粒料沉降(析離)及泌水上浮現象[5]；(2)澆置時混凝土有較大垂直落距，或振動棒過度振動；(3)工地距離預拌廠較近，混凝土中化學摻劑尚未反應完，於泵送時藥效持續發揮而產生泌水；(4)混凝土生產時，因粒料的表面水設定不準確，導致拌和水量過高；(5)混凝土有多餘外來水，導致澆置後產生泌水。

建議改善對策：

- (a) 儘量控制混凝土拌和用水量，直接減少泌水量。
- (b) 使用較黏稠的流動化混凝土，可降低振動時間，減水泌水機率。
- (c) 增加人工取樣測量粒料表面含水量頻率或於拌拌廠設備中增設線上粒料表面含水量量測設備，以更精準控制混凝土總拌和水量。
- (d) 若工地距離預拌廠較近，增加混凝土拌和時間或預拌車至現場時，等待 10-20 分鐘再進行澆置。



圖 17 混凝土獨立柱表面產生水痕紋路
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)



圖 18 混凝土鋼模獨立柱澆置後泌水
(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)

3.7 拆模後混凝土表面起粉

混凝土澆置拆模後，有時於混凝土表面產生疏鬆粉塵，而這類狀況多發生於使用木質模板，依 ACI 303R-04[6]針對混凝土拆模起粉之敘述如下。木材中的有機物會導致混凝土表面變色，木醣會導致混凝土表面起粉塵，使用脫模劑並無法阻止這些情況。隨著每次重複使用，木材對混凝土表面的變暗效果變得更小如圖 19 所示。若木材含有木醣成份，則多次重複使用模板時，除非木材經過處理，否則從第一次使用到最後一次使用時，會使混凝土表面顏色和紋理的相當大的變化。由木醣引起的粉塵在第一次使用時影響較大，一般有起粉的部粉色澤會較深如圖 20 所示。第一次使用時可能需要通過用水泥漿塗覆再洗掉它，並重新施加脫模劑。

建議改善對策：

- (a) 同一工程使用同一批凝次的模板，使用前先進行檢測，確認該批模板不會析出木醣或木質素等有機物導致混凝土硬化不良。
- (b) 木質模板的存放應避免長時間陽光直射，以防止增加木質素的析出量。

- (c) 以鹼性水處理模板面，或選擇使用塗層保護模板來避免引起混凝土表面水合不良反應[6]。



圖 19 木質模板造成混凝土表面色質差異及起粉 [6]

(資料來源:303R-04 Guide to Cast-in-Place Architectural Concrete Practice)



圖 20 同一次澆置的混凝土於局部模板處產生起粉

(資料來源:國產建材股份有限公司拍攝)

3.8 混凝土板表面起粉、露砂的可能成因

混凝土除木模板在含木醣成份而導致混凝土面起粉外，在混凝土道路、樓板等部位時，也常會出現表面“起粉”、“露砂”等現象，混凝土板表面起粉現象如圖 21 所示。混凝土表面的“起粉”對結構體強度並不影響，但會破壞剛性鋪面或樓板面的耐磨性、抗滲性、美觀性。此現象多肇因於混凝土表層結構疏鬆、強度偏低或混凝土中的水泥水化不完全。其中導致混凝土表層結構疏鬆、強度偏低的主要原因有二方面：

- (a) 混凝土表層的水灰比 (W/C) 大於混凝土內部，表層水化產物之間搭接不緻密，孔隙率大，結構鬆散，強度偏低；
- (b) 混凝土養護不當，施工早期水分散失過快，形成大量的水孔，表層的水泥得不到足夠的水分進行水化，而使表層混凝土的結構疏鬆，強度偏低。



圖 21 混凝土板面起粉 [8]

(資料來源:Concrete Slab Surface Defect: Causes, Prevention, Repair)

意即表層混凝土的水灰比過大和養護不當造成表層過早地大量失水均有可能導致混凝土的“起粉”現象。檢測混凝土表層中水泥的水化程度，可幫助判別“起粉”的原因。表層水泥水化程度較高的主要是由於泌水所致。表層水泥水化程度較低，則主要是施工養護不當所致，針對水灰比及施工養護對樓板表面起粉說明如下。

1. 影響混凝土表層水灰比 (W/C) 的因素

混凝土是由顆粒大小不同，比重不同的多種固體和液體組成的複合材料，在水泥（或其他膠凝材料）的凝結過程中，比重大的粒子會沉降，因而產生固體粒子與水的分離，即新拌混凝土不可避免會產生泌水現象，泌水越嚴重，表層混凝土的水灰比 (W/C) 越大。影響混凝土泌水的因素主要有混凝土的配合比、組成材料、施工與養護等幾方面。

(1) 混凝土的配比：

混凝土的水灰比越大，水泥凝結硬化的時間越長，自由水越多，水與水泥分離的時間越長，混凝土越容易泌水；混凝土中外加劑摻量過多，或者緩凝劑成分摻量過多造成凝結時間延長，都可能造成新拌混凝土的沉析和增加泌水量，大量的自由水泌出混凝土表面，影響水泥的凝結硬化，混凝土保水性能下降，導致嚴重起粉及露砂。

(2) 混凝土的組成材料：

砂石粒料中含泥較多時，會嚴重影響水泥的早期水化，含泥成份過多時，會導致混凝土拌和用水量增加，若泥中有機質含量較高時，可能延緩水泥的水化及混凝土的凝結，從而加劇了混凝土的泌水。此外，砂的細度模數及顆粒級配也會對混凝土泌水量造成影響，砂的細度模數越大，砂越粗，越容易造成混凝土泌水，尤其是 0.3mm 以下及 2.36mm 以上的顆粒含量對泌水影響較大，這部分細顆粒越少、粗顆粒越多，混凝土越易泌水；而細粒料通過 300 μm（50 號篩）和 150 μm（100 號篩）的量除了會影響工作性，表面質地，空氣含量外，也會對混凝土的泌水量造成影響^[6]。

水泥作為混凝土中最重要膠凝材料，與混凝土的泌水性能密切相關。水泥的凝結時間、細度、比表面積與顆粒分佈都會影響混凝土的泌水性能，圖 22 為水泥細度對泌水量之影響關係圖，圖 23 為水灰比對泌水量之影響。而若水泥細度不足或粉體用量不足時，當水泥的凝結時間越長，所配製的混凝土凝結時間越長，在混凝土靜置、凝結硬化之前，混凝土中的細顆粒沉降的時間越長，混凝土越易表現出泌水；水泥的比表面積越小、顆粒分佈中細顆粒 (<5μm) 含量越少，早期水泥水化量少，較少的水化產物不足以封堵混凝土中的毛細孔，致使內部水分容

易自下而上移動，混凝土泌水越嚴重。

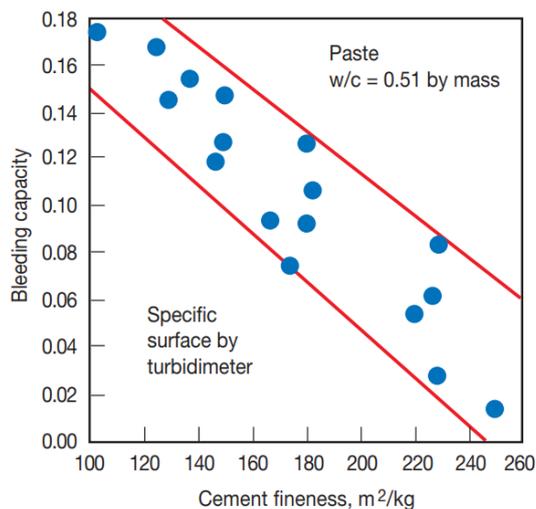


圖 22 水泥細度對泌水量之影響[9]

(資料來源:Design and Control of Concrete Mixtures - The guide to applications, methods and materials)

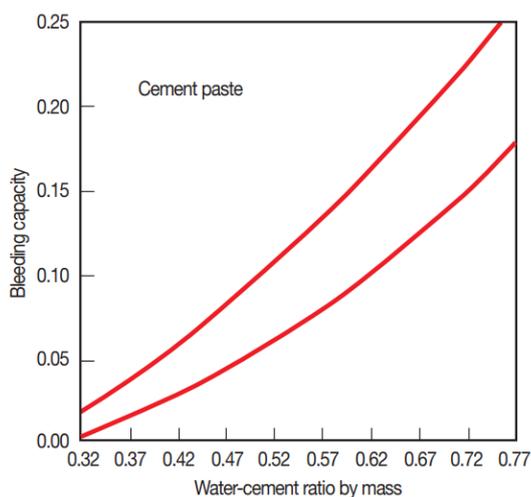


圖 23 水灰比對泌水量之影響[9]

(資料來源:Design and Control of Concrete Mixtures - The guide to applications, methods and materials)

(3) 施工與養護：

施工過程的過度振搗並不是將混凝土中比重較輕的摻合料或混合材振到了混凝土的表面，而是加劇了混凝土的泌水，使混凝土表面的水灰比增大；或當混凝土表層的水泥尚未硬化就灑水養護或表面受到雨水的沖刷時，亦會造成混凝土表面的水灰比增大，導致混凝土表面起粉、露砂。此外，在混凝土的施工與養護過程中，太陽暴曬或天氣非常乾燥的時候，表面水分的蒸發大於混凝土的泌水速度，將導致表層水分大量揮發，表層水泥得不到充分的水化，建立不起足夠的表面強度而產生“起粉”現象。因此，施工與養護方法應根據不同的氣候條件、不同強度等級的混凝土和不同品種的水泥而及時調整，保證混凝土在施工後至建立起足夠的強度之前有充分的濕養護而又不出現嚴重的泌水。

2. 混凝土板面起粉、露砂之改善與預防措施

要避免混凝土板面出現“起粉”現象，首先混凝土本身要具有較好的保水性，防止嚴重的泌水導致混凝土表層水灰比過大。從配比及組成材料的選擇出發，要注意控制水灰比(水膠比)不宜過大、高性能減水緩凝劑摻量不要過量，緩凝時間要適宜。砂、石粒料要符合規範品質要求，尤其要注意砂中 0.3mm 以下的顆粒含量。水泥的凝結時間不宜過長，比表面積不宜過小，顆粒級配不宜過分集中；同時，施工過程要防止過度振搗，施工後要注意及時養護。此外，在混凝土接近終凝時，可對混凝土進行二次抹面（或壓面），使混凝土表層結構更加緻密。

四. 結論

一般土木及建築等營建工程中，混凝土施工常見缺失，多肇因於現場施作時因應注意而未注意，同時施作過程監造單位未落實督導及要求，或現場承攬廠商施作人員未確實遵守各項設計規範及施工規範施工。

尤其模板組立工項之小缺失，若未在施作時及時發現，或混凝土澆置前的檢查未及時發現並改善，則將導致混凝土在澆置時產生各種混凝土品質缺失，亦或在混凝土澆置後未因應環境變化進行適當模板維護與調整，也會導致產生品質缺陷。這些混凝土缺失如要進行修繕復原，往往需要花費更多的時間與經費，也導致整體工程之外觀與品質難以提昇。因此，板模組立工程應確實依據施工圖說 (sharp drawing) 進行規劃施工，落實承攬廠商自主檢查及監造單位抽查驗，並同時輔以施工前會議並告知施工需求，同時搭配適當的混凝土泵送規劃，如此則可有助於確保執行過程中之施工品質，減少混凝土澆置後之品質缺失，提昇整體工程品質。

五. 參考文獻

1. 郭斯傑、曾惠斌，「建築工程系統模板自動化技術之推廣及應用」，內政部建築研究所(委託單位)，PP. 1，1998。
2. 中國人民共和國國家標準 GB 50204-2002，「混凝土結構工程施工質量驗收規範」，2002。
3. 中國土木工程學會、財團法人中興工程顧問社出版，「混凝土工程施工規範與解說[土木 402-94]」，2005。
4. 郭永芳，「混凝土、鋼筋及模板常見缺失」簡報檔，2013。
5. 廖肇昌、吳的恭、鄭振定、顏志欽、劉永輝編著，「混凝土問題診斷與處理對策」，財團法人中興工程顧問社，2007。
6. “303R-04 Guide to Cast-in-Place Architectural Concrete Practice”，American Concrete Institute Advancing concrete knowledge, PP 11, 2010.
7. 黃兆龍、蔡明谷，「預拌混凝土問題集錦」，詹氏書局，2007。
8. Concrete Information, “Concrete Slab Surface Defect: Causes, Prevention, Repair”，Portland Cement Association,pp 7.,
9. Steven H, Kosmatka and Michelle L. Wilson, “Design and Control of Concrete Mixtures - The guide to applications, methods and materials”，Portland Cement Association, pp.95, pp.101, 2011.