

第一章 緒 論

1—1 研究動機

我國經過近三十年之經濟建設經濟日益繁榮，國人對於居住方面的需求日益增多，建築工程營建施工隨著日益活絡。然而一般的營建業者對於施工之程序管制與市全管理查核之觀念，仍然採取敷衍而不重視的態度，導致施工失敗而引起之災害事件層出不窮，其所造成之傷害不僅成為業主與承造者財產與生命之損失，且對國家之資源損失和社會之公共安全之衝擊亦不可忽視。一旦施工災變發生，常以偷工減料及措施失當等理由含混於世，常不深究原因以求改善。長此以往，使類似之事件重覆發生，國人對建築之安全問題漸失去信心，這亦對主管建築工程單位成一大打擊。因此，尋找真正災變原因確切之後，更應針對該等原因綜合、歸納提出因應措施與對策，期可提醒相似之建築施工勿重蹈覆轍，使得在施工過程中達到安全之地步，施工品質亦更形提高。

過去國內在施工災害這方面之研究很少，至於損害臨房及施工災害鑑定案，較多者如建築師公會受人委託而完成者，多基於私密性理由，少公開發表過，因而本研究計劃將延續第二期計劃，繼續針對現有狀況加以克服，取得系列性實例研究個案，探討其原因並作技術性分析和研擬對應於各類災害之可行措施及對策。

1-2 研究內容

在第一期及第二期之研究報告中，對於導致建築施工災害之五大主要因素，已經作初步之分析，並透過相關之施工方法、技術之介紹及相關規範制度之研討，來提醒營建業對『建築施工災害』問題予以重視，並導正施工安全觀念，以提高營建技術層次；基本上前二期之研究報告，是綜合性探討災害事件之原因並就現行之營建規範制度作全面性檢討但是對於如何在設計施工過程中，因不當之人為措施而導致災害事件之重覆發生問題，仍然無法有效的提供營建界相關之安全資訊。有鑑於此，本期之研究內容將針對在建築施工過程中，於基土開挖工程、模板構築及支撐工程、鋼筋配置工程、混凝土灌注工程、及鋼構造工程等常發生失敗而導致災害之事件，進行分類調查並蒐集國內外建築施工失敗之事例綜合、歸納，嘗試以『圖例方式』作技術性分析，以期讓一般之營建業從淺顯易懂之現象中，吸取施工安全之觀念；並規劃而提供防止各類施工災害發生之『施工災害防治查核表』，其中以大範圍應特別注意且實行之查核項目為主，列舉其相關之查核事項，期望借由監造人員嚴格之查核管制工作，俾能避免災害事件之發生；更輔之以常見之施工災害作『個案深討』，期以提醒類似之工程能防患於未然。

經過幾次研討座談會議後，乃以六項子題為內容架構做綜合性探討：

- 1.法令與規範，
- 2.規劃與設計，
- 3.施工與驗證，
- 4.管理與執行
- 5.教育與訓練，
- 6.營建環境及其他。

本研究計畫之報告詳細內容分為七章，其主要重點如下：

- 第一章 緒論：簡述本研究計劃之研究動機、研究內容及研究方法與步驟；
- 第二章 基礎開挖工程造成災害事件之預防措施與改進策略探討；
- 第三章 模板構築及支撐工程造成災害事件之預防措施與改進策略探討；
- 第四章 鋼筋配置工程造成災害事件之預防措施與改進策略探討；
- 第五章 混凝土灌注工程造成災害事件之預防措施與改進策略探討；
- 第六章 鋼構造工程造成災害事件之預防措施與改進策略探討；
- 第七章 結論及建議。

1-3 研究方法與進行步驟

本研究計劃第三期（本期）之計劃架構如圖 1-1；計分為：文獻與資料蒐集、調查與訪問、統計與分析、探討與整理四大步驟。有關本研究計劃預期完成之全程工作項目，詳如下列：

- 一、第一期：（76年6月1日～76年12月31日）
 - 1. 蒐集得國內建築施工災害之文獻。
 - 2. 蒐集得國外尤以美、日及歐洲各國之建築施工災害報告等文獻。
 - 3. 初步調查訪問得基土開挖之施工法及其災變資料。

- 4.初步調查訪問得混凝土澆灌施工法及其災變資料。
- 5.初步調查訪問得模板構築方法及其災變資料。
- 6.初步調查訪問得鋼筋紮配及鋼構造接頭等施工方法及其災變資料。
- 7.初步分析各類災變之可能原因。

完成之報告爲『建築施工災害之調查及災害防止之研究(一)』
編號 15-01-77-04。

二．第二期：（77年1月1日～77年6月30日）

1.再調查訪問、記錄分析得

- (1)基土開挖之施工法及其災害資料及實況。
- (2)混凝土澆灌之施工法及其災害資料及實況。
- (3)模板構築方法及其災害資料及實況。
- (4)鋼筋紮配方法及其災害資料及實況。
- (5)鋼構造接頭施工法及其災害資料及實況。

2.研擬有關對應於各項導致施工災害原因之初步措施、方法及對策。

完成之報告爲『建築施工災害之調查及災害防止之研究(二)』
計畫編號 15-01-77-04。

三．第三期：（77年7月1日～78年6月30日）

- 1.繼續調查訪問及記錄分析如第二期1. (1)～(5)項。
- 2.依據學理、現有技術及國情環境，研擬消除建築施工災害之具體措施、方法及對策。
- 3.提出完整報告，編寫之內容易于瞭解，以供實際建築施工防止災害之指導及參考。

為配合文獻資料蒐集、調查訪問、統計分析、及探討整理四大進行步驟，本期之研究方法將依下列五項重點進行：

(1) 國內外建築施工失敗事件之文獻蒐集：

由此蒐集始可瞭解以往建築施工造成失敗與災害之事例，並在『營建簡訊』中開闢『建築施工災害』專欄，對於災害原因作適度之分析報導，以提供營建界相關之安全資訊。

(2) 國內建築施工災害事件之相關調查訪問：

由此調查訪問，深入了解全盤事件之真實災變事例。

(3) 類似事項之蒐證與記錄，以筆錄、錄音、錄影及拍照等方式進行之：

由此直接或間接記錄法，可以避免遺漏重要細節。

(4) 以歸納法或演繹法推測災害實況：

根據蒐集之資料及證據為基礎，以邏輯方法推斷災變實況，並設法在“營建簡訊”中作適度報導，期讓營建業者於施工時有所警惕，並作借鏡。

(5) 針對施工災害引起之原因，根據目前公認之學理及社會環境提出相對應之可行措施與改善對策，以供建築工程之監督者與施工者作參考，以達到防治施工災害之目的。

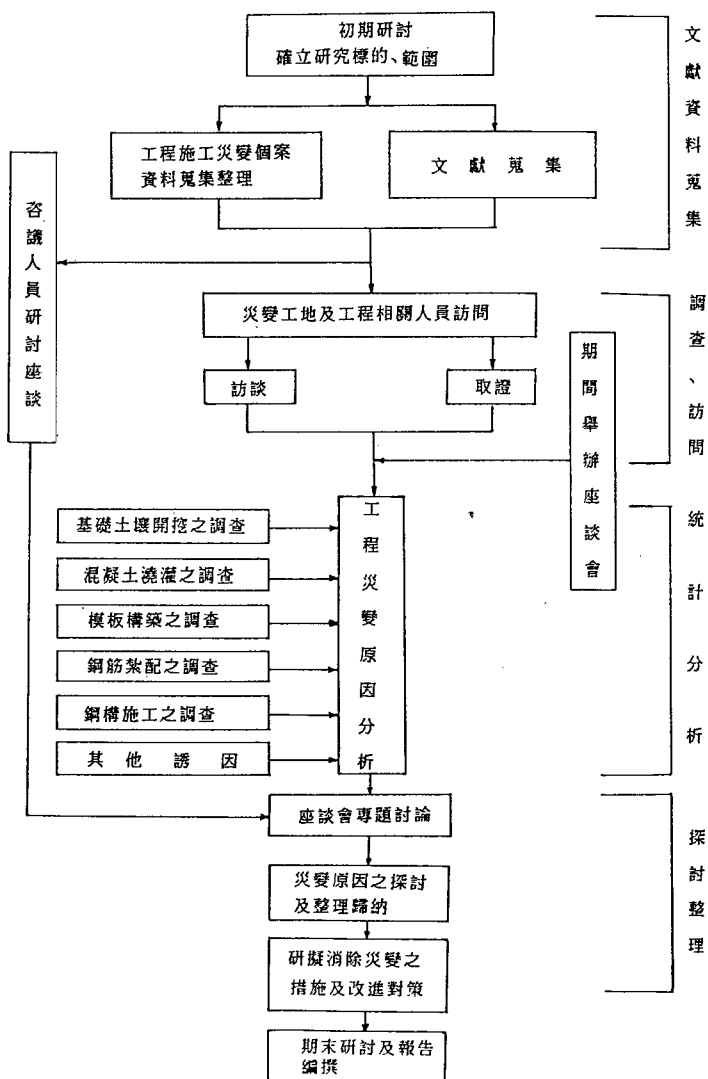


圖 1-1 本研究計劃第三期之研究架構

第二章 基礎開挖工程與施工災害

隨著經濟繁榮，人口成長，寸土寸金的情況愈趨嚴重，迫使都市的建築愈趨向高樓發展。以台灣為例，近年來超高層建築如雨後春筍般逐漸聳立在大都市中，在此同時，營造業面臨的技術問題也愈趨繁雜，尤其基礎開挖工程更是面臨考驗。由基礎開挖所造成的災害與糾紛層出不窮，從統計資料 [2-1] 中指出歷年來工程糾紛原因比率以鄰房損壞佔 71.47% 為最高，其原因則大多係由於基礎開挖的不當。在本計劃第一期及第二期調查報告中，顯示因基礎開挖所引起之災害案例為數甚為可觀，可見基礎工程在整個工程中的重要性。

2-1 基礎開挖工程災害原因及改進策略

基礎開挖工程造成災害事件之原因，根據本計劃前兩期之研究結果，概可分為下列六大主因：

- 一、鑽探資料不實。
- 二、基礎開挖及設計觀念不完整。
- 三、營造廠商良莠不齊且相互間惡性競爭
- 四、法規陳腐，缺乏明確之公式及設計準則可供設計引用。
- 五、施工及執法之因循，技師專業簽證制度不落實。
- 六、權責劃分不明確。

於表 2-1 分別以不同階段列出造成災害事件之原因及其改進措施與對策

表 2 - 1 基礎開挖造成災害之原因及改進措施與對策

階段	基礎開挖造成災害事件之原因	改 進 措 施 與 對 策
調查階段	※鑽探報告不確實〔一〕	• 訂定鑽探管理規則。 • 慎選技術、信譽良好之鑽探公司。 • 督導鑽探業確實依設計需求進行鑽探調查工作。
	※基地現狀資料取得困難〔二〕	• 建立完整之資料庫。 • 建立資料公開，利人利己之共識。
	※調查技術基準未能適合國內環境〔三〕	• 配合國內之地質特性，由中央主管單位確立統一基準，詮釋相關的資料數據。
	※未能遵照相關法規定設計〔四〕	• 定期研商修訂不合時宜之法令規章。 • 劃清權責，嚴格執行技師簽證制度。
	※缺乏可靠數據回饋設計層面〔五〕	• 開挖監測系統之推廣。 • 規定監測之項目，並要求在工程結束時呈報監測資料，建立資料庫。
	※設計者經驗不足或遷就現況〔六〕	• 實施專業技師分級制。 • 設計人員再訓練。

設計階段	※開挖面產生隆起現象	早期預測隆起，因應對策〔2-3〕 • 在被動區的地盤實施地盤改良，增加地盤之抗剪強度。 • 視必要採取島區式工法，先構築中央部份之地下結構體，並將其周圍邊坡部份予以分區開挖，再由此部份開始進行地下結構體之施工。 • 使用剛性較高之擋土牆，並使之貫入硬質地盤為止。 • 變更挖掘深度，淺挖，嚴禁超挖。
	※設計上的假設條件不完備〔七〕	• 分兩組以上人員進行分析並討論，再由經驗豐富之設計師作最後校核。 • 配合設計需求與現場實際情況，慎選適當的擋土壁體型式。 • 校核擋土壁體的勁度、貫入深度。 • 支撐之平面配置應慮及整體之均衡性，並注意細長比之影響。
施工階段	擋土壁體之貫入深度不足	• 實施分區開挖，分區及早澆置鋪底混凝土，增加入土部份之抵抗。 • 採用島區式開挖工法。 • 施以地盤改良。
	擋土壁斷面之不足	• 縮小橫擋之間隔（增加支撐設施）。 • 設置頂繫樑。
	擋土壁之彈性變形	• 利用油壓千斤頂施加預載荷重。

施 工 階 段	橫擋斷面之不足	• 縮小支撐之間距。 • 增加角撐。
	支撐架設時間之延遲	• 先行開挖開挖區之中央部份，架設支撐之前日再開挖開挖區四周所殘餘靠在擋土壁體上之邊坡。
	支撐之屈曲變形	• 增加橫撐，減少屈曲長度。 • 支撐材上禁止堆放額外載重。
	因支撐內應力變化而引起之斷面不足	• 增加補強支撐。 • 避免日光直射。
	※支撐設施過早拆除或裝置不當〔八〕	• 確定回填及支撐等作業已完成，始可拆除。 • 改由擋土壁與地下結構體間所設置之支撐支持土壓。 • 支柱與樓版間設置拱材補強之。
地 下	砂湧	• 降低地下水位。 • 採用水中開挖方式施工。 • 擋土壁體深入不透水層內。 • 加長擋土壁體之入土深度。
	※1.導牆之破壞或變形	• 選擇適當的導牆斷面。 • 導牆的鋼筋按設計位置確實排列。 • 導牆下若為軟弱地盤，則先作地盤改良，或使用較深之導牆。 • 增加導牆內側之支撐強度或縮短支撐之間矩。 • 增大導牆上之作業用鋼熬版，以分散施工機具之載重。

連 續 壁 施 工 〔九〕 〔2-4〕		• 拆除已破壞或變形之導牆，作地盤改良後重新構築導牆。
	※2.開挖壁面的崩坍	• 選擇適用之皂土。 • 保持低位穩定液之液壓。 • 作業暫停或停止開挖時，開挖機具須抽出，嚴禁機具留置於深槽內。 • 確保開挖機與開挖側壁間之淨空間。 • 機具卡住，若是由於黏泥之沈積；則以噴水或空氣吸筒等方式去除黏泥，若是由於黏泥之貼附，則以鐵板插入其貼附部份，切斷其黏附性。
	3.鋼筋籠之變形或破壞	• 吊放時採用與鋼筋籠同寬之吊架（H型鋼所製成）。 • 增加斜向鋼筋補強。 • 縱向接頭採用銲接。
	4.鋼筋籠放入困難	• 若溝槽壁面彎曲，則先作深槽之修正挖掘。 • 保持分隔器與開挖壁面之淨空在20~50mm左右。 • 接續鋼筋籠時，在直角兩方向上裝置經緯儀，確認其垂直精度，再實施紮線、銲接。
	5.澆置混凝土時特密管抽拔過快或卡在混凝土內	• 測定混凝土豎立面的高度，確定後再抽拔特密管。 • 改以底蓋式特密管取代，先使其前端部份插入混 • 免不必要的灌注中斷，若非不得已必須中斷時，應將密管埋入深度提升到最小限度，並經常上下移動或轉動。

地下連續壁施工	6.鋼筋籠上浮	• 導牆上裝設錨碇設施，藉以固定鋼筋籠。 • 降低初期混凝土之灌注速度。 • 排除溝底之黏泥。
	7.壁體單元間發生漏水	• 漏水量不大時在滲漏處鋪設防水砂漿。 • 水壓高時先採取排水，鋪設薄片於漏水處，再以藥液灌注。 • 滲漏時若夾雜大量砂土，無安全顧慮後才可移去砂袋。

2-2 災害原因及改進策略之補充說明

基礎開挖工程造成災害事件之原因及其改進措施與對策之補充說明如下：

〔一〕鑽探報告不確實

1.原因說明：

充分詳實的事前調查，才能提供正確的設計依據。目前國內鑽探業水準不一，爲了競標往往又不惜以低價搶標，加以法令規章尚乏完善的管理規則，遂發生劣幣驅逐良幣之情形。尤有甚者，有些鑽探業根本未施做鑽探，亦能杜撰出鑽探報告。此外國內鑽探工人普遍素質不高，欠缺專業知識及敬業精神，在此狀況下之鑽探結果常令設計者存疑。

2.改進對策說明：

- (1)鑽探業水準參差不齊，國內又無法規管理，故宜儘速訂定鑽探業管理規則，規定鑽探公司的權責，提高鑽探施工之品質與水準。
- (2)在當前鑽探業管理未上軌道之前，對於所擬委託之鑽探公司宜作好技術與信用之事前調查，再委託信譽良好者施工。
- (3)依照一般業主與建築師之契約條文規定，鑽探經費由業主負擔，此鑽探工作也多由業主直接接委託鑽探公司鑽探，再交由建師參考使用。但一般業主爲了省錢且缺乏專業知識，且建築師常無法有效督促鑽探公司確實進行鑽探工作，結果使鑽探報告不是不確實就是流於形式。如能重新定位專業技師負責督導鑽探公司進行鑽探，如此，所得的鑽探報告可能較可靠完善。

〔二〕基地現狀資料之取得困難

1.原因說明

基礎開挖之進行，常需設計一些防護措施，而這些設計必先掌握鄰近構造物之狀況，如其基礎之位置與構造形式等，使工程得以順進行，並避免危及這些周遭現有設施，造成災害事故。但是，這些資料的建檔常不完整，對老舊的建築物而言，這類資料更是缺乏，致使調查不易，設計時常需自行假設基地之可能情況，遂可能因此造成錯誤的設計。

2.改進對策說明

規定建築工程須提交基地現狀資料予建管單位，施工中之工程亦應將開挖中所觀察得之特殊狀況資料，送交建管單位作為佐證或修正之用，避免因錯誤的資料而影響設計。其次，建立『營建資訊共享』的共識，突破自私的心理，公開彼此的資料，建立完整的資料庫，便利於使用者之資料查詢。如此非但可減少施工中可能遭遇之困難，降低工程成本，更可避免工程災害之發生。

〔三〕調查技術基準未能合乎國內環境

1.原因說明：

中央標準局雖然對鑽探調查的試驗項目，現場試驗及室內、室外試驗已擬有標準，但由於所引用的多是國外資料，並未考慮國內的地質特性。部份判斷的經驗公式，經常眾說紛紜，例如標準貫入N值就有下列不同的說法：

Bazaraa (1967)及Peck and Bazaraa (1969)氏之建議公式[2-3][2-4]

$$N_c = \frac{4 N_f}{1 + 0.04177 \sigma'}, \text{ (當 } \sigma' < 71.82 \text{ KN / m}^2 \text{)}$$

$$N_c = \frac{4 N_f}{3.25 + 0.01044 \sigma'}, \text{ (當 } \sigma' < 71.82 \text{ KN / m}^2 \text{)}$$

$$N_c = N_f, \text{ (當 } \sigma' < 71.82 \text{ KN / m}^2 \text{)}$$

其中 N_c = 相對於 $\sigma' = 7.82 \text{ KN / m}^2$ 時之改正 N 值

N_f = 現地測得之 N 值

σ' = 有效覆土壓力 (KN / m^2)

Peck . Hanson and Thornburn (1974)建議下列公式[2-5]:

20

$$N_c = 0.77 N_f \log \left(\frac{20}{0.0150 \sigma'} \right), \text{ (當 } \sigma' \geq 23.9 \text{ KN / m}^2 \text{)}$$

$$N_c = N_f, \text{ (當 } \sigma' = 95.6 \text{ KN / m}^2 \text{)}$$

$$N_c = C_n N_f, \text{ (當 } \sigma' < 23.9 \text{ KN / m}^2 \text{)}$$

式中 C_n 爲一修正因數, C_n 和 σ' 之變化亦於下表:

表2-2 C_n 和 σ' 之關係

σ' (KN / m^2)	C_n
0	2
6	1.8
15	1.6

目前國內尚無明確可循之統一基準，資料數據的詮釋，常隨使用者而異，造成認定上的諸多差異。

2.改進對策說明：

引用國外資料，需特別注意國內外環境的差異性，再由中央標準局或其他相關機構訂定統一的基準，尤應鼓勵國人針對國內之地質特性做研究探討，使經驗公式更能符合國內之現況，便於使用者參考使用，避免差異的詮釋。

〔四〕未能遵照相關法令規定設計

1.原因說明：

國內現行基礎開挖設計之依據為『建築技術規則』建築構造篇及基礎構造設計之相關規定；設計者為了安全起見，往往會提高安全係數，或參國外規範規定，但承包業者或業主為了獲得更多的利潤，經常對設計者作不合理之節省要求，設計者或考慮不周或因應業主或承包業者之節省要求遂罔顧法令規定作成安全係數不夠之設計，常導致工程災害之發生。

2.改進對策說明：

按『建築技術規則』建築設計施工篇防空避難設備第141條中之規定（附建標準），三至四層建築物，按地面層樓地板面積四分之一附建，五至六層建築物，按地面層樓地板面積三分之一附建，七層以上建築物，按地面層樓地板面積全部附建，若照此規定六層樓以下之建築物，除非地下室置於中央，否則必產生偏心結構，不均勻沉陷的現象較易產生。如能修訂規範以鼓勵三層樓以下建築物的地下室建造為同地面層樓地板面積全部附建，部份空間做為停車場，部份做為防空避難場地，則非但可以疏解日趨嚴重的停車問題，對結構體本身也更具安全性。五層樓以下的建築物，基地不良上之建築物，基本上不鼓勵在都市中興建，尤其在現今寸土寸金一

屋難求，一地難尋的情況下，高樓發展是必然的。超高層建築的審核標準宜速訂定，現行法規常落於實際需求之後，未能適時反應時代需求，結果總以個案方式審核，經過一段時間之後，才見立法；也就是說，對於新工法或新觀念，在開始之初，尚無相關法令規定，欠缺遵循之依據。

劃清權責，嚴格執行技師簽證制度，目前多種技師可執行基礎工程的簽證，但該等技師未必為大地方面的專才，其考慮可能較不周詳，欲各專業技師專司其職，各盡所長，應賦予相當的權責。並且嚴格執行專業技師的處罰條例，對於所負責的工程若造成重大災害者，可考慮吊銷其執照，如此，專業技師在設計或簽證時更會注重工程的安全。

〔五〕缺乏可靠數據供給設計層面

1.原因說明：

大地工程中尚存有許多未知因素，在引用之設計公式中，亦存有許多假設條件，甚至直接引用經驗公式，這些未確定之因素中，實際狀況與設計時之假設情況常因地而異，因此在設計時常有過與不及之情況，造成浪費與危險。如能建立數據的供給系統，反應到設計單位，適時調整不當的設計，必可降低災害事件的發生。

2.改進對策說明：

建立監測系統，其使用之主要目的如下：

- (1)在施工過程中，提供預警作用，得以立即採取有效補救措施，減少災害的發生。
- (2)檢核設計之正確性，必要時變更設計，避免「過與不及」的設計，減少不必要的浪費與災害的發生。
- (3)透過監測系統，瞭解各施工階段的影響程度，能確實掌握施工情況的變化。萬一發生災害，可做為判斷責任的依據，可瞭解災害發生的原因。

(4)回餽到設計層面，改進設計的正確性，減少不確定的假設因素，提昇設計之準確度及品質。

(5)消除鄰屋第三者因工程施工所帶來的不安，改善施工單位與第三者間的關係。

雖然監測系統有以上的好處，但是國內一般業者尚往往抱著「能省則省」的心態，大多不願作監測的投資，又即使做了監測系統，事後又無專責機構整合資料及建立資料庫的工作，無法有效的掌握與應用這些寶貴資料，建議由營建署建立起資料庫，回餽到設計層面，作進一步深入研究，探討更可靠確實的設計基準。

六) 設計者本身實地經驗不足或遷就現實之要求

1.原因說明：

設計工作必須融合專業知識與實地工作經驗，兩者相互配合，才能達到完美的設計。如果設計者本身欠缺實地的工作經驗，對施工順序及施工機具設備的特性等缺乏充分瞭解未能掌握，故其所設計的結果難與實際相配合，致使施工過程中徒增困難，甚至釀成災害。另外，因為基礎開挖的擋土設施屬於臨時性工程，業主大多不予重視，設計者經常爲了迎合業主之心理，不惜減少應有的擋土設施，常會因小失大而造成災害事件。

2.改進對策說明：

目前國內技師的資格認定，雖需經工作經驗審核及專業技師考試通過後，才核發技師執照，立意雖佳，但仍存在著許多弊端。建議實施技師再教育制度，應分區定期舉行座談會及研討會，交換彼此的工作心得，強調安全的重要性。對雖然只是臨時性之作業仍應確保工程的安全，順利完成工程。

〔七〕設計上的假設條件不完備

設計上的假設條件不完備所造成的工程災害〔2-2〕〔2-6〕，主要是因為鑽探資料不全，對於現狀資料瞭解不詳，或設計者本身的專業知識或實務經驗不足，導致資料研判的不正確，假設不當等。大致上這些設計上的假設條件不完備，概可分為下列三項：

- (1) 水壓力與土壓力分佈形狀的研判不當。
- (2) 擋土壁體或止水壁體選擇不當或貫入深度不足。
- (3) 支撐系統設計不當。

原因及改進對策說明如下：

(1) 水壓力與土壓力分佈形狀的研判不當

水壓力隨著地下水的變動而改變，而地下水又隨著季節、降雨及人為的抽取等因素而改變，若要確切得知地下水位的位置，則需要長時間的觀測，一般的鑽探作業無法滿足此一要求，大多以短期的觀測結果，推估最有可能的地下水位，提供給建築師設計，其推估與實況可能存在著相當之差異。

土壓力分佈的形狀會隨著土壤狀況、地下水高低及其結構型式的不同而有所不同，會造成土壓力分佈形狀的研判不當，而低估了實際土壓力，致使擋土設施的設計強度不足。

水压力的研判，除了以鑽探報告為依據外，設計者更要考慮最不利的狀況及其可能性，針對不利的情況，加以分析、比較及設計。土壓力的判斷尤為重要，尤其是主動土壓力區與被動土壓力區的劃分，其間大小相差甚鉅，因為被動土壓力係數等於主動土壓力係數的倒數 ($K_p = 1 / K_a$)，所以在研判時，建議分兩組以上的人員進行分析及討論，再由經驗豐富的設計師作最後的校核。

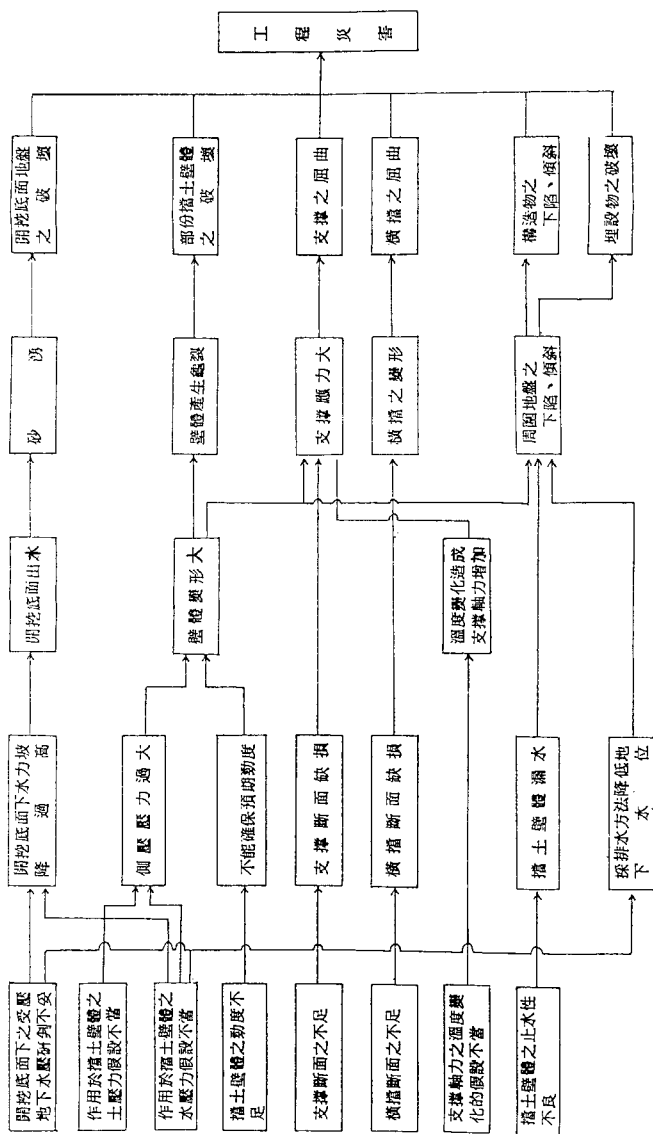


圖 2-1 設計不完備形成之影響連鎖圖

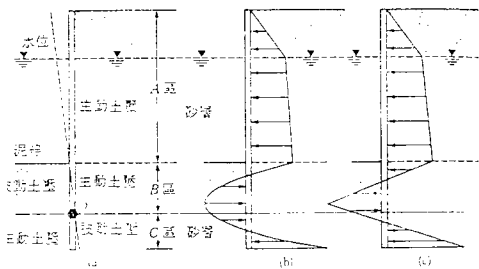


圖 2-2 深入砂層中的懸臂式板樁牆

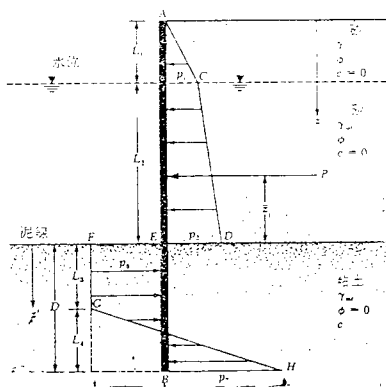


圖 2-3 貫入粘土層中之懸臂式板樁牆

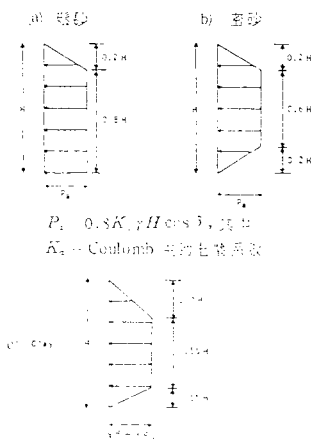


圖 2-6 Terzaghi 和 Peck 設計支撐系統之壓力分佈圖
 (取自 Terzaghi 和 Peck, 1948)

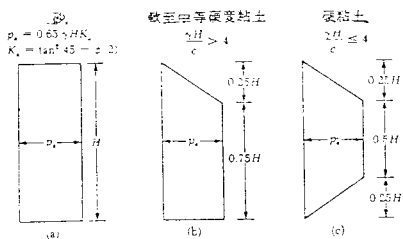


圖 2-7 砂土及粘土中支撐 Peck 氏壓力包絡線

(2) 擋土壁體或止水壁體選擇不當或貫入深度不足

一般常用的擋土壁體可分類如下所示：

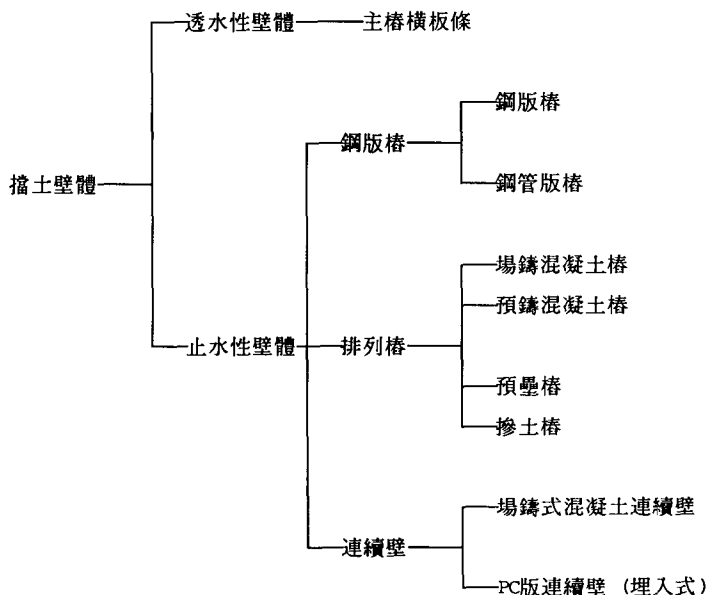


圖 2.8 擋土壁體之種類

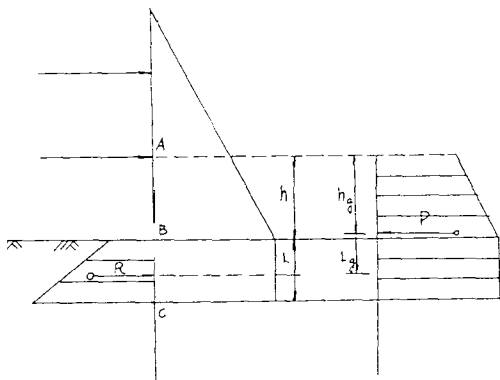
不同的擋土壁體有不同的特性，其優、缺點之比較如表 2-3 所示，各有其適應的狀況與條件，如果選用不當的壁體，必會造成施工的困擾，甚至工程的失敗。例如，在需要止水的開挖情況下，若使用透水性壁體，常會遭致失敗，此外壁體的貫入深度不足，也會造成擋土強度的不夠。

表 2 - 3 擋土壁體之優缺點

擋土壁體	優點	缺點
主 樁 橫 板 條	1.工程費較便宜。 2.使用之材料採購容易。 3.施工簡單、迅速。 4.地下有埋設物時，施工上較容易。 5.拔樁作業簡單，主樁可再次使用。	1.有湧水時施工困難。 2.有可能產生隆起，砂湧之現象。 3.遇有卵石或堅硬之岩層，主樁不易打入。 4.止水性差。
鋼 板 樁	1.鋼板樁係工廠製品，故其強度、品質、接縫精度等之可靠性高。 2.鋼板樁可重複使用。 3.剛性較大。	1.地中有埋設物時不能連續打入。 2.遇到礫石層、卵石層則打設困難。 3.噪音、振動大。

鋼 板 樁	4.水密性高。 5.具有強度，適用於較深之開挖	
排 樁	1.設計時可任意選用所需勁度。 2.噪音、振動問題少。	1.礫石、卵石層施工不易。 2.排樁本身的止水性不佳,常須採用其它輔助工法止水。
連 續 壁	1.施工中無噪音及振動等公害。 2.壁體剛性大，變形小，週圍地盤沉陷小，地下埋設物不致受損，適於市區內施工。 3.壁厚及配筋可配合所需承受壓力而設計，故適用於較深之擋土牆。 4.壁體具水密性，可得到較佳之止水壁，免除將來地下室開挖時大規模之抽水作業。 5.施工範圍可達基地境界線，因而提高基地使用面積。 6.亦可作為地下體結構物使用	1.工程費高。 2.遇卵石層施工不易。

貫入深度的校核如下圖：



$$M_s = P h_e$$

$$M_r = R (h + l_g)$$

$$\frac{M_s}{M_r} \geq 1.2$$

P : A 點以下的主動土壓

hg : 由 A 點起至主動土壓重心止的距離

R : 抵抗 (被動) 土壓

lg : 由 B 點起至抵抗土壓重心止的距離

圖 2-9 擋土壁貫入深度之計算：

(3) 支撐系統設計不當：

支撐一般以鋼材為主，雖然材質均勻、強度高，但是由於長度有限，往往需要接合組立；基地平面大，則接合處多，若接合精度不良，則易產生變形，在擬定支撐架設計計劃時應對支撐架構中之弱點部份詳加檢討。

支撐屬壓縮材，類似於柱，所以在計劃上應注意下列事項：

- 甲．支撐在設計時要考慮細長比，故對屈曲及斷面，均須一併檢討，因支撐上可能有材料堆置及工人走動，故通常以 300 kg/m 為其負載而視為壓縮彎曲材，以如此方式進行檢討。
- 乙．支撐之平面配置應考慮整體之均衡性。
- 丙．支撐應避開柱、樑、牆、樓梯〔尤其對室內 R、C 牆樓梯較為人疏忽〕。
- 丁．支撐一般採用鋼材，溫度變化的影響很大，設計時必須考慮溫度效應之影響。

〔八〕支撐設施過早拆除或拆除不當

1.原因說明：

支撐設施目的在承受擋土壁體所傳遞的側向土壓力，若在回填土及換置支撐作業未完成前，過早拆除支撐設施或支撐裝置不當，例如中間樁位置不當，應力分佈不均，接續處的強度不足，又如支撐拆除時支撐柱之上下支點間隔增長，致使部份應力無法有效傳遞，均可能導致工程災害的發生。

2.改進對策說明：

支撐設施應在回填或換置支撐作業完成，並確定其絕對安全後，始可拆除。支撐設施拆除後，側向土壓力應由擋土壁與地下結構體所設置之檔木，或由樓版支持之，如圖2-10。非不得已避免使用地下外壁之豎立牆支持土壓力，如圖2-11，豎立牆宜設置小樑成斜支撐補強之，如圖2-12及圖2-13。為避免拆除支撐時，使支柱之上下支持間隔增長，可在支柱與樓版間以拱材補強，如圖2-14。

〔九〕地下連續壁施工

1.導牆之破壞或變形

設置導牆的目的約略有下列幾項：

- (1)防止施工中地表面的土壤側面崩坍。
- (2)作為地下連續體開挖時水準，水平，垂直等測定之基準，便於定出開挖及壁體分割的位置。
- (3)支承開挖機、鋼筋籠、及特密管等施工人員及機具的重量。
- (4)防止穩定液之逸散及雨水流入開挖溝槽，並作為穩定液之貯留槽。

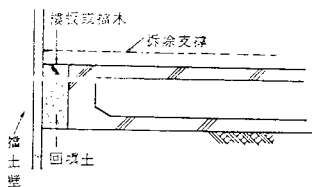


圖 2-10 利用樓板或擋木加以支撐

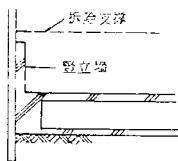


圖 2-11 利用豎立牆加以支撐

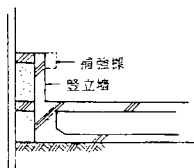


圖 2-12 以小樑補強

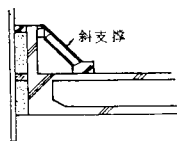


圖 2-13 以斜支撐補強

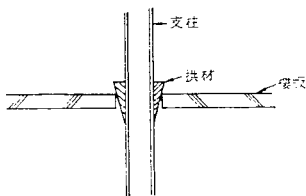


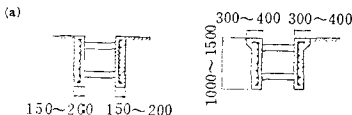
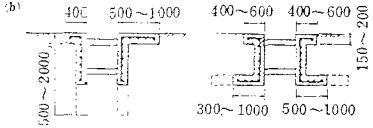
圖 2-14 支柱以固定

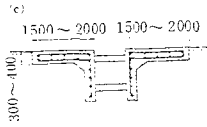
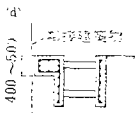
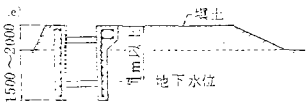
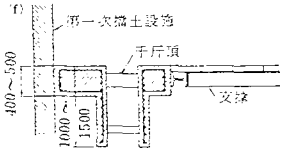
開挖中，導牆若產生破壞或變形，則將導致施工災害的發生，而引起導牆破壞或變形的原因如下：

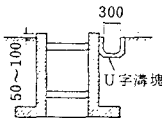
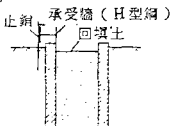
- (1)導牆本身的強度與剛性不足。
- (2)導牆下方的地盤軟弱或地盤有崩坍或沖刷情形發生。
- (3)內側的導牆支撐不足。
- (4)導牆上的荷重過大。

表 2-4為配合各種施工條件之場鑄混凝土結構導牆的斷面，僅供選擇之參考。

表 2-4 場鑄混凝土結構導牆

導 牆 斷 面	適 用 條 件
(a) 	• 地表地盤良好（堅實之黏性土）。 • 地盤強度可靠。 • 導牆上的荷重小。
(b) 	• 地表地盤強度不高。 • 崩坍性特高之砂或回填土。

c) 	導牆上的荷重很大。可按荷重大小調整外伸部之寬度。
d) 	鄰接構造物必須採取防護措施者。
e) 	地下水位高或很難以點井排水。
f) 	道路下施工等作業版面在地下者。

(g) 	• 為確保穩定液之溢流。
(h) 	• 配合厚斗式開挖機使用。

2. 開挖壁面的崩坍：

開挖壁面的崩坍往往造形嚴重的災害發生，原因大致如下：

- (1) 由於滲水或人為的疏忽，造成穩定液液面降低，超過安全範圍。
- (2) 使用不當的穩定液。
- (3) 因為雨水使得地下水位快速上升。
- (4) 地下水滲入開挖面，使得穩定液濃度降低。
- (5) 過度的地盤振動。

穩定液在施工安全中扮演著極其重要的角色，而不同的地盤條件所需要的穩定液性質亦有所不同，在使用時就應針對所需特性來調整穩定液。

3. 鋼筋籠之變形或破壞：

鋼筋籠在吊放時通常在安裝懸吊處及接頭部份，由於應力集中易造成鋼筋籠的變形或破壞，因此在可能變形處施以斜向鋼筋補強，吊放時宜使用吊架與支柱配合施工。

2-3 基礎開挖工程查核表

基礎開挖工程查核表

檢查區域：

檢查日期： 年 月 日

工務部	主 任	檢查員

區 分	檢 查 事 項	注 意 事 項	再 度 確 認
施 工 計 劃	1.土壓力之計算是否正確?		
	2.擋土壁體及支撐方法之選擇是否合理?		
	3.擋土壁體之貫入深度是否足夠?		
	4.隆起、砂湧是否可能發生?		
	5.抽排水計劃是否妥善?		
	6.人員、機具之配合是否適當?		
	7.開挖機械與搬運機械之能力是否均衡?		
	8.工程施工對鄰房是否會造成損害?		

區 分	檢 查 事 項	注 意 事 項	再 度 確 認
一般擋土壁體之施工	1.基地地盤狀況是否已予檢討？		
	2.施工中的排水措施是否妥善？		
	3.施工機械安置情形是否合乎安全要求？		
	4.是否已實施施工機具之安全檢查？		
	5.施工是否按計劃進行？		
	6.是否須變更施工計劃？		
	7.施工中若發生砂湧、隆起，其因應措施如何？		
	8.施工時對噪音、振動之防護措施如何？		

排 樁 、 連 續 壁 壁 體 之 施 工	1.檢查施工時所挖出土壤與鑽探結果是否 符合？		
	2.連續壁體之斷面，是否適當？		
	3.鋼筋籠的防護措施如何？吊放時是否可 能斷落？		
	4.反循環樁或連續壁鉗掘底部之沉泥是否 確實抽除？		
	5.混凝土品質是否符合設計要求？		
	6.鋼筋的保護層是否足夠？		
	7.有無檢核特密管插入混凝土的長度？ 特密管的抽拔速度是否適當？		
	8.挖掘的深度，是否符合設計要求？		
	9.挖掘土及廢液的處理，是否妥善？		
	10.施工機具的配置位置是否恰當？		
	11.穩定液的處理有無造成公害？		

主 樁 橫 板 條 之	1.鋼軌樁的製品檢查，包括使用的種類、 型式及斷面，有無加以檢討？		
	2.地下障礙物是否清除？		
	3.施工前，對基地是否已完成充分的調查？		
	4.打樁位置確定與否？		
	5.排水因應措施是否週詳？		
	6.對於施工中產生的噪音、振動有無檢討 ？其預防措施為何？		
	7.施壓機具使用前，是否做好安全檢查？		
	8.打入之深度有無記錄？		
	9.背填土是否確實？		
	10.橫板條的置放是否適時？		

施 工 主 樁 橫 板 之 施 工	11.楔木是否塞緊？		
	12.與不同材料之擋土牆接合處的處理是否完善？		
	13.隆起現象的因應措施如何？		
	14.是否有超挖情形發生？		
	15.有無定期檢查背填土是否流失？		
	16.檢討回收主樁是否會影響到鄰房之安全？		
	17.拔樁作業如機具在地下室，外牆或頂板上施拔時，有無考慮結構強度及作用力之位置？		
	18.拔樁作業使用之鋼索，磨損或破損之情形如何？		
鋼	1.鋼板樁使用之種類，型式及斷面有無加以檢討？		

板 之 施 工	2.板樁之尺寸是否受到打樁架高度及搬運等之限制？		
	3.板樁材料，是否彎折，扭曲或變形？		
	4.打樁位置是否確定？與地下室外牆宜在60公分以上。		
	5.鋼板樁若有接合部份，是否牢固？		
	6.施工產生的震動及噪音的防護措施是否符合規定？		
	7.施工機械使用前是否實施安全檢查？		
	8.鋼板樁間的銜接是否良好？		
	9.與不同材料之擋土牆接合處之處理，是否完善？		
	10.支撐之位置是否適當？		
	11.拔樁時，四周如有高壓電纜時，是否		

	考慮作業方向之變更，預防觸電之措施？		
預 鑄 混 凝 土 板 樁 之 施 工	1.地下障礙物是否調查清楚？		
	2.材料是否有彎曲、斷裂、破損？		
	3.樁的接合是否牢固？		
	4.施工之噪音、震動有無因應對策？		
	5.樁頭是否墊有樁帽？		
	6.擋土支撐是否適當？ 有無必要增加斜撐？		
木 板	1.檢討木板樁之材料、形式、斷面及木板 樁本身之強度？		
	2.打樁用機具設備是否已實施安全檢查？		
	3.木板樁是否有彎折、扭曲或變形？		
	4.木板樁接合處是否牢固？		
	5.打設深度及板樁長度是否檢討？		

樁 之 施 工	6.打樁位置是否已確認?		
	7.地下障礙物是否調查清楚? 處理對策如何?		
	8.打樁用錘之倒轉防止裝置, 是否檢查?		
	9.樁頭及樁端有無補強之?		
	10.為避免木板樁打設時彎曲或斷裂, 事前是否先行檢查? 補強措施為何?		
	11.鄰接木板樁的防止下陷處理, 是否完備?		
	12.有無記錄打擊次數及最終下沉量?		
	13.打樁後受損之樁頭如何處理?		
鋼	14.支撐設與挖掘進度, 是否配合得當?		
	1.是否檢討各施工階段之材料應力?		
	2.鋼支撐之材質, 形式及斷面是否加以檢討?		

製 擋 土 支 撐 施 工	3.支撐之架構平面配置是否適當?		
	4.支撐架設的順序，有無依短邊先行架設之原則進行?		
	5.支撐受力後之變形防止措施如何?		
	6.支撐之補強措施是否確實?		
	7.材料之接合是否牢固?		
	8.支撐之接合位置是否避免在同一線上?		
	9.預力加載的施加順序及位置，是否予以檢討?		
	10.應變計之裝設位置及裝設數，是否予以檢討及檢查?		
	11.土壓計之裝設位置及裝設數，是否予以檢討及檢查?		
	12.防止支撐側移之措施是否完備?		
	13.有無考慮支撐材料受溫度變化之影響?		

	14.支撐上是否放置過多的負荷？		
	15.在支撐解體後，支撐材料搬出之開口大小及位置有無考慮？		
	1.是否檢討支撐架構的斷面、間隔及形式格局？		
鋼 筋 混 凝 土 支 撐	2.擋土壁體與橫擋之密著性是否良好？		
	3.橫擋、支撐之中心線是否避免在同一線上？		
	4.接合處的部份是否完妥？		
	5.若與鋼材混合使用，施工前 是否加以檢討？		
	6.支撐與外牆接合處之預留鋼筋，是否加以檢討？		
	7.支撐設施有無積載荷重作用限制？是否超過裝載負荷？		
	8.預埋錨栓處有無詳加檢討？		

之 施 工 開 挖	9.挖掘時，是否先確認混凝土的強度？		
	10.支撐設施的預載是否確實？		
	11.支撐設施的變形是否加以考慮？		
	12.支撐的安全性是否已予檢討？		
	13.支撐拆除時應力的分配傳遞，是否列入考慮？		
	1.施工便道是否夠穩固，不致坍塌？		
	2.人員、機具調配是否完備？		
	3.工地安全防護措施是否完善？		
	4.開挖深度是否過深？		
	5.開挖出之土壤與鑽探資料是否符合？		
	6.排水處理是否確實？		
	7.基礎開挖之監測作業是否執行？		
	1.觀測位置之選定原則 • 是否設置於基礎開挖時土層側移較大之處？		

擋 土 壁 外 土 層 移 動 觀 測	• 是否設置於緊鄰擋土結構外側不妨害施工進行之處？		
	2.傾度儀觀測管之埋置 • 是否貫入堅硬土層（礫石層或岩盤）至少10公分以上？ • 觀測管四週是否填砂或灌漿予以固定？		
	3.觀測期間 • 雙軸感應器是否與傾斜儀導套管之管底接觸？ • 雙軸感應器是否在管底停留3~5分鐘再升起量測？ • 雙軸感應器是否按每50公分為一單位實施量測，直至管口？ • 基地開挖前是否已建立初始值，並於每一階段的挖土前後，水平支撐施加預壓前後或每次澆置混凝土前後均觀測一次？		
	4.結果分析 • 分析土層側移量，是否超出安全容許範圍？ • 是否預先規劃緊急應變之措施？ • 緊急應變之工料是否已準備？		

鄰 接 建 築 物 觀 測	1.傾斜觀測 • 開挖後鄰房的傾斜量是否在允許範圍之內？		
	2.裂縫觀測 • 開挖前後，裂縫的大小是否作成記錄？		
	3.沉陷觀測 (1)觀測位置 • 是否平均分佈於沉陷影響範圍內？ • 於主要控制安全之建築物及道路是否均設置觀測點？ • 是否於基礎版施工時，於基礎版頂部安放觀測釘？ (2)觀測釘之埋設是否穩固？ (3)觀測頻率 • 是否平均每週一次？ • 是否在開挖前後各加測一次？		

	(4)結果分析 • 根據裂縫大小及沉陷觀測結果判斷 開挖對鄰房的安全是否有影響？		
土 壓 觀 測	1.是否在不同深度處裝設土壓計？		
	2.土壓計之受壓面與開挖側之土壤是否確實接觸？		
	3.地下室開挖時是否每週觀測二次，必要時每天一次？		
	4.是否配合水壓計之觀測，計算有效土壓力對擋土結構之影響？		
水 壓 觀	1.是否依需要在基地四周各側土層內不同深度處埋設水壓計？		
	2.水壓計之埋設深度是否在地面下預定理設深度以下約50公分？		
	3.水壓計本體上方及四周是否均填以砂料以確保透水性？		

測	4.基地不抽水時是否視土質情形每二至五天觀測一次？抽水時是否每天一次？		
擋土 結構	1.傾斜儀觀測管接妥後是否封上頂蓋及底蓋？傾斜儀是否確實已固定在鋼筋籠內？		
變形 之 觀測	2.澆置混凝土前，觀測管內是否以清水灌滿？		
	3.開挖施工中是否每日觀測二次？		
擋土結 構應力 之觀測	1.是否考慮在擋土結構承受側壓力較大處之單元內選擇二支主鋼筋，於其內外側裝設鋼筋計？		
	2.是否每二天觀測一次，必要時每天一次？		
支撐之 應力觀 測	1.預定裝設應變計處之型鋼表面是可先將油漆及鐵鏽磨光？		
	2.支撐應變計之裝置是否確實穩固？		

2-4 案例說明

一. 案 例 一

設施種類：集合住宅

問題類型：新建工程引起鄰房傾斜

影響因素：工程的施工時對鄰房的保護措施不足

事件敘述

本事件發生在一棟新建住宅大樓（十二層）施工時影響到鄰房（地下一層，地上四層），造成鄰房的嚴重傾斜。

該新建工程施工前該基地原為一山溝，地勢由北向南傾斜，緊臨該基地已建有兩幢四層樓集合住宅。當新建工程在進行時，發現緊臨的兩幢建築物發生傾斜及破裂損壞等情形。

鄰近新建工程的原有建築物，在樓房正面建有部份之地下室作為基礎，但在樓房之背面側（靠近新建工程側）之基礎則為獨立基腳。基礎面與原地面同高，而新建工程之基礎採樁基礎型式，施工時部份採沖擊式施工法。然而在新建工程施工期間，發現新舊建築物皆向著緊臨側傾斜，尤其原有鄰房的傾斜斜率約為 0.9% ~ 1.9%，並有部份破裂現象。

技術分析

綜上所述，造成本次災害的發生原因，就技術層面而言可歸納為：

新建工程基樁部份之施工採用沖擊式施工法，雖然基地週圍以預疊樁作為圍束及保護，但該基地及附近之表土層為沉泥質細砂層，其標準貫入試驗之 N 值相當低，因此當沖擊法沖樁時所產生的振動極易使該表土層產生沉陷，並易使基樁

周圍之沉泥質細砂層發生疏鬆、塌落或流失之現象，進而引起土壤之側向移動，致使鄰房受損及傾斜。

二. 案 例 二

設施種類：醫院

問題類型：基礎過量沉陷

影響因素：(1)鑽探深度不恰當

(2)下層土壤調查不確實

事件敘述

設計之初由業主委託大地工程師進行土壤與基礎分析，隨後建築師依此做為設計參考，並由結構工程師負責結構計算。但在施工期間，因為建築物中某些柱子產生幾乎達到 5 公分的沉陷，而導致磚牆發生龜裂現象。營造廠商隨即進行修補工作，包括沉陷中柱子的托換工程及軟弱地盤施以灌漿改良。雖然工程並未因此而延誤，但是業主卻控訴建築師未能探測得下層土壤的實際狀況，而導致施工期間沉陷的發生，業主認為大地工程師所做之分析報告仍應由建築師負全責，因為建築師承包設計，就必須對整個工程的成敗負責。

根據原先的鑽探報告指出土壤容許承載為 20 t/m^2 ，然而報告並不正確。當土壤於承受不到 10 t/m^2 之壓力時建築物已有相當嚴重的沉陷量。

法院聘請三位土力工程專家來分析 "沉陷量" 的問題，其中一位判斷沉陷是起因於 "地層組織的不完整"，另外二位則認為 "現地有更多的空隙及空穴"，而導致構造物迅速沉陷。

技術分析

本事件中，原設計載重為 $20t/m^2$ 係根據原鑽探報告結果所作的假設，但是實際的土壤在 $10t/m^2$ 載重下就已發生明顯的沉陷現象，其原因歸於基礎正下方有一層腐植土，土層中有太多的空隙與空穴。對此事件，就技術層面分析討論如下：

- (1)土壤鑽探調查之工作應予以專業化，並訂定鑽探管理規則，或使大地工程師也能參與投標執業鑽探。
- (2)根據目前國內現行「建築技術規則」中地基調查第六十五條所規定的地基鑽探規定如下：

地基鑽探孔應均勻分佈於基地內，每六百平方公尺鑽一孔，但每一基地至少二孔。如基地面積超過五千平方公尺時，當地主管建築機關得視實際情形規定孔數。鑽孔深度如用版基時，應為建築物最大基礎版寬之兩倍以上，或建築物寬度之1.5 倍至2 倍；如為樁基或墩基時，至少應達預計椿長加3 公尺。

各鑽孔中至少應有一孔之鑽探深度為前項鑽孔深度之1.5 倍至2 倍。其鑽探深度規定應至基礎之影響深度為止，但是若遇到較特殊的地層，往往造成誤判。以本案例為例，就是缺乏當地土壤狀況的“經驗記錄”可參考，而忽略了岩石區中暗藏的空隙與空穴的危機，也因此更突顯出“大地資料庫”的重要性與實用性。

- (3)由本案例瞭解施工中查核表的重要性，非但是一種工作日誌，更可對工程的安全作一評估，顯然的在本事件中，監工人員並未在場監督，更沒有任何查核事項。

法律分析

綜合以上所述，雖然此次事件主要歸因於鑽探不詳盡，然在各相關人員間的權責問題，實有待改進。雖然目前現行法規規定，建築物係由建築師承包設計，但是礙於建築師本身的專業知識，對大地工程未盡週詳，要進一步的分析、判斷實非易事，造成建築師在設計之初完全信任鑽探報告，無法判斷鑽探結果的準確性，更何況欠缺工程知識的業主；尚且地質鑽探往往是由業主直接委託鑽探公司進行調查，再將結果送交建築師設計，對於鑽探公司毫無監督作用。因此，大地工程師簽證制度的建立，實有益於權責的劃分。

三、案 例 三、

設施種類：購物中心

問題類型：超額沉陷

影響因素：(1)鑽探深度不夠

(2)不瞭解沉泥質土壤之壓密特性

事件敘述

基礎地質調查係由業主委託大地工程公司進行土壤調查、試驗及分析，並提報告。報告中建議建築物基礎採用傳統式之擴展基腳結構，報告中並指出“某些地方將會產生沉陷龜裂現象；但是，若在外部結構牆中設置垂直接頭，將可避免建築物因不均勻沉陷所造成之歪斜現象”。施工中，業主採用以上的所有建議，但當興建至樓版部位時，外牆部份呈現龜裂現象，經過修補加強後並無沉陷記錄，且建築物亦如期建造完成。經過一年使用後卻發現些大的裂縫，且樓板之龜裂情形已造成嚴重漏水現象，經原工程師調查分析結果，一再保證這種不均勻沉陷只是短時間現象而已，修補後應不會再發生龜裂與沉陷現象。但是，事實上卻發生更嚴重之沉陷。最後經另一位大地工程師的調查分析，結果證實，造成沉陷的主因是地下含有一層有機沉泥，並指出沉陷情形還會繼續下去，只是沉陷速率會減緩。

技術分析

如上敘述，歸納本事件沉陷之原因為土層中夾有一薄層（50至 100公分）之沖積層，由於這種土層的壓縮性相當大，又因為在鑽探取樣時卻未採得此薄層土，而造成地質鑽探資料的一大疏忽，導致本事件的發生。一般若在地質鑽探時發現有些深度之N值或組成性質有特殊跡象時，則應進行大尺寸鑽頭（直徑約30吋）來取樣，以免遺漏土壤中夾著高壓縮性薄層，因此大地工程師對於基地之鑽探資料在作最後分析決定時，除了鑽探結果外，尚須參考鄰近區域內之相關資料。

法律分析

根據國內現行法規條文中關係地基調查部份，只規定鑽孔數目及鑽探深度，尚未規定取樣間距；但是，如不注意取樣間距，很有可能造成本案例的事故發生，因此法規應對此狀況作進一步詳細規定。對於而後事件的發生，責任歸屬才更為明確。

參 考 文 獻

- 2—1 陳清泉(1988)『建築施工災害之調查及災害防止之研究(二)』
財團法人台灣營建研究中心，營建署建研所籌備小組15-01-77-04
報告，民國77年 7月31日。
- 2—2 林耀煌(1988)『開挖檔土設計及施工手冊(草案)』，
民國77年7月。
- 2—3 Bazaraa, A.R. " Use of Standard Penetration Test for
Estimating Settlements of Shallow Foundations on Sand ",
Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urboma. 1967
- 2—4 Peck, R.B., and Bazaraa, A.S. " Discussion on Settlement
of Spread Footings on Sand," Journal of the Soil Mechanics
and Foundations Division, American Society of Civil
Engineers, Vol. 95, NO. SM3 , PP. 905-909., 1969
- 2—5 Peck, R.B., Hanson, W.E., and Fhornburn, T.H. " Foundation
Engineering ", 2nd ed. Wiley, New York, 1974

第三章 模板構築及支撐工程

3-1 模板支撐失敗之原因

模板失敗之原因，概略可分為下列數種：

1. 支撐太細小或太疏，不足以負荷其上之載重。
2. 採用木料支撐，支撐高度太高，木料發生屈曲；當採用兩段連接時，連接材料強度不足或接合不良。
3. 未考慮澆置混凝土時可能產生之橫向水平力或考慮不充分。
4. 結合點太多，造成自由度太多，易產生側面移動。
5. 由於模板架設不確實，造成澆置混凝土時爆模，大量混凝土衝擊支撐，對支撐產生橫向水平力，而使支撐失敗。
6. 特殊構造如中空樓版或薄殼等因澆置混凝土順序錯誤，使模板跳起，支撐無法著力，造成模板失去支撐而倒塌。
7. 因支柱長度過長，將全部支柱作成交叉斜撐；澆置混凝土時，產生橫向衝擊力，使部分斜撐鬆動無法著力，引起模板倒塌。
8. 在牆模板支撐中未設斜撐底部之止滑板，或設置時草率施工，導致斜撐鬆動而倒塌。

模板支撐詳細之失敗原因、破壞模式及改進對策請參閱表 3-1。

3-2 防止模板支撐失敗之措施及對策

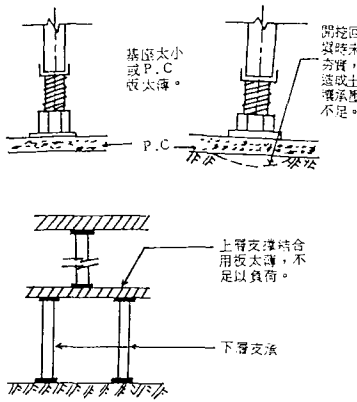
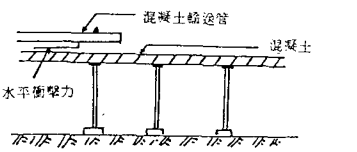
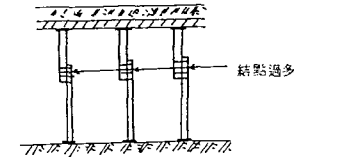
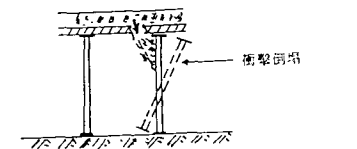
(一)確實執行模板及支撐工程之基本要求如下：

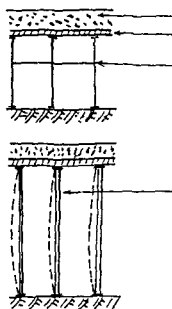
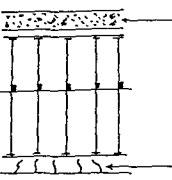
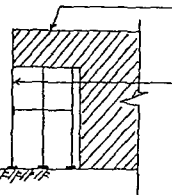
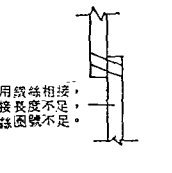
- 1.根據工程性質及工地現況，慎選模板及支撐材料。
- 2.使用之材料須經由監工人員、專業技師及模板承包業者共同檢視並簽署，保證強度及品質。
- 3.支撐必須能十足承受其上負荷，包括垂宜荷重及水平力，並具有可靠性及穩定性。
- 4.架設須確實，架設後須由有經驗之工程師詳加檢查，澆置混凝土時並應保持警覺。
- 5.支撐之基礎須確實以能承受支撐自重及其上負荷。
- 6.特殊部份如懸臂或高層支撐，均應更加小心。
- 7.負荷儘可能均勻分佈。

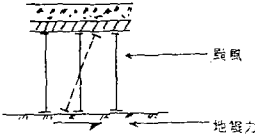
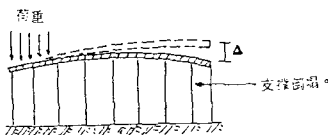
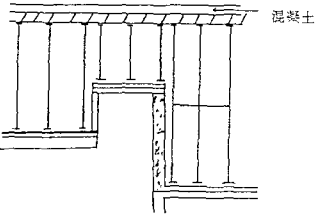
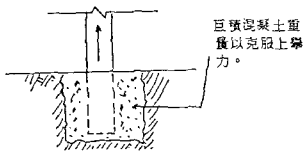
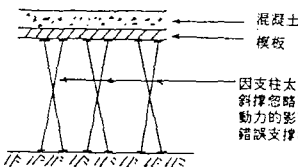
(二)確實執行模板及支撐之檢查，其基本要領如下：

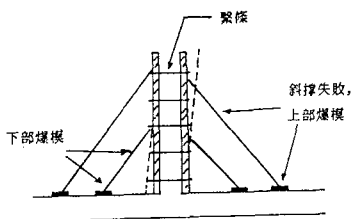
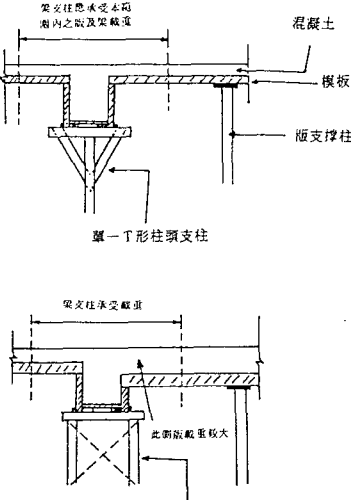
- 1.基底或隔板是否已作好穩定處理，是否足以負荷而不產生結構破壞？或使支撐下陷？
- 2.架設是否遵照設計書完成？包括施工精度、斜撐、對角撐之數目及位置是否正確？是否具有適度之獨立性？
- 3.水平繫材及直立管聯結是否妥善，繫材是否有足夠強度來承受側向力？
- 4.支撐對接或搭接是否確實？
- 5.模板架設是否牢靠？必須確保澆置混凝土時不破模。
- 6.支撐材質及品管是否良好？現場檢查時須斟酌是否需要局部加強？
- 7.是否考慮混凝土澆置方式及順序？

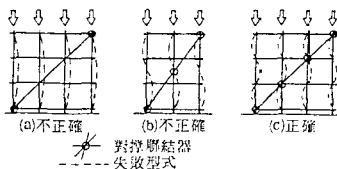
表 3-1 模板支撐之失敗原因、破壞模式及改進對策

模板支撐失敗之原因	破壞型式	改進對策
支撐承放於底層樓板邊，或兩層支撐間之結合未採用合適基座或隔板，因此產生太大側壓力，造成部份支撐下陷失敗。	 ● 支撐下陷，結合板斷裂，支撐傾倒。	1. 設計合適基座。 2. 若地開挖，若以動力開挖時，不要直接開挖至預定深度，須保留一層約 30 cm 採用人力開挖整平，若有超挖時，須確實夯實。 3. P.C 須確實打穿，或配上適當鋼筋加強。 4. 結合木板厚度要足夠，上下支撐儘可能在同一線上。
未考慮澆置混凝土時會產生橫向水平力，或考慮不足。	 ● 造成支撐變形甚至倒塌。	1. 混凝土輸送管儘可能高出模板上。 2. 採用橫筋置於混凝土輸送管下，以減少水平力。
結合點太多，造成自由度太大易產生側面移動。	 ● 支撐容易移動，無法負荷太大水平力，水平力太大時，支撐倒塌。	1. 儘可能減少結合點。 2. 加強斜撐或作對撐加強。
由於模板架設不確實，造成澆置混凝土時碰模，大量混凝土衝擊支撐，產生水平力，而使支撐失敗。	 ● 支撐倒塌。	模板架設確實，支撐間距不宜太大，直立模板儘可能以斜撐固定。

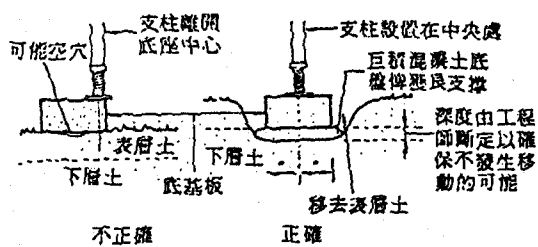
模板支撐失敗之原因	破壞型式	改進對策
支撐太細小或太疏，不足以負荷其上之載重，即負載須 0.8 T/m^2，而支撐僅能負限負荷 0.7 T/m^2，此一錯誤常由於未計算支撐負荷力，或未考慮側浪效應，使支撐力減少，或支撐施工不確實。	 ● 支撐斷裂，支撐彎曲，減少支撐力，若負荷超出支撐力，則產生挫曲折斷。	1. 計算並安排較緊密支撐，或用較強材料或較大斷面部材，材料須詳加檢查是否有瑕疵。 2. 確實採用水平側向支撐，橫向支撐有效長度。 3. 水平側向支撐可支持於鄰近建物，增加功效。 4. 將支撐以繫條或板 (lacing or tie plate) 組成較強斷面，減少產生側浪可能性，增加負荷。
架設支撐之基準平面，不足以負荷其上支撐自重及結構體重，例如牆板僅設計負荷載重為 0.3 T/m^2，而其上支撐均需加上結構體自重達為 0.8 T/m^2，則下層牆板不足以負擔施工時重量。	 ● 下層結構體失敗，支撐下陷，甚至造成倒塌。	1. 設計時考慮此一問題。 2. 下部支撐不拆除，但設計支撐時，承載力應同時考慮上層荷重。 3. 設計時採用施工荷重，替代法定設計活載重。
荷重集中作用於某線上，例如結構設計使用壁樑 (Wall Bm) 設計時，荷重將導集中於壁樑上時，可能產生壁樑下支撐負荷集中。	 ● 支撐斷裂。	採用荷重分配器，注意換該負荷以設計支承。
採用木料支撐，支撐高度太高，若採用兩段連接時，連接材料強度不足或接合不良。	 ● 連接點失敗，支撐倒塌。	採用四個以上鐵絲或專用金屬連結，如支撐為木材或竹材時，應做適當墊板，並以釘連接。

模板支撐失敗之原因	破壞型式	改進對策
如強風、地震等天災所造成之水平力。	 ● 支撐倒塌。	能予考慮時，應予考慮，或至少須考慮較小風力或地震力。
特殊構造如薄板因澆置混凝土順序錯誤，使模板產生殘差，支撐無法站立，進而造成模板失去支撐倒塌。	 ● 支撐倒塌。	1. 澆置混凝土順序應予以研究。 2. 模板在設計時具有獨立站立之能力。 3. 對撐、斜撐應予加強。
支撐高度相差太多，或負荷載重相差太大，產生部份支撐受力後斷裂，此一斷裂原本在垂直與水平支撐力影響不大，但是由於不幸擊倒其餘支撐，帶動整體或局部坍塌。	 ● 支撐倒塌。	1. 支撐採用不同斷面甚至不同材料，預估各支撐殘差，使下陷約略相等。 2. 注意特殊支撐之承載力。
部份支撐產生上舉力，造成坍塌失敗。	 ● 支撐無法站立倒塌。	加強固定或用巨額混凝土重量克服。
支柱長度過長，承包顧不顧及拉而豎連支撐法，將全部支柱做傾斜支撐；因澆置混凝土時，產生橫向衝壓力，使斜撐鬆動而傾倒，引起模板倒塌。	 ● 部份支撐鬆動，集中負荷於其它支撐，造成支撐斷裂或倒塌。	1. 根據實際證實，傾斜支撐之承載力不足垂直支撐之一半，故不宜全部斜撐。 2. 若有部份斜撐，要做好補強支撐措施。 3. 採用可調節長度之鋼管支撐，以補救支柱過長之缺失。 4. 精確設計支撐長度，嚴格施工，禁止斜撐。

模板支撐失敗之原因	破壞型式	改進對策
1. 在牆模板支撐中未設斜撐底部之止滑板或設置時草率施工，導致斜撐鬆動，無法抵抗混凝土作用在模板上之側壓力而導致倒塌。 2. 牆模板之繫條使用失敗導致爆模。	 ● 斜撐鬆動，爆模	1. 灌漿前確實檢查止滑板是否已固定。 2. 繫條若使用鐵線，因其延性大，宜特別注意，施工時不得草率，最好再加補強。 3. 使用模板螺栓代替鐵線為繫條材料
梁支撐設計時未考慮“版及梁之載重影響範圍”導致在單一支撐時，支撐斷面太小，或支撐強度不足而斷裂倒塌。	 ● 支撐斷裂倒塌	1. 如左圖，在梁處之支撐設計，採用“單一丁形柱頭支柱”或“雙柱形支柱”。 2. 若未經支撐設計，則應縮小間隔增加支撐數。
施工期太久，支撐腐蝕，強度減小。	● 支撐可能失敗	如事先能預估工時時，此一問題應先加考慮並注意保養、加強或汰舊換新。
若以施工細節之錯誤分類可分為下列數種： 1. 對撐聯結器位置不正確（圖一）。 2. 基礎佈置欠妥（圖二）。 3. 對撐佈置超過 $1:6$，以致對抵抗傾斜較不剛強（圖三）。 4. 疏忽超載以致支柱無法承力（圖四）。		



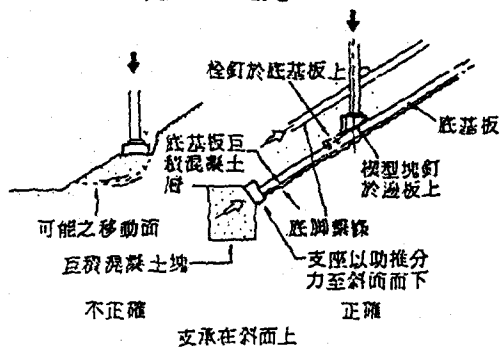
圖一 對撐聯結器之位置



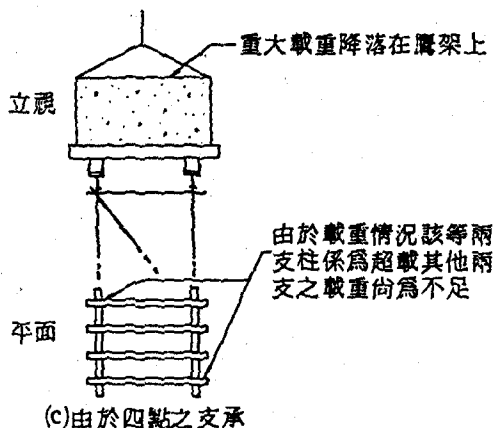
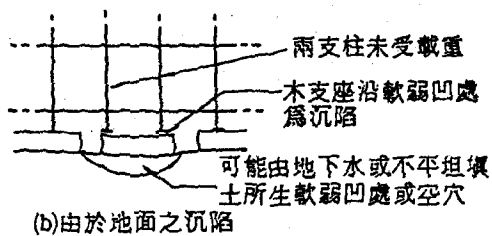
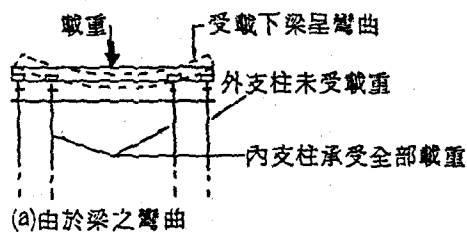
不正確

正確

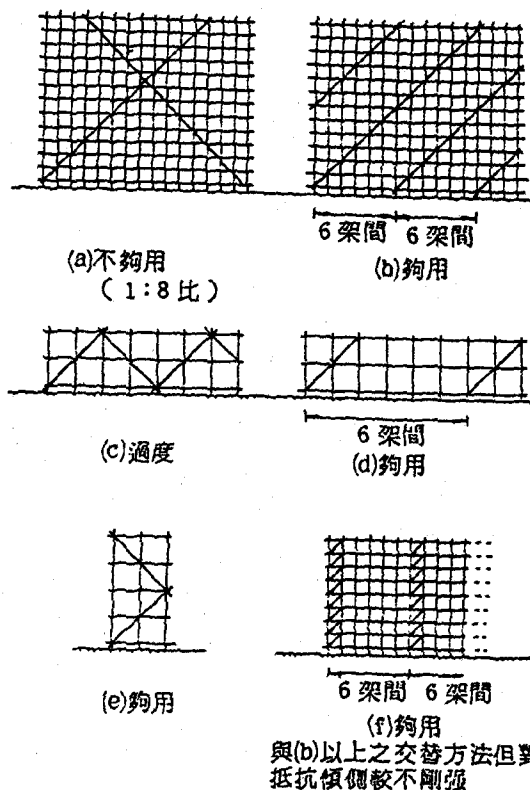
支承於原始基地



圖二 基礎佈置



圖四 疏忽超載之成例



圖三 對撐佈置以適應 1 : 6 之對撐與支柱之比

8. 模板支撐長度應適中，避免因太短而搭接及太長而斜撐。

9. 模板支撐拆除應配合設計要求訂定計劃，如果下層模板支撐拆除過早，亦可能造成結構體危害及上層模板支撐之破壞。

3—3 改善現階段模板支撐工程之建議

以上概略將模板支撐產生失敗原因、破壞型式及改進對策和確保安全等問題加以說明；就我國現況而言，已設有督導單位並制定法規，且在很多較大規模之工程中，已使用鋼架支撐，但失敗次數所佔比例仍是相當大，針對第二期報告中所探討之災害事件原因，提出以下改善建議，以供各界參考漸進地改善，以杜絕災害的重覆發生：

- (1) 有關模板支撐設計問題，由政府明令模板支撐應加設計。此一工作可由營造或土木技師為之，為了便民可規定在一限度以上須特別設計，而某一限度以下由政府制定標準，由專任技師簽署。
- (2) 模板支撐拆除應配合設計作適度之計劃，並確實督導實施。
- (3) 劃分建築師與營造廠主任技師之責任。建築師及結構設計者須就施工負荷提出要求，提供營造廠主任技師或營建、土木技師設計之依據、支撐設計者並須確實督導模板支撐之架設，為了便於建築師或結構設計者現場監造，及減少對材料、品質之爭執，建築師可限定支撐之容許最大間距，設計者必須遵守此一規定。模板支撐由營造技師設計後，必須送建築師或結構設計者檢核通過後始可執行，若未送檢核或未通過即架設，應予懲治。

- (4) 負責督導之政府機構，如台灣省工礦檢查委員會等宜以聘請專家，巡迴舉辦短期識訓，加強教育，灌輸工人敬業精神與安全觀念；此外技術士制度，包括鋼筋工、水泥工、木工、模板工、電工、焊接工等，宜有計劃地儘速實施，如此可由工人注意安全、敬業來帶動營造技師、營造單位以及設計建築師正視此一問題。
- (5) 加強模板及支撐技術方面之研究開發，建立材料型態、強度及性能之資料庫，並對各種支撐之優缺點及適用性作研究改進。
- (6) 建立模板及支撐架設承包業者之管理與證照制度，同時落實專任之技師簽證制度，以減少缺乏監督環節，提高業者之專業水準及責任制度。
- (7) 加強工程設計人員及監工人員對於模板及支撐之設計及施工技術規劃與監督之訓練；不得聽任模板工人任憑經驗自行施工，而無法有效管理及監督模板及支撐之架設工作。
- (8) 明確制定模板技術規範與法令規定（目前國內尚缺乏模板的規範與法令）。包括設計規範、施工法規、承包規定、作業標準以及責任制度、處罰條例等，使模板及臨時性支撐之作業有遵循之準則。
- (9) 模板組立時及支撐架設完畢後須由業主、專任技師、設計人員、監工人員會同承包者共同檢驗並簽認，確定達到設計及施工安全要求後，方可進行澆置混凝土。

3—4 模板及支撐工程相關之施工查核表

模板及支撐工程之施工查核表如表 3—2 所示：

表 3 - 2 模板及支撐工程之施工查核表

工 程

●查核區域：

●查核日期： 年 月 日

工務部	工地主任	監 工

區分	查、核 事 項	注 意 事 項	再度 確認
調 查 及 準 備	× 1.結構設計圖與建築關係之基本尺寸及建築關連工程，是否已作檢討？		
	× 2.結構設計圖與設施工程之關連，是否已作檢討？		
	3.根據設計圖調查構造之形狀尺寸、有無指定模板材料與裝置物？		
	4.模板工法及材料的決定，對工程利害得失是否已作檢討？		
	× 5.事前與模板施工業者是否已作協調？		
	6.材料的堆置場所及加工場所之位置、大小、設備、管理方法等，是否已作檢討？		
	7.模板之吊運與裝卸用機械，有沒有加以檢討？		
	8.對安全鷹架、防護網等的架設，是否已有完善的計劃？		
	9.模板作業及支撐用材的組立與拆除作業，是否指派專人擔任？		
	10.材料的搬運計劃是否已擬妥？是否安全？		
	11.材料、緊結用材等的品質、強度，有無加以檢討？ (1)其品質是否合乎標準或優於標準？ (2)對組立梁、組立支柱材等有沒有規定其安全負荷？ (3)是否有完善之檢驗方法以剔除劣質材料？		
規 劃 及 設 計	1.模板施工圖是否已繪製完成？		
	× 2.模板材料及支撐模板用材料之強度設計是否已作好計算？		
	× 3.模板施工圖上有無表示用材的尺寸、配置及負荷情形？		
	× 4.是否已做木材及鋼材等之抽樣應力試驗？應力值是否均在容許應力以內？		

區分	查 核 事 項	注 意 事 項	再度 確認
組 立 及 拆 除	1.對於無法從梯子上或藉其他方法安全完成之高處作業，是否已規劃構築適當之施工架？		
	2.對於施工架之搭建、拆除，是否指定對此項工作具有豐富經驗之作業管理人員負責監督指揮施工，並由熟練勞工擔任之？		
	3.工地主任應使構築施工架之作業管理人員做到下列事項？ ※ (1)檢查材料之有無缺陷。 (2)檢查器具、工具、安全帶、安全帽之性能。 (3)決定作業方法，分配勞工作業，並監視作業狀況。 (4)監視安全帽及安全帶之使用狀況。		
	※ 4.對於施工架之鋼管材料，在使用前是否已檢討其品質問題？		
	5.對於施工架之構築，是否依下列規定？ (1)將構築、拆除或重組施工架之時間及範圍、順序等告知作業之勞工否？ (2)對非有關之作業人員進入構築、拆除、或重組施工架之作業區域，是否已設有禁止措施？ (3)若遇有強風、大雨、大雪等惡劣氣候，是否應即暫停作業？ (4)吊升或卸放材料、器具、工具等，應使勞工使用吊索、吊帶等，不得拋擲。 (5)搭建施工架或架設工程使用之材料其突出之釘類是否已釘入或拔除？		
	6.對於施工架是否經常予以適當之保養並維護各部份之牢固？		
	7.構築完成之施工架，是否由作業管理人員依標準及安全規定檢查後才使用？		
	※ 8.對使用中之施工架，是否至少應每週檢查一次，並作成記錄妥為保存？遇惡劣氣候襲擊後及每次停工復工之前，是否再加檢查？		
	※ 9.在施工架使用前，對其穩定性是否已檢討？		
	※ 10.對施工架上物料之運送、貯存及荷重之分配，是否已檢討？		
	※ 11.勞工於施工架上從事作業時，是否供給足夠之工作臺？		

區分	查 核 事 項	注 意 事 項	再度 確認
	× 12.若使用圓竹構築施工架，其主柱、橫檔、踏腳桁等之構築方法，是否依規定加以檢討？		
	× 13.若使用鋼管構築施工架，其設置方法是否依規定加以檢核？		
	× 14.若施工架是屬於懸臂式，是否已對穩固性加以檢討？		
	15.模板之作業方法是否已決定與公佈？		
	16.模板之整理、整頓工作情形如何？		
	17.模板之組立作業是否按照設計圖進行？		
	18.為了防止模板支撐架的變形與倒塌： (1)防止支柱下塌及滑動的措施，是否適當？ (2)支柱之接合是否以兩端對接，或搭接之接合方式為之？ (3)模板的表面如果為彎曲面時，為了防止模板之浮起，是否已做好有效措施？ (4)鋼材間的接合部及交叉部，有沒有使用螺栓或鋼索夾等加以束緊？ (5)安裝、束緊之狀態是否隨時加以檢查？		
	19.拆除作業是否按照正確之順序進行？		
	20.拆除之模板是否有嚴禁措施，禁止工人從高處拋擲？		
	21.是否按照小梁、底版的順序拆除模板？拆除時並不得有過速之振動及衝擊。		
	22.拆除之模板為下次使用，拔釘、鉸鏈、修理等工作是否已作妥？		
模 板 支 撐	× 1.對於單管支撐之基本構架，是否已要求施工人員確實了解？		
	2.單管支撐是否有連接三節以上使用的情形？		
	3.單管支撐連接使用時，是否使用四個以上之螺栓或專用之金屬連結？		
	4.高度超過 3.5公尺時，是否在每隔 2公尺高度就設置縱向、橫向之水平繫條；若使用輕型管架等鋼材作為水平繫條時是否以螺栓或專用束緊器束緊，以防止繫條之移動？（切記，不可使用鐵絲綁緊）。		

區分	查 核 事 項	注 意 事 項	再度 確認
(1) 單 管 支 撐	5.上端若支以樑或軌枕時，應置鋼製端板，並固定於樑式軌枕。		
	6.檢討立管之間距：桁層為 150~180 公分，桁面為 120~150 公分，自立管之上端量起自 31 公尺以下部份應以使用兩支鋼管緊紮。		
	7.檢討橫管之間距：其間距應以 150公分為準，且距地面起第一道橫管應在 200 公分以下。		
	8.檢討橫支管之間距：其間距應為 150公分以下，配置如在立管與橫管之交叉處應連結於立管，如在中間則可連結於橫管。		
	9.檢討加強斜管之設置情形：桁層加強斜管應在鷹架之外側面與水平面成 45 度左右之方向架設，與立管或橫管連結，每間隔約為 10 m（水平間隔約 14 m）交叉架設之。且應注意所有立管均須與加強斜管交叉。		
	10.檢討繫牆桿及斜撐之設置情形：鷹架與建築物之結構體之間，其水平與垂直雙向每 5m 左右處以繫牆桿堅牢連結之，或以堅固之斜撐代替繫牆桿。		
	11.檢討基礎之設置情形：立管之底部應設基座，並以基部加強管與鄰近之立管相連結，如在軟弱地盤上須用適當寬度且其長度足以連續容納立管三支以上之墊板連續排列之。但如將基座固定於此項墊板時，可省略基部加強管。		
	12.檢討附屬接頭之受力情形：附屬接頭須能抵抗就地產生之應力，且符合 CNS A2067 之規定。		
	13.負荷之限制是否合乎規定：立管之水平間隔在 180 cm 時，如橫管之負荷為平均分布即橫管之最高負荷限度為 400 kg，如立管之水平間隔小於 180 cm 時，可按比例提高負荷之限度。作業之層數在 2層以上時，每支立管之最高負荷限度為 700 kg。		
	14.若遇特殊狀況時如何處理？鷹架上欲放置重物等特殊狀況時，或於出入口、開口部位等，可按實際狀況就安全原則，強度計算之以策安全。		

區分	查 核 事 項	注 意 事 項	再度 確認
	15. 是否使用專用插銷？		
	16. 檢討鋼管支撐有沒有產生最大長度在 1/55 以上之挫屈情形？		
	17. 負荷是否平均落在鋼管支撐端板上 2/3範圍內，以免產生集中負荷？		
(2) 門 型 鋼 管 支 撐	※ 1. 對於門型鋼管鷹架支撐之基本構架，是否已要求施工人員確實了解？		
	2. 檢討基礎之設置情形：腳管之下端應裝設基座接頭，基礎有高低不同時應視需要使用調整型之基座接頭，經常保持各立架之水平及垂直。		
	3. 檢討拉桿，橫架及水平材之設置情形：各立架間須在桁面方向安裝交叉拉桿或類似拉桿，在最上層及每 5層以內須裝設水平材或橫架，拉桿之裝設如使用固定銷或螺絲時，須防止因震動或其他因素而鬆脫。工作時如不得不撤除部份拉桿，須在該處上下部份用水平材或橫架加強。		
	4. 檢討繫牆桿之設置情形：立架與構造物之間，水平方向每隔 8m 左右，垂直方向每隔 6m 左右，以繫牆桿作堅固之結合。		
	5. 檢討支撐之設置情形：桁面長度在 4m 以下，高度超過 10m 時，應在每10m 高度以內，於後桁架設有效之支撐。		
	6. 檢討高度是否合乎規定：高度限制原則上不得超過 45m，而高度超過 20 m 或實施重型作業時，重要受力立架高度，限制為 2m 以下，立架間隔亦限制為 1.83 m 以內。但上升棧橋及出入口，開口部位等應使用充分安全之立架，可將立架之高度及間隔，按前項規定酌量增加。		
	7. 檢討樑架及托架之設置情形：樑架及托架須用水平拉桿或其他設施防止橫向震動。		
撐	8. 檢討負荷之限制是否合乎規定：水平材或橫架處承受均勻負荷時，立架間之負荷限制為 400kg，如立架之間隔小於 180cm 時，可按比例增加負荷限制。 如在堅厚混凝土墊板或堅固之基準上架設時每支立架腳管之垂直負荷限制應為 2,500kg，但如墊板有變形或下沉之可能，或遇有特殊構造時，須視實際情形減低之。		

區分	查 核 事 項	注 意 事 項	再度 確認
(3) 木 材 支 撐	1.若木材必須以連接方式使用時，接合處是否配以兩個以上之補助墊板固定之（以螺栓或鐵釘等固定）？		
	2.是否每一支柱最多僅有一處連接使用？		
	3.是否每隔 2公尺以內的高度就設有兩個方向的水平繫條？		
	4.水平繫條有沒有做好防止變位之措施？		
	5.在支柱上端跨放樑木時，有沒有使用補助墊板等加以固定？		
	6.支柱底部是否固定於有足夠強度之基礎上；且模板與支柱基礎間之淨高是否超過 4公尺？		
	7.角木材上如有節疤，龜裂現象，是否已剔除？		
(4) 組 合 式 鋼 支 撐	1.高度超過 4.6公尺時，是否每隔 4公尺以內就設有兩方向之水平繫條？		
	2.水平繫條是否已做好防止變位之措施？		
	3.在其上端跨放樑木時，有沒有使用金屬零件等加以固定？		
(5) 樑 式 鋼 支 撐	1.樑之兩端是否固定於堅固之支撐物，以防止滑落及脫落？		
	2.於樑與樑之間是否設置繫條，以防止橫向移動？		
	3.有沒有架設在對第三者有危險產生之部位上？		
	4.有沒有將大樑與小樑，或桁與樑互相混用的情形？		
	5.是否認為已十分安全且耐力之架設？		
(6) 施 工 注 意 事 項	※ 1.若有捲揚機等作為吊運物料之設備，是否已依規定加以檢討？		
	2.是否使用曾與酸類或其他腐蝕性物質接觸過之繩索等構築 ● 施工架？		
	3.使用於施工架之孟宗竹，其末梢外徑是否皆在 4公分以上，且無裂隙或腐蝕者？		
	4.是否嚴禁施工人員在施工架上使用梯子或踏凳等從事作業？		
	5.接近架空電路設置施工架，應先移設架空電路或在架空電路裝設絕緣用防護具、警告標示等防止架空電路與施工架接觸等措施，是否已作檢討？		
	6.在模板中所使用的鐵絲是否為 #8 及 #10二種？		
	7.超過 4.5 公尺時之圓木支撐，是否使用末梢直徑為 10公分以上之圓木作成構架？每支支柱是否用斜撐連繫？上下兩端是否釘水平繫結板使其合成一體？		

區分	查 核 事 項	注 意 事 項	再度 確認
	8.用於樓版下之支撐，如有搭接者，是否少於全部支撐之1/2？用於梁下之支撐是否少於1/3？		
	9.支柱相互的間隔、垂直度、中心、腳根的固定是否再次作詳細檢查？		
	10.牆模板用之斜撐支柱，是否設有堅固止滑板？		
	11.檢查鋼管施工架及門型支撐架之水平架的安全活扣，是否皆已扣上以防掉落？		
	12.檢查鷹架上不得堆放多餘之鋼筋、模板等材料。		
	13.混凝土輸送管是否細綁於鷹架上？亦或與混凝土模型架相連接？		

施工計劃書查核表查核事項之補充說明

一、調查及準備

K 2.結構設計圖與設施工程設計圖在模板施工前應先作以下檢討。

(1) 電力設施工程：

- ①樓板：照明器具裝置的插入物，配管吊載插入物。
- ②壁、梁：電開關，暗插頭的位置，分電盤箱的位置與尺寸，配管、配線的貫穿孔。

(2) 給排水衛生設施工程：

- ①樓板：配管的貫穿孔，配管吊載用插入物，大便器箱，衛生器具、排水管類孔。
- ②牆壁：埋藏配管箱，配管類貫穿孔，衛生器具，消防栓的安裝位置與方法。
- ③梁：配管的貫穿孔。

(3) 冷暖氣與空調設施工程：

- ①樓板：配管與通道吊載用插入物，豎管與管道貫穿孔，機器類的固定箱位。
- ②牆壁：配管與管道的貫穿孔。

X 5.事前應與模板施工業者作下列事項協調。

- (1) 工程內容與工程責任範圍。
- (2) 模板在工地之推置場及加工場，利用載承包業者的機器(起重設備，絞車等)。
- (3) 搭組模板順序與鋼筋、設備關係的作業調整。
- (4) 模板按裝物的施工範圍。
- (5) 施工時期(同時與工程表的關連)。
- (6) 拆除時期、順序、方法等。
- (7) 有關收回持有材料及其金屬物品。
- (8) 鉗鏈、拔釘、補修、潤滑劑塗刷。
- (8) 轉用材與廢料的區分與堆積場所。
- (10)安全對策。

※ 2. 「模板材料及支撐模板用材料強度設計是否已作好計算？」

對於上述材料在進行強度計算時，於負荷條件中檢查有無下列各項？

- (1) 靜載重（混凝土重量、鋼筋重量、模板自重）
- (2) 活載重 -- A. 施工載重：機具、人員重量。
 - B. 振動力：振動器振動產生之力量。
 - C. 衝擊力：澆置時混凝土瀉注之衝力。
 - D. 風力：於超高模板支撐應考慮。
- (3) 混凝土側向壓力
- (4) 混凝土搗灌時之偏心負荷。

此外，新舊品使用前均需以 CNS 檢驗方式抽樣做荷重試驗，以決定舊品與新品混用時，其間應加入適當之安全係數值。

※ 3. 於模板施工圖上，對用材之尺寸、配置及負荷情形，應檢討下列事項：

- (1) 模板施工圖必須包括欄柵、支柱、連接材料、斜拉桿、底座、基礎等各部分材料之配置、安裝方法及尺寸。
- (2) 模板施工圖之配置間隔雖依據垂直荷重加上作業荷重計算，但不可超過該支柱之容許支承力。
- (3) 水平連結、斜拉桿等材料，其安裝位置及接頭需考量其水平荷重之安全。

※ 4. 「是否已做木材及鋼材等之抽樣應力試驗？應力值是否均在容許應力以內？」

--- 根據勞工安全衛生法令之營造安全衛生設施標準，對於模板支撐用之木材與鋼材其容許應力有如下之規定：

第一二二條：雇主供作模板支撐之鋼材之容許應力；準用建築技術規則有關規定。但不得低於下列規定值：

- (1) 鋼材之容許拉應力；彎曲應力；壓縮應力之值為該鋼材之降服點強度之三分之二以下。
- (2) 鋼材之容許剪應力之為該鋼材容許拉力強度值之五分之四以下
- (3) 鋼材之容許屈曲壓縮應力之值為依下列計算式所得之值以下

$$\frac{L}{r} < 100 \text{ 時}$$

$$C_e = C - (C - 100) \left(\frac{L}{100r} \right)^2$$

$$\frac{L}{r} > 100 \text{ 時}$$

$$C_e = \frac{1000}{\left(\frac{L}{100r} \right)^2}$$

式中

L：為支柱之無支撐長（單位：公分）

r：為支柱之迴轉半徑（單位：公分）

C：為支柱之容許屈曲壓縮應力（單位：公斤/平方公分）

C_e：為支柱之容許壓縮應力（單位：公斤/平方公分）

第一二三條：屋主供作模板支撐之木材之容許應力；準用建築技術規則之有關規定。但不得低於下列規定值。

(1) 木材之纖維方向（順理）之容許彎曲應力、壓縮應力及容許剪應力為下列表所列之值。

(2) 木材纖維方向（順理）之容許屈曲壓縮應力之值；供下列計算所得之數值：

$$\frac{L}{r} \leq 100 \text{ 時}$$

$$f_k = f_c \left(1 - 0.007 \frac{L}{r} \right)$$

$$\frac{L}{r} \geq 100 \text{ 時}$$

$$f_k = \frac{0.3 f_c}{\left(\frac{L}{100r} \right)^2}$$

式中：

L ：為支柱之無支撐長（單位：公分）

r ：為支柱之迴轉半徑（單位：公分）

f_k ：為支柱之容許屈曲壓縮應力（單位：公斤/平方公分）

f_c ：為支柱之容許壓縮應力（單位：公斤/平方公分）

其他針 二級木	迎安類 硬木	柏 木	檜 木	紅 木	長 葉 松	短 葉 松	挪 威 松	柳 杉	紅 松	鐵 杉	花 旗 松	木 材 種 類
普 通 構 材	普 通 構 材	一 級 構 材	構 材 級	心 構 材	一 級 構 材	一 級 構 材	普 通 構 材	普 通 構 材	普 通 構 材	一 級 構 材	一 級 構 材	木 材 等 級
一一〇	一一〇	九〇	一一〇	一一〇	一四〇	一二〇	八五	一二〇	一二〇	一二〇	一二〇	容許應力值(公斤/平方公分)
一一〇	一一〇	七五	八五	九五	一二〇	一〇〇	六五	一二〇	一二〇	九〇	一〇〇	
一〇	一〇	八〇	八〇	八〇	一三	一〇五	六五	一六	一〇	九	一〇	
	七 — 九 m 第一 類 膠合 板	硬木膠合板18m										備 註

※ 3 - (1) 構築施工架之木料，應依下列規定：

- (1) 不得使用有顯著之損壞、變形、或腐蝕者。
- (2) 不得有顯著損及強度之裂隙、蛀孔、木結等，並應完全剝除樹皮，方得使用。
- (3) 不得以油漆或其他處理以隱蔽其缺陷。

※ 4. 施工架之鋼管材料，在使用前應檢討下列事項：

- (1) 應建立品質管制制度，且其產品水準應符合經濟部商品檢驗局評定乙等以上之標準或取得經濟部中央標準局正字標記。
- (2) 產品必須標示製造廠名、商標及製造日期。
- (3) 每批製造完成，買方須依國家標準之規定到賣方工廠做抽樣試驗，俟合格後始得出廠。
- (4) 由工地運回倉庫之鷹架，應每片做檢視，有損壞變形者應挑出修復，不能修復者應予淘汰。
- (5) 儲存庫房內之鷹架應墊腳板，以免與地面接觸受潮鏽壞。
- (6) 每一次使用後需做噴沙除鏽、浸漆或烤漆處理，以防腐蝕鏽壞。
- (7) 對舊品除需做到上述保養與注意事項外，並於使用前需做下述檢查：
 - ① 抽樣做厚度檢查，並檢驗有無鏽蝕破洞，以瞭解其腐蝕性。
 - ② 每片之活動銷鎖 (Pin-Lock) 是否齊全。
 - ③ 腳柱端頭是否有水泥塊或連接棒等物卡塞。
 - ④ 水平架有無變形，扣鎖有無損壞。
 - ⑤ 交叉拉桿之連接鉚釘有無脫落。
 - ⑥ 高低調整器及底座之螺紋有無鏽死。

※ 8. 施工架之檢查項目，應注意下列事項？

- (1) 架材之損傷、按裝狀況。
- (2) 立柱、橫檔、踏腳桁等之固定部份、接觸部份及按裝部份之鬆弛狀況。
- (3) 固定材料及固定金屬配件之損傷及腐蝕狀況。
- (4) 扶手等之拆卸及脫落狀況。
- (5) 基腳之下沈及滑動狀況。
- (6) 斜撐材、索條、橫檔等補強材之狀況。
- (7) 立柱、踏腳桁、橫檔等之損傷狀況。
- (8) 懸臂樑與吊索之按裝狀況及懸吊裝置與阻檔裝置之性能。

※ 9. 對於施工架之穩定性檢討，是否依下列規定實行？

- (1) 施工架不得與混凝土模型架連接。
- (2) 應以斜撐材作適當而充分之支撐。
- (3) 在適當之垂直、水平距離處與建築物妥實連接，其間隔在垂直方向以不超過5.5 公尺；水平方向以不超過7.5 公尺為限。但獨立而無傾倒之虞者不在此限。
- (4) 在獨立之施工架最後拆除前，至少應有三分之一之踏腳桁不得移動，並使之與橫檔或立柱繫牢。
- (5) 容易鬆動之磚、排水管、或其他不當材料，不得用以建造或支撐施工架。

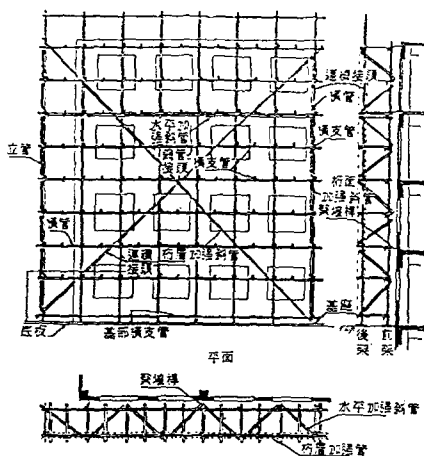
※ 10. 對於施工架上物料之運送、貯存及荷重之分配，是否依下列規定實行？

- (1) 於施工架上放置或運搬物料時，要避免猝然之震動發生。
- (2) 於施工架上之荷重不得超過其載重量，並要避免發生不均衡現象。
- (3) 於施工架上不得放置或運轉機動設備，以免因振動而影響工作安全。

四、單管支撐

× 1. 對於單管支撐之基本構架，是否已要求施工人員確實了解？

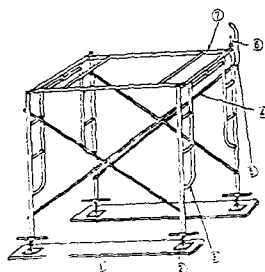
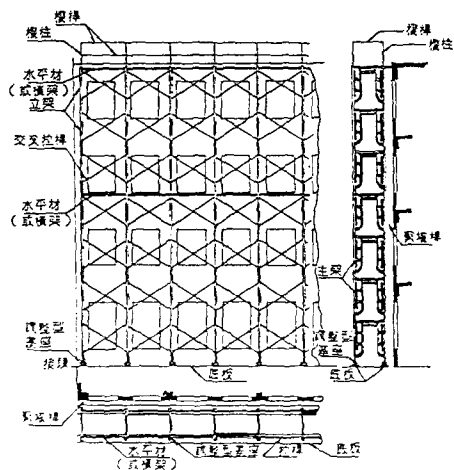
單管支撐之基本構架



五、門型鋼管支撐

× 1. 對於門型鋼管鷹架支撐之基本構架，是否已要求施工人員確實了解？

門型鋼管鷹架支撐之基本構架



- ① 鷹架 (一般木架板)
- ② 鷹架鷹架板及鷹架
- ③ 鷹架
- ④ 交叉拉樑
- ⑤ 鷹架鷹架
- ⑥ 鷹架鷹架 (鷹架)
- ⑦ 鷹架鷹架

※ 12. 使用圓竹構築施工架，是否已依下列規定檢討？

- (1) 立柱間距不得大於1.8 公尺，為防止主柱柱腳之滑動或下沉，應依土壤性質，埋入適當長度或襯以墊木、座板等必要措施。
- (2) 主柱及橫檔之延伸應於節點處搭接，並以#16或#18鐵絲捆紮牢固，其搭接長度應有1 公尺以上，且捆綁二處以上；若要對接，則應以1.8 公尺以上長度之補強材捆綁於二對接之立柱，並捆綁四處以上。
- (3) 橫檔之垂直間距不得大於2 公尺，其最低位置不得高於地面2 公尺。
- (4) 踏腳桁要依規定之木材為準。
- (5) 必須用適當之斜撐材及對角撐材使整個施工架穩固。

※ 13. 使用鋼管構築施工架，是否已依下列規定檢討？

- (1) 使用標準鋼管，其品質與構架方式要依 CNS 之規定辦理。
- (2) 若非標準鋼管，其品質亦應符合 CNS 之規定，而強度計算應按建築技術規則鋼構造篇及 CNS 辦理。
- (3) 移動式施工架工作時，其腳部應以有效方法固定之。
- (4) 構件之連接部份或交叉部份應以適當之金屬配件確實連接固定，並以適當之斜撐材補強。

※ 14. 懸臂式施工架之穩固性應檢討以下事項？

- (1) 應以斜撐作適當之支撐，且要有適當長度及斷面之懸臂架，牢固裝置，並自內部錨穩。
- (2) 施工架之各部份，應以建築物之堅固部份支持之。
- (3) 工作台置於嵌入牆內之托架上者，該托架應以斜撐，並穿越牆壁將另一端紮牢。

六、施工注意事項

1. 若有捲揚機作為吊運物料之設備，應在施工時檢討以下事項？

- (1) 捲揚機必須和施工架及支撐架保持距離，以避免運轉振動；更不可將其固定架與後者相連接。
- (2) 吊掛之重量不得超過該設備所能承受之最高負荷且應加以標識。
- (3) 不得供作人員之吊升或降落設備，但臨時或緊急處理作業經採取足以防止人員墜落且採專人監督下之安全措施不在此限。
- (4) 吊掛用之吊鏈鋼索、掛鈎、纖維索等應指定人員於每日作業前先行檢點，發現異狀時應即修換。
- (5) 吊運作業中應嚴禁人員進入吊舉下方。
- (6) 吊索通路有與人員碰觸之虞場所，應加防護或採其他安全措施。
- (7) 捲揚機操作處應搭棚蓋以防物體墜落傷害操作人員。
- (8) 捲揚機應設有防止過捲裝置或標示。
- (9) 捲揚機吊運作業應設置信號指揮聯絡人員。

3-5 模板失敗案例說明

一. 案例一：某體育館女兒牆工程

災害事件敘述

該女兒牆（見圖）緊接於體育館大鋼架屋頂，其鋼筋配置情形亦如圖所示；此女兒牆為一整體構造物，但由於高度頗大，灌漿不易，故必須分二次施工。承造商決定在 ABC面以下為第一次釘模板及支撐施工，並於灌注混凝土前先檢查支撐、鋼筋配置、排水及電力管線等一切沒問題後始開始施工；在 ABC面以上定為第二次施工，其施工程序同第一次，而在灌注混凝土時，發生了嚴重之倒塌事件，因為是突然之事故，而使數名工作人員受輕重傷。

災害原因分析

- (1) 模板負責人為節省模板使用量，竟在該女兒牆第二次施工即灌注預拌混凝土之前，已經將第一次施工所使用之模板及支撐拆除，移至別處使用，使得牆側面模板基本上是架在懸空中，而無側向支撐，這是此災害最大敗筆之處。
- (2) 營造公司之工地主任及建築師事務所駐地工程師皆疏於職責未即時發現上述模板支撐之大缺陷。
- (3) 該女兒牆之目的在於美化體育館，因此其承受垂直荷重有限，對於灌注預拌混凝土所引起的衝力及振動力作用，實不能輕視，為此更應該注意模板的支撐設施，沒想到，不但不注意模板的支撐，竟讓第一次施工的支撐物及模板拆除，而且建築師事務所駐地工程師還簽名同意灌注預拌混凝土。

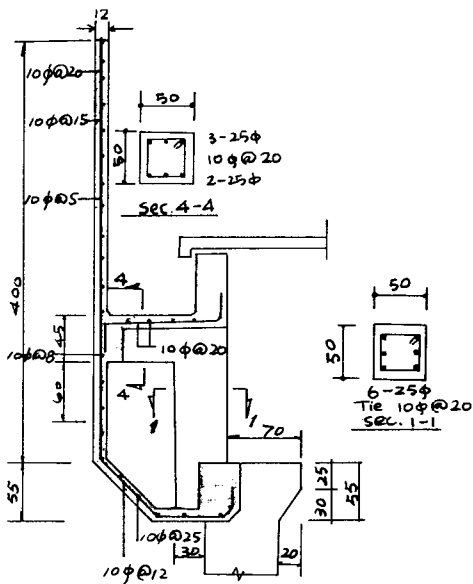


圖 3-1 體育館女兒牆斷面

- (4)結構設計未加強調，該段沒有抵抗壓力，須到中段鋼筋混凝土之梁處，才能產生抵抗力。
- (5)模板面積過大，而且工地又處於丘陵地上，加上當天風力較強，如此在沒有足夠支撐力作用之下，除建築物及材料的靜載重外，又增加了風力及灌注混凝土的衝力等動態作用力，而導致該女兒牆於施工中倒塌。

因應對策

- (1)會同有關單位勘查原有損壞之模板及鋼筋混凝土之後，拆除原有損壞之模板及鋼筋混凝土，不可在復舊施工中，尚留有結構體之殘破部份，否則將大大影響結構體之強度。
- (2)考慮灌注混凝土所引起的衝力及振動力，以及風力的作用力並顧及工作人員的安全，此屋頂女兒牆之模板支撐，改由壹樓地坪搭整體鋼架至屋頂，除增強模板的支撐力之外，還於模板各處施行補強。
- (3)責成建築師事務所駐地工程師及承造公司派駐的工地主任，在營造工程之任何項目施工前，必須事先就設計及結構設計圖詳細研究，互相切磋討論，多考慮一些外在因素，如突然的地震，刮風等，預測施工時可能發生之現象。
- (4)為控制施工安全及施工品質，在灌注混凝土之後，混凝土在未達所需強度或施工說明書所規定之條件，承造公司絕對不可為任何理由而提早拆模。
- (5)對於模板的支撐力，在施工前，工地主任必須先做模板支撐承載力應力分析；不然，至少應仔細的檢查各支撐，斜撐及補強工是否皆確實穩固。

(6)對於大型的女兒牆或較大跨距的結構物，其模板之支撐物最好採用鋼管鷹架或鋼架支撐之。

二．案例二：台中中山堂新建工程之坍塌

災害事件敘述

本案例所探討之施工災害事件發生於民國七十一年六月十一日台中市中山堂新建工程；主體結構分上、下二層看台，倒塌部位是屬於二樓之看台，面積為 150坪，其設計造型為『傾斜式扇形構造』，每一後排位置比前排高，層層依序遞高，最低一層之標高為 11.5公尺，最高者達 20公尺，跨距 37公尺，深 27公尺；當澆灌混凝土尚餘二十餘立方公尺，就可完成時（澆灌總數約 800立方公尺），突然發生模板倒塌，造成五人死亡，三十六人輕重傷之慘劇。

災害原因分析

(1)此結構採「懸臂」式之設計，如前所述，二樓看台與一樓大廳之間，只有橫樑，而沒有支撐柱，跨距達 37公尺，深亦達 27公尺，版厚 30公分，雖然就設計技術之層面來瞭解，此種設計方式是相當具有「挑戰性」，且對於今日國內之建築設計方興未艾之時是頗具「大膽性」，但是其成功之例子在歐美比比皆是，因此若能在結構設計構想規劃時細心考慮各項影響變數與各類載重狀況及結構力學行為之模擬分析，而在執行設計時亦能面面俱到不出差錯，則此結構不失為頗具「突破性」之建築。

(2)根據倒塌現況瞭解，其二樓看台之設計完全與一樓看台相同，每一樑柱載重量都是一樣的，而一樓看台部份早在三、四個月前就已完成，於模板拆除後，並曾對於樓版之變形施以監測，且做成記錄，三、四月的時間觀測結果並沒有發現異狀，十分正常；因此，才決定二樓結構體之灌漿工程，且就倒塌時混凝土尚呈半液體狀態，所以不能算是「結構體崩塌」，而最關鍵之影響因素應該出於模板之支撐問題。

(3)根據承造商工地主任與各施工小組負責人及建築師事務所派駐工地之監工表示，此次工程均按圖施工，施工前並做好施工檢討計劃，且必經市府工務局及建築師勘驗認可後方予施工，因此不可能偷工減料；並且，此次工程所採用之鋼管支撐施工，其抽樣之鋼管鷹架亦曾送請學術單位做抗壓強度試驗，及受力之結構行為分析，又將整個鋼管支撐施工圖及上述試驗之報告書，由市府及建築師審查認可後，確認安全已無問題之後，方予施工。

(4)由「結構設計」以至於「支撐設計」，基本上在專業機構負責設計，審核之下應不致於出問題，大多數皆發生於模板及支撐之施工中，所犯下之技術上的小錯誤而釀成重大之災害結果。其原因有如下幾點：

甲.根據監工之記錄，模板之配模格式會有差異，而做過必要之修正及補強工作，是否執行不徹底而導致「先崩模，後倒塌」？

乙.部份之支撐鋼架曾發生下陷情形，是否底板之鋪墊工作做得不夠徹底，而導致「支撐下陷，局部支撐應力集中超限，使支撐發生挫屈失敗而倒塌」。

丙.灌置混凝土之現場,工人及監工人數多達四、五十人,加上混凝土壓送管之振動力,若施工前未予以考慮儘量減少不必要之負加載重及壓送管之路線配置與支撐問題,則易使振動力超出支撐架所能抵抗之上限或鬆動了某些構件及破壞整個支撐系統之作用力傳遞機構,而迫使局部之結構行為異常,導致連鎖性之破壞。

丁.承造廠將大部份之工程轉包給其他廠商,在工程之「連貫性」及「安全檢查」方面實無法全面顧及,而轉承之小包工業者是否會「憑良心」並「盡契約約定」,負責執行大包之責任?

三. 案例三：辛亥路高架道路工程之倒塌

災害事件敘述

台北市辛亥高架道路位於「古亭交流道工程」之BG3橋面路段,在澆置混凝土二週後,於民國七十七年四月廿九日清晨四時許在風雨中因支撐工失敗導致橋樑斷裂而倒塌,所幸適值清晨無人傷亡,但是此一不幸事件,不僅造成國家資源之一大損失,更嚴重的曝露目前政府對公共工程建設之品質愈形低劣,而使得國人對其憂心忡忡無以為信。因為同樣之工程於半年前在施工澆置混凝土時,BG1橋面路段亦發生倒塌事件;然而,失敗之經驗卻仍然沒有喚醒施工單位之覺醒,以致於重蹈這種慘痛而毫無意義之覆轍。

爲了探求此次施工災害事變之原因，台北市政府工務局新工處特別邀請部份學者、專家，以客觀之立場瞭解現況並加以研判其導因，特將之敘述如下：

甲、施工方面：

- (1)鷹架上部至橋面模板之間，乃以圓木做爲中間傳遞荷重之構件，若其構築未能確實、堅固且緊緊釘牢並加強側撐及連繫桿，則易因其與鋼管鷹架上部支撐面之接合處過多，且多呈不穩定狀態，而各支撐圓木亦常爲了施工便利省事而未達垂直度之要求標準，故造成「接點失敗」而倒塌未嘗不可能。
- (2)若根據支撐設計，鋼管鷹架應該在適當處即要設置斜撐，但是由現況查看，有一側設置斜撐，而另一側完全缺乏，這種不平衡設置即是支撐機構不穩定的導因，且斜撐有鋼管，有杉木雜亂不一，在側撐承載不均勻之下，容易產生「支架挫曲」之失敗。
- (3)下雨過後，路基積水，部份鋼管鷹架底鈑之承載土層未於事前壓實一致，使雨水滲透土層造成土層下陷不一致，再加以上部載重因雨水局部聚集而增加額外之超載重，致使鋼管鷹架在支撐作用力後造成不均勻沈陷而「側移」，當其中一、二支支架因「超載」失敗，則依「骨牌式之連鎖反應」而使支撐架完全塌崩。

乙、環境因素：

- (1)連日豪雨使基地濕軟，支撐架不均勻沈陷，上承重量因雨水而加大。
- (2)七十七年四月廿五日凌晨四時發生有感地震(強度約二級)，可能受地震影響使部份支撐之鋼管鷹架支點(尤其與圓木接合處)產生鬆動；承造商負責之工程人員未做震後檢驗補強措施。
- (3)施工工址之兩側交通流量極大，且電信局在此路段正進行南四交換機房埋設連接地下幹線管路，因此造成辛亥路南側慢車道路面凹凸不平，常因重車輛(尤其如砂石車)經過產生極大之衝擊與振動，可能因而使支承之鋼管支點鬆動，此項影響災變因素，施工單位事先似乎未曾查覺，更遑論檢驗補強。

丙、人為因素：

本高架橋道路工程係採取預力後拉法施工，雖然澆置混凝土已達二週之久若是一般之 R.C工程於14日之強度已可達70%以上，但是預力結構在未施拉預力前是不可能達到自承之強度；因此，若支承架倒塌則難免會因而發生斷橋之災害。其導致鋼管鷹架失去支承平衡而倒塌之因素如前所述，惟人為之破壞因素，並無不可能；因為施工現址並沒有以安全圍牆將工地與道路隔開，而警示標誌亦做得並不徹底完善，致使「閒人」可以隨意出入，若有人故意或者是出於無意而拆除部份之支承構材，或鬆動了支架，況且，工地之監督查核工作似也做得並不徹底，如此，難以避免倒塌事件的發生。

改善措施及對策

- (1)改以H型鋼支架支承之，支承底鈑須能置於確實壓實之基地上；並且加鋪一層臨時混凝土以確保基地之平穩。H型鋼上部與模板間之支撐部份，絕對要確實督導施工，並隨時查核以便補強。
- (2)工程單位往後對於公共工程之施工，一些易發生危險之工法盡量避免採取；規劃市內橋樑時盡量採用預力預鑄 R.C構造法或鋼構造法施工，不僅可省工時，且可使管理、品質等易於控制，以期達到經濟、安全之目標。
- (3)重新規劃施工工作計劃，除重視工期外，對於工地安全及工程管理查核亦應一併考慮，以期能萬無一失地完成工程。

參 考 文 獻

- 3—1 沈進發，『模板工程』，74年 4月。
- 3—2 沈進發，『國內模板工程之現況與安全之探討』，TRA-74103
台灣營建研究中心，75年 6月。
- 3—3 高健章，『鋼管鷹架使用現況安全性之探討』研究報告，台灣營建研究中心，72年11月。
- 3—4 『土木臨時設施之設計與施工』，榮工處。
- 3—5 蔡守智，『建築結構體之施工與監工』，詹氏書局，73年10月。
- 3—6 『營造安全衛生設施標準』、『勞工安全衛生法令』，中華民國工業安全衛生協會，63年 6月16日。
- 3—7 巫啓后，『營建管理與施工實務』，詹氏書局。
- 3—8 林松田，『營造工地安全衛生管理及檢討』，現代營建雜誌。
- 3—9 梅曉飛，『營建工程施工安全管理之研究』，75年 6月。
- 3—10 『模板支撐』營造業勞工安全衛生教材，中華民國工業安全衛生協會及中國生產力中心。
- 3—11 『鋼筋混凝土建築施工規範(土木402—70)』，中國土木水利工程學會。

- 3—12 中華民國內政部頒佈『建築技術規則』。
- 3—13 M.K. Hurd. 『Formwork for Concrete』 4th. ed. 1979.
- 3—14 ACI 347-78『Recommend Practice for concrete Form Work』，
American Concrete Institute. Reprinted in ACI Manual of
Concrete Dructice, Pant 2。
- 3—15 『建築現場施工管理的評核』，日本彰國社企劃編輯部，
施君偉、施覺先合譯，66年10月，茂榮書局。
- 3—16 施君偉、施覺先合譯，『圖解建築施工技術』、『建築現場圖面
示範與施工』，茂榮書局。
- 3—17 『Construction Disasters』，Design Failures, Causes and
Prevention Steven S. Ross McGraw-Hill Book Company. 1984.
- 3—18 梁明德，『營建個案工程的失敗原因與對策探討』，營建世界雜誌，
76年3月。
- 3—19 『台中中山堂新建工程之坍塌』，現代營建 71年 7月。
- 3—20 徐信裕，『辛亥設高架道路工程倒塌』，營建簡訊，77年5月。
- 3—21 許崇堯、蘇懇憲，『從中山堂坍塌事件談模板支撐失敗之原因及改進
對策』，營建世界雜誌。
- 3—22 林平昇，『鷹架施工安全問題之探討』，現代營建。

第四章 鋼筋配置工程與施工災害

4-1 概述鋼筋配置

目前台灣的建築物已漸趨發展以鋼骨結構為主流，但鋼筋混凝土在此時依然是最多量的建築物。

鋼筋混凝土結構係由鋼筋與混凝土組合而成之結構，其功能全依鋼筋與混凝土之完全組合才能達到，在這種組合下，施工作業中的鋼筋是否適當的組合與安排均直接影響結構體之結構行為。因此一件錯誤的鋼筋配置工程，甚至是鋼筋工程中小小的瑕疵，它的影響都是巨大而深遠的。

在施工作業上，鋼筋之位置安排直接影響其強度及耐久性，因此在施工上必需慎重進行，在強度上，鋼筋愈靠近結構單元之外圍其效果愈高，但保護層不足又將造成鋼筋之腐蝕而減低其耐久性。為了確保鋼筋位置之正確性，在施工過程中必須暫時借重其他固定位置之單元以確保其位置之正確性。因此在施工中鋼筋之綁紮是為結構安全之重要因素。

鋼筋由於生產及搬運上之限制，其長度通常無法達到結構單元所需之長度，因此必需於結構體之某處搭接，為達到其連續性，搭接使用之方法及品質控制均會影響其拉力強度而直接影響結構體之安全。

因此，留心鋼筋配置施工之細節，提高建設工程之品質，是為業者之責任，也關係著本身職業道德。因此，應謹慎地從事鋼筋配置之施工。

4-2 災害原因及改進策略

本節針對鋼筋配置工程之施工災害，就其原因、預防措施及改進對策，製成表格如下，

以防災害之再發生：

區 分	災 害 原 因	預 防 措 施 及 改 進 對 策
設	1.設計強度不足。 - o 計算錯誤或筆誤 - o 原始資料不足或有誤 - o 對結構系統及應力不夠了解 ,以簡略法分析複雜之結構。	1.充分蒐集設計原始資料，確保設計強度符合要求。 2.設計後，仔細校對查核。 3.對結構系統及應力充分了解，避免簡略法分析。
	2.鋼筋量不足 - o 計算錯誤、筆誤。 - o 繪圖員標示錯誤或少畫。 - o 對規範欠了解。	1.計算書與設計圖之核對工作不可忽略。 2.設計者對規範法規應清楚了解、細節部分尤應注意。

計	3.配置不當，細部要求未臻完善 - o 設計者經驗不足。 - o 對規範欠了解。 - o 疏忽一些細部大樣，或是未標明材料尺寸規格。	1.設計者需具備經驗，且設計完成後由有經驗者校對之。 2.設計者在配置鋼筋時，應考慮到施工可行性問題。
施	1.鋼筋品質不良，強度不足。	1.鋼筋之來源應向信譽良好之廠商購買，控制鋼筋之品質。 2.鋼筋於使用前需檢核各項品質標準方可採用。
工	2.偷工減料 - o 為獲取非法利潤，鋼筋號數不足，支數不足。 - o 鋼筋品級差、間距大。 - o 彎鉤、錨定或搭接處長度不	1.監工人員確實負起監督工程之責任，保證工程品質。 2.施工中，不符合圖說、規範者，即令改正之。 3.灌漿前之檢驗工作應依照施工圖說明，

		3.鋼筋置放地點應儘量避免在電線之下方或上方。 4.採用起重機吊運鋼筋時，應將鋼筋重量等顯明標示，以便易於處理及控制其起重負荷，並避免在電力線下操作。
	5.電焊作業疏忽	1.使用前應進行把手絕緣、電纜線被覆、電纜線接頭之檢查。 2.檢核保護面具及眼鏡是否破損。 3.檢核防止電擊之裝置是否完備。
	6.其他	1.進入工地人員需載安全帽，位於高處應使用安全索。 2.設置符合條件之工作台或張護網。

4-3 鋼筋配置施工查核表

鋼筋配置施工查核表

工務部	工地主任	監 工

• 查核區域：

• 查核日期： 年 月 日

區 分	查 核 事 項	注 意 事 項	再 度 確 認
(1) 施 工	※1.施工圖之繪圖者是否已確實瞭解建築設計圖及相關之規範？ 2.是否已明確標示鋼筋之種類及數量？ 3.結構上之補助筋，補強筋是否有明確標示？核對是否有疏漏處？ 4.施工圖上鋼筋的搭接位置，是否集中在同一斷面內？		

圖 之 規 劃 設 計	5.施工圖上的搭接位置，是否不集中在拉應力大之處？ ※6.是否可能發生結構設計強度不足之情形？ ※7.所配置之鋼筋量是否足夠？ 8.查核鋼筋之間距，在實際施工時是否可行？ 9.設計者是否疏忽一些細部大樣，或有未標明材料尺寸規格之處而可能引起施工上之困難或錯誤？		
	1.綁紮鋼筋所用之鐵絲是否為#18～#22鐵絲？ 2.鋼筋之綁紮有無遺漏處、鬆弛處或不妥之處，特別是在鋼筋之搭接部位？		

(2) 施 工 安 裝 作 業	3.鋼筋表層發生斑鏽時，於加工前是否已做 刷除處理？ 4.錨定長度是否充足？方向、位置有無不妥 ？ 5.各結構部位鋼筋之間隔、位置及形狀是否 正確？ 6.鋼筋兩端彎鉤的角度及彎曲狀況是否正確 ？ 7.鋼筋續接時，如用搭接法，其長度是否符 合圖說標示之尺寸？ 8.鋼筋之保護層，有無按一般規範書上之規 定設置？或至少在鋼筋直徑之1.5倍以上？ 9.是否已指派專人對所使用之鋼筋材料的外 觀負責檢查，並就下列事項加以確認？(		
---	--	--	--

情況嚴重者應個別剔除，或加以處理後才

使用。）

(1)傷痕、鱗片、粗糙的外表。

(2)多刺。

(3)裂痕。

(4)嚴重彎曲。

(5)附著物。

(6)嚴重生鏽。

(7)鏽斑。

10.是否已協商決定將品質不良或不合格者退

貨或交換，以免影響結構強度？

11.對於所使用之鋼筋，是否有檢驗單位之抽

樣合格報告？內容包含下列事項：

(1)拉力強度。

(2)降服點。

(3)伸張百分比。

(4)直徑。

(5)試驗片號數。

12. 鋼筋在搬運時，是否會撞及電線或其他臨時結構？

13. 是否有超出最大負荷限制，把鋼筋集中堆積在墊腳架、棧橋以及鷹架上的情形？

14. 鋼筋在裝載或卸除時，是否確實綁在一起？垂吊時是否保持水平？若情非得已而必須做垂直吊起時，有沒有使用吊袋？（迴轉之空間足夠否？）

15. 在高空作業前，是否已注意檢核下列事項？

	(1)作業時腳踏處的安全。 (2)爲柱筋套上腹筋時，是否將使用安全索？ (3)樓版配筋有沒有翹起的情形？ (4)有沒有以過分勉強姿勢而進行作業的情形？ 16.使用起重機吊起或卸落鋼筋的場所，是否設有禁止閒人進入的標示？		
(3) 施 工 中	1.基礎底腳、柱及地樑之配筋是否正確？ 2.樑、柱的主筋種別、支數、號數是否有誤差？ ※3.樑、柱筋的搭接部份是否正確？ 4.柱的 x - y 方向配筋是否正確？		

鋼	5.柱的尺寸在上層縮小的柱筋，收緊加工是	
筋	否正確？	
之	6.樑、柱鋼筋的直徑、形狀與間隔是否按圖	
綁	施工？	
紮	7.樑、柱筋的錨定長度是否足夠？	
作	※8.樑上開口部份的補強是否按圖施工？	
業	9.樑的側面及底部的保護層是否正確足夠？	
	10.底版的主筋間隔是否按圖施工？	
	11.底版主筋彎頭位置是否正確？	
	12.底版主筋的彎曲長度及錨定長度是否正確？	
	13.底版筋的保護層厚度是否足夠？	
	14.底版有高低差時，主筋是否曲折？（是否設有補強筋？）	

	15. 插筋是否遺漏？ 16. 樓梯的配筋是否正確？ *17. 牆壁開口部份的補強是否正確？ 18. 混凝土搗灌前須檢視鋼筋是否清潔，是否有浮油、浮鏽等雜質依附？邦浦車所用之配管是否直接放置於鋼筋上？ 19. 樑有二段配筋時，鋼筋之間距是否適切？ 20. 鋼筋底部是否用水泥塊墊高？ *21. 柱筋是否全部垂直定位？若有偏心現象，是否檢討校正方法？ 22. 樑、柱、底版所須預留之鋼筋搭接長度是否足夠？		
(4)	1. 壓接部位是否確實按照圖面施工？兩端的鋼筋差有沒有超過7mm？		

施 工 中 鋼 筋 壓 接 作 業	2.壓接部份的試驗，是否已進行鋼筋取樣之 抗拉試驗及彎曲試驗？ 3.壓接部份的表面是否正確及磨光？ ※ 4.壓接面及壓接部份的形狀是否正確？ 5.壓接部份於壓接後，是否不在同一平面？ 6.鋼筋壓接後，偏心是否在$1/3D$以下？ 7.鋼筋壓接之位置是否正確？（是否不在同一平面？） 8.壓接之鋼筋是否垂直挺直？ 9.壓接之鋼筋大小是否與施工圖相符？ 10.對壓接作業的安全性是否加以檢討？ 11.瓦斯壓接作業是否由受過專業訓練者擔任 ？		
---	---	--	--

	12.瓦斯壓接作業中，對構造上的特性是否確實了解？ 13.壓焊場所的是否合乎安全要求？ 14.是否已完成所有需要壓接之鋼筋？檢查是否有遺漏者？		
--	--	--	--

4-4 查核事項之補充說明

為上一節之查核事項作以下之補充說明：

(1) 施工圖之規劃設計

※ 1. 構造圖與規範書的內容中，若對下列各項未作明示，則施工圖將無從繪製。

(a) 使用鋼筋之種類 (b) 錨定長度及搭接長度 (c) 續接方法 (d) 餘長截除方法

(e) 箍筋、環筋的間距 (f) 特殊構造部份的構造詳圖。

※ 6. 造成設計強度不足之原因有下述幾點，應加以注意：

a、結構設計計算錯誤或筆誤。

b、原始資料不足或有筆誤。

c、對結構系統及結構應力欠了解，以簡略法分析複雜結構。

※ 7. 鋼筋量不足之原因有計算錯誤、筆誤、繪圖員標示錯誤或少畫等以及對規範欠了解。

(2) 施工安裝作業之查核事項補充說明

※ 1. 樓板之水泥墊塊及鐵馬椅隔墊

(a) 依設計圖說規定之保護層厚度 (h) $\pm 1/3h$ 。

(b) 未規定者：2 公分 ± 0.7 公分。

(c) 樓版鐵馬椅墊須支撐於長向上層筋之下。

(d) 水泥墊塊或鐵馬椅墊之間距不得超過 0.8 公尺。

(3) 施工中鋼筋之綁紮作業查核事項補充說明

※ 3. 樑、柱鋼筋之搭接位置最好如圖 4-1 所示在應力較小處為妥，若不得已須在應力較大處搭接時，則應將搭接長度加大，另外鋼筋搭接之相互位

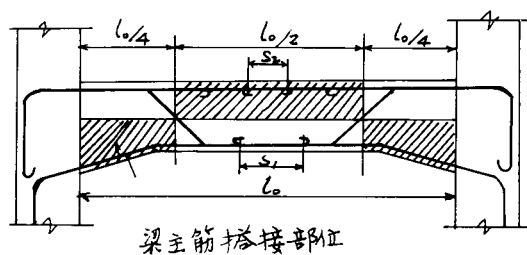
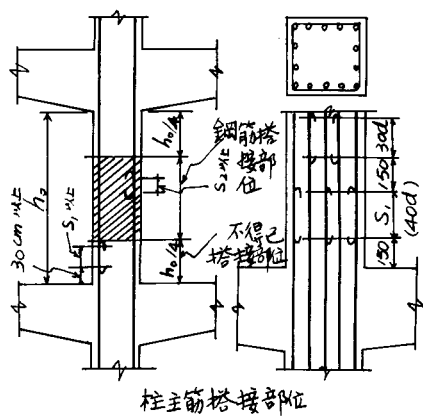
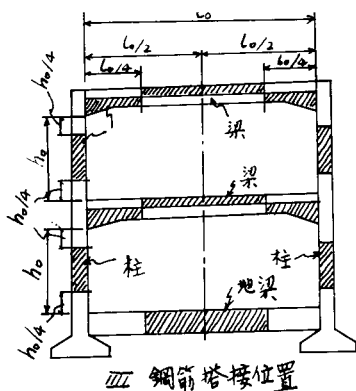


圖 4 - 1 梁柱搭接位置圖

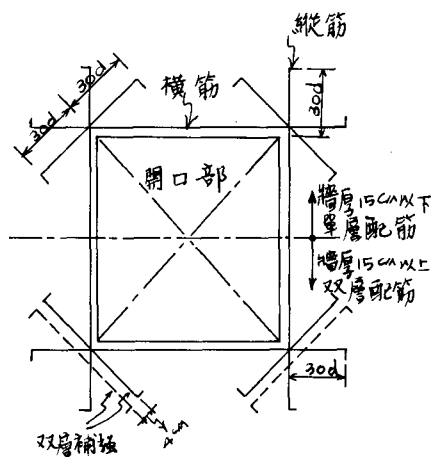


圖 4 - 2 結構牆開口處補強筋配置情形

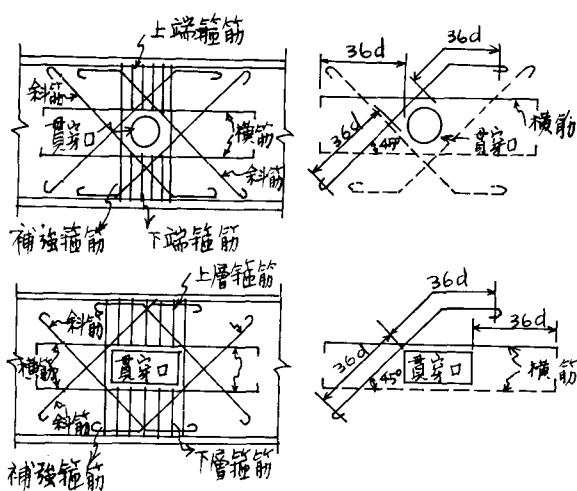


圖 4 - 3 梁貫穿口補強鋼筋配置情形

置應依應力狀況彼此錯開，若有重疊搭接情形，其搭接位置假如過於集中將使混凝土之澆注不易，可能發生混凝土與鋼筋分離之情形。

搭接部份在綁紮時，應注意是否有鬆弛、下滑現象，否則柱的全體長度可能縮短，紮線應有2~3處，要完全紮緊。另外，強度不同的鋼筋（如竹節鋼筋與圓形鋼筋）不可相互搭接。[4-1][4-3]

※ 8. 梁是最主要的結構體，設貫穿口時應注意下列各點：[4-1][4-6]

(a) 貫穿口一定要避開梁端部。

(b) 貫穿口應在以梁深中心附近為要。

(c) 避免梁貫穿口並列設置，不得已時，其中心間距為直徑之3倍以上方可。

(d) 貫穿口直徑為梁深 $1/10$ 以下時不必補強。

(e) 補強要領如圖4-3

※ 14. 樓版設計有高低差時，在配筋上應注意以下幾點：[4-1][4-3][4-7]

(a) 同一塊樓版有高低差時請參考圖4-4-1

甲. 高低差位置在樓版端部(B-B附近)

高低差不多時如圖4-4-2a 所配置，用托肩將主筋鬆動插入補強筋。

若高低差較大時，如圖4-4-2b 配置梁型接頭連接。

乙. 高低差位置在樓版中央(A-A附近)，其配置情形如圖4-4-3 所示。

(b) 若樓版於梁交接處有高低差時，其配置情形如圖4-4-4 所示。

※ 17. 結構牆有開口時，除連接柱、梁或一邊長250mm以下者以外，都要設置補強筋，如圖4-2 所示。若牆厚在150mm 以上的雙層配筋牆時，補強筋都以雙層配筋，斜筋在牆筋上綁紮，防止位移。[4-1]

※ 21. 柱主筋之校正原則：[4-1][4-7]

鋼筋混凝土結構，原則上除了搭接、錨定以外不得將主筋彎曲。但因在模板工程時經核對後有柱心偏差情形，而常有校正柱主筋之情形；如圖4-6 所示，若將主筋作大角彎折，於地震時將因主筋拉力難發生作用，以致成為破壞之原因，所以要將部份混凝土敲除，校正主筋之彎折半徑

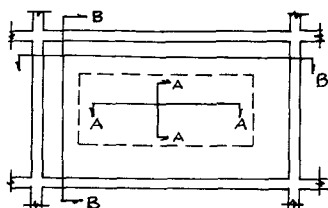
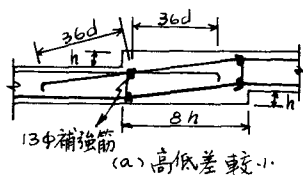
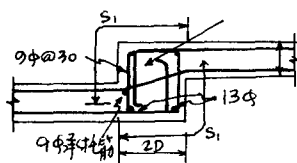


圖 4-4-1 樓版有高低差時位置圖

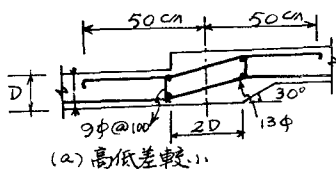


(a) 高低差較小

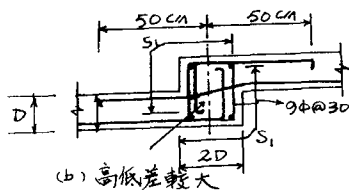


(b) 高低差較大

圖 4-4-2 兩端 B-B 附近 有高低差時



(a) 高低差較小



(b) 高低差較大

圖 4-4-3 中央 A-A 附近有高低差時

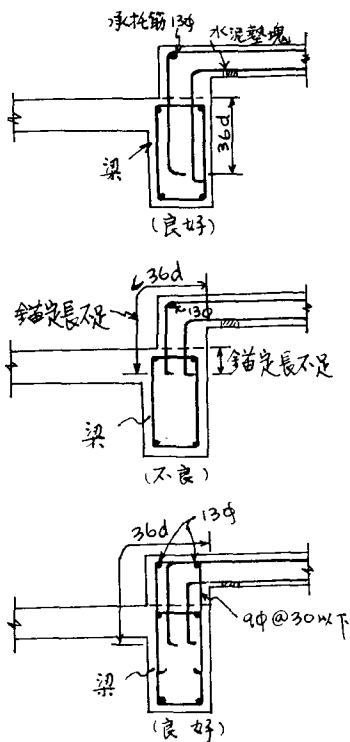


圖 4-4-4 樓版於梁交接處有高低差時

為6d以上緩角度才可。另外，為了主筋校正而需要加熱時，不可急速加熱或過熱。

(4) 施工中鋼筋之壓接作業查核事項補充說明

※ 4. 壓接面及壓接部份的形狀在作業上應注意以下事項：[4-1][4-4][4-6]

- (a) 壓接面所形成的面，應如圖 4-5，對中心軸約有70～90度之傾斜角，突出接合面的空隙不得超過 3mm、傾斜角一小，則鋼筋所承受彎曲強度有呈現低下的危險。
- (b) 壓接面如變成綠色，亦為接合耐力低下原因之一，在壓接前，應再度以研磨機整修，使壓焊面成為白色。
- (c) 壓焊部份之飽滿大小以直徑之 1.4 倍以下為原則，如過小可再加熱加以壓焊，直至達成所定之飽滿程度。加熱及加壓力過份，而形成之刀刻狀的飽滿狀，將使壓焊部產生龜裂情形，使材質變化，強度降低，則必須加以再壓焊。
- (d) 中心軸有嚴重曲折或偏差在 $1/10d$ 以上時，則必須加以重新壓焊。

。

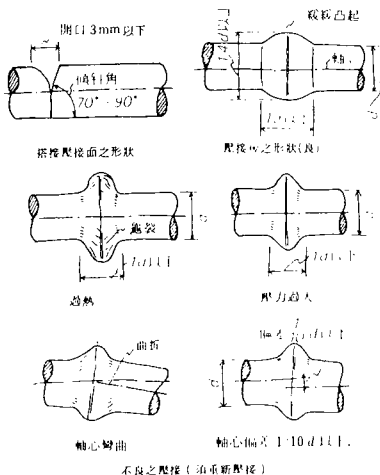


圖 4 - 5 鋼筋壓接形狀

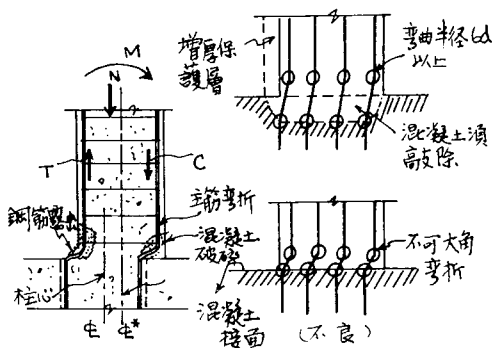


圖 4 - 6 柱主筋校正原則

4-5 案例說明

一、案例一：某地下停車場工程樓版塌落事件

災害事件敘述

本案例所探討之施工災害所影響之建築物為場鑄、雙層、平頂之RC構造地下停車場，構造之基本配置包含三層樓版即基礎版，中間層樓版與屋頂版。屋頂之上設計為承受1.5m深之覆蓋土層，而停車場地面上之區域乃供做一般之風景區、種植區及行人休憩區與部份當做交通道路用。

於某日下午五點，大約涵蓋36m x 36m面積之屋頂樓版發生塌落，將中間層帶入最低層並貫穿中間層樓版。結構體之倒塌部份在當時已經完成灌注混凝土並有60~90天之材齡，當營造單位於結構體已完工區域開始填土工程至0.9m深時，發生了此次施工災害，很幸運的，因為工人皆已下班而沒有造成任何傷亡。

根據現場描述，其破壞情形如圖4-10所示，塌落部份位於9m x 9m與13.5m x 13.5m跨度交與區域；為了保持淨空高度及加強因跨距加大之抗撓曲作用，所以在設計時特別於樑-柱接頭附近之樓版增加"上托版" (up-drop panel) 從破壞圖可看出，整個倒塌部份即沿著"上托版"之周邊發生，經由現場鑑定發現，其失敗原因就在於"鋼筋在轉折處配置錯誤"，由於施工單位缺乏鋼筋配置之施工指示詳圖，及整個進行之工程缺乏有效與仔細之施工管理查核措施，而導致這次災害，由圖4-11 a, b，我們即可了解其發生原因及結構體之破壞機構。

根據一般之施工狀況，鋼筋之配置詳圖大都不是由結構設計工程師負責，而必須委由專業化之設計者來負責此一配筋工程，對於在配置鋼筋時可能發生之施工缺失問題，由於詳圖繪圖員沒有在圖說上特別標示，且未與設計者討論過而疏忽了「托版於轉折處鋼筋之配置需要特別補強」之問題，另外，在灌漿之前設計顧問公司之工地負責人於檢查時也沒有發現這個問題，而業主派駐之監工亦沒有在複核時發現這項缺失。

另一方面，經由勘定結果發現破壞區域某些地方之灌漿品質相當差，導致額外之內應力（因收縮及溫度效應而發生內應變現象）產生，而加速混凝土之碎裂作用，但這項可能影響因素尚須揣測，並未被接受為重要因素。

災害發生之後，施工單位採取緊急措施——包括倒塌區域及鋼筋配置有問題之區域的重建工作，重建時仍然採用原先之結構設計，但使用較高強度之混凝土並修正鋼筋配置方式。此外，亦建立施工管理之查核制度。

災害原因分析

綜觀這次施工災害，大致上其失敗原因如圖 1 1 b 所概述之“破壞機構”，由此我們可以得到一些警示，在此提出探討：

1. 一般鋼筋配置詳圖之查核工作，通常指派那些較少經驗之助理工程師來負責，並且常視這種工作為“次級技術作業”；或者用以訓練新進工程人員。因此，常常在“充任”而不受重視下，敷衍了事因而疏忽了許多施工缺失，但事實上，這種關係結構安全的施工查核工作，應委由有經驗之設計者或工程師來擔任，做為其專業化服務之最後檢核。

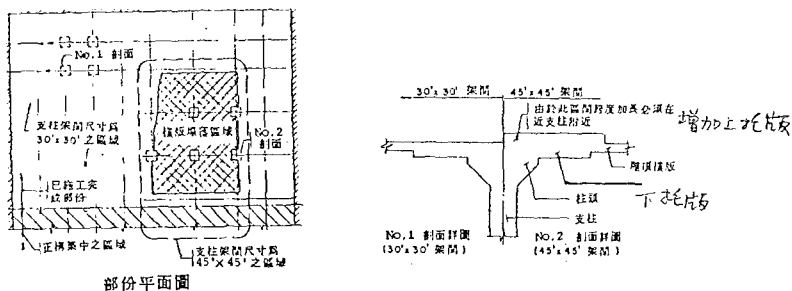


圖4-10 地下停車場樓版塌落示意圖

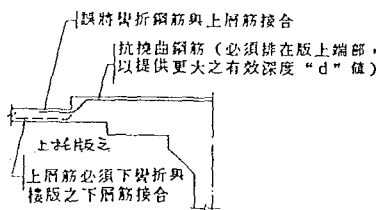


圖4-11a 鋼筋配置錯誤圖

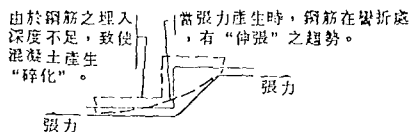


圖4-11b 破壞機構步驟示意圖

- (1) 鋼筋在受張力時產生伸張作用
- (2) 由於埋入深度不足, 致使鋼筋附近之混凝土因擴張應力之作用而碎化。
- (3) 當混凝土之拘束能力消失, 更助長鋼筋之伸張作用。
- (4) 由於“擴張效應”加速, 導致混凝土結構體龜裂倒塌。

2. 基本上依據投標之合約規定，鋼筋的配置工作委由承造商全權負責，而一般之承造商常常以最低之成本轉包給承攬鋼筋業務之小包商去做。因此，若無專業化之檢查與督察程序，常令人懷疑其技術與施工方法之正確性，亦即常有類似"偷工減料"之糾紛事件發生，而大多數之業主亦只是在成本支出問題上考量，而不注意實質的施工品質問題，也因而在施工過程中，增加了施工災害之風險。
3. 本事件亦是破壞行為中拉鍊效應 (Zipper effect) 的好例子；當某區域發生破壞時，其倒塌之落體將"額外"之負荷與衝擊傳遞給另一較強之結構體，而導致該結構體超負荷之發生，連帶使其產生延續性破壞，因此，施工單位應切記下層之樑版結構在未達到足夠強度之前應有適當之"再撐"以加強其抵擋上層"額外"之負荷或衝擊之能力。
4. 如圖 4 - 1 2 所示，為另一個已經發生過之建築施工失敗例子，其破壞方式與本次災害近似，皆係由於結構體於鋼筋轉彎處之配置處理不當或未特別補強而造成；而這種歷史教訓常未能及時喚醒目前之營造業者，類似之災害情形一再發生，有關主管單位於驗筋時，應對這方面的問題特別加以注意，以免相同之災害一再重複發生。

二. 案例二：某游泳池看台的雨棚工程

災害事件敘述

本案例所探討之游泳池看台其下層做為更衣室，看台上設有一座長10.2m，寬5m之鋼筋混凝土結構物的雨棚（見圖 4 - 1 3），雨棚採用反樑式設計，僅以兩根40cm x 40cm 柱支撐整個看台雨棚之重量，柱心淨高2.1m，簷高2.6m；以柱為中心，前面跨出柱心3.5m，後面突出柱心1.5m（見圖 4 - 1 4），如

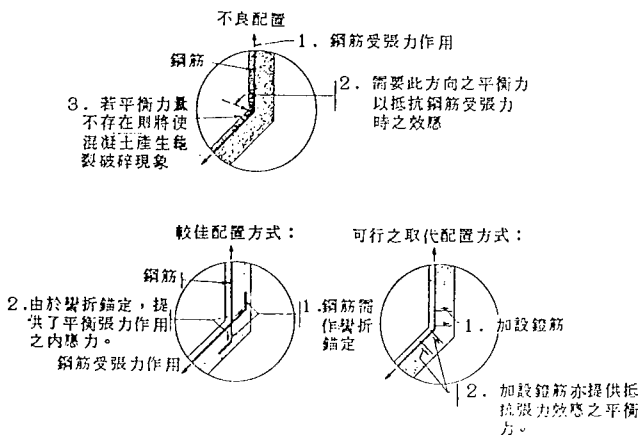


圖 4-12 轉折處混凝土壓碎現象及改善

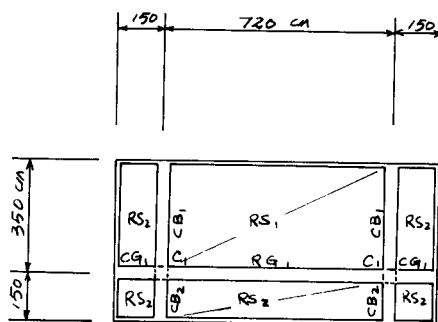


圖 4-13 游泳池看台雨棚結構平面圖

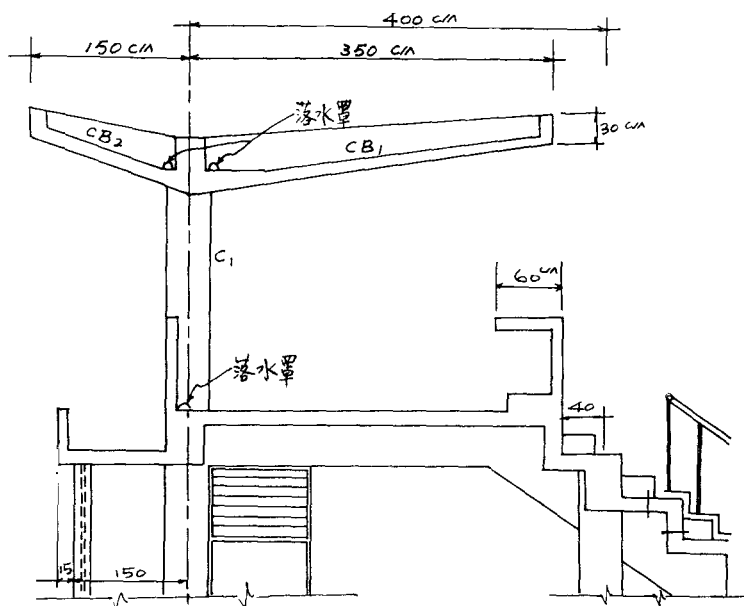


圖 4-14 游泳池看台雨棚結構側面圖

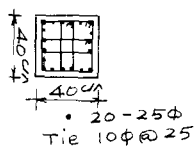


圖 4-15 原有柱斷面及配筋

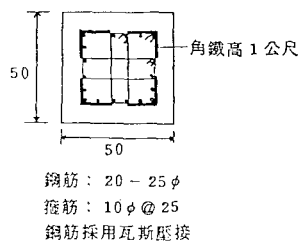


圖 4-16 補強柱斷面及配筋

此，柱心的前面靜載重約18噸，後面之靜載重則為9噸，而支撐此載重之柱子採用25 ϕ 鋼筋20根，且於柱頭採用搭接方式配筋；雨棚之排水系統則利用直徑為7.5cmPVC管分別埋設於支柱內部。

承造公司依上述設計製模配筋，並經建築師事務所派駐工地之工程人員會同業主承辦人員檢驗鋼筋，無誤後始澆灌混凝土，完工後二個月之間（尚未使用），雨棚屹立安然無事，然而不堪突然一夜之間之暴風雨吹襲而告倒塌。

災害原因之探討

- (1)斷面為40cm x 40cm之支柱，採用直徑為25mm之鋼筋計20根（見圖4-15），又於柱頭處採用搭接方式配筋，造成柱頭位置共有40根直徑為25mm之鋼筋，且加上1根7.5cm之PVC排水管，使得搭接部份的柱頭於混凝土灌注時，碎石無法通過，只有砂漿能下落，這樣很難控制施工品質，再者柱頭並無加強箍筋，而且柱斷面積太小產生鋼筋的保護層不足，勢必降低支柱的承載力。
- (2)一般之水電承包商配合營造公司之鋼筋架配或安裝鋼骨於配置PVC排水管或電線管路時，在未灌注混凝土之前，均將各管之端點位置塞住，以免灌注混凝土時堵塞了端點，本看台之雨棚工程就是因為灌注混凝土之後的二個月期間，水電承包商仍未改裝7.5cm落水銅罩，仍然塞住其PVC排水管，不料在帶有雨水之颱風奇襲之下，柱心之前部份雨棚增加約11噸之雨水，柱心的後部突出之雨棚增加約5噸的雨水，這些雨水因刮風所引之波浪作用力可以忽略，但是，側向的風力是絕對不能忽視的，因為較大的側向風之作用力，已使雨棚結構物處於動態之下，承載雨棚的兩根支柱，除梁載重及雨水之載重外，還必須負荷因風力所引起之動態側向壓力及扭矩，然而鋼筋混凝土結構物為「鋼性」，不易抵抗地震或動態之作用力，

因此，常在結構物之強度不足以克服瞬間之側向力及扭矩下，於毫無「預警」之下猝然倒塌，至於S.R.C 結構物則具有相當之「韌性」，適於承受地震及風力之動態作用力。

改善對策

- (1)將原有看台之雨棚全部鋼筋混凝土敲除，柱子拆除並打至原樓版、樑筋為止。
- (2)將25 ϕ 柱筋切成不同高低位置磨平及清潔處理，然後以壓接方式接合而以減少柱內筋所佔之體積。
- (3)壓接部份並利用5 cm角鐵於柱之四週上下約1 m之位置加以焊接為一體（見圖4-16），使支柱具有韌性。
- (4)柱之斷面積改為50 x 50cm，以增加鋼筋與角鋼的保護層。
- (5)屋面背後反樑部份以鋼筋混凝土灌注與反樑平，使支柱後面突出部份之重量增加，克服載重不均之現象。

此次之教訓檢討

- (1)建築設計應以結構安全為首要，千萬不可祇為了美觀而忽略了安全結構物的基本要求，例如本看台雨棚之支柱，絕對不能為了對美觀而採用小斷面積，致使鋼筋有不足的保護層。
- (2)結構設計的首要任務是確保結構體之安全，建築物該用鋼骨或鋼筋混凝土結構物、鋼筋之搭接位置、箍筋之補強，鋼筋之間距及保護層，絕對不能掉以輕心，例如本看台雨棚之倒塌主因乃是支柱鋼筋之搭接位置錯誤，鋼筋之間距太小致灌注混凝土時無法控制施工品質，及鋼筋的保護層不足，

所幸在未開放使用之前先遇到此次風雨之災害而無人傷亡，若一旦游泳池完工使用之後方倒塌，則可能造成甚多人命傷亡之慘劇。

(3)結構設計師不能只爲了適合建築師設計的結構物之斷面積，而忽略了鋼筋配置的基本要求，因爲配筋準則是與施工品質相輔相成的。

(4)承造公司之工主任應該於施工前憑藉其實際經驗，對於設計及結構圖詳細研究，並且能與建築師事務所駐地工程師討論，若設計上有問題，最好能於施工前與建築師、結構設計師及業主研討，變更設計，以防患於未來。

三、案例三：中和華陽市場倒塌事件

事件敘述

本案例所探討之施工災害建築物爲華陽市場，位於中和民樂路1號，於民國67年11月核發使用執照。此市場爲三層樓建築物，其各層之用途爲：一樓攤位、二樓攤位店鋪、三樓倉庫、於民國75年11月15日因地震而倒塌，造成了嚴重傷亡。

根據倒塌現場情形的了解，混凝土施工方面，偷工減料造成混凝土強度不足，是破壞的原因之一。再者鋼筋配更是此次倒塌的主因，梁柱接合處安排不當及梁與樓板接合配筋不夠，致使結構物由接合處破壞；梁柱接頭的錨定長度不足，鋼筋端點未按圖做好彎鉤，促使地震發生後，因接合處的握裹強度的不夠，造成建築物的倒塌。

1. 梁柱接合處鋼筋安排不當：

梁所承受之力量，皆需憑藉柱子的傳遞而下達至基礎上，梁柱接合處之鋼筋安排不當，梁所受的力量無法完全經由柱子傳遞，尤其台灣，處於地震帶，地震頻仍，由於鋼筋配置之缺失，地震一產生，則施工品質即受到考驗。

2. 梁與樓版接合處配筋不夠：

用狀況等條件而計算得，尤其梁與樓版接合處之配筋，影響整個結構物的完整性，當其接合處配筋量不足，則降低其所能承受之載重負荷，甚易遭受破壞。

3. 梁柱接頭之鋼筋錨定長度不足：

鋼筋之錨定旨在增加鋼筋與混凝土之握裡力，於拉力作用時，防止鋼筋被拔脫，保障梁柱之結合不致受拉力而分離破裂。施工人員的水準參差不齊，承造廠商刻意的偷工減料皆是促成錨定長不足的原因。

4. 鋼筋端點未做彎鈎：

端點彎鈎於設計圖上皆有詳細規定，但施工單位為 "省工省料" 常不按圖施工，監工人員也敷衍了事，未嚴格要求，致使 "彎鈎" 皆是有名無實，很多工程災害遂因此等小疏忽而鑄成大錯。

5. 規章制度之缺失：

建築師未能負起監督之責，政府有關單位也未能有效地加以督促，如此，施工缺失未能及時發現，一幢幢不安全之建築物林立，災害發生之危險有增無減，專業技師簽證負責制度之建立乃刻不容緩。

參考文獻

- 4-1 " 鋼筋要領詳細圖集 ", 谷資信 筋野三郎原著 鄭瑞金編譯
74.5. 總源書局。
- 4-2 巫啓后著, " 營建管理施工實略 ", 76年, 詹氏書局。
- 4-3 鄭瑞金編譯 " 建築工程之缺陷與對策 "之二, 日本建築失誤對策研究會編著, 總源書局 1981.11 初版。
- 4-4 蔡守智 " 建築結構體之施工與監工 ", 73年10月, 詹氏書局。
- 4-5 施君偉譯, " 建築現場施工管理 ", 茂榮書局。
- 4-6 施君偉譯, " 建築現場圖面示範與施工 ", 茂榮書局。
- 4-7 王志展譯, " 建築工程設計施工之檢討與建議 ", 茂榮圖書公司。
- 4-8 施君偉、施覺先合譯, " 建築現場施工管理的評核 ", 日本彰國社企劃編輯部, 66年10月, 榮圖書公司。
- 4-9 王威宏譯, " STRUCTURAL AND FOUNDATION FAILURES " Case 7, 78年3月。
- 4-10 潘進明, " 營建工程之品質保證及災害預防之研究 ", 現代營建, 75年11月。
- 4-11 黃政勇著, " 混凝土工程技術 ", 『建築工地管理, 工程驗收及保固』, 台灣營建中心
- 4-12 " 營建工程施工規範 ", 『台塑企業營建部資料』, 營建世界。
- 4-13 內政部, 『建築技術規則』, 71 年 6 月。
- 4-14 ACI, "Building Code Requirement For Reinforced Concrete", (ACI 318-83), 1983
- 4-15 Steven S. Ross, " Construction Disasters : Design Failures, Causes and Prevention ", McGraw-Hill Book Company, 1984.
- 4-16 梁明德, "營建個案工程的失敗原因與對策之探討" 營建世界, 66期, 76年

第五章 混凝土工程與施工災害

5-1 混凝土工程概述

混凝土製品在日常生活中，堪稱是習以為常的產物，隨處可見，無所不在。水泥加上水、粗細骨材後，創造出橋樑、超高層建築、雙曲拱壩、高速公路、機場跑道等乃至於各種不同功能形狀的設施，此乃人類目前應用最廣，貢獻最有力的建材，這是無庸置疑的，如果沒有它，人類文明建設無由產生與再造。

混凝土不似其他建材，幾無老化現象，它能隨時間的成長而增強其抗壓強度，文獻記載，有超過50年者，的確是世間老而彌堅的良好建材。水泥混凝土幾乎堅不可摧，它能抵抗熊熊烈焰之長時間的烘烤，而無損結構之完整，迄今，混凝土結構對洪流、颶風、龍捲風的考驗是令人滿意的，至於抗震性亦是首屈一指。

就混凝土施工而言，品質與經濟是其最重要的目標，但對施工者、建築師、營造廠商而言，施工之安全性更是不容忽視。混凝土施工中包括事先的設計工作，混凝土的配比和拌合、混凝土之運輸、混凝土之澆置、養護，直至拆模為止，其中若任何作業不合要求均足以影響施工之安全性，造成意想不到的災害。

為達混凝土施工之安全，保護施工人員生命，減少金錢財務損失，促使工程順利進行，混凝土工程施之災害原因的探討及因應措施對策的研擬是當務之急，刻不容緩。

5-2 混凝土施工失敗之原因

混凝土澆注施工失敗之原因概可分為下列數端：

一、預拌混凝土品質不良

1. 偷料：

拌合廠偷料減少水泥用量，採用不合規範之骨材，導致混凝土強度不足，於使用時無法承受載重而裂損。

2. 運送時間超過初凝時間：

預拌車運送混凝土之時間因運送路程過長，或交通阻塞等因素使所運送之混凝土坍度漸小，司機為使混凝土仍有坍度，常暗中加水因而影響混凝土品質。

3. 幫浦車打送混凝土，為求施工便利，往往於混凝土接送槽中加水，因而使混凝土強度不足。

二、混凝土輸送管之安排欠妥：

1. 混凝土輸送管未架設於夠穩固之鷹架或模板，於輸送混凝土時由於輸送管之往返震動導致鷹架或模板倒塌。

2. 輸送管間接頭欠確實，輸送混凝土時於接頭處持續漏漿，使管內積存粒料過多，造成“塞管”。塞管發生後由於裝拆費時，可能造成多餘之施工接縫。

三、澆注時施工不良：

1. 澆注時震動不夠，造成蜂窩。

2. 澆注時震動過度，導致爆模或漏漿。

3. 混凝土落距過高，造成粒料分離。

- 4.澆注順序不妥，輕則影響施工品質，重則因模板支撐不均衡而發生崩坍。
- 5.於澆注反循環基樁時托密管未充分插入混凝土面，造成劣質混凝土或"斷樁"情形。
- 6.施工接縫未按規定作妥。
- 7.伸縮縫處澆置時，施工不確實，未構築成確實之伸縮縫。

四．澆注後之影響

- 1.尚未初凝時，受意外震動，造成裂縫。
- 2.初期強度尚未達到時即拆模，導致塌垮。
- 3.未作完善之濕治養護。

5-3 災害原因及改進策略

針對混凝土工程造成之災害原因，分別就設計、施工各方面來探討及分析之，並對發生之原因提出改進措施與對策，製成表格如表 5-1 所示：

表 5-1 混凝土工程造成之災害原因及改進措施與對策

區分	災 害 原 因	改 進 措 施 與 對 策
設	1. 設計強度不足，使得承載力不夠而導致施工災害的發生。	1. 事前調查資料完備充足。 2. 依結構物用途，依強度需要及各種載重情況而設計。 3. 以有經驗的設計者進行校核及查對。
計	2. 設計不當致施工困難或品控不良，而導致施工上的災害發生。	1. 設計者需具備工地的實務經驗，詳實考慮與現地能配合之設計。 2. 設計者於造型上的設計可迎合業主的喜好，但亦要考慮施工上的可行性。 3. 設計上對結構行為須清楚，應力分析得當，並了解施工上一些作法或程序。

施	1. 混凝土澆置順序不當，以致產生不均衡的偏心載重。	1. 對混凝土澆置擬定一套完善的澆置計劃。 2. 監工人員在澆置混凝土時在現場作適當的指導。
	2. 偷工減料，降低混凝土強度。	1. 混凝土各項實驗嚴格執行確保混凝土強度。 2. 對於得標制度採用合理標，以防惡性競標。 3. 選擇優良廠商競標，給予合理的施工利潤。
	3. 未按施工規範及圖說施工。	1. 監工人員須確實監督，按圖施工。 2. 施工圖說及施工規範詳細易懂，避免混肴不清。 3. 若未按施工規範及圖說施工，即時制止並重做。
	4. 技術工人缺乏專業養成教育及訓練。	1. 培養營造工人之技術並增長其專業知職。 2. 政府或廠商不定期舉辦相關的訓練班，提昇專業知識與技能。 3. 加強技術士之檢定工作，發給執照，建立合理報酬之標準制度。

5. 澆置前任意埋置管線，澆置後隨意打洞鑿孔。	1. 管線埋設需按施工圖說佈置，切忌任意埋設。 2. 打洞鑿孔位置必經建築師或結構技師同意。
6. 超載致使建築物的破壞或倒塌。	1. 施工中，人員、機具之重量皆需考慮以防超載。 2. 監工人員實務經驗充足，確實於現場中指導。 澆置上層混凝土時，下層面版之強度或支撐應仔細檢核。
7. 不安全的環境及不安全的動作。	1. 消除由於機器、工作方法、物料或工廠結構所產生之危害因素。 2. 提供適當的個人防護設備以保護人員。 3. 實施工作教導及安全訓練，使能提高對危害的警覺並遵守安全工作程序。
8. 震動搗實機與泵浦漿之衝擊震動。	1. 震動機之搗實避免直接觸及鋼筋與模極，並且不可以幾部震動機集中於一處施工。 2. 泵浦管線及泵送口所產生之衝擊能量應加以考慮。

		3. 澆注時不可震動過度，導致爆模式漏水。 4. 混凝土輸送管不架設於未穩固之鷹架式模板上。
	9. 澆注後之影響 (1)尚未初凝時，受意外震動。 (2)初期強度尚未達到即拆模，導致塌垮。 (3)未作完善之濕治養護。	1. 混凝土未達初期強度，人員、機器、材料嚴禁置留於其上。 2. 拆模時需考慮混凝土之強度。 3. 澆注後之養護工作要確實執行。

5-4 混凝土施工查核表

區分	查 核 事 項	注 意 事 項	再度 確認
(1) 澆 置 前 計 劃 及 準 備	1. 是否已檢討混凝土搗築計劃？ 2. 工地主任是否已將作業方法向監工詳細說明，使其充分了解？ 3. 是否已跟水泥業者，水泥幫浦車者，混凝土工等取得連繫，並將搗築方法告知承包業者？ 4. 是否已與模板作業等有關工程之負責人進行溝通，告知模板支撐補強之重要性？ 5. 對混凝土作業時之腳架及臨時台架之安全性，是否已作檢討？ 6. 防止掉落物體的預防措施，是否已作檢討？ ※7. 輸送管之配管及固定情形，是否適當？ 8. 對於支撐配管之施工架之設計，是否考慮一切可能之荷重及震動之影響；且輸送管之端及彎曲處已妥善固定之？ ※9. 根據混凝土澆注計劃，在輸送管下方的模板，是否均予加強？ ※10. 配合工地情況，對混凝土的澆注順序，是否已作檢討？ 11. 混凝土澆注方法之計劃與澆注人員之調配，是否已完成？		

(2) 施 工 注 意 事 項	※ 1. 施工縫之設置，是否恰當？ 2. 澆置混凝土時，是否已指派木工攜帶全套工具在模板下側或外側巡視，使能及早發現支撐不良狀況？ 3. 樑澆灌混凝土應分層爲之，每層厚度是否超過30公分？ 4. 牆、柱澆灌混凝土後，是否經過2小時，方再澆灌其上之樑、版？ 5. 如使用震動機，其間距是否超過50公分？及離開模板8公分？ 6. 如需夜間作業，是否準備有照明設備？ 7. 驟雨中澆置中止，是否任意收澆？是否安排能作接續澆置措施？ ※ 8. 混凝土澆置後，24小時內有沒有在上面步行？5日內有沒有放置重物或有大力之衝擊？ 9. 模板、模板支撐架有無異常情形？ 10. 澆置混凝土時，監工是否隨時注意模板支撐架的情形？ 11. 是否有統一的訊號，及連絡方式，可在有異常狀況時立刻通知停止灌注？ 12. 澆置壓力是否保持在3 4kg/cm² 左右，不可爲了趕工而隨意加大澆注壓力？		
---	--	--	--

	13. 在輸送管閉塞處忽然暢通時，若輸送管未穩妥束紮有時會引起輸送管劇烈跳動而影響模板之穩固，故應檢視所固定的配管是否確實未緊？ ※ 14. 是否按照規定期限拆模？ ※ 15. 模板有再加強支撐之需要時，是否確實作好？ 16. 混凝土澆置時，是否有嚴格之品質管制措施，以防承造商有偷工減料不法之情事？		
--	--	--	--

5-5 混凝土施工查核表之補充說明

一、 澆置前計劃及準備之補充說明：

※7. 混凝土的輸送管的配管計劃須視澆注計劃、澆注順序、澆注速度而定，輸送管的長度儘量以短為宜，且要儘量少用混凝土容易塞住的彎頭管；澆注中的分段交換應求其容易操作的配管位置為原則。若配管為向下坡度的場合，向下傾斜角度應在7- 15度範圍內，若下坡度在 15 度以上，輸送中的混凝土幾乎全由自重而滑落，且在背後易發生真空部份，而成為混凝土分離的原因，且易造成空洞氣體被壓縮移動而出現異常的振動及衝擊，而危及施工安全；輸送管向上的配管多用腳架固定，但由於混凝土泵浦的振動直接傳於腳架，使腳架被地大振動的影響，配管由腳架切離，所以要特別注意固定方式。[5-3][5-9]

9. 以邦浦澆注的場合，較使用其他澆注方法來得容易使局部方面的模皮側壓力上昇。因此，該部份模板必須設計可以抵抗是項側壓；別外，模板以及支撐工之水平移動與側傾現象，亦應在不使它發生的情形下須以撐柱補強，有關補強方式可參考“模板支撐工程”。在輸送管下部的模板，因為邦浦不斷地傳達振動，極易移動配管的方向；因此，下部模板支撐必須以撐柱補強，為防止柱、壁模板傾倒，可用螺旋牽繫以策安全。[5-4][5-8]

10. 混凝土澆注順序必須遵照以下幾點原則以避免事故發生：[5-4]

(1) 混凝土之澆置順序應能隨時保持模板支撐及施工架施工載重之平衡，尤其對曲面或特殊平面屋若不注意施工載重之平衡可能促使模板上浮，懸臂式施工架發生扭曲之破壞，很多模板垮之事故多因疏忽澆置順序而起。

(2) 長方形建築之樓版或多孔橋面版其澆置順序如從單邊開始向另一邊進行如圖5-1a所示，模板易生大變形，應從兩邊均勻施工如圖5-1b所示。

- (3)由牆或柱所支承構件之混凝土，應俟其中之混凝土呈無塑性狀態且至少澆置2小時以後，方可澆置。
- (4)空心梁或空心樓版之澆置應沿空心梁之垂直方向進行並注意不使空心梁發生偏心荷重。
- (5)混凝土應連續澆置，或以適當厚度分層或以適當長度分段澆置，新混凝土之澆置，應於前層或前段混凝土尚無硬化現象前施工以避免在澆置接面上產生脆弱之面，故應按施工速率妥為劃分。
- (6)若芋部位採用一次澆置混凝土之方式，將因澆置關係，使澆置速度變快，模板側壓因而遽增，模板支撐工如不充分補強，即有突出、歪斜、炸裂等發生。

．施工注意事項之補充說明：

※ 1. 施工縫之設置，應按照以下幾點原則： [5-4][5-8]

- (1)施工縫應設於影響結構物強度最小之處，而混凝土設施工縫影響最大之強度為剪力強度，故一般施工縫設在版、梁及大梁之跨度中央附近。若大梁中央與梁相交時，則大梁上之施工縫應偏移至約等於兩倍梁寬之處。
- (2)牆與柱之施工縫應設於版、梁或大梁之底面及其基腳或樓版之頂面。
- (3)梁、大梁、托架、柱冠、托肩及柱頭版等均須與樓版同時澆置。
- (4)施工縫應與主鋼筋方向垂直。
- (5)不得有鋼筋在施工縫上中斷。
- (6)施工縫應設置在容易施工其長度最短之處。
- (7)應盡量避免設置施工縫。

- ※ 8. 混凝土澆置以後經過24小時以上，最初5日是初期強度形成的時期，所以在此5日間不能放置重物，並對硬化中的混凝土不可作有害的衝擊；一般混凝土3日的材齡，其彎曲強度為28天之50%，抗壓強度為28天之17-35%，因此，在初期硬化中的混凝土，不可予以有害的振動，否則將對結構之強度有甚大的影響。[5-5][5-7][5-10][5-13]
- ※ 14. 支撐梁、版及其他結構構件混凝土重量之模板及支撐，應俟混凝土有足夠之強度，可設計方可拆模，如此，才不致於使結構體受損害而造成塌垮事故，一般在施工規範中均有拆模時最低要求強度之規定，以免該構件受過度之應力。
- ※ 15. 模板再撐乃是將模板支撐拆除取下模板後，再加支撐以保護構件，使免受超量之應力；使用再撐之時機有二，一為模板須儘早拆下以便再用，以節省費用縮短工期者；二為在多層建築物中樓版架設承受新澆置混凝土之支撐，其底下須予再撐並延伸至適當各樓，以分散新澆置混凝土、模板、施工人員及機具等載重，避免承受支撐之樓版超過其安全載重者。

5-6 案例說明

一、案例一：台北市公館加壓站配水池工程

事件敘述

台北市自來水事業處公館加壓站配水池工程，於七十七年十二月十八日在進行曲形池頂灌漿作業時發生倒塌事件，五名工人從三十公尺高度之池頂上與塌落之混凝土、支撐鋼架、施工架同時墜落池底，造成二死三重傷的慘劇；有關單位於現地勘察後，初步認定本事件是「模板支撐失敗」所造成，這是台北市政建設工程，繼年前辛亥路高架橋的兩次模板支撐倒塌事件後，又重蹈覆轍發生之意外，讓人憂心忡忡於當今營建工程之施工技術、施工作業安全及施工品質、程序之查核管制等工作。

模板支撐在鋼筋混凝土建築物施工過程中，一直佔著極重要的一環，因它涉及澆置混凝土時整體的結構造形，更關係到建築結構體施工中的安全；但是一般營建工程都視「模板及支撐工程」為「假設工程」而不予重視，雖然投資在模板工程方面之費用已佔總工程費有相當大的比例，然而對於「整體安全」之要求仍然採取馬虎的態度，以致無法得到相對之施工安全效應。

據了解，本工程在灌澆之前有關模板之支撐型式、設計及安全評估，皆是由某工程顧問社負責，並經由此顧問社認為各項安全措施已無問題後才施工；且依據設計，儲水池頂鋼樑之載重設計應可承受八百噸之壓力，而倒塌之儲水池R.C 構造鋪蓋總重量不過三百噸；另外，根據顧問社之工程設計人員說，一般遇到這種超大型加壓儲水池，尤其，在有曲面之頂棚灌漿部份，是整個工程中最難控制之一環，在設計上除以二倍之安全係數為安全上之考慮外，並且要加裝安全監測系統以隨時管制施工中之危險警示，並且要求額外之補強措施，以確保支撐架之安全。災害發生之後，筆者曾前往現場，實際瞭解狀況，特將之敘述如下：

如圖 5-1 所示，原結構為一直徑廿公尺；高三十公尺之R.C 構造物，露出地面部份約七公尺高，餘廿三公尺高之體積則埋於地下，池頂採取輻射樑式曲面構造，於中央側面有個溢洪道開口。

災害原因分析

在鋼筋混凝土建築施工中，較常用之模板支撐有木料、竹子、鋼架或鋼骨等，但常由於工程性質、經濟性、安全性、施工方法與可行性甚或地區性等因素的考慮，而在各工程或同一工程不同部位，選擇不同材料之模板支撐

一般若工程重要，施工載重較大時，常由於安全性之考慮而採用鋼架或鋼管支撐，本工程在構築環型結構牆時，除採用門型鋼管鷹架為施工架外，圓型牆模板則利用水平H型鋼架支撐；由於深度達三十公尺，若在支撐池頂模板時，鋼骨支撐由池底持續連接至池頂，將因為高度過長，難以控制其穩定性，故採納了承造廠工地主任的建議，並經由某顧問社之設計、檢核後施工；爲了克服現地狀況，其鋼骨支撐之方式如圖 5-2-a, b 所示，基本上，其支撐系統乃以三根H型鋼為主樑，其上橫跨九根斷面較小之H型鋼小樑（主樑之支撐點為穿過結構牆之預留孔上，九根小樑並沒有穿過結構牆固定）所構成之支撐面，並使用圓木作為池頂模板與支撐面間之支柱。

經由勘察破壞現場所留下的情形及訪問現地監工和工地主任，談論整個支撐施工過程及澆灌混凝土之順序與管制工作，追察可能導致此次倒塌事件之原因，經分析歸納整個施工過程中，發現有以下幾點缺失：

一、在規劃設計方面：

受委託之顧問公司曾建議鋼支撐構架由池底向上連續至池頂，但由於費用過高，被營造廠否決，經協商採用了工地主任之“經驗方式”，將支撐面向上提高至距離池頂 2.5公尺處，其架構型式如前圖 5-2-a, b 所述；雖然顧問公司負有設計及檢核之責，據瞭解，由於整個支撐費用在材料與工資扣除後，設計費用所佔比例相當少，所以，整個施工過程，顧問公司不曾「現場指導」只是作書面資料檢核，因此，造成了施工上許多嚴重缺失而導致工程失敗。

二、未考慮施工過程中之外加載重

在施工過程中，一般只考慮到模板支撐是用以支持未硬固的混凝土重量，而遺忘了施工人員、施工機具等外加的荷重及振動；據監工人員表示，當日共六個人在池頂上工作，使用了兩支混凝土輸送管灌漿，輸送管皆靠在模板上作臨時固定，因此，可能由於施工振動及施工順序不當所造成的橫向水平衝擊力量，鬆動了部份圓木支撐，使局部支撐失效，而鄰近之支撐因應力集中超過負荷以致於引發骨牌式之支撐倒塌。

三、混凝土澆灌順序錯誤與澆灌速率不當

在支撐設計上常以為所設計之斷面強度足夠支撐施工載重（包括活載重與呆載重）即認為安全無虞，但是常常沒考慮到結構物之力學行為之不穩定性因素，由圖 5-3-a 中可瞭解，工地主任允許灌漿作業之順序是由內圈開始，然後是內圈輻射樑→中圈→外圈輻射樑→外圈，這種施工順序將對邊緣模板造成上揚效應（Heaving），其影響支撐系統之破壞機構如圖中所述。

另外，混凝土之澆置順序不當，亦容易造成不均勻的偏心載重，一般施工單位常為求早日完工、及監工人員的未盡責任，竟使工人對大平面樓板或屋頂之施工採由一方澆置至對方，而造成了偏心載重；尤其對於曲面屋頂或斜屋頂之施工，忽略了混凝土在未硬化前是會流動，而欲一次澆置或澆置過多，促使混凝土向低處流動，產生集中載重，而危害模板支撐之穩定狀況。至於在澆置混凝土時，若澆置速率快慢不一，未做適當之協調，也可能因載重不均衡而導致模板的場垮。

四、支撐接點處理不當及支撐間未做適當之水平繫條

根據瞭解實況，以鋼骨構成之支撐面，其鋼樑交接處之節點間，完全沒有作焊固處理或利用強力螺栓鎖牢，如圖 5-2-b 所示，並且其三根主樑之支撐點處理為「橫跨於 R.C.W 之穿孔上而已」，如圖 5-2-a 所示，穿孔之表面凹凸不平，不僅未作整平修飾，更甚者，未進一步作支撐端之固定處理，使本鋼構支撐面基本上為一具眾多環節之輾支承樑架，若在灌漿時，稍有一偏心載重作用，則產生之扭矩作用，將使構架無法抵擋，這種情形由照片中鋼樑在支撐端有扭轉現象即可證明。

另外，施工單位未顧及之另一重要因素即為在支撐間忽略了加設抵抗水平力的水平繫條或斜向支撐，以致在施工中或因人為因素（施工振動）、或因天然因素（地震、風力）等原因，所造成之水平力，都將危害到支撐的穩定性；尤其，本配水池結構體在距池頂 2.5 公尺處有 -4×2.5 之溢洪道開口，因施工地點在寬闊之淡水河邊之小山丘上，平常之風力相當強在封模時，施工單位未注意到此嚴重現象，留下偌大之風口，使風力對支撐的穩定性造成威脅。

五、未考慮鋼構支撐面之斜向補強撐骨

雖然顧問公司聲稱支撐設計足以抵抗八百噸之垂直載重，但整個支撐構架如前所述於力學行為上之分析，為一不穩定構造，且其跨距長達 20M，若不用斜向撐骨補強，如圖 5-2-a 所示，更易造成其不穩定性之趨勢。

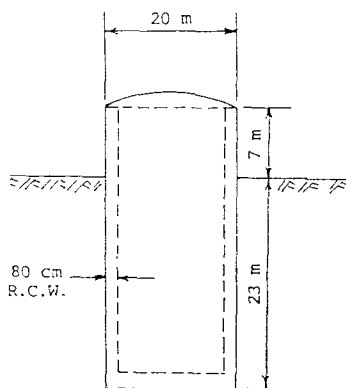


圖 5-1a 配水池結立面

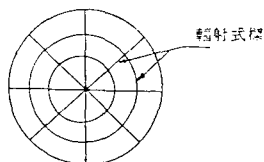


圖 5-1b 配水池結平面

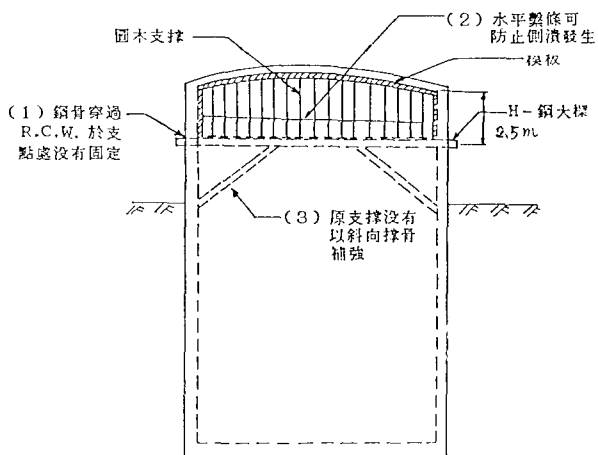


圖 5-2a 池頂支撐設置剖面

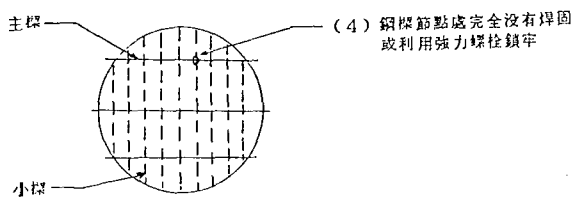


圖 5-2b 池頂支撐設置平面

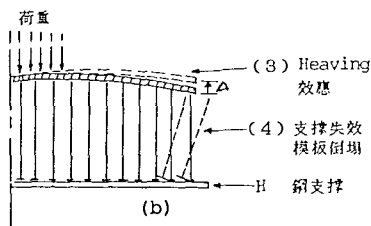
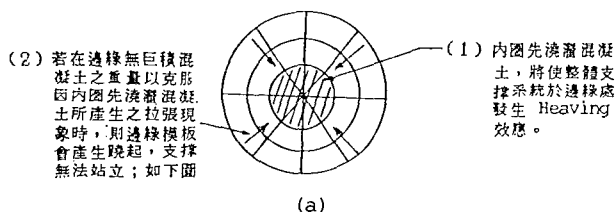


圖 5-3a,b 支撐系統破壞機構平面及立面

、案例二： 南投縣水里鄉第一公有零售市場倒塌案

事件敘述

南投縣水里鄉第一公有零售市場工程，係於民國六十四年五月初開工，於六十七年八月七日上午正施工鋪設二層樓皮之煤渣混凝土時，全部倒塌，其中有三名工因不及逃避，當場死亡。

據了解，此零售市場之施工方式，首先灌注完成柱子，然後再配置二層樓板之樓板。倒塌情況是由中央柱先行崩潰，使構造物中央部份坍塌，並將周圍梁柱拉斷。

此倒塌事件，因樑柱部份之混凝土配比不佳，粗骨材扁平過多，又未搗實致使樑柱強度不足；再者，施工時，未詳加考慮施工澆置順序及速率，產生載重不均勻現象，並承擔遠超過其本身所能承受之荷重，在此負荷情況，促使中央柱崩潰而坍塌。

災害原因之探討

綜觀這次市場澆注時產生之災害，其主因除設計有所誤失外是混凝土方面的缺失，以下就混凝土方面加以探討：

1. 材料配比不佳：

由坍塌現場觀察了解，扁平狀之粗骨材過多。因骨材顆粒形狀及表面紋理會影響混凝土的性能，骨材含扁平或狹長顆粒將降低工作度。本案使用此類粗骨材需要較高量的砂及較多之水量以達到混凝土要求丹度。對同一要求強度而言，相對地需要較多量之水泥以平衡增加之砂之表面積及增加之用水量。

2. 混凝土施工搗實不良：

扁平狀之粗骨過多之情況，混凝土之拌合推測仍用原設計之用水量，勢必因骨材之表面積增加又水泥砂漿量未增加，致使水泥砂漿不足，造成工作度降低，施工搗實困難，混凝土緻密性不佳，強度也隨之降低。

3. 柱子斷面不足：

此次坍塌情況是先由中央柱之崩潰，致使構造物中央部份坍塌，並將周圍樑柱拉斷而造成的。設計時未詳加考慮柱子之受力情況與柱子斷面之關係，又外力作用遠超過柱子所能承受之負荷，終於使柱子本身破壞，構造物周圍的柱子也牽連破壞，造成整個建築物的坍塌。

4. 澆置施工疏忽：

對於澆置施工無妥善安排，施工順序未曾考慮詳細，額外之載重，如人員、機具、澆置混凝土之搗實振動及加厚樓版重等作用力未加以考慮，在此多種疏忽之下，倒塌事件終難幸免。

． 案例三： 鳳林國中新建教室屋簷崩塌案

災害事件敘述

鳳林國中新建教室工程，於71年間，於澆灌混凝土時屋簷突出部份崩塌，造成施工人員傷亡。公共工程處監工及營造廠監工，受到大眾輿論交相指責，營造廠主任技師有失職守，更是引起關切。從現場資料分析研判，此次災害事件發生的原因，人為的疏忽是一重要因素，從澆灌混凝土部份可以發覺，只要現場具有專業知識的工地負責人，所有缺失應該可以獲得補救，不至於造成此次的慘劇。

災害原因分析

災害發生後，專案小組所提出的勘查報告，對崩塌原因作了十分客觀而詳盡的分析，認為造成崩塌的因素與建築物本身的設計或材料品質沒有關聯，而是『假設工程』受了天候、風力、模板支撐材料及架設的方式及澆灌混凝土的施工方式所造成。尤其澆灌混凝土施工的缺失，被列為主要的因素如下：

- 1．營造廠主任技師依照規定，於澆灌混凝土時，應到場負責指導施工，但該工程在澆置混凝土時，該主任技師未到場指導施工，有失職守。
- 2．中空樓版施工時，未將突出部份的屋簷留待最後澆置，造成部份模板支撐的搖動。

3. 在懸臂式模板處，澆灌混凝土的速率或衝擊太大，造成集中荷重，使得支撐產生偏心壓力而傾斜。
4. 依現場未完成的澆灌混凝土來觀察，發覺混凝土澆灌的順序是從樓版兩端向中央方向進行，所留下來澆灌部份是中央小部份，由於突出部份先行澆灌，裡側因未澆灌混凝土以壓制，所以產生較大的彎面力矩，而造成模板支撐偏心壓力。
5. 未注意混凝土對模型板面的壓力大小、混凝土灌注速率、及振動器具振動所產生的荷力等關係。

參考文獻

- 5-1 " 建築工程實務 "上、下, 台灣營建中心。
- 5-2 巫啓后, " 營建管理施工實務 " ,76年, 詹氏書局。
- 5-3 施君偉, " 建築現場施工管理的評核 ", 茂榮書局。
- 5-4 沈進發, " 混凝土施工技術 ", 台灣營建中心, 76年2月。
- 5-5. " 混凝土工程施工須知 ", 中國土木水利工程學會。
- 5-6. 鄭瑞金編譯, " 建築工程之缺陷與對策 "之二, 70年。
- 5-7. 王志展譯 " 建築工程設計施工之檢討與建議 ", 茂榮書局。
- 5-8. 施君偉譯, " 建築施工技術 "(上、下), 茂榮書局。
- 5-9. 施君偉譯, " 建築工程施工規劃 ", 茂榮書局。
- 5-10. 沈進發, " 混凝土品質控制 ", 台灣營建中心。
- 5-11. 黃政勇, " 混凝土工程技術 ", 『建築工地管理及工程驗收』
 , 台灣營建中心, 。
- 5-12. 王威宏, " 建築施工災害個案探討 ", 營建簡訊, 77年12月。

- 5-13. 內政部『建築技術規則』。
- 5-14. Steven S. Ross, " Construction Disasters : Design Failures, Causes and Prevention ",McGrow-Hill Book Company,1984.
- 5-15. Barry B.Le Pathner & Sindney M. Johnson," Structural and Foundation Failures"
- 5-16. R. N. Raikar,"Learning From Failures",Structural Designers & Consultants Pvt. Ltd.,1987.
- 5-17. 廖肇昌、黃兆龍, " 混凝土問題原因及診治 ", 全民書局,76年。
- 5-18. 陳清泉等, " 建築施工災害之調查及災害防止之研究(一) ",內政部營建署建築研所籌備小組研究報告15-01-76-05,77年1月。
- 5-19. 陳清泉等, " 建築施工災害之調查及災害防止之研究(二) ",內政部營建署建築研所籌備小組研究報告15-01-77-04,77年7月。

第六章 鋼構造建築工程與施工災害

6-1 鋼構造建築工程概述

近年來，國家經濟繁榮，工商業迅速發展，都市內大廈林立高樓聳峙，國內在中鋼建廠前，因鋼材必須仰賴進口，工程成本較貴，也缺乏鋼結構之設計及施工專業人才，較具規模之鋼結構專業廠商又不多，因此幾乎所有土木及建築結構體都採用鋼筋混凝土結構。在今日國內鋼材品質已漸趕上國際水準，此外，都市內土地地價昂貴，取得日漸不易，為使土地價值充份利用，建築物之高度勢將向上發展，建築面積採用容積率限制，間接對於超高樓房之建築亦具推動作用。鋼筋混凝土建築本身自重甚大，因受基礎土壤承载力所限，其經濟高度原有所限制，且鋼筋混凝土構造之優點，已不若往昔顯著，。反觀鋼構造物重量較輕，基礎設計節省，高度可以大增；加以施工工期較短，符合當前社會之迫切需求。預期今後鋼結構高樓建築將逐漸取代部份鋼筋混凝土建築而被重視。

隨著鋼結構工程日益增多，伴隨而來的施工災害之防止應漸受重視並研擬對策，以期使施工災害減至最低甚至不發生。在本研究計劃之第二期報告中，曾就鋼構造工程造成災害之原因，分成設計與施工兩方面分別加以深入探討，本研究計劃第三期之工作旨在延續前二期之工作，針對第二期報告中鋼構造工程造成災害之原因，研擬因應措施及對策，並制定 "鋼構造施工查核表"，以利監造工作之確實執行，促進工程之安全。

6-2 鋼構造工程造成災害之原因及其對策

鋼構造災害發生之原因，主要有下列數種，分別詳列其災害發生之原因及其改進措施與對策於表 6-1 中：

表 6-1 鋼構造工程造成災害之原因及其改進措施與對策

造成災害之原因	改進措施與對策
1.設計不當造成強度不足、接合不良、尺寸不對、施工困難及鋼材變形等。	• 加強設計者之專業知識，定期實施講習等類似之再教育訓練，隨時補充新知。 • 初步設計完成後，校核人員，應確實檢查，以確定設計無誤。 • 確立責任制度，各階層分層負責，職責區分明確，不容推諉卸責。

2.設計者缺乏焊接方面的知識，以致產生焊接順序不當或錯誤的接合方式而使鋼材撓曲或撕裂，減低鋼材的強度或改變力的傳遞。此外，不當的接合方式，造成接點強度不足，危及構造物的安全。	• 鋼構材焊接部份之細部應由承包者依設計規範繪製施工圖，經核。 • 施工時應由領有合格執照之技術人員，依設計規劃書順序施工。
3.施工圖未盡詳細：圖說交代不清或遺漏標示、線條、電銲大小及長度等，導致施工缺失而使鋼構造物發生安全上的問題。	• 嚴格要求繪圖人員繪圖務必詳細，舉凡線條、電銲大小及長度等，皆須詳細標示清楚，並經複核。 • 審核人員應確實負起審圖之責任，以確定施工圖之完整無誤。 • 施工圖上易引起誤解之處，應附加詳細說明，避免不必要的誤會，產生施工上的不便或錯誤。

4.未考慮挫屈現象:由於設計時的疏忽,未能適當補強或設置足夠側撐,造成鋼構造物局部或全部的挫屈而崩塌。	• 設計人員應依規範從事設計工作。 - 校核人員應確實檢查設計是否有誤或有不足之處。 • 於可能發生挫屈處,給予適當的補強或設支撐。
5.未能按圖施工:可能由於施工人員的專業知識不夠或為圖施工方便,任意調動施工順序或接合方式,而監工人員也未盡其督導之責,任其施工,導致結構體發生問題。	• 監工人員應確實督導施工人員按圖施工。 • 實施專業技師簽證,促使專業技師能多貢獻其專才而盡責。
6.施工技術不良:技術工人未曾受過相當的專業訓練或經驗不足,致出現不良的施工,影響構造物的穩定與安全。	• 嚴格要求技術工人,如焊接工等,須領有某等級以上之合格證書或需有幾年以上類似工程之經驗方可執行任務。

7.鋼結構工程架設作業或架設順序不當，造成鋼材的彎曲倒塌。	• 架設前，應詳細分析計劃，決定架設的順序。 • 監工人員應確實督導工作人員按架設計劃，依序架設。
8.柱子的施工，在未能以鋼樑接裝前，未以鋼索或支柱等加以支撐，致使柱子傾倒，造成災害。	• 鋼柱未以鋼樑接裝前，應確實以鋼索或斜撐支柱等加以支撐。
9.鋼結構的施工中，未設安全網，施工人員不小心掉落，造成傷亡。	• 在鋼構造的施工中，每隔一層，應設置水平網或安全網。
10.放置在鋼架上之機具材料等，未確實綁緊，以致滑落而造成地面工作人員的傷亡。	• 鋼架上之機具應儘量於每日收工時攜回，材料則應加以綁緊固定。

11.鋼架上沾染水、油漬等易滑物質 施工人員不慎滑倒、跌落、造成傷亡。	• 保持鋼架上的乾淨、清潔，不可有水、油類等易滑物。
12.臨時支柱架設敷衍了事，致鋼材倒塌。	• 監工人員於架設臨時支柱時，應確實要求工作人員做好架設工作。

6-3 相關法規之探討與建議

法令與規範為一般工程設計之基準，原則上規範之要求僅為合乎安全之最低要求。當結構體之使用與法令規範所規定之情形有異時，在設計上應作一特別安全考慮，不宜以一蓋全而對結構安全造成威脅。以近年損傷最嚴重之豐原高中事件為例，當初設計時所採用之載重為一般構造之結構載重，但當其變更設計時，原來一般使用之載重狀況變成特殊使用狀況，而使結構體之載重劇增，最後導致結構體之破壞。

另外，在法令規範之修定上宜將施工實情及習慣列入考慮，以減少造成嚴重失誤，目前國內鋼結構之設計規範均以美日之規範為修定之藍本。在結構設計上所採用之設計載重及安全係數之選用尚未將國內之實情習慣列入考慮，以屋頂之設計為例，美日在設計屋頂結構時，其採用之載重要比一般樓層為低，因此其所設計出來之屋頂層強度要比一般樓層為低，目前國內常常在屋頂加蓋作其他功用，其實際載重比原設計為大，因此在設計時必須將此因素列入考慮而加大其設計載重，以備變更用途後尚能滿足結構安全。

在容許應力之計算上，結構體之設計均使用規範所定之安全係數來計算結構材料之容許應力，而安全係數之應用係確保結構在外加載重作用下安全無虞，因此安全係數應至少包括下列二項：

- (1)材料強度之變異：鋼結構之鋼材之生產，於大廠家之產品自動化，其品質控制尚能符合國際水準，惟不良中小廠家之產品常難以控制。

(2)施工作業之變異：安全係數亦用來提供由於不良施工所造成之偏差，然而由於不良程度必須依施工習慣考慮。由於國內鋼結構之施工才開始萌芽，從混凝土施工之失誤上可大略看出國內工程工作人員之水準，鋼結構之強度須要依良好之施工來達成，故其施工精確度比R/C及他種構造更為重要。因此在規範中安全係數之修定宜將此人為因素列入考慮，亦即提高其安全係數。

目前國內有關鋼結構之規範，大多係參照美國AISC規範而訂定，記載於「建築技術規則」第 235條至第 331條。然而或因國情不同，國內現有之規範，似無法完全滿足設計、製造與安裝之實際要求。另外，AISC最近所頒佈之LRFD設計法，因為它是一種以可靠度為基準來合理決定各種載重及其對應的載重係數以及強度折減係數的一種設計法，可彌補以往設計載重、載重係數、載重組合及強度折減係數不甚準確造成結構物安全度不一致的缺點，使得載重、結構分析與結構設計三部份的準確性獲致一較平衡的狀況。目前，加拿大、西歐均已實行，國內也逐漸在推廣中，因此應早日完成一冊屬於國人自己的，涵蓋LRFD設計法精髓之「鋼構造設計規範」，以供國內鋼構造業界於設計與施工時得以遵循，希望有關單位能集合鋼構造的學者專家共同研究，早日訂定，如此或可消除許多鋼構造方面的爭議和疑難，進而減少工程災害的發生。

6-4 規劃與設計

規劃與設計是結構工程之上游作業，它與後半段之施工作業對工程之成敗佔有同樣的重要性。但綜觀目前國內在營造工程上，施工達二年之工程，其規劃與設計作業所用之時間可能在2~3個月完成，其主要原因在預算作業，年度預算上之配合；另外，規劃與設計費所佔之總工程經費比例甚低，因此規劃工程師與設計工程師未能付出充份的時間與精神在整體規劃及細部設計上，因而造成下列之問題：

- 一、變更設計：由於設計工作及整體規劃之不完整，前後之一致性及施工過程中之配合產生非常明顯之差異與矛盾，常須經修改設計才能完成；更甚者，建築師為爭取時效，常先以一套設計圖說取得施工執照，然後再以變更設計，配合未來設計之整體發展，這種作法使設計與施工產生很大偏差也造成施工與圖說上之差異。
- 二、細部設計：由於設計費相當低，因此建築師事務所提供之圖說相當的不完整，很多的細部設計均未明白標示於設計及施工圖中，加上國內施工單位之責任心較輕，圖樣中未劃出之細部則隨心所欲的加以施工，施工所得到之結果與結構技師或建築師當初之設計構想或結構核算有所偏差，而造成結構失誤，這種類似失誤曾造成美國 Kansas Hyatt 大旅館之意外災難。

6-5 鋼構造工程之施工查核表

表 6-2 鋼構造工程之施工查核表

• 查核區域：

• 查核日期： 年 月 日

工務部	工地主任	監 工

區 分	查 核 事 項	注意事項	再 度 確 認
	1. 施工圖，是否已經詳細檢討？		
	2. 施工計劃書是否完善？		
	3. 是否已與鋼骨吊裝工、焊接工等取得協調，並使他們對用材的領取、施工順序、歪曲的修正以及鉚釘的施工有所了解？		

施 工 計	4.在施工計劃中，施工順序有否不合理之處？		
	5.鋼骨工程在整體施工計劃中，其進行計劃如何？是否繪有施工大樣？並設置基準尺？		
	6.鋼架製作用基準捲尺與施工現場基準捲尺，是否已作校對？		
	7.堆放材料場所是否有足夠的面積？是否位在起重機的作業範圍？		
	8.壓縮器及熔接作業用電源的容量、位置等，是否適當？是否加以確認？		
	9.各項機器設備的性能，是否先行檢查？		

劃	10.各項臨時設備，是否已裝設完成？是否 固定穩妥，符合安全要求？		
	11.滅火器材是否已準備？		
	12.是否擬妥安全管理計劃？計劃是否完備 可行？		

材	1.鋼材數量是否正確？		
	2.鋼材形狀是否與設計圖相符？		
	3.鋼材的規格、尺寸是否無誤？若不相符 ，是否在容許差內？		
	4.鋼樑之跨距及鋼柱之高度是否與設計圖 相符？		
	5.各鋼料斷面、接合部，螺絲數量、直徑 、間距是否正確？		
	6.鋼料各開孔孔徑大小是否與設計圖相符？		
	7.鉚釘、螺栓、螺帽、高拉力螺栓、高拉 力螺帽之材質是否合乎規定？形狀是否 正確？		
	8.焊條的藥劑是否有發生剝落、污損、變 質及嚴重生鏽的情形？		

料	9.對不合格的材料，是否採取適當的因應措施？		
	10.接合部的接觸面是否確實密著？		
	11.切斷面是否有產生歪斜，或切斷面過多的情形？		
	12.是否有使用不同品質構材的情形？		
	13.材料若有彎曲、扭曲情形，是否均在施工前加以修正？		
鋼骨材料的 分類、堆放	1.鋼骨是否按照施工順序分類，並分別堆放？		
錨 定	1.是否實際把錨定螺栓插進孔中，並根據其軸心修正位置？		

螺 栓 的 檢 查	2. 錨定螺栓是否有加以保養？是否有彎曲 或螺紋被壓損等的情形？		
	3. 錨定螺栓是否有破損？修正位置後，是 否有彎曲或螺紋被壓損等的情形？		
	4. 螺栓直徑、尺寸、高度、個數檢查是否 詳細？		

架 設 作 業	1.架設時的天候是否適當？		
	2.架設的順序，是否按計劃進行？		
	3.架設時材料的搬運、放置場所及驗收等		
	的準備工作，是否已確實完善？		
	4.架設時，垂直的檢查是否詳盡？		
	5.是否用高拉力螺栓與焊接來架設？		
	6.柱梁架設時其尺寸、彎曲、結合是否詳細檢查？		
	7.架設的角度是否正確？		
	1.設置鋼架時，是否已校正過各部尺寸、位置？		
	2.焊接或鉚接固定前，是否先使用臨時支撐或螺栓充分固定？		

鋼 骨 施 工	3.對於柱子的施工，是否始終保持以鋼索支吊，直到以螺栓暫時固定為止？		
	4.柱子的施工，是否確實未有單一柱子獨立的情形？是否立刻以鋼樑接裝，一個框架一個框架地施工？		
	5.在未以鋼樑接裝前，是否先以鋼索或斜撐支柱等加以支撐？		
	6.暫時固定用螺栓的數量，是否在全部孔類的1/ 3以上？若有必要，有沒有增加螺栓數目？		
	7.使用於鋼架豎立設備之接頭，是否能確實固定？		
	8.為修正鋼柱位置而重鑿鋼柱時，是否將		

作 業	鋼柱確實繫緊在鋼吊索上？		
	9.鋼柱的底部若係插入式，是否確實在以 支柱支撐之後，再把鋼索卸除？		
	10.在鋼骨的施工中，是否每隔一層，就密 佈水平網或安全網？		
	11.把材料等暫時放置在鋼樑上，是否增加 螺栓數目？		
	12.鋼架吊放時，是否與電線或高壓輸配線 路保持適當距離？		
	13.吊放之鋼料，於釋放前是否將其捆妥或 繫於固定位置？		
	14.安放鋼架，是否先由側方及交叉方向安 全撐住？		

夜 間 作 業	1.是否必須進行夜間作業？是否加以檢討 ？		
	2.是否備有夜間作業所需亮度的照明設備 ？是否加以確認？		
	3.照明用電線，對作業是否有所妨礙？		
	4.對打信號方法，是否確實協調妥當？		
	5.是否因照明的光線刺眼，而影響作業的 情形？		
鉚 釘	1.鉚釘材質是否合乎規定？		
	2.鉚釘孔是否配置在正確位置？		
	3.鉚釘孔的中心，是否都在一直線上？		
	4.鉚釘孔周圍，是否有捲起、材料歪曲、 反向等情形？		

施 工	5. 鉚釘接合面是否浮鏽的產生？		
	6. 鉚釘扣緊後，是否加以檢查，是否有鬆弛、形狀不正、頭有裂縫，不密著於擋板等情形？		
	7. 必須敲出鉚釘頭時，是否採取適當之方法、工具，以防止其任意飛落？		
	8. 鉚釘拋接，是否注意預防擊中人員或掉落裝備上。		
高 拉 力	1. 對高拉力螺栓之性質，試驗表與圖面是否已作檢討？ 2. 螺栓孔如果未完全對正時，是否以絞刀修正而不以鋼沖強行貫穿傷及母材？ 3. 鋼料的接觸面，是否有雜物夾雜其中？ 4. 對於接觸面的鐵鏽，是否加以清除？		

螺 栓 施 工	5.穿螺栓時是否零亂？各接頭是否集中處理？ 6.螺栓的扣緊是否以專用器具進行？扣緊時是否由中央向外對稱進行？ 7.扣緊用扳手，是否在使用前先行調查妥當？ 8.螺栓磨擦面接觸處，如有歪曲或不平，是否修正壓平？螺栓旋緊時，如有縫隙是否已打填板？		
---------------------------------	--	--	--

施 工	焊 接	1. 焊接施工人員是否為資格符合要求者？		
		2. 接合部的焊接間隔是否正確？		
		3. 臨時焊接的位置，是否與構造上的重要位置相重覆？		
		4. 樑的接合部，腹板若採高拉力螺栓接合時，是否先固定高拉力螺栓後，再進行上緣板焊接？		
		5. 開口的接頭形狀是否正確？		
		6. 材端的彎曲力矩是否避免作用於焊接處？		
		7. 接合鋼材垂直或斜面相交，是否在角根處焊接？相交的角如在 60° 以下或 120° 以下時，角焊是否承受應力？		

	8.柱的焊接於柱的安裝精度確認後，是否 以兩名焊工面對面進行焊接，以達安裝 誤差之最小限？		
起	1.在施工前，對下列各項是否已加以檢查？ • 防止過度捲揚裝置及其他安全裝置， 是否正常？		
重	• 吊車、絞盤車斗等吊具，是否有損傷 情形？		
設	• 鋼索、吊鏈等，是否有損傷情形？ • 負荷過重的警報裝置及其他警報裝置 的機能是否正常？		
備	2.手勢、信號等是否已統一規定？是否確 實按照規定實行？		

操 作	3.是否有把超重的材料吊起的情形?		
	4.吊桿的傾斜角度是否在限制範圍之內?		
	5.在吊起的鋼材下方，是否有施工人員等 站立?		
	6.爲防止鋼材的搖動，是否使用控制索?		
	7.在旋轉範圍內，若有可能與起重機接觸 的障礙物，是否均已移開?		
	8.是否有使用起重機載運或吊懸施工人員 的情形?		

高 空 作 業	1.作業板未設置時，是否設有安全網？		
	2.是否在設置作業板之處作業，施工人員 是否確實套上安全索？		
	3.是否有安全網之掛鉤設備？是否隨時予 以檢查？		
	4.在強風、大雨等惡劣天候下，是否暫停 高空作業？		
	5.施工人員之健康狀況是否良好？是否有 睡眠不足、酒醉等現象？		
	6.是否有安全索的掛鉤設備？		
	7.旋轉塔是否有搭載著作業人員而移動的 情形？		

高空作業 (預防因 物體掉落 而引起的 第三者傷 害)	1.材料有散開掉落的危險時，是否加以捆綁或緊結以免散開？		
	2.有物體掉落的危險地方，是否設有「禁止進入」的標誌？		
	3.放置在鋼架上的機具、材料等，有沒有加以固定，以免滑落？		
	4.在進行插梢的釘入作業時，其下部是否做好禁止進入的措施？		
	5.在檢查鋼骨施工情形時，若是上下同時施工？有沒有互相密切連繫，以免發生被掉落物體擊中的事故？		
	6.有沒有做好預防措施避免工具類的掉落？		

6-6 施工查核表之補充說明及應注意事項

一、鋼架吊放、組合及豎立應注意事項：

1. 在擬吊放之位置未完成準備前，勿將鋼料等吊上等待安裝。
2. 吊運長度超過六公尺以上構架，須以二條鋼索捆縛，如有人員暴露於起重機旋轉區內，應以穩定索附於構架尾端使之穩定。
3. 鋼樑於最後安裝腹板前，不得由吊索上運放，但每個腹板端部之接頭處，已有二個螺栓裝妥或採其他適當措施時，不在此限。
4. 使用十二公尺以上之長跨度攔柵梁或構架時，於鬆放吊索前，應安裝臨時構件，以維持橫向之穩定。
5. 鋼架組合過程中，於任何時間內，超出地面或最高永久性樓板層上，不得有逾四層樓以上之鋼架尚未鉚接或焊接。
6. 鋼構建築，於進行組合時，應逐次構築永久性樓板。

二、鋼構建築之栓接及鉚接應注意事項：

1. 撞擊栓板手應有防止套座滑出之鎖緊裝置。
2. 不得於可燃物堆積之附近及上方從事鉚接工作，但已採取適當之防火、防爆措施者不在此限。
3. 使用氣動鉚釘鎚之把手及鉚釘頭模，應適當安裝安全鐵線。
4. 氣動鉚釘鎚空氣管嘴應經常檢查。
5. 鉚釘之控釘鉗，應採帆布、皮貨或索環，勿用鏈條。

三、鋼架上臨時模板之鋪設應注意下列事項：

1. 用於置放起重機，應鋪設堅實且有相當強度之木板或座板，以承受預期荷重，並應密實鋪設及防止移動。
2. 施工中建築，每完成一層結構即應鋪設臨時性工作樓板，在第一層樓板上施工，其下方亦應鋪設樓板。（最好兩層同時鋪設，俾於物件落下時可以擋住。）

四、防護網架設：凡不適宜鋪設臨時樓板之鋼構建築，且未使用施工架而距離超過二層樓以上時，應張設防護網。又工作人員如必須在高處廣闊場所進行施工，又無法使用安全帶及救生繩及工作架，臨時地板時應鋪設防護網。防護網鋪設應注意之事項如下：

1. 防護網下方應有足夠淨空，以防彈動時碰撞防護網下方之結構物。
2. 網繩應有符合需求之適當強度。
3. 鋼材放置地點，應盡量避免在電線下方或上方。
4. 採用起重機吊運鋼材時，應將各鋼材重量明顯標示，以便易於處理及控制其起重負荷量。

6-7 案例說明

一. 案例一：某游泳池看台之雨棚工程

災害事件敘述

一游泳池看台上之鋼構造雨棚，在結構設計之前，業主提供了一份已完成之相近型式設施結構圖給結構師事務所做為設計參考；結構設計師事後承認他們對這項新建工程基本構架之考慮，受這份參考圖影響甚鉅。雖然這項新建工程之規模比參考結構之規模為大，且可能在屋頂上承受額外之靜載重，然而儘管如此，結構設計師還是遵循以前之設計，使此工程在結構設計上是個完全不變之 "仿製品"，結構設計師亦承認對可能發生之額外應力並未加以追查或作計算分析。

這項懸臂式屋頂雨棚工程是屬於鋼構造結構物，如圖 6-1，採用 "反樑式設計"，並加後柱支撐，屋頂延展面遮蓋了整個看台區域，設計時允許 $100\text{kg}/\text{m}^2$ 之活載重，亦即允許業者在屋頂上再作適當之臨時架設；在建造中，當所有架構已完成，且金屬版屋頂也已覆蓋完成，正鋪屋頂面之隔熱設施時，（大致上整個結構物之靜載重已施加結束，而尚未涉入活載重之考慮時），整個懸臂屋頂在樑、支柱交叉處發生彎折倒塌失敗，如圖 6-2。

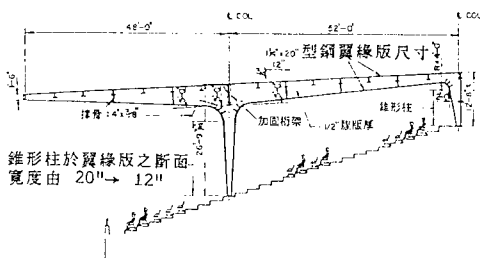


圖 6-1 構架立面圖

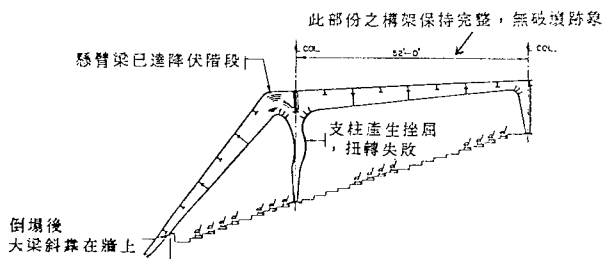


圖 6-2 雨棚鋼構架倒塌後情形

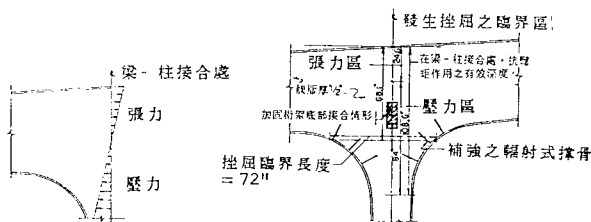


圖 6-3a 構架腹版在接合處之應力分布圖

圖 6-3b 梁-柱接合處之立面圖

災害原因分析

1. 由現地之結構倒塌情形研判倒塌原因不是由於營造缺失所致，而是 "設計不當" 導致 H 型鋼梁與支柱之挫屈失敗；設計錯誤的原因在於結構設計師將 H 型鋼之腹版加勁桿於 "梁—柱接合處" 與屋頂大梁合併加固之錯誤設計；基本上，腹版之加勁桿乃是加在細長之梁或柱上之小構件，以加強斷面之勁度而防止挫屈的產生，而在此結構中，加勁桿應該安置在腹版之中央，並擴展於梁寬之整個斷面以支撐屋頂結構，由破壞情形可顯見此次倒塌之關鍵在於腹版於梁—柱接合處已發生挫屈，並且在支柱部份已導致歪曲、扭轉現象。
2. 本結構物之鋼構架立面圖如 圖 6-1 所示，在遭挫屈倒塌後之情形如 圖 6-2 所示；失敗原因之鑑定，經由有限元素法結構分析結果，可得張力區與壓力區之應力分佈狀況，如 圖 6-3a 所示，及梁—柱接合處之應力區分佈範圍，如 圖 6-3b 所示。

在壓力區的範圍內，腹版必須具備支柱之行爲，且在兩翼緣版之間要有 72 吋之 "抗挫屈臨界長度"，依據在倒塌當時之載重情形，經由計算分析得知此壓力區之破壞應力為 12.1 ksi，而原設計之極限應力值為 8.5 ksi（分析時，假設腹版為一薄版單元，而翼緣版為附在版端之加勁拘束體），顯然原設計之強度不足而造成懸臂梁超過降伏階段而倒塌。很顯然的，在這次災害事件中，倒塌的原因可說是由於結構物之鋼梁及支柱斷面明顯不足，即其結構強度不足以抵抗懸臂部份靜載重之作用。

3.在交叉處之接合施工時，由於螺栓接合之偏心偏作用，將導致超應力情形的產生，而大大影響了原設計型鋼之抵抗強度，根據計算分析顯示，在總載重（包括靜載重及活載重）之作用下，由於施工偏心所造成之影響而使彎曲應力達到94.2 ksi，且剪應力達到 40 ksi，其值遠超過A 3 6 型鋼所能負荷，因此縱使鋼梁不先發生降伏破壞，構架亦將因彎曲應力及剪應力的作用影響整體之結構安全。

二．案例二：豐原高中禮堂倒塌事件

災害事件敘述

民國七十二年八月二十四日下午一時三十分至四十分許，當省立豐原高中的六百四十七名新生正在該校大禮堂內進行新生訓練時，大禮堂屋頂突然下陷倒塌，釀成二十六人死亡，八十四人輕重傷的慘劇。

豐原高中大禮堂係該校教學大樓的二樓部分。該建築分四期施工，當禮堂興建完成使用數年之後，由於靠牆部分經常發生漏水現象，經修補無效，乃於七十二年六月間發包進行屋頂變更設計工程。該工程於同年七月二十五日完工，八月十日驗收，不料十四天之後即發生禮堂倒塌事件。

災害原因分析

1. 依據檢驗，鋼材之焊接品質不佳，且焊接位置不當，短料焊接處甚多。
2. 鋼桁架之接合按設計圖說原為鉚釘結合，但在實際施工時變更以螺栓混合使用者甚多。在安裝時，由於開孔位置之偏差，使得原來的圓形鉚釘孔擴大，以利接合物之貫穿，導致邊距之不足及有效面積減小。
3. 該禮堂在屋面蓄水隔熱工程翻修前，結構體在屋面與屋架之靜載重作用下，以平面桁架或立體結構模式所作之結構分析，皆顯示對鋼筋混凝土支撐結構有外推之力，並使鋼筋混凝土繫梁與支柱產生向外之變形。

- 4.該禮堂在屋面蓄水隔熱工程翻修後，屋面靜載重據現場實測估算約為 63.37公斤 / 平方公尺，但屋頂蓄水積深約20公分，即增加活載重約估 200公斤 / 平方公尺。在此二項載重與鋼桁架自重之組合載重下，由結構分析結果顯示，鋼桁架與鋼筋混凝土支撐結構之部份構件或接頭應力超出其容許應力值，其中部分並超出設計安全係數餘裕或極限強度值。根據鑑定單位試驗結果及現場觀測，桁架構材由於焊接品質不良及構材接合處開孔與鉚釘處理不當，大量減低構材之承載能力，致倒塌現場顯示桿件有挫曲、拉斷與接頭斷裂等情形。
- 5.主桁架之任一桿架破壞時，主桁架會形成如同梁具有三個鉸件之不穩結構體，又柱腳鋼筋搭接與混凝土握裹力不足，以及平均混凝土抗壓強度低於設計要求之強度，因此柱腳之抗彎矩能力大幅降低。當主桁架因屋頂水重產生較蓄水前為大之向內拉力時，柱腳即形成鉸接狀態，主桁架與鋼筋混凝土支柱之平面門形構架即成為具四個鉸接之破壞機構，此為結構體破壞倒塌之主要原因。

參考文獻

- 6-1. 陳清泉等，" 建築施工災害之調查及災害防止之研究(一) "，內政部營建署建築研所籌備小組研究報告 15-01-76-05，77年1月。
- 6-2. 陳清泉等，" 建築施工災害之調查及災害防止之研究(二) "，內政部營建署建築研所籌備小組研究報告 15-01-77-04，77年7月。
- 6-3. 鄒承曾，"鋼結構設計學"，73 年。
- 6-4. "高層建築（上部工程）"，臺灣營建研究中心，72年。
- 6-5. "營建簡訊"，第 8 2 期，臺灣營建研究中心，77年。
- 6-6. "鋼結構設計與施工"，臺灣營建研究中心，78年。
- 6-7. "營建簡訊"，第 8 2 期，臺灣營建研究中心，78年。
- 6-8. "豐原高中禮堂倒塌事件原因鑑定報告"東海大學建築研究所。
- 6-9. "營造業勞工安全衛生教材"，中華民國工業安全衛生協會及中國生產力中心。
- 6-10. 巫啓后，"營建管理與施工實務"，73 年。

第七章 結論與建議

7-1 結論與建議

本研究乃承接第一及第二階段之研究而繼續工作，依照蒐集文獻資料、調查訪問、統計分析、及探討整理等四個研究步驟進行，至今可明顯地確定建築施工災害導致之主要原因為：

- (1) 基土開挖不當或其支撐系統失敗。
- (2) 模板構造不當或其支撐系統失敗。
- (3) 混凝土澆灌施工失敗。
- (4) 鋼筋配置之誤失。
- (5) 鋼骨接合施作之失敗。
- (6) 工程技術人員及工人之疏忽、失誤或無知。

就其災害主因歸納成：(1) 基土開挖，(2) 模板構造，(3) 混凝土澆灌，(4) 鋼筋紮配，(5) 鋼構施作等五大類，依類列表詳細闡述其失敗之原因、破壞型式並針對之提出其對應之改進對策（含措施及方法），建議設計者、監造者及施工者將其作為災害防治作業之檔案參考。

本研究之重要成果如『施工計畫書查核表』，也可稱之為『建築施工災害防治查核表』，乃依上述詳表予以格式化，且以表詳列各條項；於建築施工進行中，建議監造者及施工者能利用該等列表作為實際之運用。

有關消除工程技術人員及工人之人為疏忽、失誤及無知，須透過他們之再教育、充實技能及智能、發揚守法精神、提高責任心，改善工作環境，提高工作待遇，及增加其福利等予以達成。

7-2 執行與應用

爲使本計畫研究成果得以推廣應用，可將本研究報告分送政府主管建築工程之機關與單位，予以參照試用；可經公開研討會或座談會方式讓更多公民營建築設計、施工及監造人員獲此報告之精要部份，且進行討論並予以擴大影響面；也可摘此報告之重要成果編輯成教材，供土木及建築科系高工以上之學生及各級工程師閱讀參考，從基本教育及再教育著手推廣之；爲配合營建工程自動化，尚可將本研究成果繼續蒐證、改進且予以電腦化，俾利建築工程施工管理與其工程品質之控制及提升。

附 錄

『建築施工災害之調查及災害防止之研究(三)』期末簡報記錄

一、時 間：七十八年六月二十七日下午二時卅分。

二、地 點：建研小組會議室

三、主 席：張執行秘書德周

四、出席人員：

計 劃 主 持 人：林草英

專 家 學 者：林平昇、林耀煌、林貴松、郭文全、游顯德、蘇錦江

建 研 小 組：周智中、洪君泰

營 建 中 心：李宏仁、宋芬蘭、郭來松

五、主席宣佈開會並介紹與會人員：略。

六、建研小組報告：（周智中先生）

1. 本計劃之計劃說明：略：請參閱期末簡報程序。

2. 本計劃之執行概況說明：略：請參閱期末簡報程序。

七、計劃主持人簡報：（林草英主任代理）

略：內容請參閱本期之報告摘要。

八、綜合討論：

郭文全先生：

本人基於現場實務經驗，在此提出目前營造業所遭遇到的困難與問題，和各位專家學者參考。

1. 工人的嚴重缺乏，是目前國內工程的一大隱憂，工程找不到施工人員，造成施工進度的不便，更別說品質管制，工人少、服從性又低，總以『老經驗』自居，不易遵守『施工規範』。
2. 工地權責的劃分要明確。目前工地權責劃分不明確，造成工地主任有的一無權威，有的負責盡職。工地的事務，原本複雜繁瑣，絕非一人所能擔負，需有各方的專才負責各方面的專業，建議立法規定，加重專業技師的權責，分層負責。
3. 選擇小包時需謹慎，事前應做好資格審查及信用調查。舉例來說，預拌混凝土的包商，其品質常隨著業主的要求，付出的價格，及抽驗的多寡而有所不同，即使是同批的混凝土，也有多種不同的強度，小包的作幣手法，可說是層出不窮，如何防止弊端的產生，實在是第一大考驗。
4. 鋼筋工方面，承如剛剛林主任所提，重點在於鋼筋的搭接及保護層的厚度，由於目前鋼料便宜，而工錢昂貴，一般小包不會爲了“偷料”而少用鋼筋。
5. 工地主任的權責相當重要，尤其是嚴正的態度，小包最怕監造人員的監督。
6. 一般的施工記錄及報告，往往流於形式，甚至由工地小妹填寫，使得記錄與報告徒具形式。現場監造人員在工地待久後，易顯鬆散，『在職的訓練』確實有必要。

游順德先生：

1. 報告摘要中，列舉了許多的查核表，查核表中有許多的是否？如何？如果能將這些事項予以量化，甚至，列出原則與附帶說明，則查核表更能提醒核對人的注意。
2. 查核表中，常有確認一項，但是確認者到底爲誰？由誰來確認才適合？如果，由施工人員來查核，則查核表項多只是提醒其注意事項

，最後，可能流於形式。如果，每次查核都要會同建築師，工程管理單位及仲裁人員，似乎不可能，所以，查核表要能發揮功能，必需使其具有相當的法律效用，如此，查核表的執行才會認真，嚴格。

3. 查核表的另一功能的延伸，可作為將來權責劃分的依據，究竟那些人負責那些事，予以明確規定，可供營建署劃分權責的參考。
4. 施工災害的原因，並不全是結構體的破壞，尚有其他因素，非結構性的影響，也有可能造成施工災害，例如，施工管理的不當，裝飾工程等。而本次報告的內容，則偏重於結構體的探討，如能包含非結構體的相關因素，必會更加完備。

蘇錦江先生：

1. 查核表對工程師而言有相當的使用價值，因此查核表應該使用在工地，而不只是研究的層面。將來，查核表建議予以各項單獨製成單行本或工地基本格式化的報表，做為工地施工技術的依據，主辦工程單位的查驗手續，藉以提昇工程品質。
2. 查核表應附帶使用說明或作業手冊，讓使用人於使用查核表，確定合格的標準，優與劣的分界。
3. 對於工程人員欠缺專業知識者，實施教育訓練。付予工程人員相當的權與責，確立工地主任的制度，由工地主任分擔技師的責任，確確實實的負責工地事務，專職人員負責專責事務是我們的目標。
4. 確認查核者屬誰？查核表可做為施工記錄，則可由工地技術人員填寫，若是做為工程監督過程的查驗手續，則由建築師、監造單位查核之。
5. 監測系統的項目與數量，目前尚無具體規定。工程的監測花費都在百萬以上，但是，這些資料，往往沒有回饋到設計，造成設計時的高估或低估。根據台中的三井人壽大樓，觀測結果顯示，實際的擋

土壓力，只有原設計的1/4 到1/3 。因此，建議建管單位，督促各施工單位，送交詳細的觀測資料與記錄，由建管單位或營建署建立資料庫，做為設計參考，避免設計的不當，形成浪費或造成施工災害。

6. 當今，設計費的不合理(偏低)及設計時間的蒼促，往往使設計圖不夠詳盡，這也是工程品質不易提昇的關鍵。

林平昇先生：

1. 混凝土方面，CNS 粗粒料原訂有五種，但是目前市面上卻只有三種尺寸，細粒料原規定為 2.2mm，市面上卻只有 1.8mm，這些混凝土的基本材料，其品質尚且無法統一，又如何能夠有效的提升混凝土品質，因此，建議成立一專責機構，負責基本品質的檢驗。
2. 技術士制度的建立，專業技術由專有人才負責，一旦出問題則由負責的技術士負責，甚至吊銷執照，讓參與人員重視並珍惜自己的權責。
3. 支撐鷹架方面，由結構技師或土木技師負責簽證，提撥一部份的設計費，讓技師設計、督導支撐鷹架的安全、減少工程失敗。

林耀煌先生：

1. 工程災害與失敗這兩個名詞的解釋，經常含混不清，應該予以調整。
2. 前兩期所作的施工災害原因之探討，本期的報告內容應包括(1)法令與規範(2)規劃與設計(3)施工與驗證(4)管理與執行(5)教育與訓練，並與前兩期的報告相印證。
3. 查核表的内容宜加一備註欄，填寫查核事項的法令依據，營建設施安全衛生標準是一大法令依據，應該以問號式來查核。『數據』盡量不設而以參考方式來訂定，避免承包商的爭議。

4. 查核表與基本要領予以統一化。
5. 報告的章節予以統一化，包括原因、策略、查核表三大項，最後做一個結論與建議。

林貴松先生：

1. 報告中大多偏重於靜態的作業，如查核表的查核。缺乏動態的作業，例如施工中應注意的事項。
2. 施工災害的防止，應著重在施工規劃，規劃做得完善，必可減少災害的發生。

九、主席結論

製作查核表的目標，在於能夠應用到實際工程上。本計劃由前兩期已探討出導致施工災害發生的原因有(1)基礎開挖工程(2)模板構築及支撐工程(3)鋼筋配置工程(4)混凝土工程(5)鋼構造工程等五大原因，本期的工作重點著重在查核表的製作。我們希望每個研究案子都能實際的應用，並且互相扣庫。目前國科會大力推行四個自動化，包括農業自動化，機械自動化，貨物自動化及營建業自動化，而我們所做的研究案子也正朝著自動化的目標。

十、散會。

『建築工程工料分析基準之編訂』
『建築施工災害之調查及災害防止之研究(三)』
期中簡報會議記錄

時 間：78年元月 7日(星期六)上午九時三十分

地 點：營建署建研小組會議室

主 席：張副署長世典

出席人員：

林平昇：建築師
林貴松：建研小組指導委員
陳秋宗：榮民工程處工程師
陳哲仁：建築師
陳澤漢：中興工程顧問社考管部副理
莊雨欽：台灣省住宅與都市發展局工程師
黃兆龍：台灣工業技術學院教授
黃榮傳：行政院科技顧問
黃南淵：台北市政府參事
曾清銓：中華顧問工程司經理
游顯德：淡江大學教授
黃俊銘：春田資訊公司工程師
費宗澄：建築師
張德周：建研小組執行秘書
詹啟源：營建署建管組組長
周智中：建研小組技正
營建署及建研所研究人員數員
陳清泉：國立台灣大學教授(研究案主持人)
魏 廉：中山科學院設供處處長(研究案協同主持人)
詹麒璋：本案研究人員(記錄)
鄭福添：本案研究人員

主席：張副署長世典

今天非常高興也非常榮幸邀請到各位來參加本所委託台灣營建中心進行的二研究案的期中簡報會議。本來蔡署長要親自出席主持今天的會議，但臨時另外有重要的會議無法來，因此由我來代為主持。我首先代表蔡署長及署裡向各位致最大的歡迎及謝意。今天亦很榮幸請到台北市政府參事黃南淵先生蒞臨指導，同時邀請到建研小組指導委員黃榮傳博士與林貴松博士參加，使今天的會議增色不少。最後再次感謝各位專家學者在百忙中撥冗參加今天的會議，共同為提升我國營建業的品質與水準而貢獻心力。

張執行秘書德周：

1. 今天的會議首先要聽取營建中心陳清泉教授的簡報，然後希望能聽取各位學者專家的寶貴意見，提供我們做為今後努力及改進的方向及策略。
2. 由於建研小組正進行中的研究案件太多，為節省簡報及會議召開的次數及時間，因此擬以參與研究的單位為準，將其進行的研究案同時一次召開。今天的期中簡報即為台灣營建研究中心所進行的二研究案。
3. 建研所籌備小組奉行政院指示籌備三年，其研究的案件分為自行及委託研究二種。凡需較多人力、設備及技術之研究案均以委託學術機構方式辦理，其餘則以小組內成員自行研究辦理。而其中以涉及災害性的案件優先辦理。

研究主持人陳清泉教授簡報：

1. (一)『建築工程工料分析基準之編訂』期中簡報。(內容請參考期中報告)
2. (二)『建築施工災害之調查及災害防止之研究(三)』期中簡報。(內容請參考期中報告)

綜合討論：

研究案共同主持人魏廉先生：

中山科學院目前亦做此方面之研究，而且是營建工作整合性的資訊系統，目前接近完成階段。在此我建議最好能加上工程事件在法律上的處理方法及程序。中山之做法是將法律案件處理程序都建立在電腦內，讓工程人員碰到狀況時能很快從電腦中得到處理之方法及程序，而有所依循及根據。

黃兆龍教授：

①此二研究案是為使建築業系統化，進而自動化。而在做法上為求得公私立營建單位及業主的落實與共識，建議最好將研究後所建立的各檔案資料直接給各公民營單位參照使用。

②各工程“料率”之訂定差異較少，而“工率”之訂定則差異甚大，建議在訂定工、料率基準時，應訂定高、中、低之數率，以便視實際狀況取用，而能符合實際狀況。

陳澤漢先生：

①工料分析基準制定之研究目的除提高工程品質外，更確切的說，應是為提高整個營建業之生產力。

②工料分析與施工規範、合約密不可分，因為工料分析之編定幾乎皆是參照合約及業主所訂的施工規範來進行，故在訂定標準的工料分析基準前是否有必要建立標準的施工規範，實值得研究，但合約及規範的研究應是另一個研究的主題。

③工程應依難、易等程度訂出高低之工率。建議利用此機會應由中央主管單位將真正的工、機、料率訂出。

④標準的工、機、料率及單價尚未訂定前，如何建立資料庫，這是我的一大問題。

（研究單位回答：本研究採倒述做法，先將資料庫的架構、處理方式及應用軟體開發出來，資料則以台北市政府工務局發行的工料分析手冊為據建入，若測試可行後，再將資料更改成經由專家學者審慎訂出的工、機、料率及單價。此種作法是由於訂定標準的工機料率及單價乃一困難麻煩且牽涉廣大，非短期內可訂定完成及完美的作品，甚至會超出本期之研究期限而成為定期性之固定編訂小組的編審工作。）

莊雨欽先生：

①系統如何使用如何推廣，最好能在研究中亦擬定推廣計劃。

②災害防止之對策雖已部份擬出，且有可資遵循之查核表，但如何落實推廣則亦應研究。

林貴松先生：

災害之防止一案在報告中未提及災害發生之因素，雖提出初步原因，但造成此原因之真正因素並未深入探討，希望加入研究之內。

游顯德教授：

（一）案：

①在研究上建議由輸入者（使用者）自行輸入單價分析表之“數率”，再自動製成工程明細表。

②建議本研究案應和『標準施工說明書』結合，蓋因單價分析及工程明細項目皆以施工說明書為準。

③在程式設計上應使更改增刪之操作容易，使大家喜愛使用。

(二)案：

- ① 本研究報告只談及結構體本身之災害，而未談及結構體以外之災害。
- ② 在結構體強度尚未成熟前又加上施工中之載重，常造成施工中之倒塌破壞，故應增加施工中之載重檢討。(設計單位常只考慮完成後之設計載重)
- ③ 此二研究案應持續追蹤更動，長期性加以探討更新補充。

費宗澄先生：

- ① 身為建築師非常希望有此系統可以使用。
- ② 希望本系統能分層次，不要涵蓋太廣否則易造成使用上之困難，也就是將系統能依使用之對象加以區分，使用方式不同但資料相同，使各營建相關單位人員都覺得容易使用、喜愛使用、適合使用。

林平昇先生：

- ① 為何十幾年前灌製之混凝土不會裂，現在之混凝土卻極易裂開，根據我的研究可能為碎石子級配的關係，在受壓上影響不大，在受拉上影響就很大，希望建研所能予以深入研究。
- ② 施工門架之層數與載重能力之關係均未有人研究，今後希望建研所能加以研究而訂出合理安全之規範。

陳哲士先生：

(一)案：

- ① 建築師方面在自行發展此種估價系統時均面臨施工說明書標準之問題，故對於訂定標準之施工說明書亦為建研所今後研究的重點。
- ② 對於計算出之總價再打七五折或八折之做法，使得在 P C 上卻要將每個工程項目重新再調整單價而逐項輸入，非常麻煩，可否研究改進。

(二)案：

- ①當工程災害發生後如何處理甚為重要，其處理程序及方式亦應在研究中加以訂定。
- ②在營造法規上(如營造廠之管理)如何落實，甚至可制定條文立法，均為提升營建水準極重要之點。
- ③建築法規、規範之細法、細則希望營建署加快腳步制定。

曾清銓先生：

- ①本單位難以電腦制定估價系統，但政府並未予採行，蓋因資料庫內之資料並非為各單位通用之標準資料。
- ②國內未有標準之施工說明書及標準施工法，應先制定後才可能有標準之工程估價做法。
- ③研究出之成果應讓官方採信及使用推廣，否則官方的公營單位不採用，民間單位又如何使其採用。

黃南淵先生：

- ①對於材料的使用標準、施工標準目前均未訂定，而『工率』的問題又與實際相差太大，此皆影響估價基準之制定，故應先從此些根本方面著手。
- ②目前大部份工程之估價作業在假設工程、放樣及地質鑽探均未予細分(將各小項目及單價清楚的敘述)，而常以『一式』而籠統的定出價格，如此不但使估價不準，施工及發包、管理無所依據，更是難以得到審計部的採信，故應將其再予細分。
- ③目前勞工安全標準及環保規定(交通、噪音、空氣、環境等之污染)均規定得很嚴、很多，但施工單價卻未予提高，因此常造成兩相不能配合的情形，故施工單價實應酌予提高。
- ④有些工程之業主要求趕工(如十月份慶典到來，常要求提前完工)，單價卻未機動調高，導致品質低落，故合理適宜合時之單價應審慎制定。
- ⑤在災害防止上，對於施工架、施工構台、施工升降梯等造成之災害應多加以探討。

張德周先生：

由於張副署長另有會議要開先行離開，由我暫代主持。今天非常謝謝各位提供寶貴之意見，使我們獲益良多。我們將請陳清泉教授廣為採納並加以研究。最後請各位專家多提供書面意見供本案參考。再次感謝各位的參加，今天的會議就到此為止，謝謝。

建築施工災害之調查及災害防止之研究（三）

第二次座談會記要

時 間：七十七年十月十二日下午2:00~5:00

地 點：營建中心會議室

紀錄：王威宏

出 席：袁德全先生：中華顧問工程司

陳靖宇先生：榮工處

林平昇先生：建築師公會

蘇錦江先生：台灣省土木技師公會

陳煌城先生：台北市工務局建管處

陳曉偉先生：台北市結構工程工業技師公會

曾義誠先生：中興工程顧問社

陳正平先生：中鼎工程公司

陳清泉教授：台大土木系教授，本計劃主持人

林草英教授：技術學院營建系教授兼營建中心主任，本計劃共同主持人

周智中先生：營建署建築研究所籌備小組技正

列 席：王威宏、鄭福添：營建中心助理人員

陳清泉教授（主持人）：

一、根據上次座談會初步決議，擬將本案分為六個研究探討單元，依次為「基礎開挖」、「模板工程」、「混凝土工程」、「鋼筋工程」、「鋼構造工程」、及「其它」。

二、分組探討模式初步擬以下幾個項目為主：規劃方面、設計方面、管理方面、施工方面、人員素質與技術方面、營建環境方面。

三、今天將依各代表之興趣、專長，擬把八個單位分為四組，並在以後座談會分別主持各單元之研究成果報告。

周智中先生：

在第一、二研究階段已經將施工災害之調查及原因做詳盡之探討，希望在第三階段以「防治方法」為主，提出有建設性之方案及對策，以提供政府、業界或管理單位做施工參考。

林昇昇先生：

建築施工災害案例一再的舊題重生，最近一例之三重五樓公寓倒塌事件，即是對於基礎之鑽探調查不確實，而基礎開挖防護措施草率，甚至在設計上亦有大缺失，竟然其柱筋只有六根六號筋來支撐，而施工上亦偷工減料，箍筋間距太大，鋼筋量不足及澆灌品質低劣，在顯示建築施工災害之發生真是有「因果」關係存在，而以往做的各項研究很少涉及到防止措施及因應對策，致使所有研究結果尚留在「紙上談兵」階段，希望營建署能在往後編列更多預算，“徹底提出防治方案”，來解決施工災害問題，這種做法，於日、美等國都早已進行，可做為參考。

陳煌城先生：

一、「基礎開挖」造成原因一項，林耀煌教授之相關研究已經有相當之成果，可藉參考，本案可把八個單位代表分成四組來討論。

二、助理人員要與各分組代表密切配合，在資料之收集、傳遞、與編寫上達到分工合作之效率。

蘇錦江先生：

一、探討範圍要加以界定。

二、助理先整理現有之資料提供各分組參考，在各分組舉行研究主題發表成果時，希望其它分組亦能提供補充資料及意見，來充實主題內容。

陳靖宇先生：

我補充一點建議，各單位對於工程界之貢獻各有其獨到之處，資料之搜集以各代表參與最接近其分類性質之工作來分組。

袁德全先生：

在沒分組之前，我先提供有關模板工程之資料，一為中國生產力中心編印之「營造業勞工衛生安全教材」，另外為對於現場施工之工法，材料及安全有相當好之探討書：「FORM-WORK TO CONCRETE」譯述：徐禮豐；供助理做參考。

曾義誠先生：

一、由於“時間”因素之考量及內容純菁問題，原則上仍以中心為研究本體，各代表將親身經驗與資料從旁協助。

二、為了落實“具體的防治對策”，我建議將影響施工災害之各種因素詳細列出，而以表格化“Check-list”來管制，如此即可在“層層檢查”和“劃分責任”之下，杜絕災害的發生或減少到最低程度。

三、若“表格化檢驗制度”未來真的能如願實行，政府就可責成或制定法規決定“由誰去檢查”是工地主任呢？或是主任技師、建築師及建管單位，賦予相對的法規權威與責任，則可確實執行。

四、提供一例：美國原子能委員會，為了保障核能電廠之安全，在聯邦法規裡訂定一項“QA”（品質保證）制度，內含十八條準則，從「組織」，「方案對策」，「管制」，「檢驗、試驗」，「稽查」有一聯貫系統來確實保證安全，我們研究本案或可採用這種“QA精神”，建立一系列之“品保制度”來確保建築施工之安全。

陳曉偉先生：

我贊同曾先生的意見；若能從“法規”，“工人”，“監造”，“品管”四方面確實要求“check-list”的實行，應該能達到本案的研究目標。

綜觀各代表之意見，最後作成以下決議：

一、各分組之主持人：

1. 「模板及支撐工程」一項由袁德全先生與陳靖宇先生負責。
2. 「鋼筋配置工程」一項由林平昇先生與蘇錦江先生負責。
3. 「混凝土澆置工程」一項由陳煌城先生與陳曉偉先生負責。
4. 「鋼構造工程」一項由曾義誠先生與陳正平先生負責。

二、六個子題之對策大綱：

1. 法令與規範方面
2. 規劃與設計方面
3. 施工與驗證方面
4. 管理與執行方面
5. 教育與訓練方面（施工人員之素質、技術、品德）
6. 營建環境及其它（社會風氣、物價，技師制度，監造制度、競標）

三、“Check List”的制定

內政部營建署建築研究所籌備小組專題研究計畫成果報告
計畫名稱：建築施工災害之調查及災害防止之研究(三)

建築施工災害之調查及災害防止
之 研 究 (三)

計畫編號：15—01—78—04

執行期間：77年7月1日至78年6月30日

計畫主持人：陳 清 泉

共同主持人：林 草 英

研究人員：王 威 宏・郭 來 松
吳 萬 益・許 輝 文

執行單位：財團法人台灣營建研究中心
中華民國七十八年七月三十一日

摘 要

本研究旨在探討建築工程施工中，尤於基土開挖、模板構築、混凝土澆灌、鋼筋配置、及鋼骨構成等分項工程中發生失敗而致災害之詳細原因；進而研擬災害防治之措施、方法及對策，以減少資源之損失，確保建設成果。

承續已完成之第一及第二階段研究成果，仍繼續對建築施工災變之事件進行調查之方向、統計分析等工作；建築施工中常發生災變於基土開挖、模板構築、混凝土澆灌、鋼筋配置及鋼骨構成等分項工程，乃針對其施工不良而導致災害之詳細原因作技術性分析，並提供失敗原因系列圖例說明；進而研擬『施工災害防治查核表』，俾利施工中查核，以增進施工安全度與成功率，以減少災害之發生；更舉多項個案實例作說明，以闡述現場災變狀況，以技術性科學方法剖析災害原因，且針對原因建議災害防治之可能措施及方法，以資後人借鏡，免蹈覆轍。

ABSTRACT

The objective of this study is to point out the weaknesses of construction engineering for buildings those which may cause the engineering damages and disasters shall be eliminated or prevented by the presented process and efforts.

The evidents and data collection as well as information analysis must be the very beginning and continuous works in this study . Nextly the searching investigation of disasterous and failure engineerings about the damages and the reasons by logical prospective method . Through the discussion with engineers and specialists, writers would like to present the possible process and proposed efforts those are classified into : 1.Foundation excavating disasters, 2. Formwork constructing disasters, 3. Reinforcing bars placing disasters, 4.Concrete poring disasters,and 5.Steel frame constructing disasters.

The checking lists for preventing these kinds of disasters are well investigated and presented for applying to the building construction projects .

誌謝

本研究計劃承蒙 內政部營建署建築研究所籌備小組之資助；在研究進行中承蒙 執行秘書張德周先生、技正周智中先生之殷切指導；又承蒙 中華顧問工程司之袁德全先生，榮工處之陳靖宇先生，林平昇建築師，蘇錦江建築師、台北市工務局建管處之陳煌城先生，北市結構技師公會之陳曉偉先生，中興顧問社之曾義誠先生，中鼎工程公司之陳正平先生等提供非常寶貴的意見及資料；幸獲台灣營建研究中心研究組組長李宏仁先生、研究人員王威宏先生、郭來松先生、許輝文先生及吳萬益先生等內容之蒐集整理，又得研究助理林綾音小姐及魏衍先生之助編。承蒙以上多種之鼎力相助始令本計劃得以順利完成，特此銘誌由衷十二萬份之謝忱。

目 錄

摘 要	I
誌 謝	III
第一章 緒 論	1
1—1 研究動機	1
1—2 研究內容	2
1—3 研究方法與進行步驟	3
第二章 基礎開挖工程與施工災害	7
2—1 基礎開挖工程災害原因及改進策略	7
2—2 災害原因及改進策略之補充說明	13
2—3 基礎開挖工程查核表	33
2—4 案例說明	48
第三章 模板及支撐工程與施工災害	55
3—1 災害原因及改進策略	55
3—2 模板及支撐安全措施	56
3—3 模板及支撐工程之改善建議	62
3—4 模板及支撐工程施工查核表	64
3—5 模板失敗案例說明	79
第四章 鋼筋配置工程與施工災害	91
4—1 概述鋼筋配置	91
4—2 災害原因及改進策略	92
4—3 鋼筋配置施工查核表	96
4—4 查核事項之補充說明	106
4—5 案例說明	114

第五章 混凝土工程與施工災害	125
5-1 混凝土工程概述	125
5-2 混凝土施工失敗之原因	126
5-3 災害原因及改進策略	128
5-4 混凝土施工查核表	132
5-5 混凝土施工查核表之補充說明	135
5-6 案例說明	138
第六章 鋼構造建築工程與施工災害	151
6-1 鋼構造建築工程概述	151
6-2 鋼構造工程造成災害之原因及其對策	152
6-3 相關法規之探討與建議	157
6-4 規劃與設計	159
6-5 鋼構造工程施工查核表	160
6-6 施工查核表之補充說明及應注意事項	177
6-7 案例說明	179
第七章 結 論	187
7-1 結論與建議	187
7-2 執行與應用	188
附 錄	189
期末簡報記錄	189
期中簡報記錄	194
座談會記要	200