

模板支撐失效模式與倒崩塌相關性研究 IOSH99-S307



勞工安全衛生研究報告

模板支撐失效模式與倒崩塌相關性研究

Study about the Correlation between Collapse and the Failure Mode of Concrete Shorings



行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

模板支撐失效模式與倒崩塌相關性研究

Study about the Correlation between Collapse and the Failure Mode of Concrete Shorings

模板支撐失效模式與倒崩塌相關性研究

Study about the Correlation between Collapse and the Failure Mode of Concrete Shorings

研究主持人：張智奇、問世賢

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

研究期間：中華民國 99 年 1 月至 99 年 12 月

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

中華民國 100 年 3 月

摘要

模板支撐主要用來支撐模板上各類營建載重，目前國內工地現場之模板支撐搭設多靠經驗且無力學試驗依據，使得模板支撐施工安全性無法確實掌握，經常發生嚴重之模板支撐倒崩塌災害，故研究以提出倒崩塌之災害要因及失效模式為首要目的，以掌握其相關性，達到控制失效要因，並提升模板支撐作業安全性之目標。

本研究透過職災案例之蒐集及工業工程管理之分析，統整出模板支撐失效造成倒崩塌之要因，其中設計主要缺失包括載重考慮不當、與施工特性不符及未訂定模板支撐拆除時機與工序；施工主要缺失為使用材料強度不足、施加超過預期之載重、未依圖施作及支撐架過早拆除；管理缺失包含查驗項目不足及查驗頻率不足等。藉由統整出之危害要因建立模板支撐倒崩塌之風險評估，提出預防與控制對策，並建立模板支撐安全性能指引。本研究亦透過相關之強度與破壞試驗，驗證其失效點，並掌握模板支撐整體之強度與特性，同時提出監測裝置運用在模板支撐上之可行性，達到預防與控制之效果。

透過本研究成果之推廣，提供給模板支撐業者及使用單位、檢查機構等相關單位參考使用，藉此提升模板支撐組搭之可靠度與安全性，期使營造產業對於模板支撐的安全性能夠更加重視並確實執行，以降低模板支撐倒崩塌災害的發生，使勞工安全獲得更大的保障。

關鍵詞：模板支撐、倒崩塌、危害評估、失效模式

Abstract

Concrete shorings are used as temporary supports during the construction of structures and will probably collapse if its safety is not paid enough attention. The collapse of concrete shorings is one of the most serious occupational accidents which will endanger the life of labors. To bring up the causes of collapse of concrete shorings and control the occasion is a top priority. The purpose of our research is to promote the safety of labor's work.

This report surveyed the factors of collapsing of shorings based on former investigation of accidents in literatures. The main causes of collapse are summarized as deficiencies in design, deficiencies in construction, and deficiencies in management. The deficiencies in design include improper consideration in loading, was not consistent with construction details, and did not define the time and schedule of demolition. The deficiencies in construction include inadequate strength of elements, overloads, was not assembled based on its blue drawings, and early demolition of shorings. The deficiencies of management include shortage of inspection in items or in frequency. We build the hazard assessment of the collapse of concrete shorings and provide the prevent and control tactics. We also test and verify the installation of monitoring system is feasible to prevent and control the disaster.

Through the promotion of our fruitful results to relative companies to improve the security and integrity about concrete shorings, we look forward to reduce the occurrence of occupational accidents and to ensure the occupational safety. It is expected that the occurring possibility of this hazard can be minimized accordingly.

Key Words: Concrete Shoring, Collapse, Hazard Assessment, Failure Mode

目錄

摘要.....	i
Abstract.....	ii
目錄.....	iii
圖目錄.....	v
表目錄.....	xi
第一章 緒論.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 研究動機與目的.....	1
第三節 研究方法與步驟.....	2
第二章 文獻探討與案例分析.....	4
第一節 文獻回顧.....	4
第二節 國內模板支撐相關法規.....	4
第三節 國內外模板支撐相關規定及比較.....	24
第四節 模板支撐倒崩塌災害案例摘述.....	48
第三章 模板支撐安全性能評估.....	74
第一節 模板支撐倒崩塌災害要因探討.....	74
第二節 模板支撐失效模式與風險評估.....	85
第三節 模板支撐倒崩塌災害防止對策.....	114
第四章 模板支撐強度測試驗證.....	124
第一節 單管支撐之強度試驗評估.....	124
第二節 系統支撐架之強度試驗評估.....	130
第三節 模板支撐監測系統可行性評估.....	136
第五章 結論與建議.....	138
第一節 結論.....	138
第二節 建議.....	139
誌謝.....	140

參考文獻.....	141
附錄一 模板支撐安全性能檢核指引.....	144
第一節 主體工程規劃設計階段.....	144
第二節 模板支撐設計計算及繪製施工圖說.....	144
第三節 模板支撐架設.....	148
第四節 模板支撐查驗.....	177
第五節 混凝土澆置.....	178
第六節 模板支撐之拆除.....	179
第七節 建議之查驗(檢查)表.....	179
第八節 不同型式模板支撐特別檢核要項.....	185
附錄二 專家諮詢會議記錄.....	192
附錄三 專家座談會議紀錄.....	198

圖目錄

圖 1 研究流程圖.....	3
圖 2 左圖支柱腳部穩固，右圖支柱腳部穩固性不足.....	7
圖 3 左圖接頭穩固，右圖接頭穩固性不足.....	7
圖 4 就地支撐施工流程.....	12
圖 5 一般式鋼管組立之樓板支撐.....	13
圖 6 左圖支柱裝設水平繫條；右圖支柱未裝設.....	14
圖 7 框式施工架鋼管組立之樓板支撐.....	15
圖 8 可調式鋼管組立之樓板支撐.....	16
圖 9 模板組立.....	18
圖 10 使用於平坦堅固或混泥土地面之樓面版支撐.....	19
圖 11 使用於地質鬆軟及易淹水區之樓面版支撐.....	20
圖 12 角材支撐組立之模板支撐.....	22
圖 13 模板支撐以梁支持.....	23
圖 14 底板與頂板.....	33
圖 15 最大使用長度與振幅.....	33
圖 16 可調鋼管支柱於試驗機上之裝設方式.....	35
圖 17 試驗用配件.....	35
圖 18 試體於試驗機之安裝方法.....	36
圖 19 國道六號北山交流道支撐架倒塌.....	48
圖 20 橋梁於澆置混凝土中倒塌.....	48
圖 21 “THE FALLS”建築物於施工時倒塌.....	49
圖 22 澆置混凝土作業時模板支撐倒塌.....	50
圖 23 未設置足夠強度水平繫條.....	51
圖 24 災害發生之擋土牆倒塌處.....	52
圖 25 從事擋土牆拆模作業發生擋土牆倒塌災害.....	52
圖 26 災害現場右半側樓版全部倒塌.....	53
圖 27 雙層式鋼管支撐組搭，已產生位移.....	54
圖 28 林口某建築工地模板支撐崩塌.....	54

圖 29 設計時未考慮側向力導致倒塌.....	56
圖 30 勞工下工途中卸貨平台及模板支撐架倒塌.....	57
圖 31 從事版橋拆模作業發生版橋崩塌災害.....	58
圖 32 預力混凝土橋梁因支撐架過早拆除致崩塌.....	59
圖 33 現場樑橋樑倒塌情形.....	60
圖 34 (P28L-P29L)傾倒情形.....	62
圖 35 支撐倒塌之全景.....	62
圖 36 模板支撐倒塌情形.....	64
圖 37 模板支撐架設情形.....	64
圖 38 由上游往下游方向拍攝.....	66
圖 39 型鋼支撐架未依圖施作.....	66
圖 40 左為型鋼支撐架設計圖，右為實際施作示意圖.....	67
圖 41 基礎支撐力不足造成倒塌.....	67
圖 42 人行陸橋於澆置混凝土時崩塌.....	69
圖 43 模板支撐接頭強度不足造成倒塌.....	70
圖 44 匝道橋於澆置混凝土時崩塌.....	71
圖 45 模板支撐過早拆除導致崩塌.....	72
圖 46 職災死亡人數及比例.....	75
圖 47 勞工死亡災害類型直條圖.....	75
圖 48 物體倒崩塌造成之勞工死亡人數直條圖.....	76
圖 49 一般鋼管作為支柱之模板支撐倒崩塌災害要因圖.....	81
圖 50 可調鋼管支柱作為支柱之模板支撐災害要因圖.....	82
圖 51 鋼管施工架作為支柱之模板支撐災害要因圖.....	83
圖 52 型鋼之組合鋼柱作為支柱之模板支撐災害要因圖.....	84
圖 53 下層結構體失敗，支撐下陷.....	85
圖 54 因變形特性導致荷重集中於少數構件.....	86
圖 55 混凝土澆置時產生施工載重.....	86
圖 56 樓梯處模板支撐為斜向支撐.....	87
圖 57 特殊構造如薄殼，澆置混凝土順序錯誤，使模板產生翹起.....	88
圖 58 支撐高度相差太多，或負荷重量相差太大.....	88
圖 59 載重過大致變形而力量分配不均.....	90

圖 60 未考慮澆置混凝土時產生橫向水平力.....	90
圖 61 模板架設不確實，造成澆置混凝土時破模.....	91
圖 62 支撐強度不足，無法負荷載重.....	91
圖 63 細長比太大，無法負荷載重.....	91
圖 64 澆置混凝土時橫向衝擊力使其鬆動傾倒.....	92
圖 65 混凝土澆置順序注意構造物受力平衡.....	93
圖 66 鋼管支柱已發生變形.....	94
圖 67 鋼管支撐構材變形，已不堪使用.....	94
圖 68 鋼管施工架已變形.....	95
圖 69 可調式鋼管支撐已變形.....	95
圖 70 支撐承放於底層模板處及高層支撐之結合未採合適基座.....	96
圖 71 支撐架基座穩固性不足.....	96
圖 72 支柱腳部以角材替代，連接方式以鐵絲綁紮且鋼板下土壤掏空.....	97
圖 73 鐵板較易變形.....	97
圖 74 土壤掏空.....	98
圖 75 底座交疊放置，穩固性不佳.....	98
圖 76 支柱底部未適當固定，土壤未整平夯實.....	99
圖 77 基礎佈置圖例.....	99
圖 78 地面沉陷造成失效.....	100
圖 79 接合板厚度須足夠，上下支承儘量在同線上.....	100
圖 80 可調式鋼管支撐接頭連接以三號鋼筋替代.....	101
圖 81 接頭穩固性不足.....	101
圖 82 支撐架於傾斜面僅以鐵釘固定情形.....	102
圖 83 與貫材之接頭採 U 型座但未固定.....	102
圖 84 接頭偏心.....	103
圖 85 接頭裝設與支柱偏心.....	103
圖 86 接頭未以鱷魚夾夾緊.....	104
圖 87 未設置斜撐或水平繫條.....	105
圖 88 高度超過 3.5 公尺以上可調式鋼管支撐未加水平繫條.....	105
圖 89 可調式鋼管支撐每 2 公尺內未加水平繫條.....	106
圖 90 鋼管施工架上接木支撐.....	107

圖 91 框式施工架上方架設木支撐，木支撐穩固性不佳.....	107
圖 92 框式施工架上方架設可調鋼管支柱.....	108
圖 93 框式施工架與調整層間水平貫材側向束制不足造成系統破壞.....	108
圖 94 以木支撐局部組搭且接頭未固定.....	109
圖 95 複合式組搭水平貫材及接頭穩固性不足.....	109
圖 96 偏心載重極易造成支撐旋轉傾覆.....	110
圖 97 木支撐於低淨空結構中傾斜架設情形.....	110
圖 98 高度高承受大載重時對偏心敏感度高.....	111
圖 99 架設高度較高時以多層方式架設使穩固性差.....	111
圖 100 多層方式架設偏心大使力量無法順利傳遞.....	112
圖 101 接頭裝設偏心使力量傳遞與支柱中心不在同一線上.....	112
圖 102 鋼管支撐未座落於框式施工架支柱上.....	113
圖 103 鋼管與木支撐勁度不同混搭極易失效.....	113
圖 104 目前模板支撐施作及拆除流程.....	119
圖 105 模板支撐施作及拆除建議流程.....	122
圖 106 模板支撐施作程序.....	123
圖 107 鋼管實體試驗設備.....	125
圖 108 連續小波分析在鋼管尚未振動(左)及振動 500000 下後(右)之分析圖.....	125
圖 109 鋼管在下 1/4 點於不同振動次數後所量測之 D_i 值直條圖.....	126
圖 110 在鋼管受損前(左)及受損後(右)之連續小波分析圖.....	127
圖 111 鋼管在不同點位於第三節點受損時之 D_i 值直條圖.....	127
圖 112 鋼管下四分之一節點在未受損(左)及第三節受損(右)時所產生之連續小波.....	128
圖 113 模擬鋼管中點在勁度為 0.5K 及 0.8K 時之 D_i 值直條圖.....	128
圖 114 模擬鋼管在中點及下 1/4 點受損時各點位之 D_i 值直條圖.....	129
圖 115 所設計之模擬系統支撐架示意圖.....	130
圖 116 模擬系統架腳柱未受損(左)與勁度折減 20%(右)之連續小波分析.....	131
圖 117 系統支撐架模擬試驗在第二節點勁度折減 20%所量測之 D_i 值直條圖.....	131
圖 118 三層系統支撐架組立圖.....	132
圖 119 應力-應變圖.....	133
圖 120 荷重-位移圖.....	133
圖 121 試驗後之破壞情形.....	134

圖 122	連續小波分析在斜撐尚未拆除(左)及拆除後(右)之敲擊分析圖.....	135
圖 123	系統支撐架在編號 2 及編號 3 立柱間斜撐拆除時之 D_i 值直條圖.....	135
圖 124	梁支撐設計例.....	145
圖 125	角材因材質不同，強度差異大，設計時應考慮.....	146
圖 126	鋼管支柱基座固定例.....	150
圖 127	支柱地盤不平、軟弱之加強措施例.....	150
圖 128	鋼管施工架底部使用高低調整器及打設混凝土以防沉陷.....	151
圖 129	鋼管支柱基座凹凸不平或土壤軟弱之加強措施例.....	151
圖 130	型鋼支撐基座與端部詳圖(左)及型鋼支撐三角支柱端部基座配件(右).....	152
圖 131	原本礫石料基礎滾壓夯實並澆置 20~30 CM 無筋混凝土.....	152
圖 132	土壤夯實、鋪設足夠強度之鋼製 H 型鋼(併排後固定).....	153
圖 133	基腳固定牢固並防止車輛撞擊.....	154
圖 134	斜面之基礎佈置例.....	154
圖 135	鋼管支撐組立架設施工例.....	155
圖 136	一般鋼管支柱配合格柵組立例.....	155
圖 137	架設支柱示意圖.....	156
圖 138	可調式鋼管支柱配合格柵組立例.....	156
圖 139	鋼管支柱組立例.....	157
圖 140	梁底版鋼管支柱架設例.....	158
圖 141	樓版模板架設例.....	158
圖 142	同心梁、牆接合部分模板組合例.....	159
圖 143	偏心梁、牆接合部分模板組合例.....	159
圖 144	梁與高、低差樓版模板組合例.....	160
圖 145	連結鋼管支撐架之水平桿預頂在側壁上，以使端部固定.....	160
圖 146	框式施工架頂層組合施工例.....	161
圖 147	以組合鋼柱作為支柱的支撐.....	162
圖 148	上端設置梁式格柵時裝設鋼製之端板於頂端並固定於梁式格柵.....	163
圖 149	以組合鋼柱作為支柱的支撐.....	163
圖 150	以梁支持時，梁的兩端固定於支撐物，以防止滑動及脫落.....	164
圖 151	鋼管支撐連結接頭型式.....	165
圖 152	橫貫材、格柵續接例.....	166

圖 153 支柱與繫桿固定例.....	166
圖 154 水平桿以萬向環接頭穩固連接及續接.....	167
圖 155 以型鋼之組合鋼柱為模板支撐之支柱.....	168
圖 156 接頭螺栓數量足夠，且確實鎖緊.....	168
圖 157 接合處確實以鱷魚夾夾緊.....	169
圖 158 接合處以螺栓鎖緊.....	169
圖 159 以鋼製頂板固定，加大受力面積.....	170
圖 160 上端支以樑或軌枕等貫材時，設置鋼製頂板，並固定於貫材.....	171
圖 161 高度超過四公尺時，於每隔四公尺以內向二方向設置足夠強度之水平繫條.....	172
圖 162 水平橫樑固定於混凝土基礎，此混凝土基礎屬假設工程.....	173
圖 163 採用同系列的高低調整器.....	173
圖 164 鋼管斜向支撐配件例.....	174
圖 165 鋼管斜向支撐支柱組合例.....	174
圖 166 以鉚接方式固定.....	175
圖 167 以千斤頂調整高程.....	176
圖 168 以楔木調整.....	176
圖 169 以楔木調整或以鋼管、角鋼及木塊調整及固定.....	177
圖 170 以一般鋼管作為支柱之模板支撐示意圖.....	185
圖 171 以可調鋼管支柱作為支柱之模板支撐示意圖.....	187
圖 172 以鋼管施工架作為支柱之模板支撐示意圖.....	189
圖 173 以型鋼之組合鋼柱作為支柱之模板支撐示意圖.....	190

表目錄

表 1 鋼材種類之拉力強度.....	27
表 2 JIS 強度規範.....	31
表 3 最大使用長度.....	32
表 4 底管及接管部分.....	32
表 5 可調式單管使用材料.....	34
表 6 可調式單管部位選擇法.....	36
表 7 試驗單管支撐之最大使用長度相對應之滿足強度值表.....	37
表 8 各種類之曲率最大值.....	39
表 9 國內外模板支撐設計、施工管理對照表.....	39
表 10 國內外模板支撐設計之比較對照表.....	44
表 11 地震水平力係數表.....	46
表 12 最小風壓表.....	47
表 13 支柱之形狀係數.....	47
表 14 載重組合表.....	47
表 15 倒崩塌案例與要因之關係.....	79
表 16 設計缺失預防對策.....	115
表 17 施工缺失預防對策.....	116
表 18 管理缺失預防對策.....	117
表 19 鋼管在下 1/4 點於不同振動次數後所量測之 D_i 值.....	126
表 20 鋼管在不同點位於第三節點受損時之 D_i 值.....	127
表 21 模擬鋼管中點在勁度為 0.5K 及 0.8K 時之 D_i 值.....	129
表 22 鋼管在第三節受損時各點位之 D_i 值.....	129
表 23 系統支撐架模擬試驗在第二節點勁度折減 20% 所量測之 D_i 值.....	131
表 24 系統支撐架在編號 2 及編號 3 立柱間斜撐拆除時所量測之 D_i 值.....	135
表 25 支撐架結構計算書查驗表.....	179
表 26 支撐架施工圖說查驗表.....	180
表 27 模板支撐倒崩塌防止安全檢查表.....	182
表 28 一般鋼管作為模板支柱之模板支撐特別檢核事項.....	186

表 29 可調鋼管支柱作為模板支柱之模板支撐特別檢核事項	187
表 30 鋼管施工架作為模板支柱之模板支撐特別檢核事項	189
表 31 型鋼之組合鋼柱作為模板支柱之模板支撐特別檢核事項	191

第一章 緒論

第一節 前言

模板支撐為營建階段常用之臨時支撐系統，用來支撐模板上各類營建載重，如鋼筋、模板、人員、施工機具及新澆置混凝土等載重，因支撐系統為臨時性構造物，在組搭、拆除及管理上，其重要性常被忽略，加上目前國內各類模板支撐系統的架設，許多是靠工地師傅以經驗相傳，使得模板支撐在施工安全性上無法確實遵行。

模板支撐倒塌崩塌的危害控制與其他職災如墜落滾落等並不相同。墜落滾落等危害控制的重點，在於落實勞工安全衛生相關法規，例如高差超過 2 公尺以上的開口邊緣應設置護欄、高差超過 1.5 公尺以上應有安全的上下設備、勞工應繫安全帶等。然而模板支撐倒塌崩塌的危害，常源自於構造物的力學行為問題，只要力學上出現弱點，便可能產生連鎖反應而造成倒塌崩塌，這種類型的災害，並非由勞工個人防護具的使用所能防止，而是應找出模板支撐失效要因，提出其災害預防與控制，以組裝架設一個足夠穩固的支撐系統供施工之所需。

第二節 研究動機與目的

模板支撐的倒塌崩塌，常造成重大的職災，幾乎每件模板支撐的倒塌事件，皆會造成勞工的傷亡，重大影響家庭生計。同時因為模板支撐倒塌崩塌的發生，也會造成機具材料等的大量損失，並導致工程工期延宕等的經濟問題。

綜觀模板支撐倒塌崩塌的發生的時機，多數發生於混凝土灌漿時以及支撐架拆除時，但亦有發生於其他時段者。故有關模板支撐倒塌崩塌失效要因的探討、安全性能指引的建立等，便相當重要。

有鑑於此，本研究進行模板支撐倒塌崩塌災害之相關探討，期使達到以下目的，以降低模板支撐倒塌崩塌的危害，並保障勞工安全。

- 一、透過職災案例蒐集，提出模板支撐相關之倒塌崩塌資料，並統整出失效要因。
- 二、藉由工業工程管理之失誤樹分析及故障型式影響及嚴重度分析，說明模板支撐失

效造成倒崩塌之要因，並提供模板支撐安全性能指引。

- 三、提供作業勞工有效掌握發生模板支撐失效之原因，以提升勞工作業安全，減少職業傷害的發生。
- 四、建立模板支撐倒崩塌災害要因分析與控制，以提供勞動檢查單位做災害鑑定之參考。
- 五、開發模板支撐重大失效之危害評估以控制失效點，以作為倒塌前之預警裝置。
- 六、透過各方專家與業界意見的彙整，評估所建立之模板支撐倒崩塌災害要因分析與控制的完整性與安全性，提高模板支撐施工時的安全性與效率。

第三節 研究方法與步驟

本研究採用下述方法進行探討：

一、文獻回顧及資料調查蒐集

蒐集國外之模板支撐國家標準及規定，並配合國內之前研究的文獻及模板支撐失效相關職災案例，以探究其失效要因。

二、專家座談法

蒐集模板支撐相關資料，並與有實務經驗的專家進行專家座談，提供國外相關資訊，建立出模板支撐倒崩塌災害要因分析與控制。

三、現場訪視法

為有效掌握模板支撐的使用現況及可能失效導致倒崩塌存在的問題，將實際至工地現場，針對模板支撐設置的方式進行瞭解，以提高研究的完整性。

四、實驗驗證法

針對模板支撐予以實際做加載測試，並以不同加載方式測試以瞭解個別元件與失效之相關性。

本研究步驟進行如下：

- 一、蒐集造成模板支撐失效相關資料及國內外使用現況並針對模板支撐失效進行要因分析。
- 二、參考國外對於模板支撐倒崩塌之管理方式，並探討台灣目前使用的模板支撐安全性及規範。

三、將模板支撐失效做一統整與比較，提出模板支撐安全性能指引。

四、提出造成模板支撐重大失效之危害評估並針對大型模板支撐檢查及補強提出修正法規建議。

將本研究之步驟以流程圖方式呈現如下圖所示：

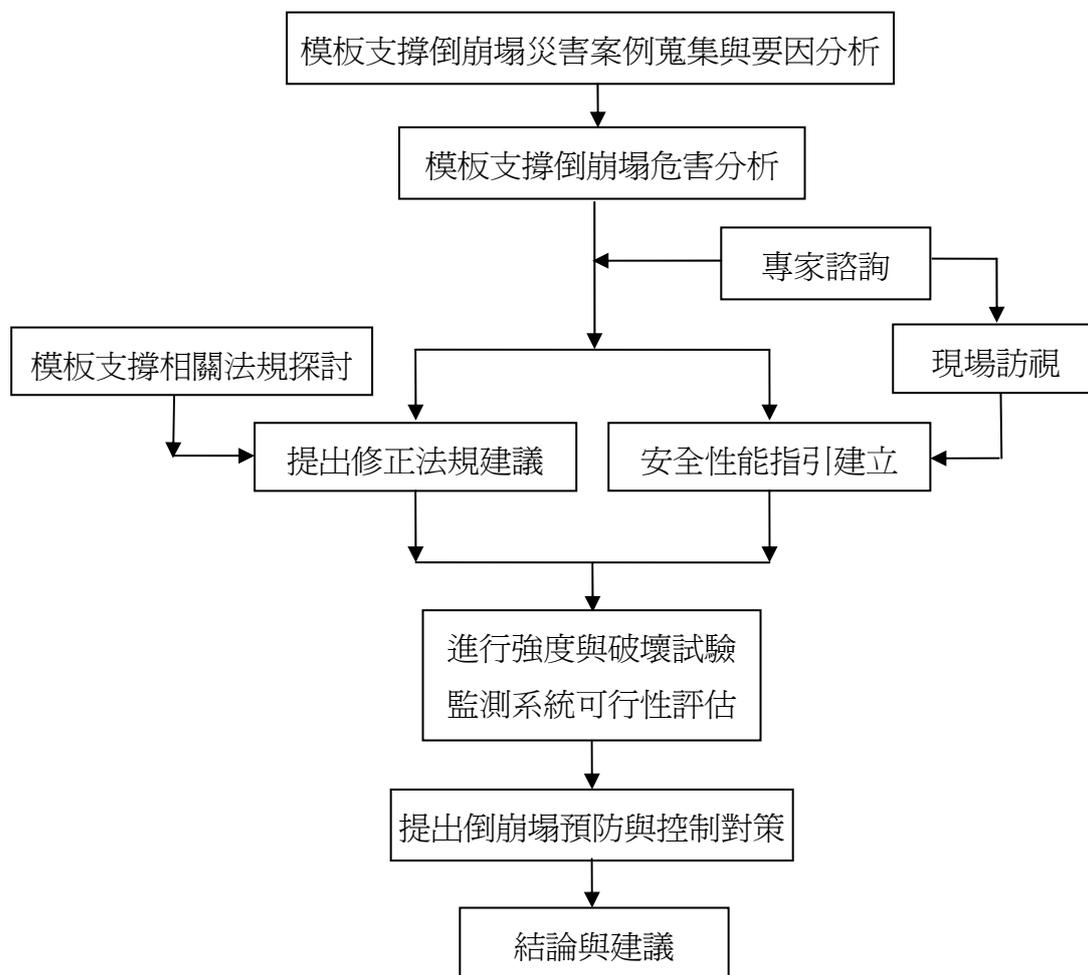


圖 1 研究流程圖

第二章 文獻探討與案例分析

第一節 文獻回顧

模板支撐之研究在過去已有相當多的探討，勞工安全衛生研究所在「鋼管支撐材料疲勞性能研究」[1]針對單管支撐架之強度及其疲勞特性進行安全性能評估，測試方法以超音波檢測、敲擊回音法方式檢測，提出疲勞載重的確會影響鋼管的彈性係數，並在設計時安全係數也應配合提高，以確保支撐結構的安全。「高架橋梁型鋼支撐系統可靠度評估技術」[2]則針對型鋼支撐系統進行分析，提出構件重覆使用時，可用重覆使用折減係數方式處理，且可利用變動邊界條件得知差異沉陷可能造成的影響。

在「模板支撐倒塌預警系統—鋼管架支撐承受非規則荷重之研究」[3]中初步探討模板支撐倒塌之原因，多半為支撐架剛性不足，造成桿件挫屈，進而引起全面性的倒塌，該研究以考慮支撐鋼架之動力特性(自然振動頻率)，以此振動頻率作為監測指標；91年則進行「營造支撐群組位移監測及倒塌防止研究」[4]，以探討環境、硬體功能、影像處理數學模式之整合架構與系統控制程序，針對位移向量進行變異分析，隔年持續進行「營造支撐群組監測及倒塌防止研究(二)」[5]延續性之研究，加強監控資料的準確性，建構更完整之雛型，提供即時監控與即時預警之功能；「營造業臨時構件非破壞檢測感測技術之建立」[6]更是提出創新營造業臨時構架非破壞檢測系統架構，並以簡易式門型鋼管鷹架為基礎架構，針對其系統整合面進行探討。這些研究皆對後續模板支撐之研究及系統發展提供一個基礎。

第二節 國內模板支撐相關法規

模板支撐及其失效之要因，擬從法規面及實務面分別探討，本節主要為國內相關法規面的說明，並於下一節提出國內外法規之比較探討。

營造業勞工安全衛生的相關法規，包括勞工安全衛生法及其施行細則、營造安全衛生設施標準、勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法(及檢查注意事項)、勞工安全衛生設施規則、勞工安全衛生教育訓練規則、危險性機械及設備安全檢查規則、勞動

檢查法第 28 條所訂勞工有立即發生危險之虞認定標準、危險性工作場所審查暨檢查辦法、高架作業勞工保護措施標準、勞動檢查法、加強公共工程勞工安全衛生作業要點等。

其中與模板支撐直接相關的規定，明列於營造安全衛生設施標準、勞動檢查法第 28 條所訂勞工有立即發生危險之虞認定標準、及加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點等。

一、營造安全衛生設施標準

營造安全衛生設施標準於民國 99 年 11 月 30 日行政院勞工委員會(99)勞安二字第 0990146556 號令修正發布，有關模板支撐的規定主要規定在「營造安全衛生設施標準」的第九章 鋼筋混凝土作業，包括第 129 條至第 147 條。其中與模板支撐直接相關者，羅列並說明討論如下：

第 130 條：雇主對於供作模板支撐之材料，不得有明顯之損壞、變形或腐蝕。

(一)說明

通常木支撐因反覆使用，可能造成損壞；使用金屬製的支撐如鋼管支撐、型钢支撐等，因反覆使用次數多，組立或拆卸過程中難免發生碰撞而變形，同時金屬製的支撐亦可能因使用日久而腐蝕。

供作模板支撐之材料如果有明顯之損壞、變形或腐蝕，將大幅減少其承受載重的能力，應避免使用。

單管施工架及框式施工架的相關要求規定於 CNS 4750 A2067 鋼管施工架。

第 131 條：雇主對於模板支撐，應依下列規定辦理：

- 一、為防止模板倒塌危害勞工，高度在五公尺以上，且面積達一百平方公尺以上之模板支撐，其構築應依相關法規所定具有建築、結構等專長之人員或委由專業機構，事先依模板形狀、預期之荷重及混凝土澆置方法等妥為安全設計；前述以外之模板支撐，由專人辦理構築設計，均應簽章確認之。
- 二、支柱應視土質狀況，襯以墊板、座板或敷設水泥等，以防止支柱之沉陷。
- 三、支柱之腳部應予以固定，以防止移動。
- 四、支柱之接頭，應以對接或搭接妥為連結。
- 五、鋼材與鋼材之接觸部分及搭接重疊部分，應以螺栓或鉚釘等金屬零件固定之。

六、對曲面模板，應以繫桿控制模板之上移。

七、橋樑上構模板支撐，其模板支撐架應設置側向支撐及水平支撐，並於上、下端連結牢固穩定，支柱（架）腳部之地面應夯實整平，排水良好，不得積水。

八、橋樑上構模板支撐，其模板支撐架頂層構台應鋪設踏板，並於構台下方設置強度足夠之防護網，以防止人員墜落、物料飛落。

雇主對於前項第一款模板支撐之構築，應繪製施工圖說、訂定混凝土澆置計畫，建立按施工圖說施作之查驗機制；設計、施工圖說、查驗等相關資料應簽章確認紀錄，於模板支撐未拆除前，應妥存備查。

前二項之設計、施工圖說等資料，由委外設計者提供時，雇主應責成所僱之專任工程人員依實際需要檢核，並簽章確認；有變更設計時，其強度計算書及施工圖說應重新製作。

(一)說明

本條第一款為關於模板支撐設計的規定，為使支撐架的設計達到一定要求，故於法規中規定一定高度且一定面積以上之模板支撐，應由具相關專長之人員或專業機構妥為安全設計；前述以外之模板支撐，則由專人辦理構築設計，均應簽章確認之。

1. 本條第二款及第三款為支柱腳部應穩固之相關規定

模板支撐的所有載重，最終皆經由支柱腳部傳至地面，支柱如果穩固性不足，極易在受力情況下發生滑動或沉陷(如圖 2 所示，以箭頭表示力量)，導致模板支撐的失效。

欲使支柱腳部足夠穩固，設計時應考慮工址地質狀況，依據土壤承載能力及支撐架預期承受之載重，設計適當之支柱腳部固定方式，包括土壤壓實度等規定，必要時應設計墊板、座板或敷設水泥，並規定其所需厚度。型鋼支撐架應設計作為座板之型鋼尺寸。此外應於施工圖說中規劃工址之排水系統。

模板支撐之架設，應與設計圖說相符，勿以其他構件權宜替代，並應依照第 132 條規定辦理。

混凝土灌漿前、中、後，以及地震、颱風、大雨過後，皆應檢視支柱

腳部是否穩固、土壤是否發生流失現象、墊板座板是否發生偏移等，並作適當之補強措施。

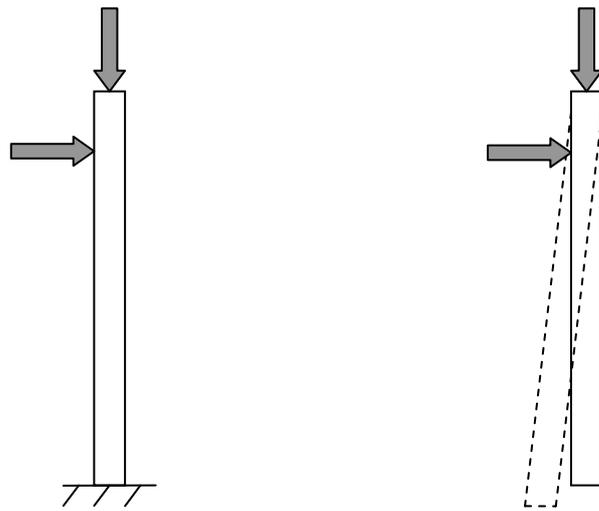


圖 2 左圖支柱腳部穩固，右圖支柱腳部穩固性不足

2. 本條第四款及第五款為有關接頭之規定

支柱之接頭為力量是否能順利傳遞的重要位置，故其穩固性至為重要。如圖 3 所示(圖示之箭頭代表力量)，受力情況下接頭不穩固將使構件發生相對轉動，並且無法承受由其上方傳遞下來的載重而發生崩塌。

可調鋼管支撐架之接頭，應依第 135 條規定辦理；木支撐之接頭，應依第 138 條規定辦理；型鋼支撐之接頭，應注意接頭螺栓數量是否足夠，並注意是否栓緊。

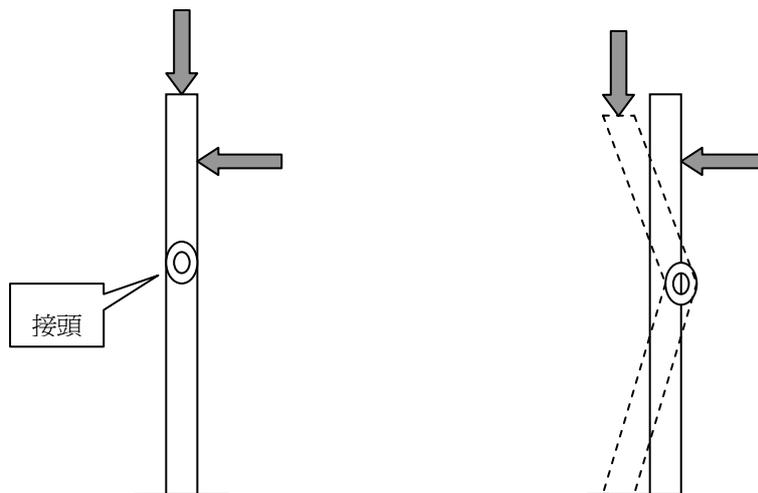


圖 3 左圖接頭穩固，右圖接頭穩固性不足

(二)討論

模板支撐倒崩塌主要災害要因之一為設計缺失，因設計不良造成職災發生之情形，所占比例亦很高，故設計缺失的防止非常重要。

1. 本條第一款第一目的適用，為「高度在五公尺以上，且面積達一百平方公尺以上的模板支撐」，相較於國外的相關規定，則顯得較為寬鬆，例如美國加州州政府規定[7]，高度超過 4.2 公尺、跨度超過 4.8 公尺或供交通使用者，皆應由專業註冊技師設計簽署並提送。由於我國與美國加州同屬地震帶，加州州政府的相關規定具有相當的參考價值。
2. 依據本條第一款第一目規定，可實施模板支撐設計者，為依相關法規所定具有建築、結構等專長之人員或委由專業機構。由於具有建築、結構專長之人員或專業機構定義較為廣泛，幾乎所有建築或土木相關科系畢業者皆可實施模板支撐之設計，其專業能力是否足夠，需加以考量。此外，設計者若非技師，則不受技師法、營造法或公共工程專業技師簽證規則之約束，萬一因設計缺失造成模板支撐的倒崩塌，設計者所需負擔的責任相對輕微，但卻可能造成勞工嚴重的傷亡。反觀美國加州州政府規定，應由專業註冊技師設計並簽署，則對勞工安全更具保障。
3. 本條第一款第一目僅概括性規定「依模板形狀、預期之荷重及混凝土澆置計畫等妥為安全設計」，由於相關設計規範尚不完整，設計者常因模板支撐屬臨時性假設工程，而採用較小的安全係數，並且對於許多載重如風力、地震力及衝擊力未予詳細考慮。實際施工時，模板支撐便可能因受到超過設計的載重而發生倒崩塌。
4. 有關結構計算書及施工圖說之查驗規定，雖列於本條第二項，但仍有強化的空間。目前除丁類危險性工作場所須作施工安全評估、並提送結構計算書圖以供審查外，其他尚無送審的規定。此外，由於審查項目及內容不夠明確，以致審查標準不一，而設計者可能設計不夠詳細，以數張標準圖便適用於各個工地，不能符合工程特性。

第 131-1 條：雇主對於橋樑工程採支撐先進工法、懸臂工法等以支撐架或工作車推進方式施工時，應依下列規定辦理：

- 一、支撐架或工作車之支撐、懸吊及錨定系統，應依預期之荷重、混凝土澆置方法及支撐架或工作車推進時之移動荷重等因素，委由專任工程人員或指定專人妥為設計，確認具有足夠之強度，並設計必要之工作臺及防護設施，依設計資料繪製組立圖及施工圖說，以防止支撐架或工作車倒塌危害勞工，組立圖及施工圖說應保存至完工為止。
- 二、組立支撐架或工作車時，應指派專人決定作業方法及於現場直接指揮作業，並確認下列事項：
 - (一)依前款組立圖及施工圖說施工。
 - (二)支撐架或工作車推進前，軌道應確實錨錠。
 - (三)支撐架或工作車推進或灌漿前，承載工作車之箱型樑節塊，應具備充分之預力強度。
- 三、支撐架或工作車之支撐、懸吊及錨定系統之材料，不得有明顯之損傷、變形或腐蝕。使用之錨錠鋼棒型號不同時，鋼棒應標示區別之。
- 四、支撐架或工作車推進或灌漿前，應確認支撐架或工作車連接構件之螺栓、插銷等應妥實設置。
- 五、支撐架或工作車推進時，應設置防止人員進入推進路線下方之設施。
- 六、支撐架或工作車應設置制動停止裝置。
- 七、工作車千斤頂之墊片或墊塊，應採取繫固措施，以防止滑脫偏移。

(一)討論

本條第一款規定，橋梁工程採支撐先進工法、懸臂工法等以支撐架或工作車推進方式施工時，應依下列規定辦理。由於橋梁施工須使用模板支撐的工法種類甚多，將相關規定列舉適用於支撐先進工法、懸臂工法，似有所不足。

又依據本款第一目規定，可實施支撐架或工作車之支撐、懸吊及錨定系統之設計者，需為專任工程人員或指定專人即可，此處規定似乎可再強化。由於定義較為廣泛，設計者之專業能力是否足夠，須加以考量。此外，設計者若非技師，則不受技師法、營造法或公共工程專業技師簽證規則之約束，萬一因設計缺失造成模板支撐的倒崩塌，設計者所需負擔的責任相對輕微，但卻可能造成勞工嚴重的傷亡。

第 131-2 條：雇主對於橋樑工程之預力施作，應俟混凝土達可施拉強度方得施拉，且施拉預力之千斤頂及油壓機等機具，應妥為固定。

施拉預力時及施拉預力後，雇主應設置防止鋼鍵等射出危害勞工之設備，並採取射出方向禁止人員出入之設施及設置警告標示。

(一)說明

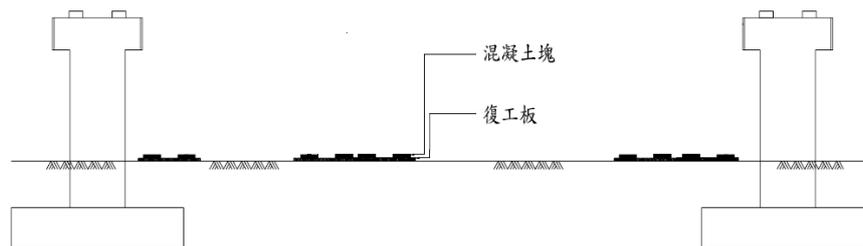
為避免預力鋼鍵於施拉過程中因鋼鍵破壞引發爆裂而傷人，規定雇主應採措施，以防止鋼鍵射出等危害。

第 132 條：雇主對於模板支撐之支柱之基礎，應依土質狀況，依下列規定辦理：

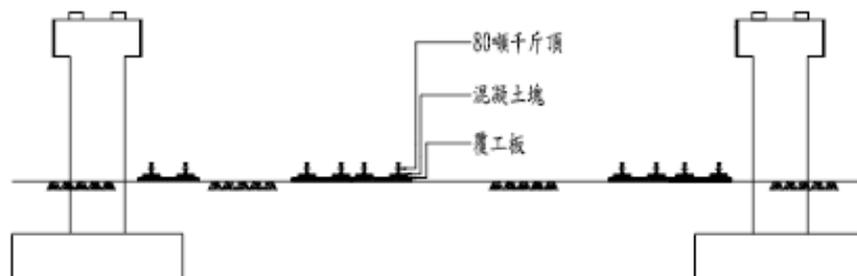
- 一、挖除表土及軟弱土層。
- 二、回填爐石渣或礫石。
- 三、整平並滾壓夯實。
- 四、鋪築預力混凝土層。
- 五、鋪設足夠強度之覆工板。
- 六、注意場撐基地週邊之排水，豪大雨後，排水應宜洩流暢，不得積水。
- 七、農田路段或軟弱地盤應加強改善，並強化支柱下之土壤承载力。

(一)說明

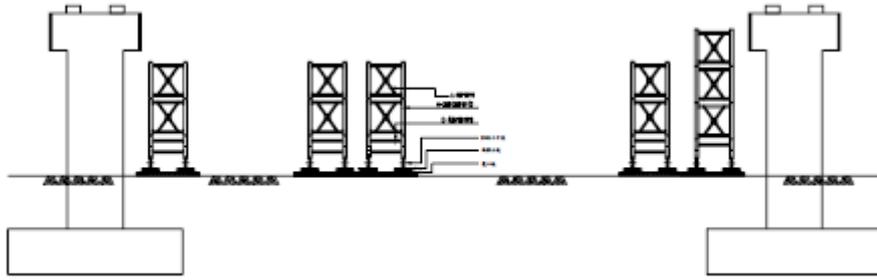
行政院勞工委員會「營造安全衛生設施標準」圖解[8]相關圖解如圖 4，步驟一到步驟七。



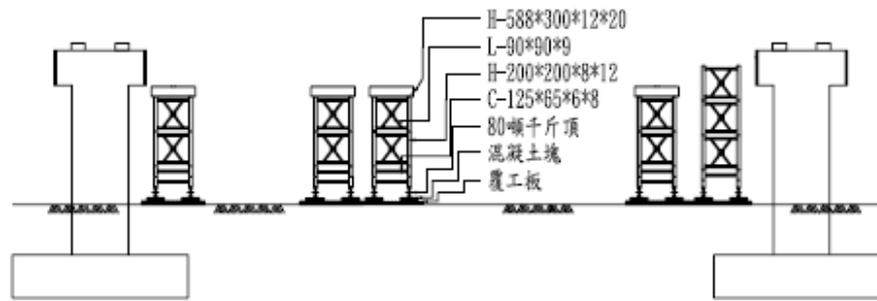
步驟一：架設混凝土支撐塊



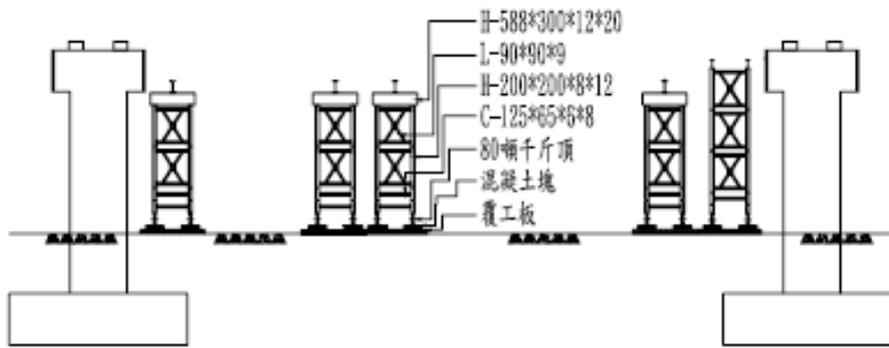
步驟二：架設千斤頂



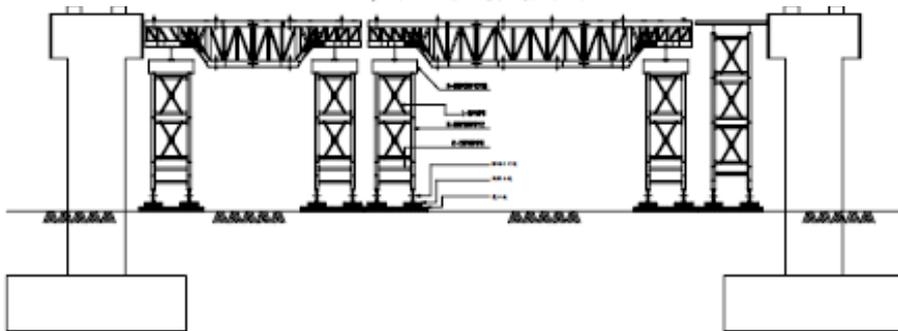
步驟三：架設型鋼支撐架



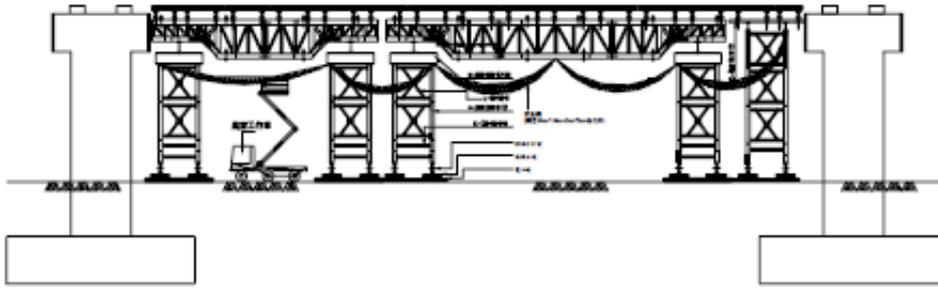
步驟四：架設型鋼格柵



步驟五：架設橫向型鋼格柵



步驟六：架設船型架



步驟七：架設箱梁底板

圖 4 就地支撐施工流程

第 133 條：雇主對於模板支撐組配、拆除（以下簡稱模板支撐）作業，應指派模板支撐作業主管於作業現場辦理下列事項：

- 一、決定作業方法，指揮勞工作業。
- 二、實施檢點，檢查材料、工具、器具等，並汰換其不良品。
- 三、監督勞工確實使用個人防護具。
- 四、確認安全衛生設備及措施之有效狀況。
- 五、其他為維持作業勞工安全衛生所必要之措施。

前項第二款之汰換不良品規定，對於進行拆除作業之代拆物件不適用之。

(一)說明

最常發生模板支撐倒崩塌的時機是在模板支撐組配、混凝土澆置中及模板支撐拆除時，從事這些作業時尤應特別注意，故規定應指定模板支撐作業主管於作業現場辦理相關事項。

(二)討論

由於施工及管理缺失為造成模板支撐倒崩塌之重大因素，模板支撐組配作業應特別注意是否依設計圖說施作；混凝土澆置作業時應特別注意模板支撐是否有異常變形；模板支撐拆除時應特別注意混凝土是否已達到需要的強度，並應依正確的工序拆除。

第 134 條：雇主以一般鋼管為模板支撐之支柱時，應依下列規定辦理：

- 一、高度每隔二公尺內應設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，並與牆、柱、橋墩等構造物或穩固之牆模、柱模等妥實連結，以防止支柱移位。

二、上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板或托架，並將貫材固定其上。

(一)說明

行政院勞工委員會「營造安全衛生設施標準」圖解[8]相關圖解如圖 5。

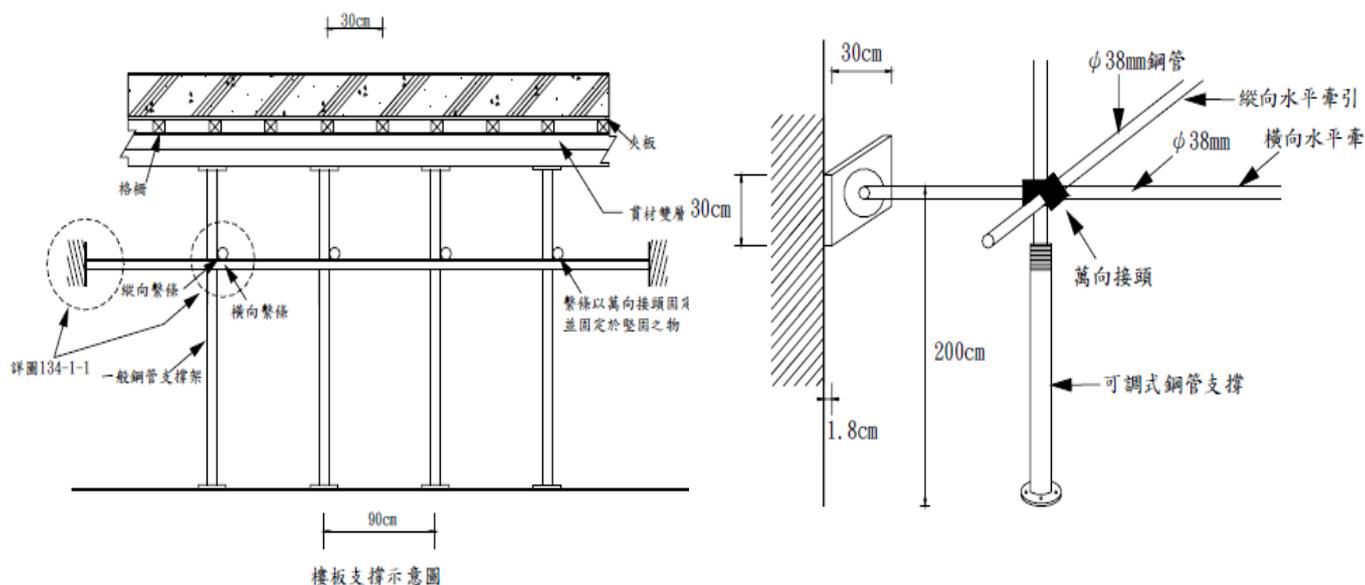


圖 5 一般式鋼管組立之樓板支撐

第 135 條：雇主以可調鋼管支柱為模板支撐之支柱時，應依下列規定辦理：

- 一、可調鋼管支柱不得連接使用。
- 二、高度超過三點五公尺者，每隔二公尺內應設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，並與牆、柱、橋墩等構造物或穩固之牆模、柱模等妥實連結，以防止支柱移位。
- 三、可調鋼管支撐於調整高度時，應以制式之金屬附屬配件為之，不得以鋼筋等替代使用。
- 四、上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板或托架，並將貫材固定其上。

(一)說明

支撐高度愈大，其挫屈強度愈低，且節點間之連結亦形成力量傳遞之弱點，因此限定不得連接使用。

水平繫條或斜撐的裝設，支撐架較穩固，可大幅增加支撐架的載重承受能力，可承受較大載重，兼使整個支撐結構受力均勻。反之，忽略而未裝設水平繫條則會大幅降低載重承受能力，降低約剩下原來的四分之一。如圖 6 所示(圖示

之箭頭表示力量)。

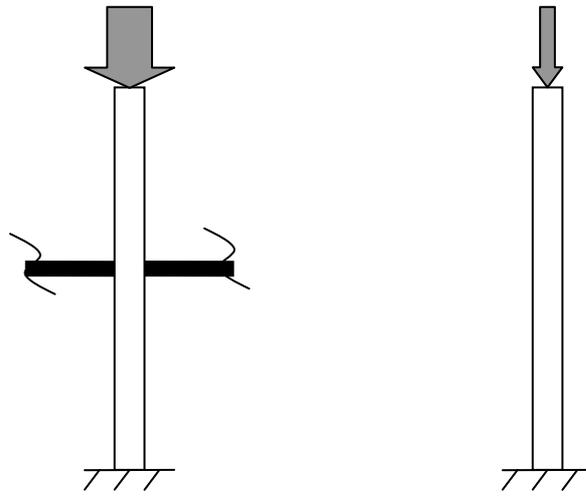
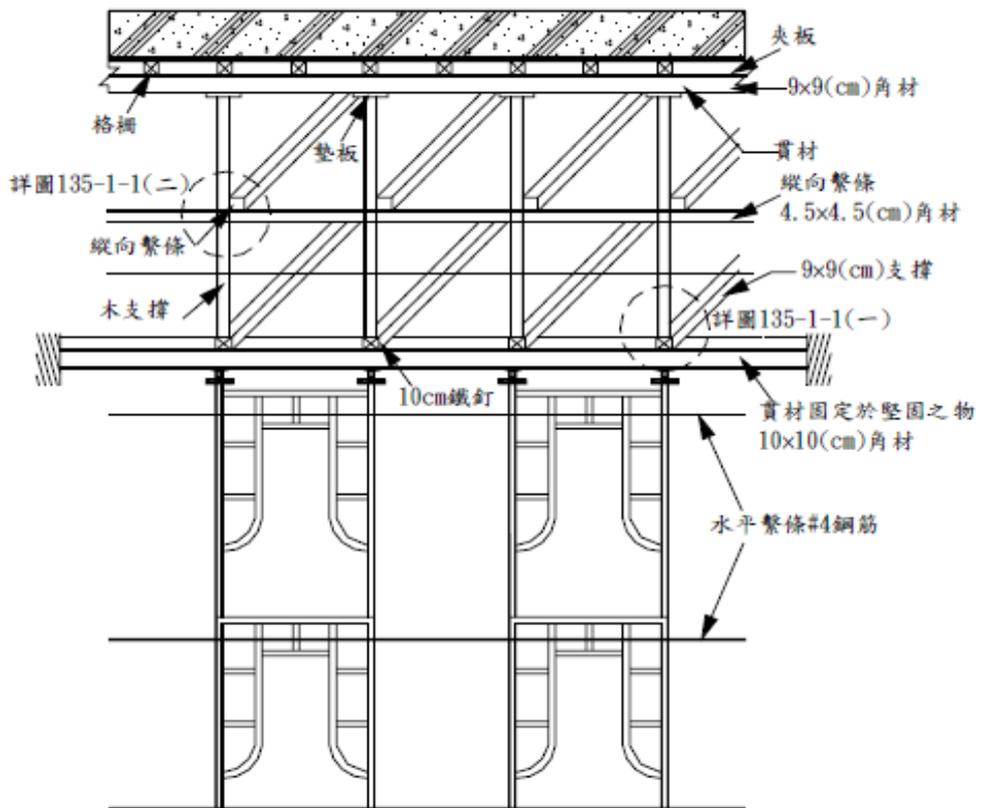
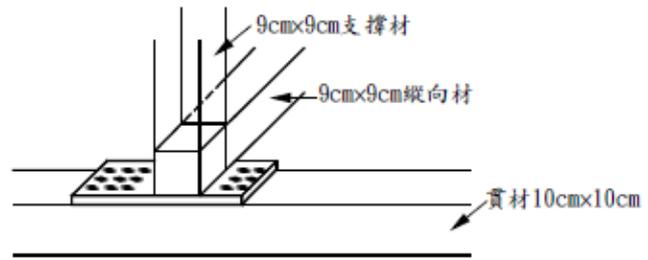


圖 6 左圖支柱裝設水平繫條；右圖支柱未裝設

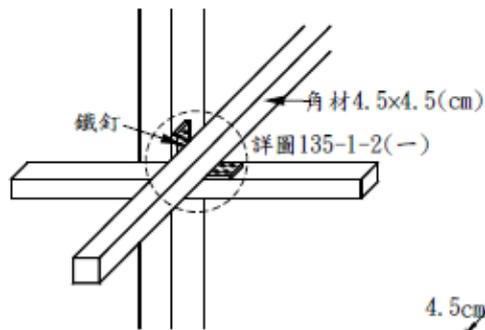
行政院勞工委員會「營造安全衛生設施標準」圖解[8]相關之圖解與說明如圖 7 及圖 8 所示。



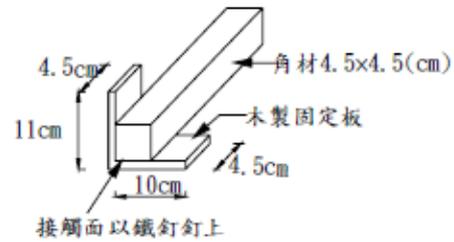
樓板支撐示意圖



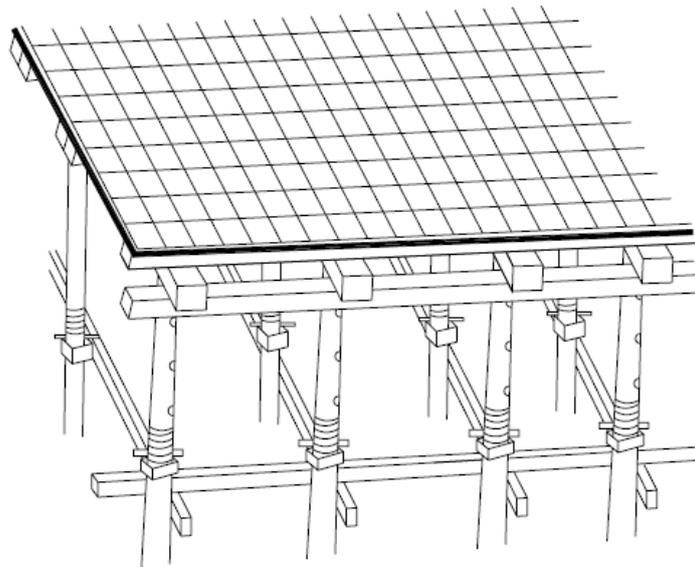
縱向與橫向支撐角材連接詳圖
圖135-1-1(一)



支撐角材連接詳圖
圖135-1-1(二)



角材與固定板連接詳圖
圖 / 框式地上架鋼管組立之樓板支撐



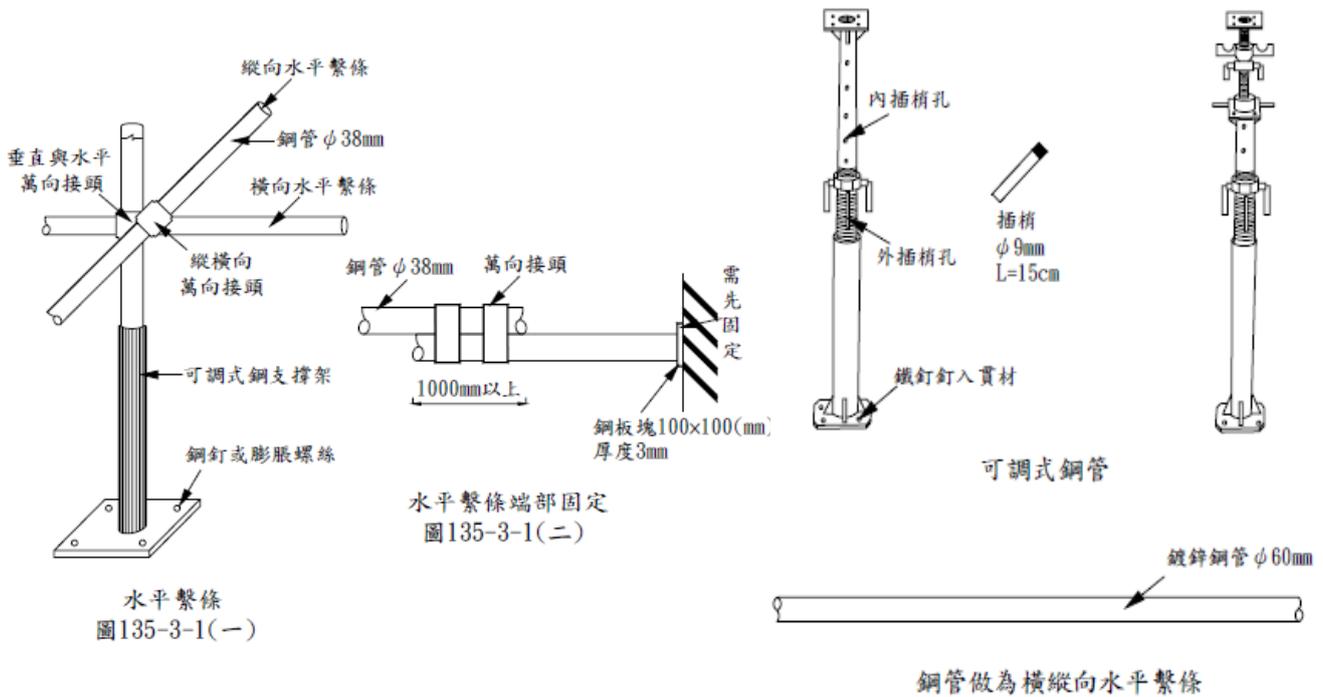
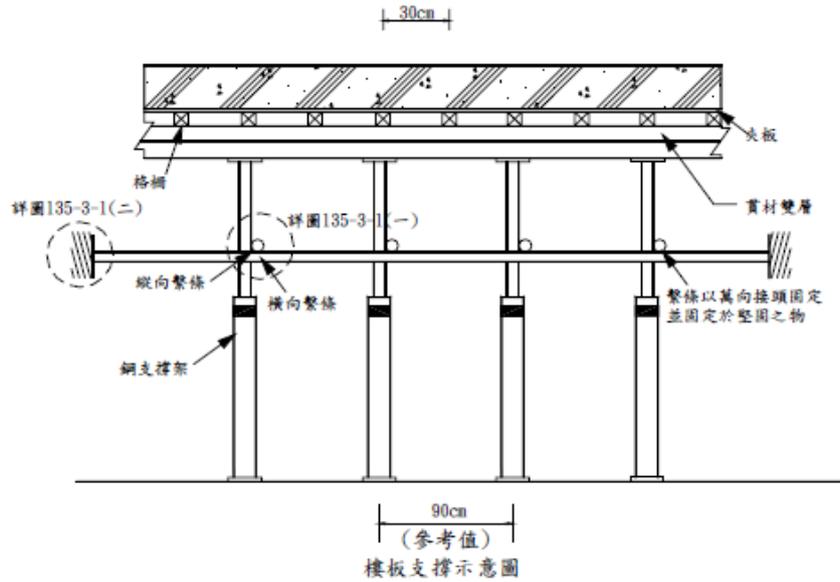


圖 8 可調式鋼管組立之樓板支撐

第 136 條：雇主以鋼管施工架為模板支撐之支柱時，應依下列規定辦理：

- 一、鋼管架與鋼管架間，應設置交叉斜撐材。
- 二、於最上層及每隔五層以內，模板支撐之側面、架面及每隔五架以內之交叉斜撐材面方向，應設置足夠強度之水平繫條，並與牆、柱、橋墩等構造物或穩固之牆模、柱模等妥實連結，以防止支柱移位。
- 三、於最上層及每隔五層以內，模板支撐之架面方向之二端及每隔五架以內之交叉斜

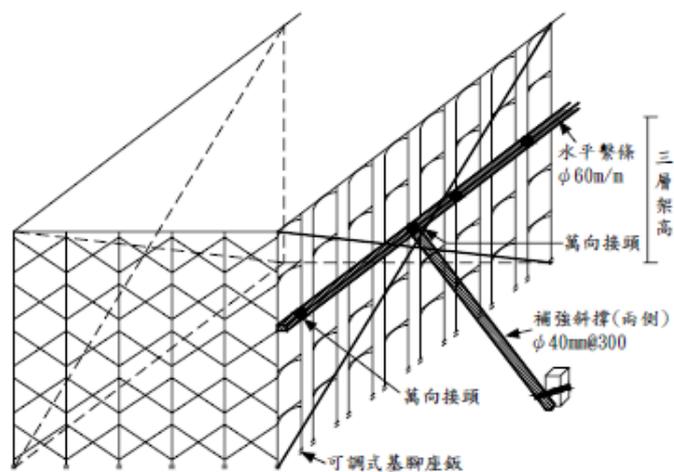
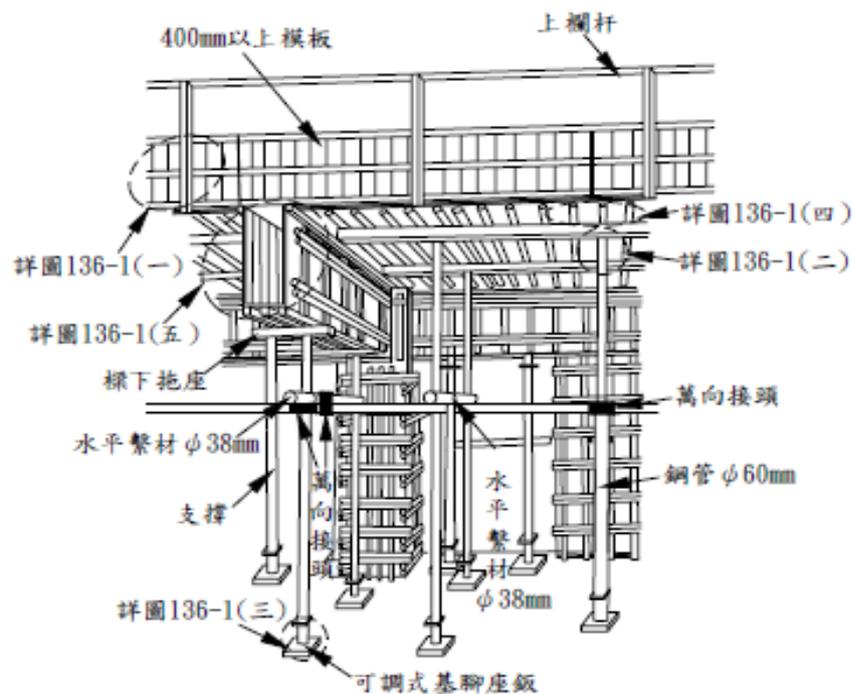
撐材面方向，應設置水平繫條或橫架。

四、上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板或托架，並將貫材固定其上。

五、支撐底部應以可調型基腳座鈑調整在同一水平面。

(一)說明

水平繫條或斜撐的裝設，可大幅增加支撐架的載重承受能力，反之，忽略而未裝設則會大幅降低載重承受能力，行政院勞工委員會「營造安全衛生設施標準」圖解[8]相關圖解如圖 9。



排架施工時(無堅固外牆時需設置斜撐補強)

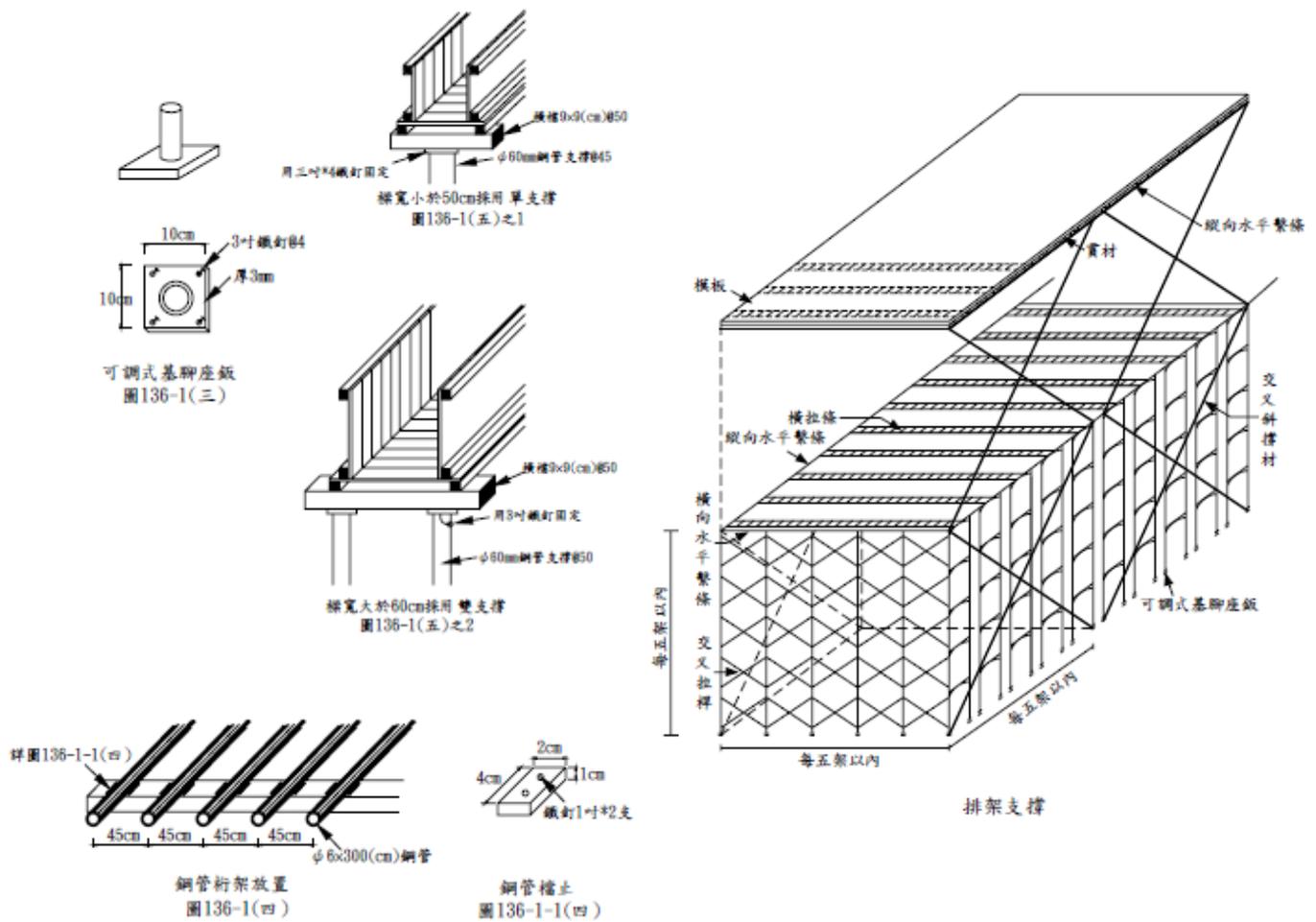


圖 9 模板組立

第 137 條：雇主以型鋼之組合鋼柱為模板支撐之支柱時，應依下列規定辦理：

- 一、支柱高度超過四公尺者，應每隔四公尺內向二方向設置設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，並與牆、柱、橋墩等構造物或穩固之牆模、柱模等妥實連結，以防止支柱移位。
- 二、上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板或托架，並將貫材固定其上。

(一)說明

水平繫條或斜撐的裝設，可大幅增加支撐架的載重承受能力，反之，忽略而未裝設則會大幅降低載重承受能力，如圖 10 所示。

行政院勞工委員會「營造安全衛生設施標準」圖解[8]相關圖解如圖 11。

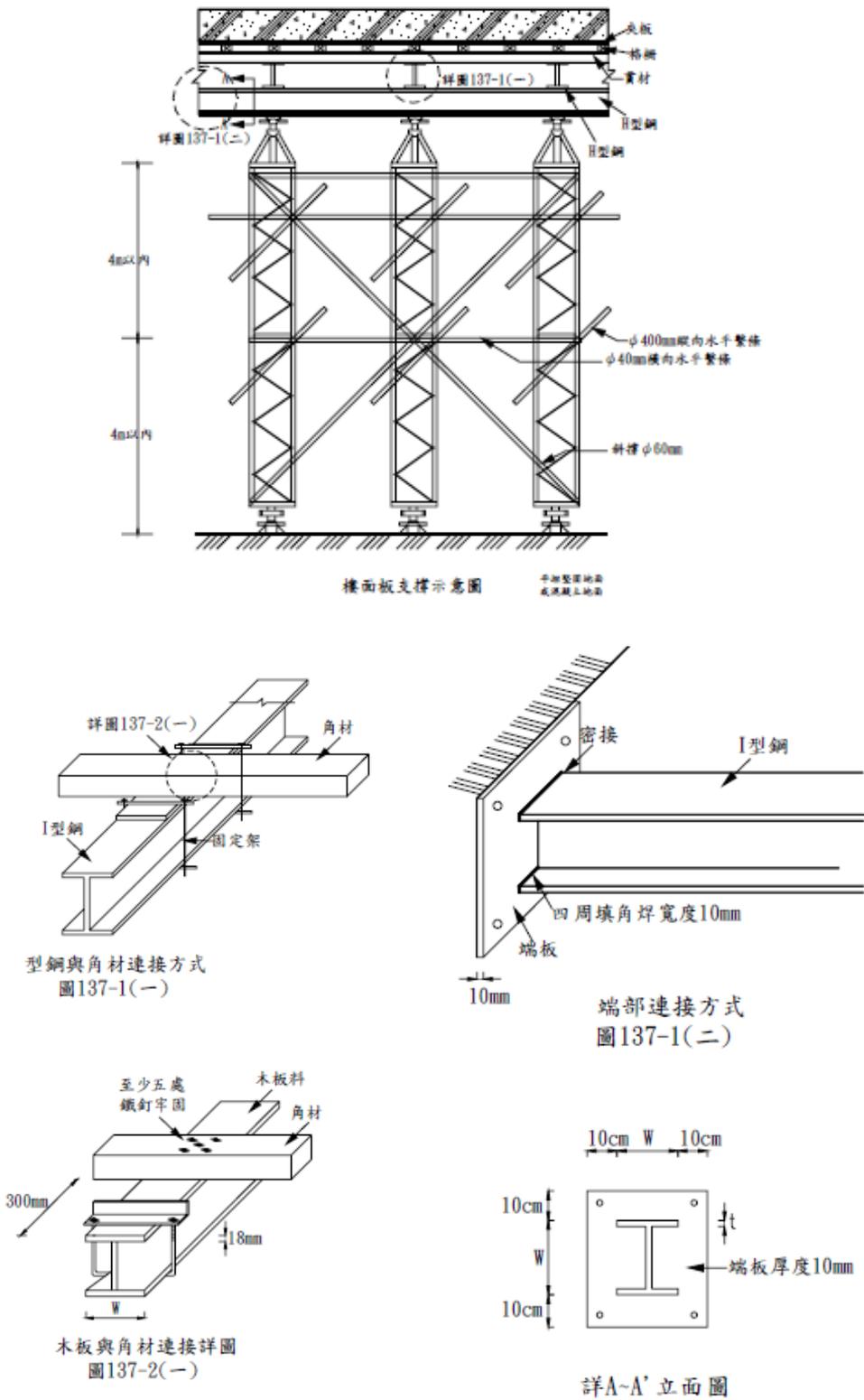


圖 10 使用於平坦堅固或混泥土地面之樓面板支撐

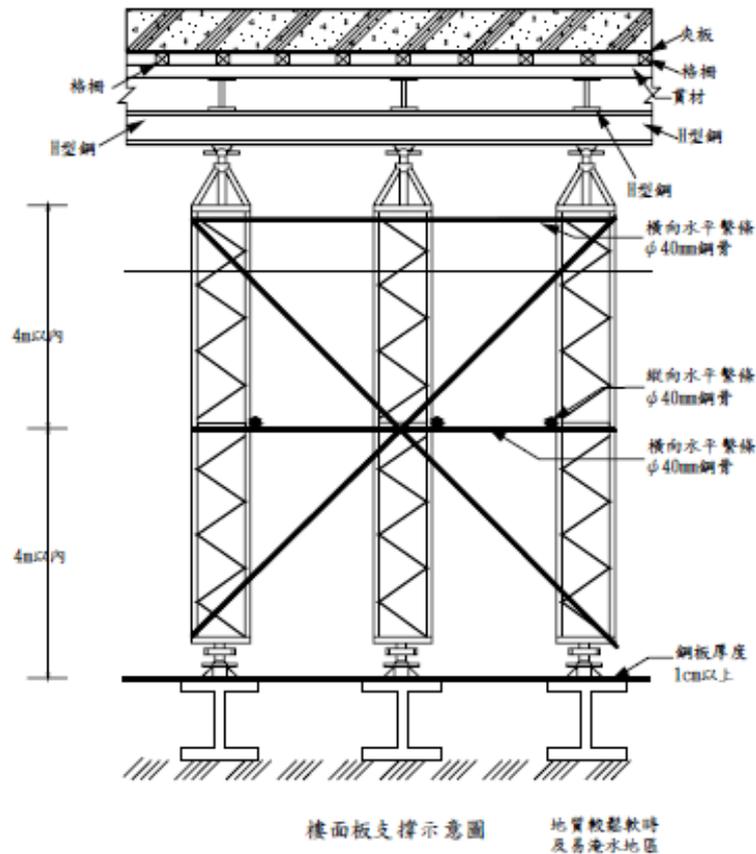


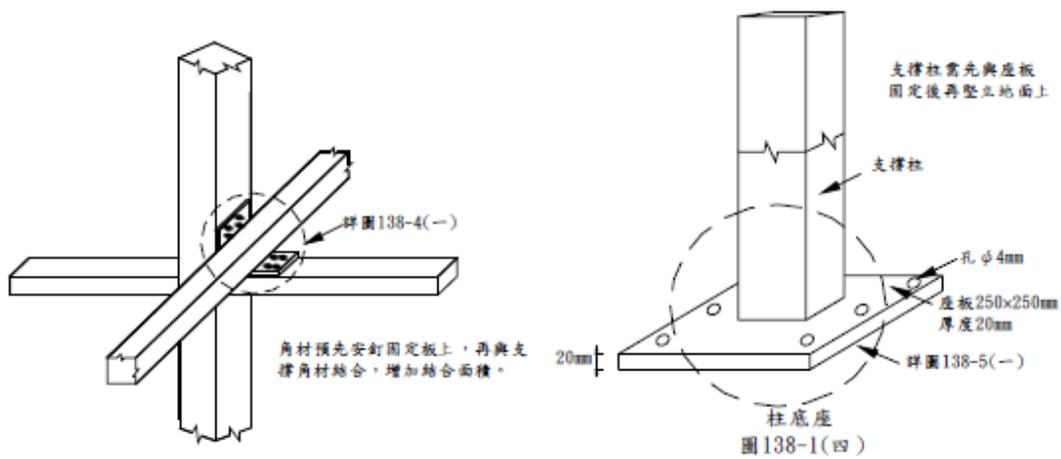
圖 11 使用於地質鬆軟及易淹水區之樓面板支撐

第 138 條：雇主以木材為模板支撐之支柱時，應依下列規定辦理：

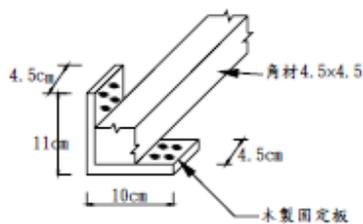
- 一、木材以連接方式使用時，每一支柱最多僅能有一處接頭，以對接方式連接使用時，應以二個以上之牽引板固定之。
- 二、上端支以樑或軌枕等貫材時，應使用牽引板將上端固定於貫材。
- 三、支柱底部須固定於有足夠強度之基礎上，且每根支柱之淨高不得超過四公尺。
- 四、木材支柱最小斷面積應大於三十一·五平方公分，高度每二公尺內設置足夠強度之縱向、橫向水平繫條，以防止支柱之移動。

(一)說明

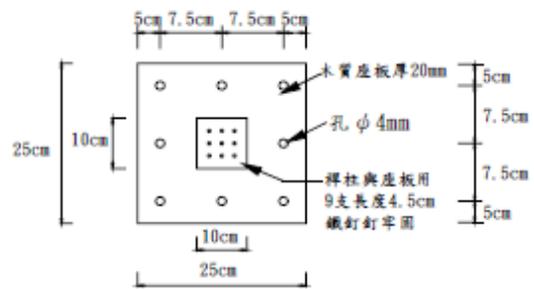
水平繫條或斜撐的裝設，可大幅增加支撐架的載重承受能力，反之，忽略而未裝設則會大幅降低載重承受能力，行政院勞工委員會「營造安全衛生設施標準」圖解[8]相關圖解如圖 12。



角材與支撐材固定方式
圖138-1(三)



固定方式細部詳圖
圖138-4(-)



柱底座
圖138-5(-)

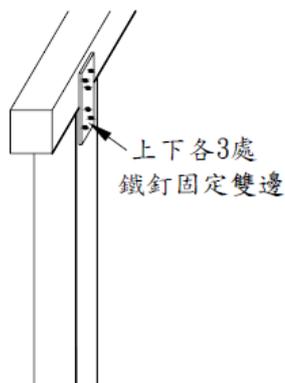
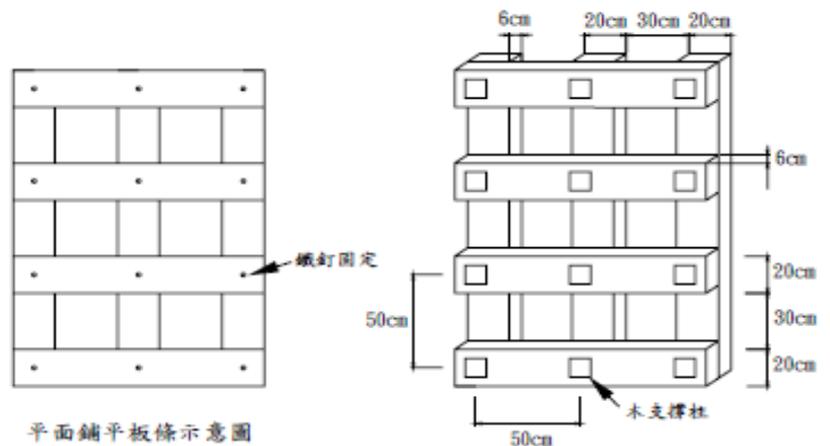


圖138-1(五)

上端支以貫材用牽引板固定



地面局部不堅實之處理

圖 12 角材支撐組立之模板支撐

第 139 條：僱主對模板支撐以樑支持時，應依下列規定辦理：

- 一、將樑之兩端固定於支撐物，以防止滑落及脫落。
- 二、於樑與樑之間設置繫條，以防止橫向移動。

相關之照片如圖 13。



圖 13 模板支撐以梁支持

第 147 條：僱主應依構造物之物質、形狀、混凝土之強度及其試驗結果、構造物上方之工作情形及當地氣候之情況，確認構造物已達到安全強度之拆模時間，方得拆除模板。

(一)說明

模板支撐倒崩塌的關鍵時機之一，是在模板支撐拆除時，許多案例顯示在混凝土強度尚未達到需求強度時便將支撐架拆除，是造成模板支撐倒崩塌的主要原因之一。因此構造物應確認已達到安全強度，才得拆除支撐架。

(二)討論

本條對於模板或模板支撐的拆除時間，委由僱主依構造物之物質、形狀、混凝土強度及其試驗結果、構造物上方之工作情形及當地氣候之情況，確認構造物已達到安全強度之拆模時間，過程缺乏具體的依據，僱主常因考量節省成本或趕工因素，增加模板支撐轉用頻率，以致依本身經驗，未經專業確認便過早拆除，因而可能造成模板支撐的倒崩塌。

二、勞動檢查法第 28 條所定勞工有立即發生危險之虞認定標準

有立即發生危險之虞之認定標準中，與模板支撐有關的規定如下：

第五條第四款：模板支撐支柱基礎之周邊易積水，導致地盤軟弱，或軟弱地盤未

強化承載力。

三、加強公共工程勞工安全衛生管理作業要點

與模板支撐有關的規定如下：

第十二條：機關辦理工程招標時，應於招標文件及契約明定下列安全衛生監督查核事項：

- (一)監督查核之管理組織、查核人員資格及人力配置。
- (二)訂定工程監督查核計畫及實施方式。
- (三)監督查核計畫列明安全衛生監督查核之查驗點、查核項目、內容、判定基準、查核頻率、查核人員及查核後之處理方式與改善追蹤。
- (四)施工架、支撐架、擋土設施等假設工程、起重機具組拆，及具有墜落、滾落、感電、倒塌崩塌、局限空間危害之虞之作業項目，應列為查核重點。
- (五)於各作業施工前，就施工程序設定安全衛生查核點，據以執行。
- (六)於施工中、驗收或使用前，分別實施必要之查核，以確認其符合性；相關執行紀錄自查核日起保存三年。
- (七)監督查核人員未能有效執行安全衛生監督查核者，經工程主辦機關通知後，應即更換之。
- (八)因監督查核不實致機關受損害者，應於契約明訂罰則。

前項監督查核事項，機關得單獨招標或列入契約之後續擴充條款規定辦理之。

第三節 國內外模板支撐相關規定及比較

模板支撐的相關準則、設計規範、資料送審、施工管理及查驗、品質管制及規定容許的支撐架拆除時機等，國內及國外的規定不盡相同，國內關於建築工程與橋梁工程的規定亦不盡相同。

國內法規及準則與模板支撐直接有關者，包括國家標準(CNS 總號 4750，類號 A2067 鋼管施工架)、營造安全衛生設施標準(第 130 條至第 139 條、第 147 條)、建築技術規則構造編等，以及其他有關的設計規範及施工規範如公共工程委員會訂定的公共工程施工綱要規範(第 01525 章橋梁工程施工作業安全一般要求)、內政部訂定的結構混凝土設計規範、鋼構造建築物鋼結構設計技術規範、結構混凝土施工規範(第四

章模板工程、第九章混凝土澆置、第十四章 14.3 模板與支撐、第十六章 16.8 模板工程品質管制、第十七章 17.2 模板工程之檢驗及查驗等)、鋼構造建築物鋼結構施工規範(第十一章臨時支撐與安全措施)等。

國家標準(CNS)總號 4750 類號 A2067 鋼管施工架對單管施工架及框式施工架各部分名詞的定義，品質(材質、尺度、強度、構造等)，製造，檢驗及架設時應注意的事項，都有明確的規定。

營造安全衛生設施標準相關規定已說明於本章第二節。建築技術規則構造編的相關規定包括：

第 39-1 條：建築物施工期間應提供足夠之臨時性支撐，以抵抗作用於結構構材或組件之風力。施工期間搭建之臨時結構物並應考慮適當之風力，其設計風速得依規範規定採用較短之回歸期。

第 50-1 條：施工中結構體之支撐及臨時結構物應考慮其耐震性。但設計之地震回歸期可較短。

第 206 條：三、木柱與剛性較大之鋼骨受撓構材接合時，接合處之木柱應予補強。

一、國外法規及準則

(一)美國

美國勞工部職業安全衛生部門(United States Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration)職業安全衛生標準第 Q 部分(Subpart Q – Concrete and Masonry Construction)規定營建現場工地實際施作的各項安全要求。

美國國家標準(ANSI)A10.9 – 2004：施工及拆除國家標準：磚及混凝土構造施工安全規定(American National Standard for Construction and Demolition Operation: Safety Requirements for Masonry and Concrete Work)規定與混凝土施工相關的安全要求。針對垂直支撐方面，對於設計載重及安全係數、施工、拆除等也有規定。

美國混凝土協會 ACI 318-02 混凝土結構建造規範(Building Code Requirements for Structural Concrete)之第 6 章：模板、地下埋管及施工縫規範(Code for Formwork, Embedded Pipes, and Construction Joints)，訂定模板支撐之設計、拆除

與回撐等規範，其中 6.2.2.1 節規定承包廠商於施工前應提送模板支撐拆除及回撐計畫書，以及模板支撐拆除過程中力量傳遞之計算書。

美國混凝土協會 ACI 347-04 混凝土模板支撐指引(Guide to Formwork for Concrete)主要目標為模板支撐的安全、品質及經濟。對象包括設計者及承包商，內容包括建築工程、橋梁工程、薄殼結構、巨積混凝土及地下結構物之模板支撐材料、設計、施作的相關規定。

美國混凝土協會 ACI 347.2R-05，混凝土模板指引(Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings)規定混凝土及預力混凝土高樓施作時的支撐/回撐的設計準則，並提供安全的施工流程及設計範例以供支撐架設計工程師或承包廠商使用。

(二)加拿大

CSA 標準 S269.1：施工用模板支撐(Falsework for Construction Purposes)針對支撐架所使用的材料、構件及配件的設計、組裝、檢視、試驗、維護、及使用等，作一般性的規定。

(三)英國

英國標準所(British Standard Institution)BS 5975: 2008 – 假設工程施作程序及模板容許應力設計規範(Code of practice for temporary works procedure and the permissible stress design of falsework)，對支撐架的設計、規範、施工、使用及拆除等加以規定。其中的 2 節特別規定支撐架的規劃、設計、架設、使用及拆除程序，使支撐架持續處於安全並受到控制的狀態。

(四)日本

日本中央勞動災害防止協會(Japan Industrial Safety and Health Association)規定雇主應提供控制方式以防止所有共同作業勞工受到危害，包括應成立協議組織、提供教育訓練、提送相關計畫書、危害告知、避免違反法規或規定、並對分包商提供技術指導等。其中職業安全衛生管理系統指引(Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems)提供雇主及勞工一系列的程序，以提升勞工之安全衛生。

日本土木工程師學會(JSCE)混凝土結構物設計及施工標準規範(Standard

Specification for Design and Construction of Concrete Structures – Part 2 Construction)

對於模板及支撐應注意事項有詳細的規定。

日本有關可調式單管支撐之規範內容，可分為省令之勞動安全衛生規則、日本工業規範 JIS 及民間之社團法人假設工業會所訂定之相關指引，規範內容詳述如後：

勞工安全衛生規則

第 237 條：業主使用之模板支撐材料，需無明顯損傷、變形及腐蝕現象。

第 238 條：業主所使用之模板支撐支柱、橫梁及橫梁支撐物之主要鋼材部分，依日本工業規格 G3101(一般構造用壓延鋼材)、日本工業規格 G3106(熔接構造用壓延鋼材)、日本工業規格 G3444(一般構造用碳鋼鋼管)、日本工業規格 G3350(建築構造用冷凝固成型輕量型鋼)所規定之適用規格，或日本工業規格 Z2241(金屬材料拉力試驗方法)所規定之試驗方法中，拉力強度之值達 330N/mm² 以上，另外伸長率之規定，依據鋼材之種類及所滿足之拉力強度，如表 1 所規定。

表 1 鋼材種類之拉力強度

鋼材之種類	拉力強度(單位：N/mm ²)	伸長率(單位：%)
鋼管	330 以上未滿 400	25 以上
	400 以上未滿 490	20 以上
	490 以上	10 以上
鋼板、型鋼、 平鋼或輕量型 鋼	330 以上未滿 400	21 以上
	400 以上未滿 490	16 以上
	490 以上未滿 590	12 以上
	590 以上	8 以上
棒鋼	330 以上未滿 400	25 以上
	400 以上未滿 490	20 以上
	490 以上	18 以上

第 239 條：業主在使用模板支撐時，若模板之形狀、混凝土之灌漿方法等無法使構造穩固，則不得使用。

第 240 條：

1. 業主在組搭模板支撐時需製作組搭圖，另外在組搭時需依照組搭圖之設計方式組搭。
2. 前項所規定之組搭圖中，內容需包含支柱、橫梁、繫條及拉桿等之配置、續接之方法及尺寸。
3. 與第一項相關之模板支撐設計上，需依下列事項所規定。
 - (1)若支柱、橫梁及橫梁支撐物(以下簡稱「支柱等」)未被使用在組搭上，則設計載重(與模板支撐及支撐物相當之重量，在模板上每一平方公尺施加 50kg 之載重，以下各條文相同)需不得超過相關支柱等之自身極限載重及相關支柱材料之容許應力。
 - (2)若使用支柱等物件組搭時，則設計載重不得超過相關支柱等製造商所訂定之最大使用載重。
 - (3)若使用鋼管框架等作為支柱時，需使用在相關模板支撐之上端施加相當於設計載重之 2.5%水平力時，模板支撐本身之構造依舊安全之元件。
 - (4)若使用鋼管框架以外之物件作為支柱時，需使用在相關模板支撐之上端施加相當於設計載重之 5%水平力時，模板支撐本身之構造依舊安全之元件。(平四勞令 24、部分修正)

第 241 條：前條第三項第一號材料之容許應力值依下列規定。

1. 鋼材之容許彎曲應力及容許抗壓應力之值，需為相關鋼材之降伏強度值或拉力強度值之四分之三以內或最小值之三分之二以下。
2. 鋼材之容許剪斷應力之值，需為相關鋼材之降伏強度值或拉力強度值之四分之三以內或最小值之 38%以下。
3. 鋼材之容許挫屈應力之值，需在下列式子所求得之數值以下。

$$l/i \leq \Lambda \text{ 時， } \sigma_c = ((1 - 0.4((l/i) / \Lambda)^2) / v)F$$

$$l/i > \Lambda \text{ 時， } \sigma_c = (0.29 / ((l/i) / \Lambda)^2)F$$

l ：支柱長度(若支柱有束縛住水平方向變位時，則為兩束縛點間之長度)(單位：cm)

i ：支柱之最小斷面二次半徑(單位：cm)

Λ ：臨界細長比 = $\sqrt{(\pi^2 E / 0.6F)}$

其中 π 為圓周率，E 為相關鋼材之楊氏係數(單位：N/cm²)

σ_c ：容許挫屈應力之值(單位：N/cm²)

v ：安全係數 = $1.5 + 0.57((l/i)/\Lambda)^2$

F：相關鋼材之降伏強度值或拉力強度值之四分之三以內之極小值(單位：N/cm²)

第 242 條 業主在使用模板支撐時，需遵照下列規定。

- 1.需採用角底板、打設混凝土、打樁等防止支柱下沉之措施。
- 2.需採取將支柱之腳部固定，裝設根部橫材等避免支柱腳部滑動之措施。
- 3.在支柱之續接上，使用突合式續接或插銷式續接方式。
- 4.鋼材與鋼材之接合處及交錯處，需用螺栓、夾具等金屬零件將其固定。
- 5-1.當模板形狀為曲面時，需另行裝設支撐等防止該模板浮出之設施。
- 5-2.在 H 型鋼或 I 型鋼 (以下各號簡稱為「H 型鋼等」)上使用地板下橫材、角底板之水平材時，在該 H 型鋼等之支柱、基腳座板等續接端，即集中載重作用之位置，若該 H 型鋼等之斷面產生變形時，需在該續接之位置裝設補強材料。
- 6.當使用鋼管(可調單管支撐除外。以下各條文相同)作支柱用途時，需針對該鋼管之部分進行下列規定。
 - (1)需在高度 2m 以內之水平方向二方向設置繫條，另需防止水平繫條之移位。
 - (2)若在鋼管上端使用橫梁及地板下橫材時，應在鋼管上端裝設鋼製之頂板使橫梁及地板下橫材固定。
- 7.當使用可調單管作支柱用途時，需針對該可調單管支撐進行下列規定。
 - (1)不可將三支以上之可調單管支撐續接使用。
 - (2)當可調單管支撐續接使用時，需使用四個以上之螺絲或專用之金屬固定元件固定後方得以續接。
 - (3)若使用高度超過 3.5m 以上時，需比照前號之相關規定實施。
- 8.當使用鋼管框架作支柱用途時，需針對該鋼管框架進行下列規定。
 - (1)鋼管框架與鋼管框架之間需設置交叉拉桿。

(2)在最上層及每五層以內之位置，其與模板支撐側面平行之框面方向及每五框架以內之交叉拉桿面方向，需裝設水平繫條，另外需避免水平繫條之變位。

(3)在最上層及每五層以內之位置，其模板支撐之框面方向兩端及每五框架以內之處，需在交叉拉桿面方向裝設水平踏板。

(4)需採用第六號 2 項所規定之措施。

9.若將組搭用鋼柱作支柱用途時，需針對該組搭用鋼柱進行下列規定。

(1)需採用第六號 2 項所規定之措施。

(2)若使用之高度超過 4m，則需在 4m 以內之兩方向裝設水平繫條，另外需防止水平繫條之變位。

(3)若使用 H 型鋼等作支柱用途時，該 H 型鋼之相關規定需採用第六號 2 項所規定之措施。

10.若使用以橫梁構成之物件，需遵循下列規定。

(1)橫梁之兩端需使用支撐物固定，並避免橫梁之脫落及滑動。

(2)在橫梁與橫梁間需設置繫條，以避免橫梁之傾倒。

第 243 條：業主在將底板、角底板等以夾層方式作段狀組搭模板支撐時，除需遵循前條各號所規定之事項外，另外需遵循下列各項規定。

1. 模板支撐除不得已之情形下，不得將底板及角底板等夾兩層以上。

2. 將底板及角底板重疊使用時，需將底板及角底板等牢牢固定。

3. 支柱需使用底板及角底板等固定。

第 244 條：業主在實行混凝土之打設作業時，需依照下列規定。

1. 需在當日施工開始前，將模板支撐相關之各元件作詳細檢查，如有發現異狀需立即補強。

2. 在施工中如發現模板支撐有異常狀況時，需採取馬上中斷施工之措施。

第 245 條：業主在實行模板支撐之組搭及拆卸時，需依照下列規定。

1. 在進行施工之區域中，不得令相關勞工以外之人員進入。

2. 若遇到強風、大雨、大雪等惡劣氣候、或預測施工時會有危險之情形下，不得令該工程之勞工從事工作。

3. 將材料、器具及工具上下移動時，需令勞工使用吊式綱繩、吊袋作移動。

第 246 條：業主在遵循勞動安全衛生法施行令第六條第十四項時，所任用之模板支撐組搭等工地主任需研修過模板支撐組搭工地等主任之技能講習後方能任用。

第 247 條 業主需令模板支撐組搭等工地主任遵循下列事項。

1. 決定施工之方法，並需直接在現場指揮施工。
2. 檢查材料、器具及工具有無缺陷，並汰除不良品。
3. 在施工時，需監視現場勞工之安全帶及安全帽使用狀況。

JIS A8651 可調式單管支撐規範 [9]

1. 強度之規範如表 2 所示。

表 2 JIS 強度規範

項目	強度
刀口壓法	<p>全個數之最小值[N{kgf}]以下式計算求得，若數值超過 [39227{4000}]，則以[39227{4000}]計</p> $P = 1.82 \times 10^6 \times \frac{(146 - 0.15 l)}{l^2} \times 9.80665$ $\left\{ P = 1.82 \times 10^6 \times \frac{(146 - 0.15 l)}{l^2} \right\}$ <p>全個數之平均值[N{kgf}]以下式計算求得，若數值超過 [44130{4500}]，則以[44130{4500}]計</p> $P' = 1.1 \times 1.82 \times 10^6 \times \frac{(146 - 0.15 l)}{l^2} \times 9.80665$ $\left\{ P' = 1.1 \times 1.82 \times 10^6 \times \frac{(146 - 0.15 l)}{l^2} \right\}$ <p>式中，P 及 P'：強度 N{kgf}</p> <p>l：最大使用長(cm)加上 14 之數值</p>
平壓法	<p>平均值 44130{4500}以上</p> <p>最小值 39227{4000}以上</p>

2. 構造及尺寸

(1) 可調式單管支撐之最大使用長度如表 3 所示。

表 3 最大使用長度

種類	最大使用長度(mm)
1 種	3850 以上未滿 4000
2 種	3350 以上 3500 以下
3 種	2950 以上 3100 以下
4 種	2550 以上 2700 以下
5 種	2200 以下

(2) 可調式單管支撐所使用之底管或接管之尺寸及容許誤差如表 4 所示。

表 4 底管及接管部分

單位：mm

區分	尺寸		尺寸容許誤差	
	外直徑	厚度	外直徑	厚度
底管	60.5	2.3	±0.3	±0.3
	63.5 ⁽¹⁾	2.0	±0.3	±0.3 0
接管	48.6	2.5	±0.25	±0.3

註⁽¹⁾ 外直徑 63.5mm 之底管為最近認可

- (3) 可調式單管支撐之底管部分長度需為最大使用長度之 50%(若超過 1600mm 者以 1600mm 為底限)。
- (4) 當可調式單管支撐伸長到最大使用長度時，接管與底管部分(底管、底板與調節螺紋所構成之部分，以下相同)所重疊之處，長度需在 280mm 以上(若最大使用長未滿 2500mm 時，則為 150mm)。
- (5) 可調式單管支撐之調節螺紋如以下規定：
 - a. 內螺紋之長度在 30mm 以上。
 - b. 外螺紋至斷開螺頭之長度在 150mm 以上。
- (6) 接管的設計需含有可插入接管銷之孔。
- (7) 接管銷之直徑在 11.0mm 以上。
- (8) 底板與頂板的規定如下：
 - a. 厚度在 5.4mm 以上。

- b. 尺寸大小如圖 14 所示，另外在圖所標示之位置需設置 4 個直徑 12mm 以上之螺孔與 2 個直徑 4mm 以上之釘孔。

單位 mm

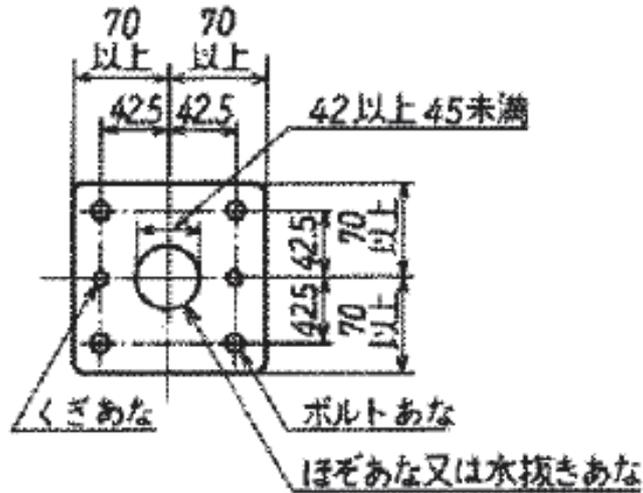


圖 14 底板與頂板

- c. 底板之中央部位需設置 42mm~45mm 之間連接主管所用之臍眼孔。
 d. 頂板之中央部位需設置排水孔。
 (9) 可調式單管支撐當底管部位固定在最大使用長度時，自受力板上端部分中心之擺幅最大值，需在最大使用長度之 $1/55$ 以下。所謂「擺幅」即指底管與接管之間震盪之程度為指標，如圖 15 所示。



圖 15 最大使用長度與振幅

可調式單管各部位所使用之材料，依據表 5 所規定適合之材質，或具有同等以上力學性質之材料。

表 5 可調式單管使用材料

構成部分		材質
底管		JIS G 3444 所規定之 STK400
接管		JIS G 3444 所規定之 STK500
調節螺絲	內螺紋	JIS G 3452 所規定之 SGP
	外螺紋	JIS G 5501 所規定之 FC200
接管銷		JIS G 4051 所規定之 S35C
底板與頂板		JIS G 3101 所規定之 SS330

可調式單管支撐之製造方法如下列所示：

1. 所使用之鋼管本身沒有彎曲、凹陷及裂開之現象，底管及接管沒有任何補強及貼補。
2. 在材料上做加工動作時，所作之加工動作需不影響螺絲等物件之強度。
3. 底板與頂板之安裝情形需如下列所示
 - (1) 底板與頂板之中心需與管軸密合。
 - (2) 底板與頂板需與管軸呈直角。
 - (3) 底板與頂板必須相互為同一方向。
4. 底板、接管、頂板、底管與底管上螺紋等之裝設需分別做全週邊熔接。
5. 熔接之方式原則上以電弧熔接方式為主。
6. 可調式單管支撐需先清理單管上附著之污垢、灰塵、浮出的黑皮、銹蝕、有害之缺陷與突起物後，再塗上防銹塗料，鍍金屬等表面處理工作。

可調式單管支撐之試驗方法如下列所示：

1. 數值的換算在使用舊式單位之試驗機和測量儀器時，需先換算為國際標準單位數值(SI)，換算式如下：

$$1\text{kgf}=9.80665\text{N}$$

2. 兩端為刀口之壓縮強度試驗如圖 16 所示，使用鐵心、刀口及刀口支座對可調單管進行試驗，將可調單管支撐拉至最大使用長度，在刀口方向與接管銷互為直角時裝設上去後，進行壓縮強度試驗，取量測之載重最大值，使用配件如圖 17。

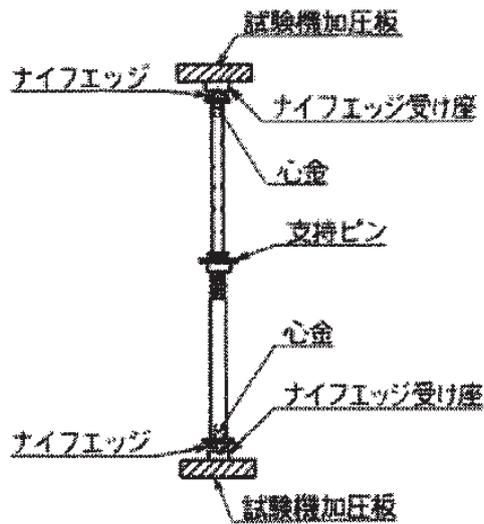


圖 16 可調鋼管支柱於試驗機上之裝設方式

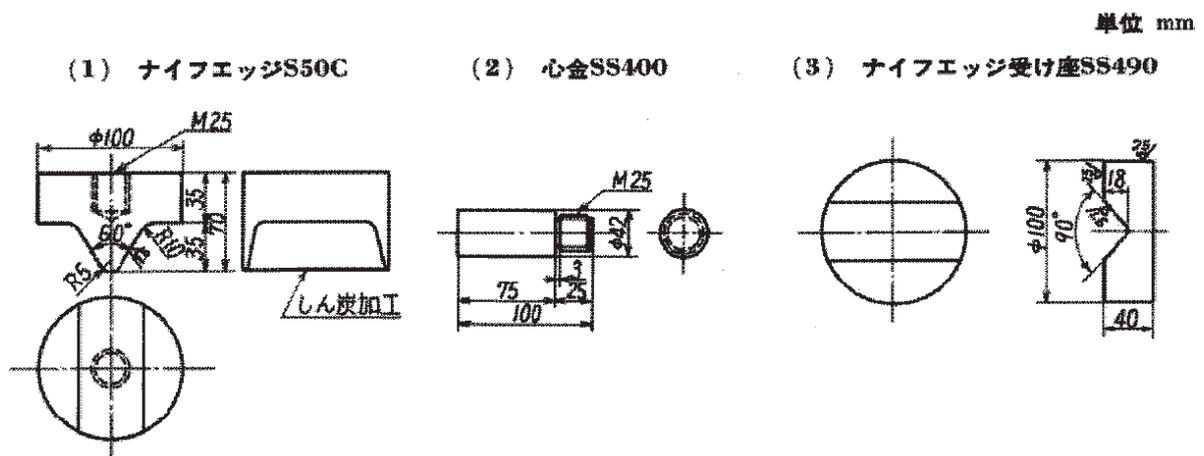


圖 17 試驗用配件

備註：右方刀口支座之記號“ \checkmark ”，依據 JIS B 0031 之說明。

3. 兩端平壓之壓縮強度試驗 如圖 18 所示，將可調單管支柱調至最大使用長度(上限為 3500mm，若最大使用長度超過 3500mm 則以 3500mm 為準)，在頂板、底板與試驗機加壓板之中心皆為一致時裝設上去後，進行壓縮強度試驗，取所量測之載重最大值。

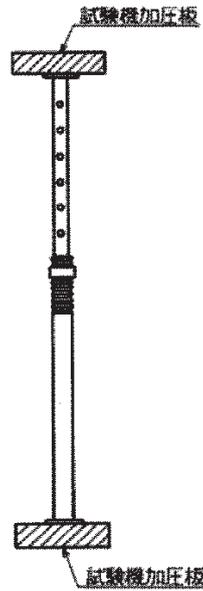


圖 18 試體於試驗機之安裝方法

依據上述強度、尺寸及構造相關之判定方法，並依下列所示方式檢查是否合格：

1. 與強度相關之判斷方式，在不同之試驗中各作 5 次試驗作篩選。
2. 構造等相關性質以合理的篩選方式篩選。
3. 頂板及底板需標示下列事項：
 - (1) 製造業者名稱或其代號
 - (2) 製造年份、上半期與下半期的區別或其代號

日本假設工業會規範

表 6 可調式單管部位選擇法

部位及項目	a(要保養)	b(要修理、要保養)	c(廢棄)
整體變形 彎曲、扭曲	沒有或極少		無法矯正之物品
底板之擺動	最大使用長度之 1/55 以下		最大使用長度之 1/55 以上
各部位熔接部之龜 裂、脫落	沒有	某種程度	顯著
整體生鏽	沒有或極少	某種程度	顯著
混凝土等之附著	沒有或極少	某種程度	顯著
底板或頂板			

部位及項目	a(要保養)	b(要修理、要保養)	c(廢棄)
(A) 龜裂 (B) 變形(損傷) (C) 板厚	沒有 沒有 5.4mm 以上	某種程度	有 顯著 5.4mm 以下
接管 (A) 彎曲 (B) 龜裂 (C) 凹陷(打陷) (D) 栓孔之變形 (E) 管厚	曲率最大值以下 沒有 沒有或極少 沒有或極少 2.2mm 以上	曲率最大值以上	曲率值以下且無法矯正 有 4.0mm 以上 顯著 2.2mm 以下
接管銷等 (A) 彎曲(損傷) (B) 鎖的異常 (C) 栓的直徑	沒有 沒有或極少 11.0mm 以上	有 脫落或損傷 11.0mm 以下	
調節螺紋(內螺紋) (A) 螺紋部位損耗 (B) 龜裂 (C) 把手及安裝部位之異常	沒有或極少 沒有 沒有	顯著 有 脫落或損傷	
調節螺紋(外螺紋) (A) 螺紋部位損耗 (B) 龜裂 (C) 溝穴之變形 (D) 筆帽之異常	沒有或極少 沒有 沒有或極少 沒有	脫落或損傷	顯著 有 顯著
(A) 彎曲 (B) 龜裂 (C) 凹陷(打陷) (D) 管厚	沒有或極少 沒有 沒有或極少 2.0mm 以上		顯著 有 6.0mm 以上 2.0mm 以下

表 7 試驗單管支撐之最大使用長度相對應之滿足強度值表

L(cm)	P(kN)								
211 ↓	39.2	249	27.4	287	19.8	325	14.7	363	11.2
212	39.1	250	27.2	288	19.7	326	14.6	364	11.1
213	38.7	251	26.9	289	19.5	327	14.5	365	11.0

L(cm)	P(kN)								
214	38.3	252	26.7	290	19.3	328	14.4	366	11.0
215	37.9	253	26.5	291	19.2	329	14.3	367	10.9
216	37.5	254	26.2	292	19.0	330	14.2	368	10.8
217	37.1	255	26.0	293	18.9	331	14.1	369	10.7
218	36.8	256	25.8	294	18.7	332	14.0	370	10.7
219	36.4	257	25.5	295	18.6	333	13.9	371	10.6
220	36.1	258	25.3	296	18.4	334	13.8	372	10.5
221	35.7	259	25.1	297	18.3	335	13.7	373	10.5
222	35.3	260	24.9	298	18.1	336	13.6	374	10.4
223	35.0	261	24.7	299	18.0	337	13.5	375	10.3
224	34.7	262	24.4	300	17.9	338	13.4	376	10.2
225	34.3	263	24.2	301	17.7	339	13.3	377	10.2
226	34.0	264	24.0	302	17.6	340	13.2	378	10.1
227	33.7	265	23.8	303	17.4	341	13.1	379	10.0
228	33.3	266	23.6	304	17.3	342	13.0	380	9.96
229	33.0	267	23.4	305	17.2	343	12.9	381	9.90
230	32.7	268	23.2	306	17.0	344	12.8	382	9.83
231	32.4	269	23.0	307	16.9	345	12.7	383	9.76
232	32.1	270	22.8	308	16.8	346	12.6	384	9.70
233	31.8	271	22.6	309	16.6	347	12.5	385	9.63
234	31.5	272	22.4	310	16.5	348	12.5	386	9.57
235	31.2	273	22.2	311	16.4	349	12.4	387	9.50
236	30.9	274	22.1	312	16.3	350	12.3	388	9.44
237	30.6	275	21.9	313	16.1	351	12.2	389	9.38
238	30.3	276	21.7	314	16.0	352	12.1	390	9.31
239	30.0	277	21.5	315	15.9	353	12.0	391	9.20
240	29.8	278	21.3	316	15.8	354	11.9	392	9.19
241	29.5	279	21.2	317	15.7	355	11.9	393	9.13
242	29.2	280	21.0	318	15.5	356	11.8	394	9.07
243	29.0	281	20.8	319	15.4	357	11.7	395	9.01
244	28.7	282	20.6	320	15.3	358	11.6	396	8.95
245	28.4	283	20.5	321	15.2	359	11.5	397	8.89
246	28.2	284	20.3	322	15.1	360	11.4	398	8.83
247	27.9	285	20.1	323	15.0	361	11.4	399	8.77
248	27.7	286	20.0	324	14.8	362	11.3	400	8.71

表 8 各種類之曲率最大值

種類	最大使用長度(mm)	值(曲率之最大 mm)
1 種	3850~4000	6
2 種	3350~3500	5
3 種	2950~3100	4
4 種	2550~2700	4
5 種	2200 以下	3

二、國內外法規與準則之比較

國內外相關法規或準則中，有關模板支撐設計、施工管理等，分別針對設計規範、資料送審、施工管理、支撐架拆除等項目，彙整並對照比較如表9及表10。

表 9 國內外模板支撐設計、施工管理對照表

	國內		國外(美國)
	橋梁工程	建築工程	
一、主要相關準則	勞工安全衛生法 勞動檢查法 營造安全衛生設施標準 勞工安全衛生設施規則 危險性工作場所審查暨檢查辦法 勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法 加強公共工程勞工安全衛生作業要點 公共工程施工綱要規範 建築技術規則 等。		美國勞工部職業安全衛生管理部門(OSHA)： 施工安全衛生規則。[10] 美國混凝土協會 ACI 318[11], ACI 347[12] 美國國家標準協會 ANSI A10.9[13] 美國道路及運輸官員協會(AASHTO) (1) AASHTO Construction Handbook for Bridge Temporary Works (2) AASHTO Guide

	國內		國外(美國)
	橋梁工程	建築工程	
			Design Specification for Bridge Temporary Works
二、主要設計規範 (內容比較詳表 10)	工程會公共工程施工綱要規範第 01525 章[14]橋梁工程施工作業安全一般要求 [15]	建築技術規則 工程會公共工程施工綱要規範第 03110 章 場鑄結構混凝土用模板	ACI 347[16]
三、資料送審	<p>(工程會公共工程施工綱要規範第 01523 章 施工安全衛生及管理)</p> <ol style="list-style-type: none"> 危險性工作場所之橋梁工程應依規定編訂施工安全評估報告書，並報經檢查機構核准及工程司同意。 模板支撐及支撐架之工作圖及結構設計計算書等設計專業技術部分均應由所屬類科之專業技師審核簽證後送請工程司核可。 支撐架工作圖須併結構計算書送請工程司核可。 支撐構件之製造廠商之目錄、技 	<p>(工程會公共工程施工綱要規範第 03110 章 場鑄結構混凝土用模板)</p> <ol style="list-style-type: none"> 承包商應於施工前，將模板、支撐及斜撐等之施工製造圖送請工程司核可，包括其詳細構造、尺度及其設計計算書等。模板及支撐設計應由技師簽認。 	<p>支撐架施工計畫及計算書應於施工前由合格且具經驗者設計並提送業主或工程司審核。</p> <p>1.加州鐵路局規定 [17]： 支撐架之施工計畫及結構計算書應由專業註冊技師簽屬並提送業主審核</p> <p>2.加州政府規定 [7]： 符合下列情況之一者，支撐架之結構計算書及工作圖應由專業註冊技師簽屬：</p> <ol style="list-style-type: none"> 高度超過 14 英尺(4.2 公尺) 跨度超過 16 英尺(4.8 公尺) 供交通通道使用不屬前述任一情況

	國內		國外(美國)
	橋梁工程	建築工程	
	術文件及材料試驗等資料：工程司於必要時得要求承包商併工作圖提送。 5. 支撐構材進場時須檢附其強度檢驗報告，支撐設施之材值說明及強度試驗證明等應送請工程司核可。		者，得由專業註冊技師、製造商官方代表或支撐架作業主管簽署。
四、施工管理	勞工安全衛生法 勞動檢查法 工程會公共工程施工綱要規範第 01523 章 施工安全衛生及管理	勞工安全衛生法 勞動檢查法 工程會公共工程施工綱要規範第 01523 章 施工安全衛生及管理	ACI 347 規定： 工程合約中應載明：1. 支撐架將由何人設計；2. 支撐架將由何人檢視、何時檢視；3. 支撐架及其施工圖說是否須送審；4. 支撐架及其施工圖說將由何人審查。
(一)施工	(1) 臨時支撐架之架設施工須與工作圖相符，並不得超過工作圖所示容許沉陷量或間隙要求。 (2) 支撐架之組裝架設、橋梁上部結構第一跨之施工及支撐架前移或	1. 支撐及斜撐應確實固定，無論在任何情況下，均不得有側移、沉陷及上舉等情事。 2. 支撐或拱架應垂直固定於堅實之基腳上，並應防止基腳之鬆軟及下陷。	加州政府規定[7]： 1. 符合下列情況之一者，於混凝土澆築前，專業註冊技師應檢視支撐架是否與工作圖相符並以書面簽署： i. 高度超過 14 英尺

	國內		國外(美國)
	橋梁工程	建築工程	
	<p>推移至第二跨均應由專業技師於現場全程指揮督導。</p> <p>(3) 承包商需確實依核定之施工計畫、工作圖及相關施工檢查紀錄表、作業標準程序施作。</p>	<p>3. 模板及支撐之製作、安裝及豎立，應以完成後之構造物能具有設計圖說所示之尺度及高程為準。</p>	<p>ii. 跨度超過 16 英尺</p> <p>iii. 供交通通道使用</p> <p>非屬前述情況者，得由專業註冊技師、製造商官方代表或承包商支撐架作業主管檢視並簽署。</p> <p>查驗以下項目：</p> <p>(1) 支撐架確實依圖施作</p> <p>(2) 各柱之間距未超過設計圖之規定</p> <p>(3) 接頭皆確時連接並鎖緊</p> <p>(4) 各構件端點皆已妥實固定</p>
(二)現場管理	<p>雇主對於模板支撐組配、拆除（以下簡稱模板支撐）作業，應指派模板支撐作業主管於作業現場辦理下列事項：</p> <p>一、決定作業方法，指揮勞工作業。</p> <p>二、實施檢點，檢查材料、工具、器具等，並汰換</p>	<p>雇主對於模板支撐組配、拆除（以下簡稱模板支撐）作業，應指派模板支撐作業主管於作業現場辦理下列事項：</p> <p>一、決定作業方法，指揮勞工作業。</p> <p>二、實施檢點，檢查材料、工具、器具等，並汰換</p>	<p>支撐架之檢視應由具備 ACI 混凝土施工檢視員資格或同等資格者檢視。</p> <p>1. 承包商應於施工前、中、後檢視樓板之變位情形 [16]。</p> <p>2. 支撐架工作圖應放置於工地，以便隨時檢閱 [16]。</p> <p>3. 灌漿時非必要之工作人員禁止進入模板下方 [16]。</p>

	國內		國外(美國)
	橋梁工程	建築工程	
	<p>其不良品。</p> <p>三、監督勞工確實使用個人防護具。</p> <p>四、確認安全衛生設備及措施之有效狀況。</p> <p>五、其他為維持作業勞工安全衛生所必要之措施。</p> <p>檢查表之執行</p> <p>異常天候或天然災害發生後之安全檢測</p> <p>支撐架之基礎地面及承載基座處理</p> <p>使用期間動態安全查核</p> <p>混凝土澆置前及澆置中需作安全監測</p>	<p>其不良品。</p> <p>三、監督勞工確實使用個人防護具。</p> <p>四、確認安全衛生設備及措施之有效狀況。</p> <p>五、其他為維持作業勞工安全衛生所必要之措施。</p> <p>澆置混凝土時，承包商應指派有經驗之工程師全程檢視，以防變形或發生意外。</p>	
五、支撐架之拆除	<ol style="list-style-type: none"> 就地支撐工法場鑄預力混凝土構材之支撐架需俟預力鋼件施拉完成後始可拆除。 後拉法預力混凝土橋須俟施拉預力、橋體已能承受自重及逐漸分配應力後始能移除，且支撐架解除支撐狀態之程 	<ol style="list-style-type: none"> 支撐應於其所支撐之混凝土之強度達到足以承受其自重及所載荷重後，始可拆除。 場鑄之預力混凝土構件，其支撐應俟施預力後方可拆除。 	<ol style="list-style-type: none"> 支撐架須待達到設計強度並經專業技師確認後才可拆除 加州政府規定 [7]：模板及支撐架須待雇主確認混凝土強度已足以承受自重及施加於其上的載重後，方得拆除。前述的判斷

	國內		國外(美國)
	橋梁工程	建築工程	
	序需於工作圖上說明。		方式應規定於施工計畫書中

表 10 國內外模板支撐設計之比較對照表

主要設計規範	工程會公共工程施工綱要規範第 01525 章 施工安全衛生及管理	工程會公共工程施工綱要規範第 03110 章 場鑄結構混凝土用模板建築技術規則構造篇	ACI 347
(一)設計載重			
1. 靜載重	依實際計算，且不得小於 2570 kgf/m ³	施工綱要規範第 03310 章：	
2. 活載重		1. 模板支撐之設計應能承受[ACI 347]所定之載重與側壓。	
A. 施工活載重	須同時考慮施工機具之集中載重、橋面均佈載重(不得少於 100 kgf/m ²)及橋面翼板邊緣之線載重(不得少於 110 kgf/m)等三項載重。靜載重及施工活載重之和至少為 490 kgf/m ²	2. 支撐及斜撐應務必能承受模板、鋼筋、混凝土及澆置時之工作人員、搬運器具、投入混凝土時之衝擊力、施工機具、通路等之荷重，以及偏心、	不小於 50 lb/ft ² (245kgf/m ²) 靜載重與活載重之和不得小於 100 lb/ft ² (490 kgf/m ²)
B. 衝擊載重	a. 澆置過程中之衝擊效應不得小於澆置混凝土重之 30% b. 動力升降機及非動力升降機因升降作業所致衝擊載重分別為升降載重(含設備重)之 30%及 15%	風力及其他可能發生之荷重。 3. 模板及支撐之設計應能承受建築法規所定之風載重等。 建築技術規則構造篇：	
3. 側向力(地震、	A. 地震時之設計水		至少(1)100 lb/linear

主要設計規範	工程會公共工程施工綱要規範第01525章 施工安全衛生及管理	工程會公共工程施工綱要規範第03110章 場鑄結構混凝土用模板建築技術規則構造篇	ACI 347
風力及水流力等環境載重)	<p>平力 V 需考量支撐架之施工期間、工址水平加速度及結構韌性折減係數等因素並依表 11 所示辦理。</p> <p>B. 風力效應依表 12 所示考量風速及承受風壓之支撐架高度等因素，最小設計風力=最小風壓×受風面積</p> <p>C. 水流力=水流壓力×流經支撐架墩柱面積，而水流壓力 $P_w(\text{kgf/m}^2)=52.5 \times K \times V^2$，其中 V:水流速(m/sec)，K:形狀係數，如表 13 所示。</p> <p>D. 其餘詳施工綱要規範第 01525 章第 2.3.3 節</p>	<p>第 39-1 條 建築物施工期間應提供足夠之臨時性支撐，以抵抗作用於結構構材或組件之風力。施工期間搭建之臨時結構物並應考慮適當之風力，其設計風速得依規範規定採用較短之回歸期。</p> <p>第 50-1 條： 施工中結構體之支撐及臨時結構物應考慮其耐震性。但設計之地震回歸期可較短。 施工中建築物遭遇較大地震後，應檢核其構材是否超過彈性限度。</p>	ft (149 kgf/m) 或(2) 總靜載重的 2%，取較大者，施加於樓板側面
4. 載重組合	依表 14 規定辦理		應考量各施工階段最危險的載重組合
5. 其他載重			施工時應儘量避免
(二)最大載重及變形	(1) 各構件承受混凝土自重之變形量		

主要設計規範	工程會公共工程施工綱要規範第01525章 施工安全衛生及管理	工程會公共工程施工綱要規範第03110章 場鑄結構混凝土用模板建築技術規則構造篇	ACI 347
	$\delta \leq \frac{L}{240}$ ，其中 L 為構件跨距。 (2) 組裝成型之支撐架其工作載重不得超過最大試驗承重之40%。		
(三)安全係數	(1) 垂直支撐系統之構件設計安全係數不得小於 2.5 (2) 千斤頂及各種型式之組裝成型支撐架安全係數至少為 2。 (3) 抵抗傾覆彎矩支安全係數須大於 1.2。		ACI 347 規定可比照 ACI 318： 靜載重放大因數取 1.2 活載重放大因數取 1.6 強度折減因數 Φ 亦比照 ACI 318 的規定
(四)其他(交通要道、支撐基礎等)	依第 01525 章規定		

表 11 地震水平力係數表

施工期間(年)	V(地震甲區)	V(地震乙區)
1	0.047W	0.032W
2	0.058W	0.041W
3	0.068W	0.047W

表 12 最小風壓表

支撐架高度 h (m)	最小風壓 (kgf/m ²)
$h \leq 9$	$(1.6V-24) \times Q$
$9 < h \leq 15$	$(1.6V-16) \times Q$
$15 < h \leq 30$	$(1.6V-8) \times Q$
$h > 30$	$1.6V \times Q$

其中V為基本設計風速(m/sec)， $Q=0.3+0.2 \times W \leq 3m$ ，W為支撐架沿風力方向之寬度(m)

表 13 支柱之形狀係數

斷面形狀	矩形	圓柱形	尖角形
K	1.375	0.67	0.5

表 14 載重組合表

組合編號	載重組合	容許應力百分比
I	DL+DP+LL+I+H	100%
II	DL+DP+PS+H	100%
III	DL+DP+LL+I+W+ALL	133%
IV	DL+DP+LL+PS+W+ALL	133%
V	DL+DP+PS+EQ	133%

其中：DL：支撐架靜載重

DP：被支撐之永久構造物靜重

LL：施工活載重

I：衝擊載重

H：最小設計水平力

PS：預力影響力

W：風力

ALL：其他可能載重(水流力等)

EQ：地震力

第四節 模板支撐倒崩塌災害案例摘述

一、模板支撐倒崩塌案例

國內外模板支撐倒崩塌的案例甚多，有些案例經由詳細調查比對，可以推論出模板失效的可能原因，不過亦有許多案例其原因未能查閱得到，如以下數例。

(一) 國道六號北山交流道新建工程發生高架橋工程支撐架崩塌工安意外

2010 年 9 月，國道六號北山交流道新建工程發生高架橋工程支撐架崩塌意外(圖 19)，造成 7 死 3 人受傷。國道新建工程局初步研判可能是灌漿作業產生震動，部分支撐移位導致整體不平衡，並產生骨牌效應。原因仍在調查中[18]。



圖 19 國道六號北山交流道支撐架倒塌

(二) 安道爾共和國比利牛斯公國一座橋梁於施工時支撐架倒塌

2009 年安道爾共和國比利牛斯公國一座橋梁於施工時支撐架倒塌[19]如圖 20，造成 5 名勞工死亡，超過 6 名勞工受傷，當時混凝土已澆置數小時。



圖 20 橋梁於澆置混凝土中倒塌

(三)加拿大維多利亞施工時模板支撐崩塌

2007 年 9 月 12 日，加拿大維多利亞市區一座雙塔建物 ”The Falls” 於施工時模板支撐崩塌，大量混凝土塊墜入 15 公尺的深洞中[20]，如圖 21。



圖 21 “The Falls”建築物於施工時倒塌

(四)美國加州發生 149 號公路上方高架橋鋼梁支撐倒塌

2007 年 7 月 31 日，美國加州發生 149 號公路上方高架橋鋼梁支撐倒塌，壓毀下方道路通過的卡車，卡車司機因而受傷，另有一名勞工墜落受傷[21]。

二、國內模板支撐倒塌崩塌災害原因分析

模板支撐倒塌崩塌後，其災害原因的判斷或鑑定並不容易，通常必須透過了解災害發生時的氣候狀況、勘查災害現場留下的各式構件、比對結構計算書及施工圖說、查閱作業主管留存的各式表單與記錄、施工日誌及監造日報、並配合法規的比對或支撐架力學行為的研判，才能找出可能的原因。國內外許多勞工安全衛生單位近年來對於職災發生的原因皆進行分析研判，國內包括行政院勞工委員會、勞工安全衛生研究所、及行政院勞工委員會勞動檢查所等，國外包括如美國勞工部職業安全衛生管理部門(Occupational Safety and Health Administration, Department of Labor, U.S.)等，另外還包括一些案例的學術研究。透過案例分析及原因研判，期使減少類似危害的發生。其中已經調查研判其原因的模板支撐倒塌崩塌的案例如下。

(一)從事橋面版混凝土澆置作業發生橋面版支撐倒塌災害案[22]

98 年 11 月 30 日，某橋梁橋面版混凝土澆置至第三跨三分之一處，第三跨橋面版突然無預警從 H1P2 墩柱處垂直崩塌(圖 22、圖 23)。當日混凝土澆置作業施

作方式，係將混凝土漿液堆放在預力箱型梁之兩側，再將該兩堆往橋面版中心及翼板方向推平。

災害原因分析：經勞工委員會北區勞動檢查所分析，不安全的狀況包括：

1. 支柱之腳部未予固定，以防止移動。
2. 支柱之接頭，未以對接或搭接妥為連結。
3. 橋樑上構模板支撐，其模板支撐架未設置側向支撐及水平支撐，並未於上、下端連結牢固穩定。
4. 可調鋼管支柱連接使用時，未使用四個以上之螺栓或專用之金屬配件加以連結。
5. 高度超越 3.5 公尺以上時，高度每 2 公尺內未設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，以防止支柱移動(圖 23)。
6. 可調鋼管支撐於調整高度時，未以制式之金屬附屬配件為之，不得以鋼筋等替代使用。
7. 上端支以樑或軌枕等貫材時，雖置鋼製頂版，但未固定於貫材。
8. 澆置混凝土前，未詳細檢查模板支撐各部份之連接及斜撐是否安全，澆置期間雖指派模板工巡視，遇有異常狀況未立即停止作業，並經修妥後方得作業。
9. 澆置樑、樓板或曲面屋頂，應注意偏心載重可能產生之危害。
10. 澆置期間應注意避免過大之振動。



圖 22 澆置混凝土作業時模板支撐倒塌



圖 23 未設置足夠強度水平繫條

(二)98 年 11 月 23 日發生某公路橋 P47~P48 間長度約 58 公尺之箱型梁崩塌掉落，且 P47 之橋墩出現裂縫[22]。

災害原因分析：依據勞工委員會北區勞動檢查所分析，不安全的狀況包括：

- 1.支撐架之基礎未強化土壤承載力。
- 2.支撐架未設置側向水平支撐。
- 3.橋梁邊跨閉合端節塊過長，未有施工規劃及安全考量。
- 4.對作業危害認知與辨識能力不足。
- 5.未確實採協議、連繫、調整、巡視等防災作為。

(三)從事擋土牆拆模作業發生擋土牆倒塌災害案例[23]

98 年 10 月 27 日上午 8 時許，多名勞工至該工程樁號 0K+095~0K+126.39 間從事模板拆除作業。上午 8 時 15 分許，突然整座擋土牆往道路內側倒塌(圖 24、圖 25)，在場 7 名勞工見狀跳離擋土牆範圍，惟一人逃離不及，被壓在倒塌之擋土牆與道路側面間(原 70 公分寬、基礎底部距路面約 2 公尺高)，因傷重致死。

災害原因分析：依據勞工委員會南區勞動檢查所分析，不安全狀況包括：

- 1.距擋土牆上層部分之混凝土澆置完成時間，未達 3 日即予以拆模，故混凝土未達足以承受其自重及所載荷重。
- 2.擋土牆基礎座開挖處有嚴重積水。

災害防止對策為[23] (部分)：

- 1.雇主對於模板支撐之支柱之基礎，應依土質狀況，注意場撐基地周邊之排

水，豪大雨後，排水應宜洩流暢，不得積水。

2. 僱主對於模板支撐組配、拆除作業，應指定模板支撐作業主管決定作業方法指揮勞工作業。(營造安全衛生設施標準第 133 條第 1 項暨勞工安全衛生法第 5 條第 2 項)
3. 僱主應依結構物之物質、形狀、混凝土之強度及其試驗結果、構造物上方之工作情形及當地氣候之情況，確認結構物已達安全強度之拆模時間，方得拆除模板。(營造安全衛生設施標準第 147 條暨勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)



圖 24 災害發生之擋土牆倒塌處



圖 25 從事擋土牆拆模作業發生擋土牆倒塌災害

(說明：倒塌之擋土牆長度 31.39M，頂部寬 0.6M，底部漸變由為 1M 至 0.9M，而高度漸變為 4M 至 3M，且有一基座長寬高為 5M×2.3M×1.1M，經計算得整座擋土牆重約 237 公噸)

(四)台北市內湖區某新建工程因模板支撐強度不足倒塌災害案例[24]

96 年 3 月 17 日台北市內湖區某公司之廠辦新建工程，於 2 樓版灌漿時，因模板支撐安全設施不足而倒塌，造成勞工 1 人受傷之職業災害(圖 26、圖 27)，再度突顯建築工程之模板支撐以「菜瓜棚」式組搭之危害。

依據勞工委員會勞工檢查處所發布的訊息，自 95 年底台北縣林口某新建工程、2 月底台南縣某寺及本次台北市內湖區辦公大樓等三起重大工安事故，均因使用雙層鋼管或木材組搭之「菜瓜棚」式模板支撐，而有支撐未確實固定、搭接不完全、支撐未考量雙層組搭，強度折減、未以縱向、橫向之水平繫條將模板支撐連結穩固(圖 27)等安全疏失，造成灌漿作業時樓版倒塌之重大工安事故。



圖 26 災害現場右半側樓版全部倒塌



圖 27 雙層式鋼管支撐組搭，已產生位移

(五)林口某建築工地模板倒塌案例[25]

基地位於台北縣林口鄉，基地面積約為 $14,494.53\text{M}^2$ ，地下 5 層，地上 19 層，共 7 棟 716 戶，基地略呈正方形。95 年 12 月 17 日上午開始進行 G 棟 1 樓底版灌漿作業，約下午 16 時左右，於施作最後階段之灌漿收邊耙平施工時，突然發生巨響，1 樓版模板支撐(臨中庭側)呈現崩塌及倒塌，造成 5 人罹難，1 人輕傷。崩塌區模板支撐高度版底為 515cm，樑底為 450cm，倒塌樓版崩塌之形狀為 L 型(圖 28)。



圖 28 林口某建築工地模板支撐崩塌

根據相關單位研判，災害原因包括：

1. 模板支撐未依模板形狀、預期之荷重及混凝土澆置方式並委由專業技師妥為設計。
2. 可調鋼管支柱連接使用時，未使用 4 個以上之螺栓或專用之金屬附屬配件加以連結。
3. 模板支撐之以可調鋼管支柱為模板支撐之支柱，當高度超越 3.5 公尺以上時，未能於高度 2 公尺內設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，以防止支柱移動。
4. 可調鋼管支柱於調整高度時，未以制式之金屬附屬配件(如插銷)為之，以 #3 鋼筋及#10 鐵絲替代制式之金屬附屬配件。
5. 可調鋼管支柱與貫材及底座未確實固定。
6. 模板支撐間距過大，支撐鋼架原規定間距是 80 公分，事故現場鋼架間距達 1.2 公尺，支撐力不足[26]。

(六)勞工因模板倒塌受傷職業災害案例[27]

某建築公共工程施工時，厚 60 公分四樓露臺造型斜版構造分為上下兩層版，模板支撐由承包商依其過去經驗組立，未考慮上層版之載重及模板支撐承受側向力之能力，當澆置下層版時，整體模板支撐尚能支持但已達臨界狀態。

95 年 2 月 10 日由西側開始澆置上層版，模板支撐結構因載重超過臨界狀態而產生側向力，又因水平繫條強度不足而產生側向移動，導致西側第 1 柱到第 4 柱間之下層版及模板支撐倒向南側，如圖 29。於造型斜版上作業的勞工 3 人自斜版上掉到四樓露臺上而受傷。

災害原因分析：依據勞工委員會中區勞動檢查所分析，不安全的狀況為，以可調鋼管支柱為模板支撐之支柱，未設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，以防止支柱移動。



圖 29 設計時未考慮側向力導致倒塌

(七)下工途中因支撐架倒塌發生勞工傷亡案例[23]

民國 95 年 1 月 14 日上午 8 時許，甲公司領班帶領 15 名勞工及乙公司帶領約 8 名勞工，至該工程 CUB 棟第二區工地 1 樓分別從事廢水處理、機械設備電氣管路安裝作業及水泥粉漿作業，當工作至中午 12 時許，該工區之作業勞工開始休息，準備陸續從 1 樓樓版穿越剛於當天上午 11 時 30 分許澆置完成之卸貨平台下方第一層模板支撐架，並行經鋼管施工架工作台及斜爬梯之動線，以走出工區休息吃飯，約至中午 12 時 5 分許，模板支撐架各構件突然劇烈晃動並傳來響亮聲音，晃動過程約經 3 秒後，整個卸貨平台及模板支撐架隨即崩塌落於地面(圖 30)，造成勞工 1 人死亡 1 人受傷。

災害原因分析：依據勞工委員會南區勞動檢查所分析，不安全狀況包括：

- 1.卸貨平台模板支撐架事先未經由專人妥為設計。
- 2.混凝土澆置後尚未初凝前，未指定安全出入口。
- 3.支撐架之交叉拉桿未設置，導致支撐架之容許承載力驟降。

災害防止對策[23] (部分)：

- 1.對於模板支撐應由專人事先以模板形狀、預期之荷重及混凝土澆置方法等妥為設計，以防止模板倒塌危害勞工。(營造安全衛生設施標準第 131 條第 1 款及勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)
- 2.以鋼管支撐架為模板支撐之支柱時，鋼管架與鋼管架間應設置交叉斜撐材。(營造安全衛生設施標準第 136 條第 1 款及勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)

- 3.對於鋼管施工架之構架方式應依國家標準(CNS 4750 A2067)之規定辦理。
(營造安全衛生設施標準第 59 條第 1 款及勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)
- 4.實施混凝土澆置作業，應指定安全出入口。(營造安全衛生設施標準第 142 條第 7 款及勞工安全衛生法第 5 條第 1 項)



圖 30 勞工下工途中卸貨平台及模板支撐架倒塌

(八)從事模板支撐作業鋼板模倒塌災害[22]

94 年 11 月 27 日某工地一人吊放鋼板作為護岸基礎側模，另一人以木角材作為鋼模板支撐組立作業，當日上午自橋下方往下游方向共完成七片鋼模組立作業，下午完成第八片時，突然木材斷裂，罹災者被第八片鋼板模壓倒。

災害原因分析：依據勞工委員會北區勞動檢查所分析，不安全狀況為，模板支撐未由專人事先以模板形狀、預期之荷重妥為設計。

(九)從事版橋拆模作業發生版橋崩塌災害[23]

災害發生於 94 年 2 月 2 日上午 11 時許。災害當天三名勞工於當日上午 10 時許上工，該三名勞工分工先拆除矩形暗溝兩外側模，後進行右邊內側版支撐移除及右側牆內模拆除，再進行左邊內側版支撐移除，最後再拆除左側牆內模，才能完成拆模程序；然約上午 11 時許在進行左邊內側版最後一支支撐時，突然整座混凝土版橋頂版倒塌(圖 31)，二名勞工被重約 3.78 噸混凝土頂版壓住，造成勞工 1 人死亡 1 人受傷。

災害原因分析：依據勞工委員會南區勞動檢查所分析，災害發生之原因為，

未確認版橋頂版混凝土是否已達安全強度之拆模時間，就進行拆模。

災害防止對策[23] (部分)：

- 1.應依構造物之物質、形狀、混凝土之強度及其試驗結果、構造物上方之工作情形及當地氣候之情況，確認構造物是否已達安全強度之拆模時間，方得拆除模板。(營造安全衛生設施標準第一百四十七條暨勞工安全衛生法第五條第一項)



圖 31 從事版橋拆模作業發生版橋崩塌災害

(十)某預力混凝土橋模板拆除作業時模板支撐架倒塌災害案例[22]

92 年 11 月 18 日某橋梁工程之場撐邊跨箱型梁正從事模板拆除工作，該場撐之邊跨橋塊突然倒塌，造成兩名勞工被壓致死。

災害發生橋塊掉落時，橋塊前方首先撞擊地面後翻轉一圈，停於北端懸臂工作車之下方，橋塊前方之鋼筋皆已彎折(圖 32 左圖紅色圈畫處)。

橋塊腹版下方之 20 支鋼管支撐皆遭壓垮，且一半以上之支撐架壓垮後被擠壓到地面上(圖 32 右圖紅色圈畫處)，而橋塊兩旁翼版下方之 20 支鋼管支撐架部分有彎折但未遭壓毀。

災害原因分析：依據勞工委員會北區勞動檢查所分析，不安全狀況包括：

- 1.模板支撐施工方法、順序與鋼管支撐架未妥為分析與設計，鋼管支撐架之安全係數偏低。
- 2.邊跨節塊與懸臂工作車施作之節塊尚未閉合，且邊跨節塊未設置任何抵抗

水平力之固定方式，邊跨結構易因不當擾動，引起連續性支撐壓毀，而致倒塌。

- 3.未於事前妥善規劃邊跨節塊支撐系統，以致於懸臂工作車施作閉合節塊時，必須拆除部份支撐，而致倒塌。

災害防止對策包括[22]：

- 1.模板支撐施工方法、順序與鋼管支撐架應妥為分析與設計，鋼管支撐架之安全係數應足夠。
- 2.在邊跨節塊與懸臂工作車施作之節塊尚未閉合，且邊跨節塊未設置任何抵抗水平力之固定方式前，邊跨結構不應有不當擾動。
- 3.應於事前妥善規劃邊跨節塊支撐系統。



圖 32 預力混凝土橋梁因支撐架過早拆除致崩塌

(十一)中二高工程橋梁支撐架倒塌案例[28]

中二高工程自開工以來，於 88 年 3 月至 90 年 4 月底，共計發生 14 件重大職業災害。其中倒塌 6 件，造成 11 人死亡，44 人輕重傷情事(不包括 99 年 9 月 30 日北山交流道支撐架崩塌災害)。其中 3 案例如下列：

1. C307 標支撐架倒塌一死二傷職業災害案

89 年 6 月 30 日 15 時 30 分許，3 名泰藉勞工在橋面版上從事外模調整作業時，橋下地面一名泰藉勞工駕駛吊卡車(最大吊升荷重 2.5 公噸)倒車轉彎時，擦撞支撐框架底座突出型鋼，造成橋面底版滑落，橋面版上 2 名泰勞掉落地面，造成輕重傷，另橋面版支撐架型鋼掉落撞擊地面上，造成吊卡車駕駛致死災害。

災害原因分析[28]：災害發生可能原因係罹災者駕駛吊卡車倒車轉彎時，擦撞支撐框架底座型鋼，致整座支撐框架偏移倒塌，支撐架頂橋面版底模掉落，致橋面版底模上兩名泰勞墜落造成輕重傷及地面上吊卡車駕駛被掉落型鋼撞擊死亡災害。

預防對策[28]：

- 1.以型鋼之組合鋼柱為模板支撐，高度超過四公尺時，應於每隔四公尺以內向二方向設置足夠強度之水平繫條，並防止支柱之移位。
- 2.吊升荷重未滿五公噸之移動式起重機之操作勞工，應使其受特殊作業安全衛生教育訓練。
- 3.於作業場所指派經安全衛生訓練之現場安全衛生監督人員。

2. C304B 標橋面版倒塌職業災害案(圖 33)



圖 33 現場撐橋樑倒塌情形

89 年 11 月 18 日上午八時許，P3L-P4L 進行場撐段及懸臂工法段之閉合處(寬約 2 公尺)進行模板組立作業，上午 11 時左右，工作車之模板已推進到場撐段約 40 公分處時，突然橋面跳動，隨即整個工作車之底版模板和場撐箱型樑往下傾倒，罹災者自高約 9 公尺處墜落地面，送醫不治死亡，另 2 名勞工擦傷，送醫治療包紮後返回宿舍休息。

災害原因分析[28]，災害發生之可能原因如下：

- 1.災害現場支撐架搭設與設計施工圖不符。

2. A2 到 P4L 的預力未施，即拆除模板支撐架。
3. A2 到 P4L 之施工架拆除之後，約 80 公分的橋面版沒有支撐架予以支撐。

預防對策[28]：

1. 應依構造物之性質、形狀、混凝土之強度及其試驗結果、構造物上方之工作情形及當地氣候之情況，確認構造物已達到安全強度之拆模時間，方得拆除模板。
2. 場撐橋樑工程模板支撐架施作，應確實依設計施工圖及施作程序逐次施工，並建立安全稽核機制適時稽查。

3. C306 標高架橋混凝土施工倒塌案(圖 34 及圖 35)

89 年 11 月 30 日晚上 10 時 15 分許，苗栗縣後龍鎮成功路與新港路交叉路口附近，正在施工中之「中二高 C306 標工地」，在橋墩(P28L-P30L)位置，進行箱型樑混凝土澆置時，突然發生倒塌。該施工處是在距離地面約 25 公尺高之陸橋上面，當時共有 19 位工程人員在進行施工，在一瞬間隨著箱型樑之倒塌而墜落地面。其中 18 人受傷送醫治療(本國 2 人、菲國 16 人)，僅 1 人倖免於難。

災害原因分析[28]災害發生之可能原因如下：

1. 自主檢查表對於鋼構模板支撐未詳細檢查。
2. 模板支撐基礎可能沈陷，該橋面版工程倒塌之前，於 11 月 16 日已完成底版部分時，並未發現沈陷現象，澆築前已先行檢查，但無檢查紀錄可稽。於 P29L 至 P30L 中間支撐之南側有一條灌溉土溝寬(60 公分，深 30 公分)橫過施工區，另外東側亦有一條較大灌溉土溝(寬 1.2 公尺，深約 60 公分)距離各支柱基地約 1.2 公尺，該二條灌溉溝至農耕期流量可能較大，尤其東側靠近基地之大灌溉溝，影響基地之土質較為嚴重。

不安全狀況[28]：

1. 模板支撐組立無詳細檢查項目，可能無法確定施工品質。
2. 支柱高度超過 4 公尺，未設有足夠強度之水平繫條。

3.不安全環境：模板鋼構支撐之支撐柱基地旁有農田灌溝，可能對於基地之土質滲透，產生土質鬆軟承載力不足。

預防對策[28]：

- 1.於型鋼組合之模板支撐支柱，靠近灌溉溝應採防止土質滲水措施。
- 2.以型鋼之組合鋼柱為模板支撐之支柱時，其高度超過 4 公尺時，應於每隔 4 公尺以內向二方向設置足夠強度之水平繫條，並防止支柱之位移。
- 3.模板支撐組立應有詳細檢查項目。
- 4.模板支撐施作應確實依設計施工圖及施作程序逐次施工，並建立安全稽核機制，適時稽查。



圖 34 (P28L-P29L)傾倒情形



圖 35 支撐倒塌之全景

(十二)嘉義縣某醫院新建工程模板支撐倒塌職災案例[29]

民國 87 年 10 月 4 日下午 7 時 25 分許，某建設工程公司正進行「嘉義縣某醫院新建工程」大門門廳入口大樑混凝土澆置工作時，模板支撐突然發生倒塌(圖 36)，現場作業勞工紛紛墜落地面，經送醫急救，仍造成勞工 1 死 6 傷慘劇。

災害現場之模板支撐係採用單排複合式模板支撐系統(圖 37)，即框式施工架與可調鋼管支柱所組合(寬度約 91 公分，高度約 8.2 公尺)，組合界面以角材為貫材，並以鐵釘將可調鋼管支柱固定於貫材上，因此探討本次災害發生原因，可能因模板支撐系統組合界面無法承受過大側向力，故於澆置作業過程中，產生相對滑動而造成模板支撐倒塌事故[29]。

模板支撐為營建工程施工過程中所使用的臨時支撐體，因歸屬於臨時性設施，致在組搭、拆除及使用管理上經常被忽略其重要性，致使模板支撐倒塌災變頻傳：民國 84 年 1 月，基隆市某工地，於新建地下室籃球場頂層模板灌漿作業發生倒塌，造成 11 名勞工輕重傷；同年 11 月高雄市某公司高爐擴建工程，鋼管支撐系統發生倒塌，造成 6 名勞工輕重傷；民國 86 年 12 月，高雄縣某配水池新建工程，於水池頂蓋模板灌漿作業發生倒塌災變，造成 7 死 12 傷的悲劇。因此如何有效防止類似災害事故發生，建議(部分)如下[29]：

- 1.應依模板形狀、預期之荷重及混凝土澆置方法等妥為設計模板支撐；為防止支柱的移位，其腳部應予以固定，並襯以墊板、座板或敷設水泥，以防止支柱之沈陷。
- 2.任何材質之模板支撐，應於適當高度內設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，並將水平繫條支撐於堅固側壁，若支撐上端支以樑等貫材，應置鋼製頂板，並固定於貫材，以防止支柱之移動。
- 3.澆置混凝土作業，應避免偏心載重，故大面積或量大之構件澆置時，應考慮分次澆置；澆置作業期間可能影響模板支撐結構安全之振動，如作業人員之活動、水平輸送管往返振動、混凝土自輸送管流出之衝力、搗實振動機之振動，以及移動輸送管之振動等，均應於模板支撐設計時納入考量。
- 4.確認構造物已達到安全強度之拆模時間，方得拆除模板，必要時應予再支撐。



圖 36 模板支撐倒塌情形



圖 37 模板支撐架設情形

(十三)某加壓站配水池工程模板支撐倒塌事故[30]

某營造股份有限公司承建台灣省自來水股份有限公司某加壓站配水池工程於 86 年 12 月 13 日配水池頂蓋灌漿工作，預計分三層實施灌漿(第一層以粒徑小之混凝土灌注，以便均勻鋪面避免蜂窩，第二層一般粒徑之混凝土灌注，第三層以坍度較小之混凝土收面)，當天預計灌注 400 立方公尺之混凝土，但灌注到 200 立方公尺時，就發生倒塌事件。

由於該工程因配水池底座模板支撐之鋼管架與鋼管架間，未設置交叉斜撐

材，靠近池壁之鋼管架未與池壁連結。配水池底座模板支撐之單管可調式鋼管支柱連結 4 至 5 層，且未於每 2 公尺設置縱、橫向之水平繫條。配水池圓頂蓋上未設置安全母索及安全帶。頂蓋下方單管可調式鋼管支柱與門型鋼管架及單管可調式鋼管支柱間未完全連結，及單管可調式鋼管支柱未設置縱、橫向之水平繫條。混凝土壓送車之壓送管靠於鋼筋上，壓送混凝土造成衝力及可能承受偏心載重，致造成圓頂下方單管可調式鋼管支柱無法抵抗側向水平力，而先行脫落，致整組模板支撐無法承受打設重量約 460 公噸之混凝土載重而全面倒塌，位於配水池頂蓋上方之作業勞工因未配帶安全帶，故伴隨倒塌之模板支撐墜落至距頂蓋高度 27 公尺之配水池底部，造成 7 位勞工死亡，12 位勞工輕重傷。

(十四)北部某工地地下室結構工程模板支撐倒塌事件[28]

國內營造工程常見使用木板模板支撐進行施工，而支撐材料強度、結構強度及變化因素(高度、接頭)之關係卻常為業者所輕忽，致澆置混凝土時常發生倒塌事故，造成人員財務之重大損失。發生於北部某工地地下室結構工程模板支撐倒塌事件即為模板支撐作業未依預期荷重及混凝土澆置方法妥為設計，且現場安全衛生管理制度未建立，安全管理工作未落實推行，而造成勞工 6 人重傷、5 人輕傷的不幸案例[28]。

發生災變之工地為一集合住宅新建地下室結構工程。災變前，該工地正從事地下室頂蓋混凝土灌漿作業，約有八、九名模板及混凝土工於頂蓋模板上方灌漿與監視模板變化，另有 3 名勞工則在地下一樓內顧模。據災變目擊者稱：「當時多處模板漏漿，模板下有勞工正從事補模，但瞬間整座頂蓋模板向中央傾斜塌陷，在模板上的 8 名勞工都掉落地下一樓，模板下的 3 名勞工則被壓傷。」[28]

依據相關人員及現場勘查結果[28]，研判災害原因應為頂蓋模板支撐作業未依預期荷重及混凝土澆置方法妥為設計施工，作業現場又未選派經安全衛生訓練之作業主管監督作業，且下層木材支柱組成後露天擱置七、八個月，已失去預期強度而未實施安全檢查以發現該項缺失，致無法支持混凝土及鋼筋配重而倒塌，致頂蓋模板上施工人員滑落受傷，下方人員被壓傷送醫治療。

三、國外模板支撐倒塌災害案例與原因分析

(一)日本某混凝土橋面崩塌案例[31]

2010 年 5 月 28 日日本九留米市大橋町合樂地附近，總長 56m(兩跨)、寬 10m 的橋梁於預拌車在橋梁左右兩側實施澆鑄時，左側橋台到 P1 墩柱間的模板支承倒塌(圖 38)，造成 10 人受傷。調查結果主要原因為[31]：斜撐及水平鋼架未按圖施工(圖 39、圖 40)。



圖 38 由上游往下游方向拍攝



圖 39 型鋼支撐架未依圖施作

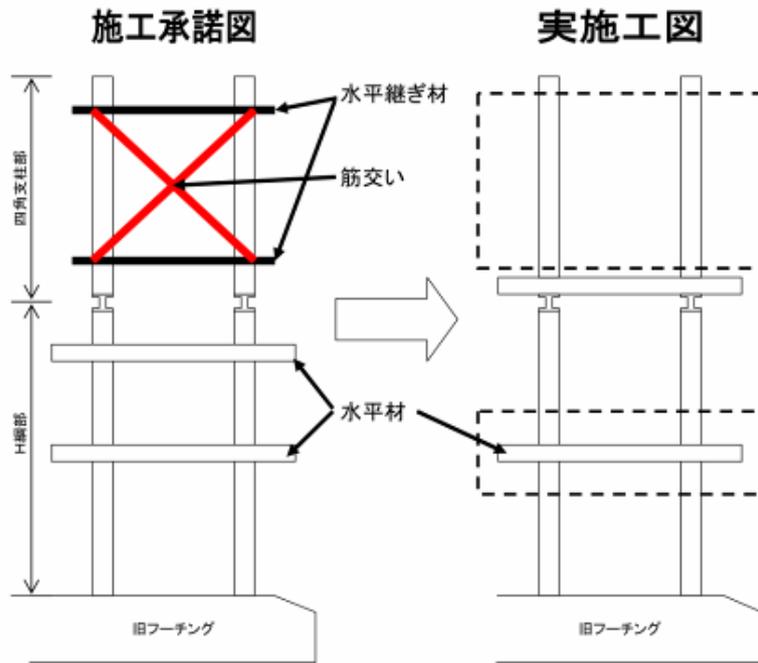


圖 40 左為型鋼支撐架設計圖，右為實際施作示意圖

(二)斜張橋橋面崩塌案例[32]

2007年9月26日，位於越南 Can Tho 市南方跨越孝河、耗資 3.43 億美元、設計長度 2.75 公里的斜張橋，於施工時一段約 90 公尺長的橋面崩塌墜落至 30 公尺下的地面，如圖 41，造成 50 名勞工死亡，超過 80 名勞工受傷。原因可能為大雨造成基礎支撐力不足[32]。



圖 41 基礎支撐力不足造成倒塌

(三)高速公路橋梁施工中崩塌案例[33]

2005 年 11 月 7 日，西班牙南方 Almunecar 鎮附近一座高速公路橋梁於施工時崩塌，原因可能為支撐先進工法的支撐架精準度不佳，造成不平衡而倒塌，有 6 名勞工死亡，3 名勞工受傷。

該橋施工方向為由西向東進行，支撐先進工作車經由架設於鋼桁架支撐上的鋼軌移動，長度為 130 公尺跨坐在三個墩柱間。

數位英國橋梁工程師檢視事故發生前後的照片，認為事故發生的原因是因為三座橋墩間的跨距太大，以致支撐桁架無法同時座落在三座墩柱上，承包商可能因而試圖調整支撐桁架以致造成支撐桁架偏移[33]。

(四)鋼筋混凝土橋施工中倒塌案例[34]

2003 年 12 月 3 日，美國加州 Napa 市耗資四千萬美金 60 英尺高位於的 Imola 大道的鋼筋混凝土橋於施工中倒塌，造成一名勞工死亡。倒塌當時一名勞工正使用千斤頂調整模版支撐架的腳部高度，而千斤頂所在位置又較原預定位置偏移 5 公分。調查結果事故原因包括：(a)模版支撐無設計圖說；(b)模板支柱腳部穩固性不足，以致無法承受載重等[34]。

(五)2002 年 10 月 12 日美國紐約州人行陸橋崩塌案例[35]

2002 年 10 月 12 日美國紐約州 Marcy 市一座 170 英尺長的人行陸橋(Marcy 橋)於澆置混凝土時崩塌，如圖 42，造成 1 人死亡數人重傷的職災。此座橋為鋼箱型梁混凝土橋面版，當時橋面版混凝土由北端往南端灌漿，於灌漿至將近中點時，橋面突然發生扭轉並倒向東邊，從橋台墜落。

事故調查者迅速於崩塌後檢視現場，收集樣本並進行試驗、查看過去及現行設計及施工規範、與橋梁承包商訪談、以及進行電腦模擬後，判斷崩塌原因為支撐架對扭力承受能力不足，無法承受新灌混凝土的重量[35]。

由於此類型的橋梁在混凝土硬固前，對扭轉的承受能力甚低，當時設計規範並未要求對橋梁支撐架或其斜撐要求進行扭轉的檢核。此意外發生前數月，瑞典亦發生類似的崩塌案例。故不久後美國公路及運輸協會(AASHTO)即修正其設計規範，避免類似情況再度發生[35]。



圖 42 人行陸橋於澆置混凝土時崩塌

(六)日本某連絡道模板支撐崩塌案例[31]

2000 年 1 月，日本大分縣某連絡道於箱涵拓寬工程灌漿期間，支撐箱涵頂部的模板支撐中央部份(H=6500mm)在灌漿時倒塌。造成混凝土漿、支撐鋼材散落於車道上。

事故調查委員會分析其原因包括[31]：

1. 分包商未依設計圖施作。直接將數量不足的水平構材與豎向支撐組合成支撐系統。(設計的水平構材數量為 9，豎向支撐為 8。現地把構材間隔加寬，水平構材與豎向支撐都只使用 4 組。)
2. 混凝土灌漿時，上部載重超過中央部份支撐柱與豎向支撐的強度。造成中央部份支撐挫屈倒塌。

(七)日本某體育館工程模板支撐崩塌案例[31]

1992 年 2 月 14 日，日本神奈川縣綾瀨市海上自衛隊厚木航空基地內體育館建設工程現場，於體育館二樓大梁與樓版混凝土澆置作業進行時，樓版支撐桁架掉落。約 25 分鐘後，周圍支撐架以落下點為中心發生連鎖倒塌。2 樓剛澆置三分之二完成的混凝土與鋼筋崩落，造成 7 人死亡，14 人受傷。

到事故發生前一日為止，一樓柱與外壁已架設完大型支撐架。事故當天，在樓版灌漿時，發生混凝土與其模板及一組桁架掉落的狀況。此時數名工作人員即時停止施工作業下樓查看。約 25 分後，以此掉落點為中心開始發生支撐架倒

塌，最後擴大蔓延為全面倒塌。經調查其原因為：由於人手不足，為了施工容易採取了不熟悉的工法。造成支撐與建材沒固定好，一部分支撐架與建材崩塌落下衍生為支撐架挫屈崩塌[31]。

(八)美國康州 Bridgeport 的 L'Ambiance Plaza 於施工時倒塌案例[36]

1987 年美國康州 Bridgeport 的 L'Ambiance Plaza 於施工時倒塌，如圖 43，造成 28 名勞工死亡，其原因為模板支撐接頭強度不足及混凝土澆置工序與澆置計畫不符[36]。



圖 43 模板支撐接頭強度不足造成倒塌

(九)某鋼構建築倒塌案例

1985 年 12 月，一棟位於洛杉磯市的鋼構建築因在第 15 樓堆置 80 噸重的鋼筋(為設計載重的兩倍)，導致支撐架的梁接頭瞬間破壞，造成建築物中有 10 跨連續崩塌直至地面[37]。

(十)某匝道橋澆置混凝土時崩塌案例[38]

1982 年 4 月 15 日，美國印第安那州一座匝道橋於澆置混凝土時崩塌，造成 14 名勞工死亡，18 名勞工受傷，為印第安納州最嚴重的職災。

當日上午 10:40，橋梁第四單元一部分翻轉墜落於地面，另一部分以鋼鍵與原橋面連接，五分鐘後，鄰接的第五單元亦發生崩塌，如圖 44。

美國勞工部職業安全衛生部門(Occupational Safety and Health Administration)調查結果發現，橋梁崩塌的原因有數個，其中最可能的因素為支撐塔基座的混

土塊因厚度不足而破裂，而關於混凝土塊所需厚度的計算書則付之闕如。此外，用以連接格柵與貫材直徑 2.5 公分的螺栓以鱷魚夾替代，但未找到任何同意替換採用的文件。



圖 44 匝道橋於澆置混凝土時崩塌

(十一)美國某鋼筋混凝土冷卻塔於施工時崩塌案例[36]

1978 年 4 月 27 日，美國西維吉尼亞州 Willow 島一座發電廠的鋼筋混凝土冷卻塔於施工時崩塌，造成 51 名勞工死亡，此為美國史上最嚴重的施工災害，原因為混凝土未達足夠強度，支撐系統即過早拆除[36]。

(十二)美國天際購物中心拆除模板支撐時瞬間崩塌案例[36][37]

1973 年 3 月 2 日，美國維吉尼亞州 Fairfax 郡位於 Bailey's 十字路口的鋼筋混凝土造的天際購物中心(Skyline Plaza)，於第 24 層灌漿時，第 22 層同時正在拆除模板支撐，瞬間出現連續性的崩塌，從第 24 層一直塌至地面，如圖 45，造成至少 14 名勞工死亡，35 名勞工受傷。

美國依利諾大學 Ingvar Schoushoe 教授為混凝土專家，研判事故發生的原因為新澆置混凝土尚未達到足夠強度，其下方的支撐架便過早拆除。現場工作人員則宣稱當時因趕工造成混凝土澆置的速度過快[37]。



圖 45 模板支撐過早拆除導致崩塌

(十三)美國麻州某 16 層公寓施工中倒塌案例[39]

1971 年 1 月 25 日，位於美國麻州波士頓 2000 Commonwealth 路上的 16 層公寓，於施工中有三分之二從屋頂層一直崩塌至地下室，造成 4 名勞工死亡，30 名勞工受傷。調查結果顯示，災害原因包括設計及施工上的缺失[39]。

災害發生時，該公寓頂樓機械室的混凝土正依序由西向東澆置，有兩位勞工於推平混凝土時發現機械室下沉約 1 英吋(2.5 公分)，幾秒後增為 2 至 3 英吋(5~8 公分)，工頭隨即命令暫停澆置混凝土，此時柱邊已開始出現貫穿剪力破壞，柱周圍的樓版下陷 5 至 6 英吋(13~16 公分)，樓版底並出現大裂縫。接著樓版下垂、鋼筋露出，一陣震動後，東邊的樓版崩至第 16 樓並停止。此時吊車及施工電梯開始救援並疏散勞工。

約 20 分鐘後，大樓東側開始發生連續式的崩塌，從 16 樓一直向下崩塌，崩塌結束塵埃落定後，大樓有三分之二已崩塌至地面。

災害原因調查開始時朝向三個方向：支撐頂樓樓版的支撐架崩塌、重物從吊車墜落，或之前新澆置混凝土的強度不足。經進一步調查後發現，崩塌主要原因為設計及施工缺失。設計上未考慮新灌混凝土重量及施工機具重量、亦未考慮柱及樓版間的不平衡彎矩，以致支撐架強度不足；而施作時支撐架及混凝土強度未依圖施作，以致東側支撐架強度不足，無法承受機械室新澆置混凝土及置放於其上的施工機具的重量。

設計缺失還包括貫材長度及數量不足，施工管理缺失則包括現場查驗不足、混凝土未達規定強度以致支撐架過早拆除、及缺乏施工管理等。

類似崩塌案例還包括：1981 年 3 月 27 日美國佛羅里達州可可海灘(Cocoa Beach)一座建築物因貫穿剪力不足造成連續性崩塌，主因包括設計及施工缺失 [39]。

第三章 模板支撐安全性能評估

法令僅是規範營造業者推動勞工安全衛生的最低標準，對於職災預防，雇主本有安全顧慮的義務，故應強化自主管理的功能。營造業職災經常發生，事業單位從事工程施作時，應從系統性管理著手，對工作環境或作業危害之辨識、評估及控制，採取必要的措施。據此，本章擬配合工地現場訪視的結果，分別從設計、施工及管理方面，探討模板支撐倒崩塌的危害辨識並提出危害控制之建議。

國內外模板支撐倒崩塌案例皆顯示最常發生倒崩塌的時機是混凝土澆置時、以及支撐架拆除時。然而，結構體工程需要使用模板支撐者，於鋼筋組立、模板工程、混凝土工程直至支撐架拆除的過程中，只要設計不當或施工不當，都有可能發生倒崩塌災害，本章就模板支撐倒崩塌危害要因就實務面作進一步的探討。

第一節 模板支撐倒崩塌災害要因探討

勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法將營造業分類為第一類事業，其危害風險屬於具顯著風險者。依據勞委會統計資料[40]並經本研究整理，民國 90 年至 98 年間，勞工安全衛生法適用行業工作場所重大職業災害死亡者平均每年每一萬人有 0.618 人，其中營造業重大職業災害死亡者即高達每年每一萬人有 2.428 人，約為全產業平均值的四倍。以總人數而言，民國 90 年至 98 年間，國內營造業重大職業災害死亡人數為 1506 人，占全產業職災死亡人 2926 人數的 50%以上(如圖 46)。而累計 92 年至 98 年營造業重大職業災害造成死亡災害發生的類型(如圖 47)，前三名為墜落滾落、感電及物體倒塌崩塌。92 年至 98 年因物體倒塌崩塌造成勞工死亡的人數，如圖 48 所示，每年皆有約 10 位勞工因物體倒塌崩塌而喪生。

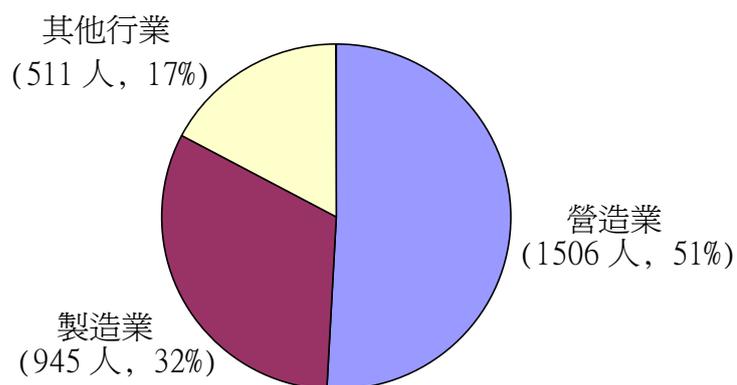


圖 46 職災死亡人數及比例

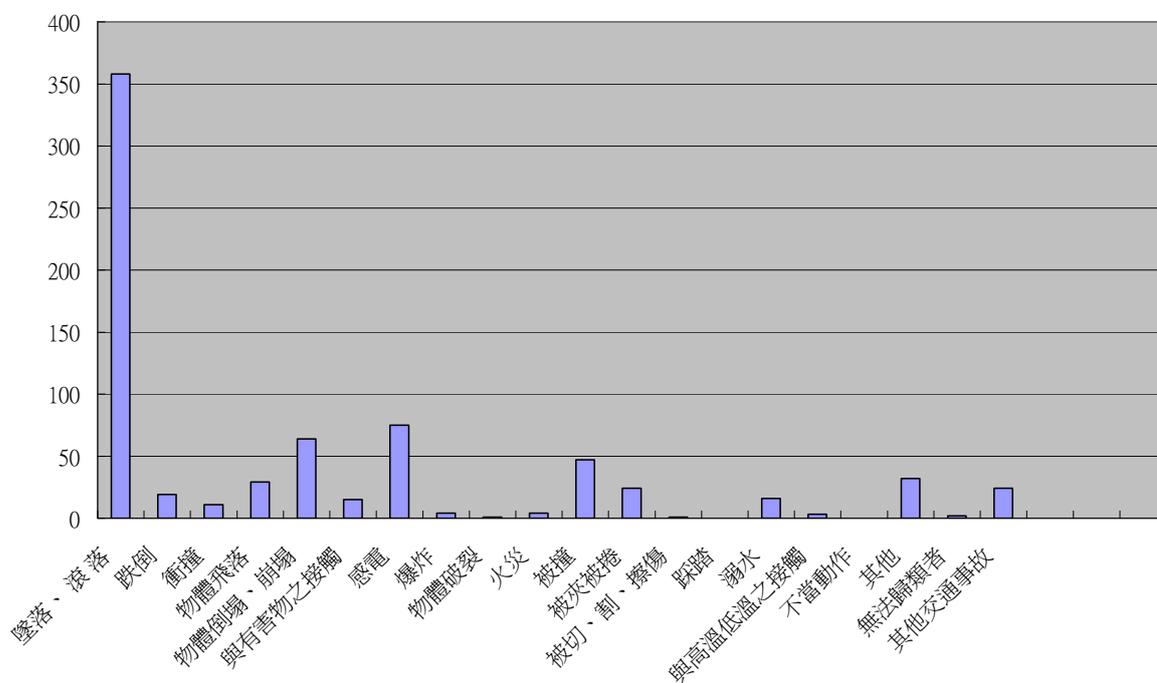


圖 47 勞工死亡災害類型直條圖

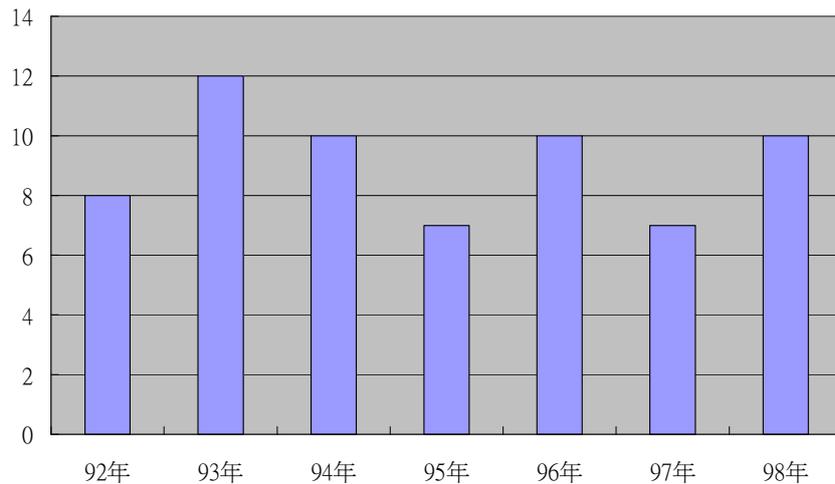


圖 48 物體倒崩塌造成之勞工死亡人數直條圖

在美國，營造業為第二危險行業，僅次於農業。營造業每年發生約 1200 個致死的職災，每一萬人約有 4 人。營造業發生勞工傷亡的原因依序為墜落(約佔三分之一)、交通事故、倒塌崩塌(約佔五分之一)及感電[40]。美國勞工統計局的統計資料[41]指出，營造業職災冠於其他行業，2004 年勞工職災致死者，有五分之一為營造業勞工，職災受傷或生病者，有十分之一屬營造業。2007 年有 1,178 人死亡，其中建築工程發生職災的勞工死亡人數較 2006 年增加 11%。傷病者有 135,350 人，每一萬人約有 190 人。

雖然模板支撐倒崩塌屬於物體倒崩塌的一部分，但無疑的，模板支撐倒崩塌卻為物體倒崩塌中最嚴重的一種。只要模板支撐失效一旦發生，便會造成重大的職業災害，常導致多位勞工受傷或死亡，因此亟需探討模板支撐倒崩塌的災害要因並建立改善對策。

綜觀國內外模板支撐倒崩塌發生的時機，模板支撐失效多發生在混凝土澆置時或在模板支撐拆除時，這兩個關鍵時間點尤應特別注意，但其他時間亦有可能發生，因此模板支撐倒崩塌之危害分析應作綜合性的考量。

有關可能導致模板支撐倒崩塌災害的原因，美國將其分為設計缺失及施工缺失[12]。其中常見的設計缺失包括：

- 1.未適當考慮載重如風力、機具載重及暫時堆放於其上的載重等。
- 2.回撐(reshoring)不足。

- 3.回撐承受應力過大。
- 4.對防止構件轉動的限制不足。
- 5.對防止構件向上錯動的錨錠不足。
- 6.對於施工造成的偏心載重容忍度不足。
- 7.未檢核構件的承載能力。
- 8.未適當設計斜撐。
- 9.未檢討受壓構件的長細比。
- 10.接頭設計不良。
- 11.未考慮架設時構件位置微調引致的載重。
- 12.未考慮預力施拉時的變形。

常見的施工缺失包括[12]：

- 1.混凝土澆置中及澆置後，未檢視是否有不尋常的變位或將發生崩塌的跡象。
- 2.接頭穩固性不足。
- 3.斜撐設置不足或不當。
- 4.未符合支撐架製造者的要求。
- 5.未依設計及施工圖說架設。
- 6.未經作業主管檢視確認依圖施作。
- 7.採用瑕疵或強度不足的材料。

本研究綜合國內外模板支撐倒塌崩塌案例分析結果，將其要因概分為：

一、設計缺失

(一)未適當考慮載重

包括不符合混凝土灌漿計畫、未適當考慮實際施工時可能的偏心載重、未依工程特性考慮載重(如造型特殊處或斜向支撐處等)、未考慮施工時可能堆置的重物而適當加強支撐系統等。

(二)設計與施工特性不符

包括設計與施工工序或混凝土澆置計畫不符、未依地質條件設計、接頭設計不當、斜撐或水平繫條設計不當等。

(三)圖說不完整

(四)未明定支撐系統之拆除時機與工序

二、施工缺失

(一)使用材料強度不足

包括使用具有瑕疵的材料、材料變形等。

(二)施加超過預期的載重

包括隨意堆置重物、施工機具操作不當導致重物飛落、施作精準度不佳以致產生偏心載重等。

(三)未依圖施作

包括支柱間距過大、高度過高、支柱腳部穩固性不足、接頭穩固性不足、斜撐或水平繫條穩固性不足等。

(四)支撐系統拆除不當

包括支撐系統過早拆除、支撐系統拆除工序不當等。

三、管理缺失

(一)查驗項目不足

(二)查驗頻率不足

與相關案例分析結果比對如表 15。另外亦將一般鋼管、可調鋼管支柱、鋼管施工架、及型鋼之組合鋼柱作為支柱時之模板支撐之災害要因，分別繪其魚骨圖如圖 49~圖 52 所示。

表 15 倒崩塌案例與要因之關係

案例編號	設計缺失								施工缺失					管理缺失		
	未 適 當 考 慮 載 重	設計與施工特性不符						未 明 訂 拆 除 時 機 或 工 序	施 加 超 過 預 期 之 載 重	未依圖施作				支 撐 系 統 拆 除 不 當	未 確 實 查 驗	其 他
		工 序 或 混 凝 土 澆 置 計 畫 不 符	未 依 地 質 條 件 設 計	接 頭 設 計 不 當	斜 撐 (含 水 平 繫 條) 設 計 不 當	設 計 圖 說 缺 乏 或 不 完 整	其 他			支 柱 腳 部 穩 固 性 不 足	接 頭 穩 固 性 不 足	斜 撐 (含 水 平 繫 條) 穩 固 性 不 足	材 料 強 度 不 足			
國內(一)										*	*	*	*		*	
國內(二)							*			*		*			*	
國內(三)						*		*		*		*			*	
國內(四)					*						*	*				
國內(五)	*	*				*				*	*	*	*			
國內(六)						*						*	*			
國內(七)						*						*			*	*
國內(八)						*										*
國內(九)														*		
國內(十)		*	*	*	*	*	*	*					*	*		
國內(十一-1)												*				*
國內(十一-2)	*												*	*		
國內(十一-3)						*				*		*			*	
國內(十二)	*										*	*				
國內(十三)	*	*							*			*				

案例編號	設計缺失								施工缺失					管理缺失		
	未 適 當 考 慮 載 重	設計與施工特性不符						未 明 訂 拆 除 時 機 或 工 序	施 加 超 過 預 期 之 載 重	未依圖施作				支 撐 系 統 拆 除 不 當	未 確 實 查 驗	其 他
		工 序 或 混 凝 土 澆 置 計 畫 不 符	未 依 地 質 條 件 設 計	接 頭 設 計 不 當	斜 撐 (含 水 平 繫 條) 設 計 不 當	設 計 圖 說 缺 乏 或 不 完 整	其 他			支 柱 腳 部 穩 固 性 不 足	接 頭 穩 固 性 不 足	斜 撐 (含 水 平 繫 條) 穩 固 性 不 足	材 料 強 度 不 足			
國內(十四)	*	*													*	
國外(一)											*					
國外(二)										*						
國外(三)		*										*				
國外(四)						*				*						
國外(五)	*															
國外(六)								*			*					
國外(七)									*	*	*					
國外(八)		*								*		*				
國外(九)	*							*								
國外(十)						*			*	*						
國外(十一)													*			
國外(十二)								*					*			
國外(十三)	*				*			*	*	*	*		*	*	*	*

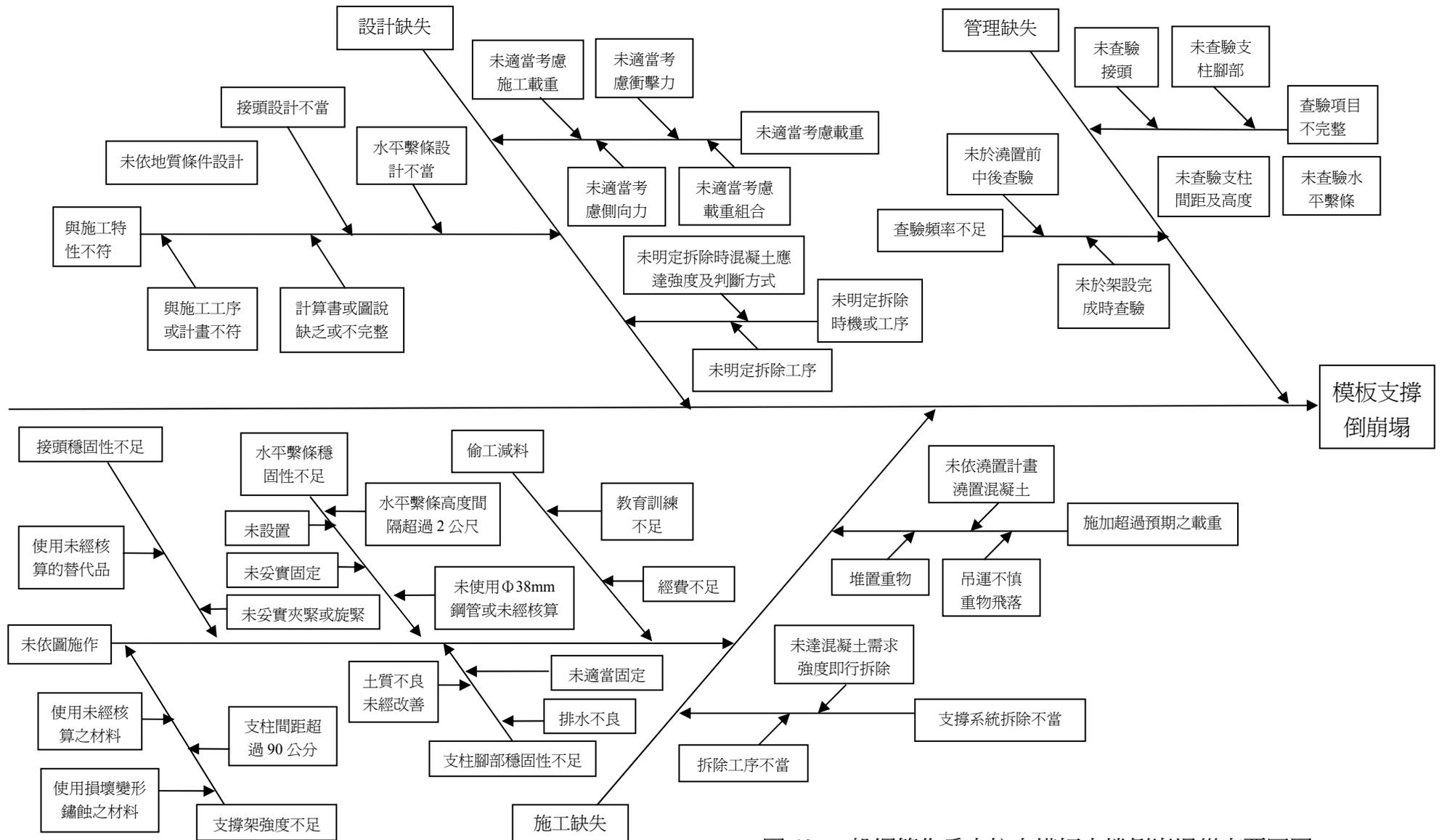


圖 49 一般鋼管作為支柱之模板支撐倒崩塌災害要因圖

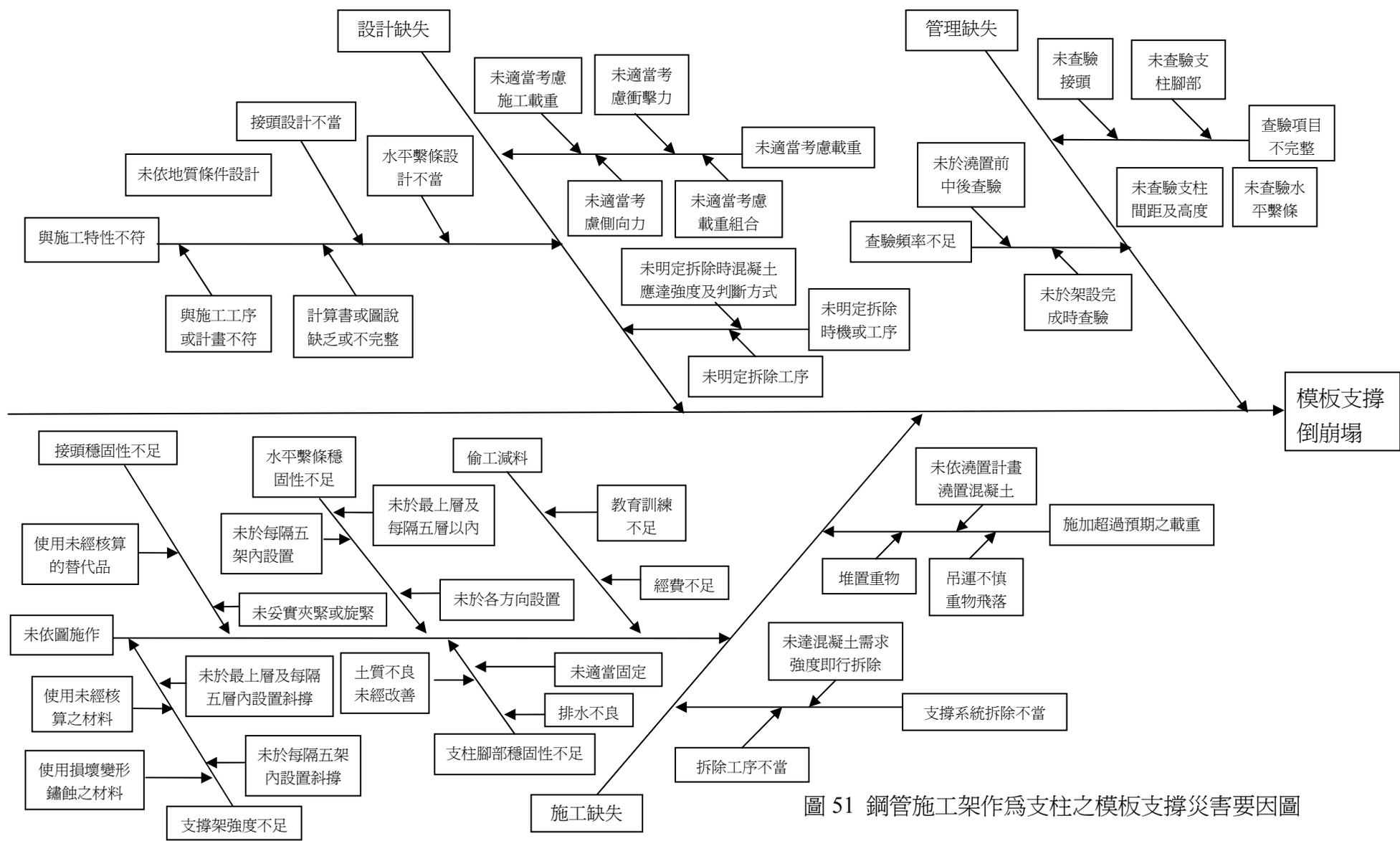


圖 51 鋼管施工架作為支柱之模板支撐災害要因圖

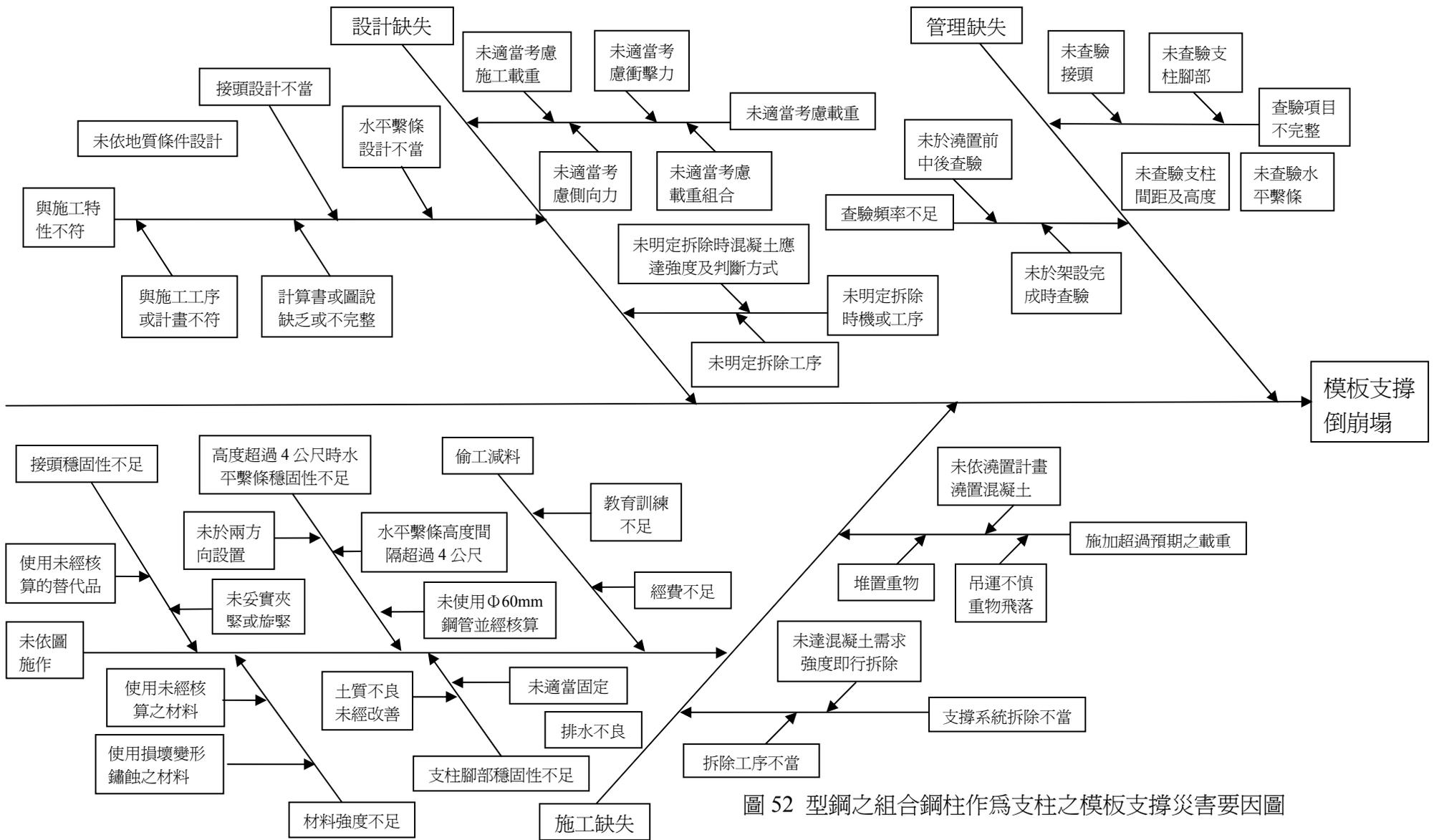


圖 52 型鋼之組合鋼柱作為支柱之模板支撐災害要因圖

第二節 模板支撐失效模式與風險評估

一、設計缺失

(一)未適當考慮載重

設計時未適當考慮載重的原因，常源自於規範規定不明，雇主常就成本的考量，採用較低的安全係數，同時未適當考慮側向力如風力或地震力的影響，亦未考慮混凝土澆置計畫的相關性，以致未適當考慮施工載重及衝擊力。當模板支撐受到超出原設計考慮的載重時，即可能發生倒塌。

圖 53 為架設支撐之基準面不足以負荷其上之支撐自重及結構體重量而失效的示意圖。圖 54 為因變形特性導致荷重集中於少數構件，可能因而造成失效的示意圖。

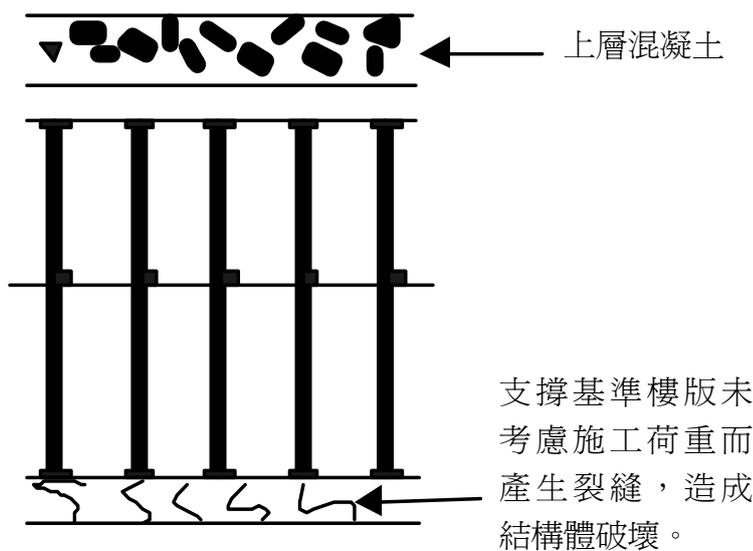


圖 53 下層結構體失敗，支撐下陷

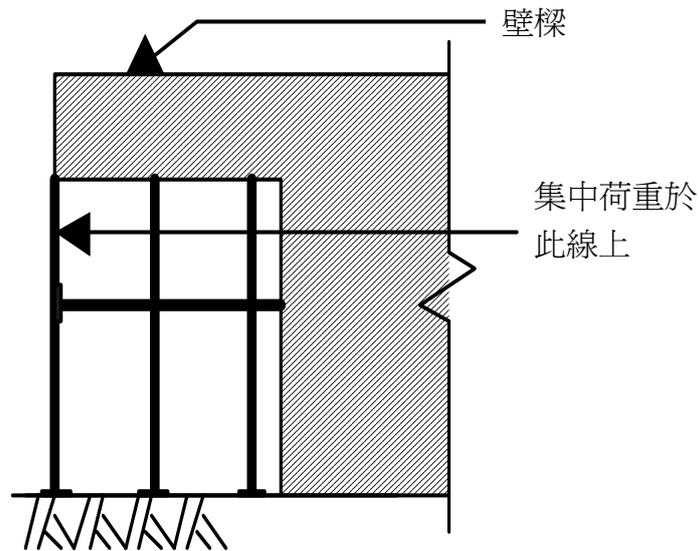


圖 54 因變形特性導致荷重集中於少數構件

設計時應：

1. 依據相關規範考慮各種載重及載重組合。
2. 依混凝土澆置計畫，依照灌漿高度、速度，計算施工載重及衝擊力(圖 55)，且其值不得小於規範之規定大小。
3. 支撐之承載力應同時考慮上層荷重，必要時應於下層設計回撐。
4. 造型特殊的構造物，或變形差異大的構造物，應特別計算其載重。



圖 55 混凝土澆置時產生施工載重

(二)細部設計與施工特性不符

目前許多有關模板支撐的計算書皆相當簡略，而設計圖常套用相似的版本，未考慮工程特性。包括：

- 1.與施工程序或混凝土澆置計畫不符
- 2.未依地質條件設計穩固之基座

支柱基座穩固性不足的原因，除因積水或排水不良、地盤軟弱、未加夯實外，尚包括爲了配合房屋設計造型或於樓梯處，支撐架爲斜向支撐等，如圖 56 所示。



圖 56 樓梯處模板支撐爲斜向支撐

- 3.未依預定採用的材料設計模板支撐
- 4.未依預期施作的實際情況設計接頭
- 5.未適當設計斜撐或橫向支撐
- 6.未適當考慮施工時可能的偏心
- 7.梁支撐設計時未考慮版及梁之載重影響範圍，導致單一支撐時，支撐斷面太小或支撐強度不足而崩塌[26]。
- 8.未對特殊位置特別設計，如斜向支撐或特殊造型處等。

由於每個工程狀況不盡相同，包括工址土質、結構型式、造型等，結構計算及圖說應依據混凝土澆置計畫、支撐架擬使用的材料、接頭及斜撐裝置等，妥為設計，以符合施工特性。

圖 57 為特殊構造如薄殼，如澆置混凝土順序錯誤，使模板產生翹起，支撐無法站立而倒塌的示意圖；圖 58 為支撐高度相差太多，或負荷重量相差太大，以致部分支柱受力過大而失效，可能導致局部或整體崩塌的示意圖。

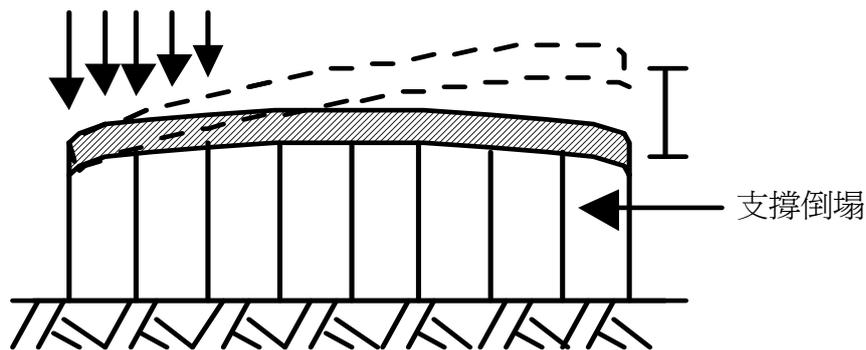


圖 57 特殊構造如薄殼，澆置混凝土順序錯誤，使模板產生翹起

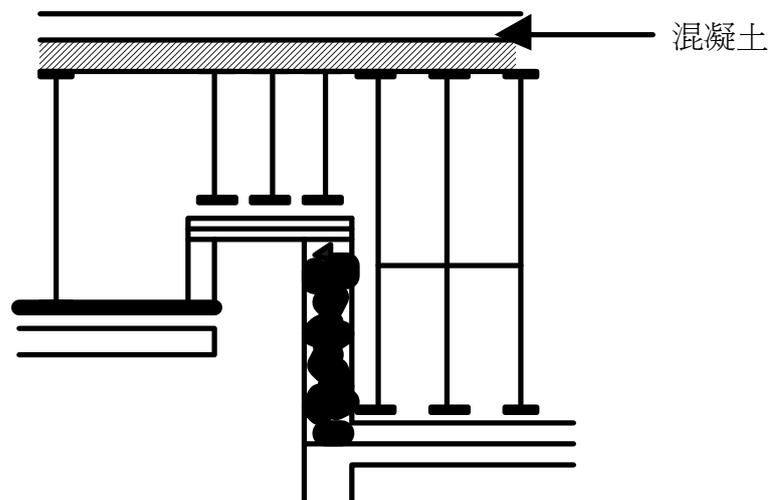


圖 58 支撐高度相差太多，或負荷重量相差太大

(三)未明訂支撐系統之拆除時機與工序

目前相關法規對於支撐系統之拆除時機規定不夠明確，模板支撐的結構計算書多未涉及支撐系統的拆除時機，施工圖說亦未訂定相關的拆除工序，雇主常依本身的經驗進行拆除工作，或為增加模板支撐的轉用率而提早拆除，極易造成模板支撐之倒崩塌。

設計圖說中應針對模板支撐之拆除：

- 1.訂定混凝土需達到何種強度時，模板支撐方得拆除。(模板支撐拆除時機)。
- 2.依據何種方法或試驗，以確認當時的混凝土強度。
- 3.模板支撐拆除的工序，包括因施工需要需拆除部分支撐時，有哪些支撐允許先行拆除。

整體而言，設計缺失不易由表面觀察辨識，因此其危害控制建議：

- 1.由相關權責單位訂定模板支撐之設計規範。
- 2.建立模板支撐結構計算書及設計書圖的審查制度。
- 3.一定規模或一定金額的模板支撐其設計書圖應委由專業技師設計並簽證。
- 4.結構計算書及設計書圖應置放於工地，以便隨時查閱。

二、施工缺失

(一)施加超過預期的載重

- 1.未依混凝土澆置計畫澆置混凝土
- 2.於模板支撐上堆置重物
- 3.施工不慎導致重物飛落

施加超過設計的載重時，會使支撐架原設計的強度無法承受而導致崩塌。圖 59 為載重過大可能因變形過大而力量分配不均，造成失效的示意圖。圖 60 為因未考慮澆置混凝土時產生橫向水平力，或考慮不足，造成支撐振動甚或倒塌的示意圖。圖 61 為由於模板架設不確實，造成澆置混凝土時破模，大量混凝土衝擊支撐，產生水平力，而使支撐失敗的示意圖。圖 62 為因支撐強度不足，無法負荷載重而失效的示意圖。圖 63 顯示細長比太大，無法負荷載重。圖 64 為因支柱太長改為斜向支撐，澆置混凝土時橫向衝擊力使其鬆動而傾倒的示意圖。

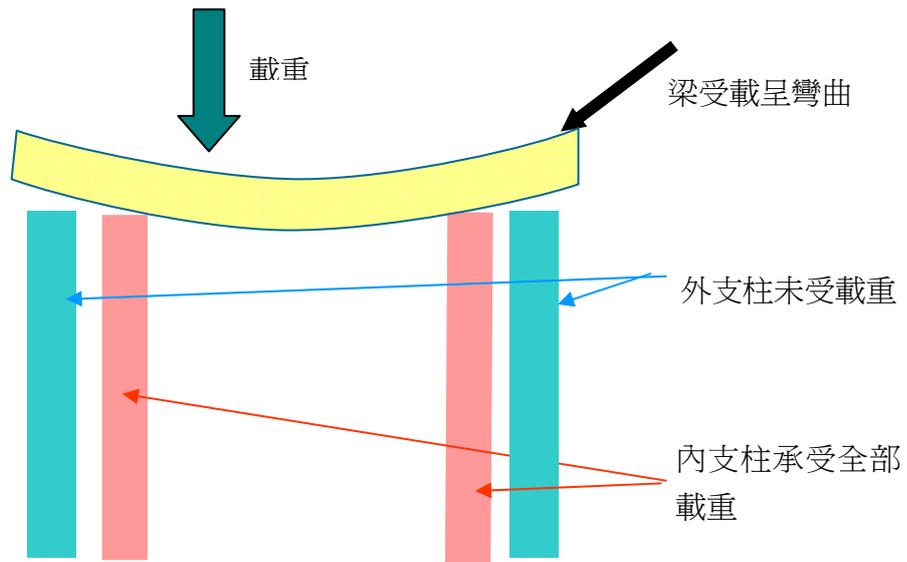


圖 59 載重過大致變形而力量分配不均

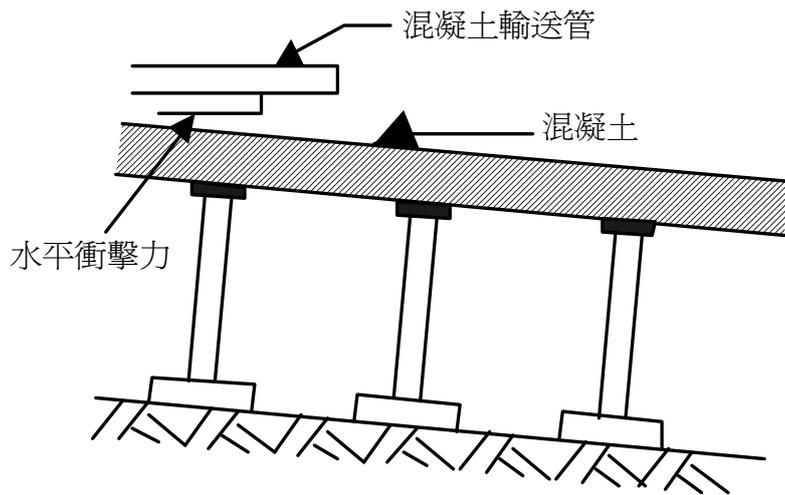


圖 60 未考慮澆置混凝土時產生橫向水平力

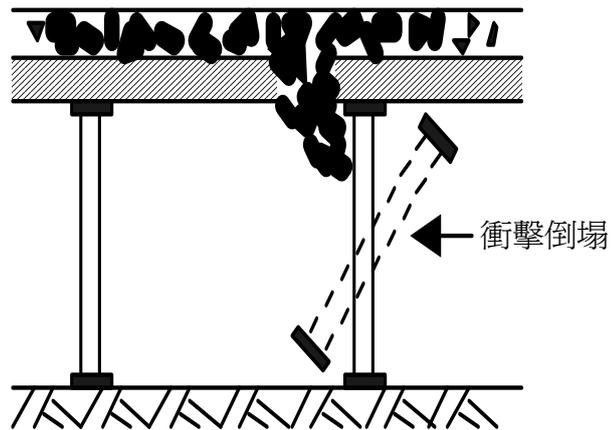


圖 61 模板架設不確實，造成澆置混凝土時破模

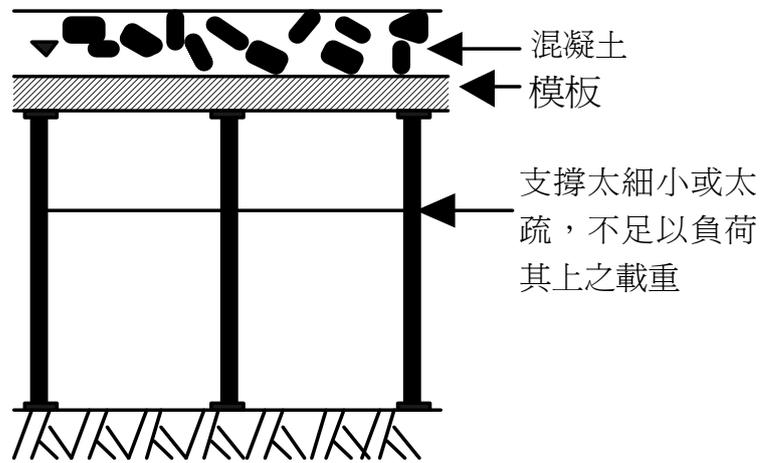


圖 62 支撐強度不足，無法負荷載重

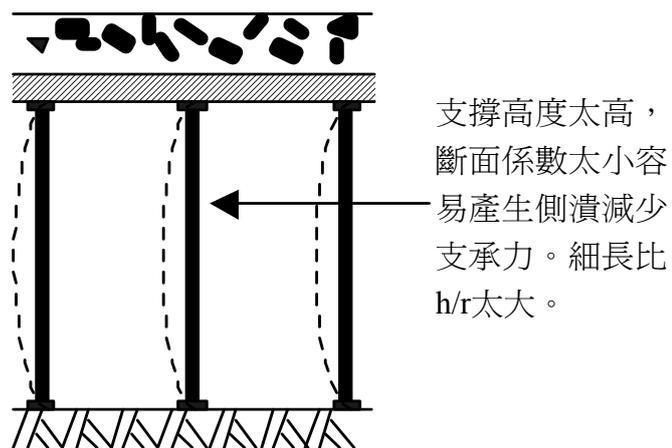


圖 63 細長比太大，無法負荷載重

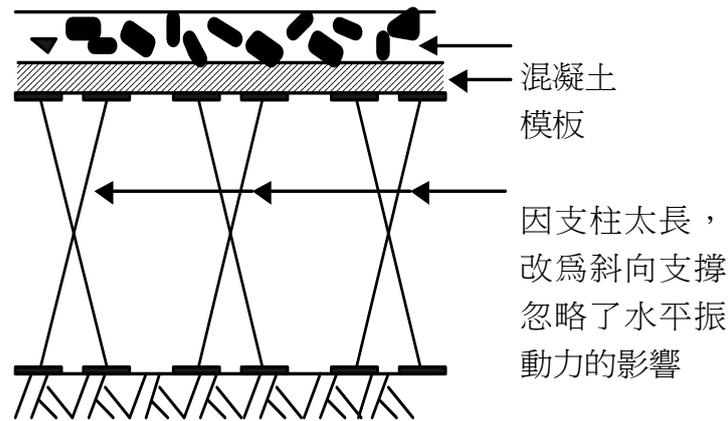


圖 64 澆置混凝土時橫向衝擊力使其鬆動傾倒

危害控制包括：

1. 加強教育訓練
2. 在工地明顯處標示容許荷重。
3. 澆置混凝土時應確認混凝土坍度、灌漿口的高度、灌漿速度、灌漿順序、推平方式等，是否與混凝土澆置計畫及設計書圖相符。

混凝土澆置速度及混凝土坍度等皆會影響產生的施工載重及衝擊力，故混凝土的坍度應加查驗確認，混凝土坍度及澆鑄速度皆應與結構計算、施工圖說及混凝土澆置計畫一致。混凝土澆置順序應注意構造物受力的平衡，勿集中於一處 (圖 65)。

4. 於模板支撐上堆置必要的重物或有機具位於其上時，應分散放置，並確認不得超過設計載重。
5. 機具設備應定期檢查，避免因施工不慎造成重物飛落。
6. 混凝土輸送管儘可能高出模板上。採用滾筒置於混凝土輸送管下，以減少水平力[26]。
7. 模板架設應確實，支撐間距不宜太大，直立模板儘可能以螺栓固定[26]。
8. 確實採用水平側向支撐，縮短有效長度[26]。



圖 65 混凝土澆置順序注意構造物受力平衡

(二)未依圖施作

1.使用材料不當

模板支撐材料如果已發生損壞、變形(圖 66)或鏽蝕，則已失去載重承受能力，不應繼續使用。

尤其是鋼材支撐變形後又予以敲直者均不得作為支撐。如有銲接情形應檢查銲道，包括銲接品質、銲道長度等[26]。

模板支撐架設時，使用的材料可能並非新品，或為有瑕疵的材料，或無法購得原設計的材料而採用替代品，其強度多較新品為低，採用這些材料架設的支撐架強度必然低於預期，載重承受能力也低於預期。

構件組立後顯示明顯彎曲者，載重承受能力差，不宜使用(圖 67、圖 68、圖 69)。



圖 66 鋼管支柱已發生變形



圖 67 鋼管支撐構材變形，已不堪使用



圖 68 鋼管施工架已變形

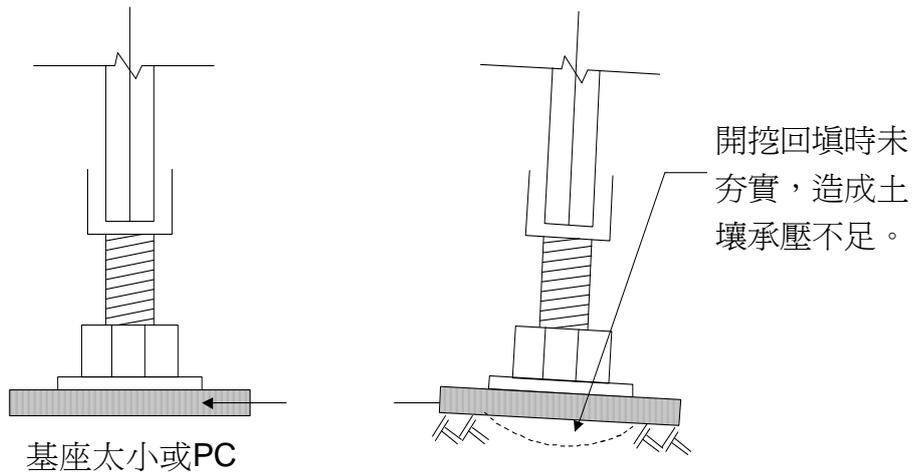


圖 69 可調式鋼管支撐已變形

2. 支柱腳部穩固性不足

以未核算的替代方式作為支柱腳部、或未設置良好的排水系統、或因基礎夯實不足導致掏空，接會使支柱腳部穩固性不足。支撐承放於底層模板處，或高層支撐之結合未採用合適基座或隔板，可能因此產生太大貫穿力，造成部分支撐下陷失效，如圖 70 至圖 79。

支柱腳部為支撐架受力最大之處，支柱腳部的失效必然導致支撐架的失效，因此為支撐架最重要的位置之一。支撐架架設時務必應使支柱腳部足夠穩固，以避免支撐架之崩塌。



基座太小或PC
版太薄。

圖 70 支撐承放於底層模板處及高層支撐之結合未採合適基座

危害控制方法包括：

- (1)依圖施作合適基座。
- (2)PC 須確實打好，或配上適量鋼筋加強[26]。
- (3)注意土質狀況是否與設計圖說一致。
- (4)加強排水避免基礎積水。
- (5)地震、颱風、豪大雨後，應即檢視支柱腳部穩固的情形。



圖 71 支撐架基座穩固性不足

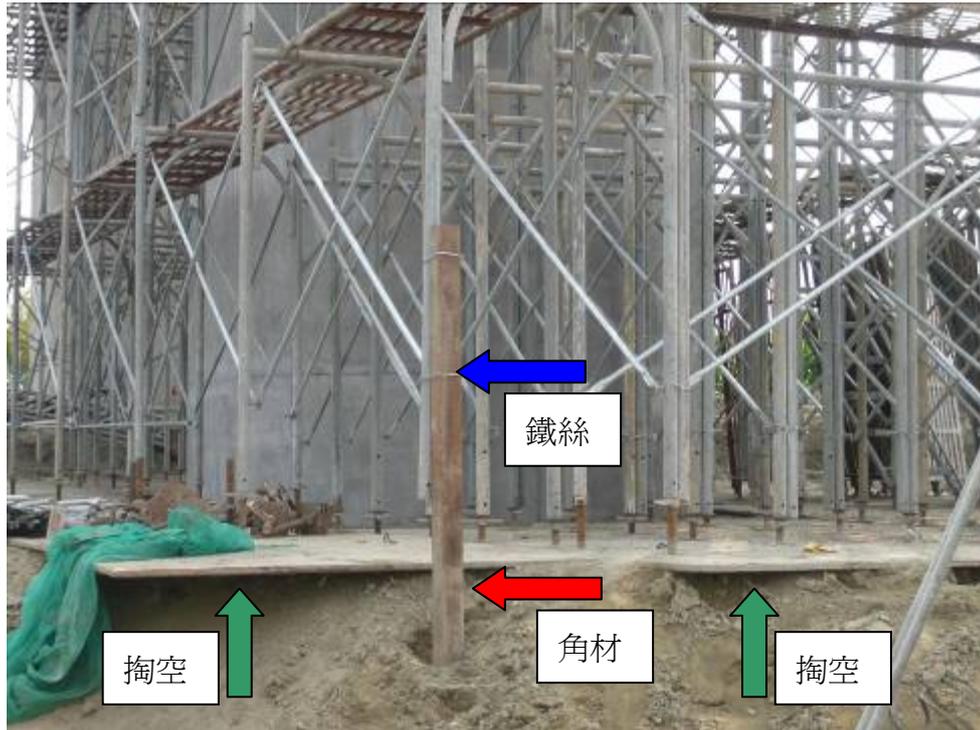


圖 72 支柱腳部以角材替代，連接方式以鐵絲綁紮且鋼板下土壤掏空



圖 73 鐵板較易變形



圖 74 土壤掏空



圖 75 底座交疊放置，穩固性不佳



圖 76 支柱底部未適當固定，土壤未整平夯實

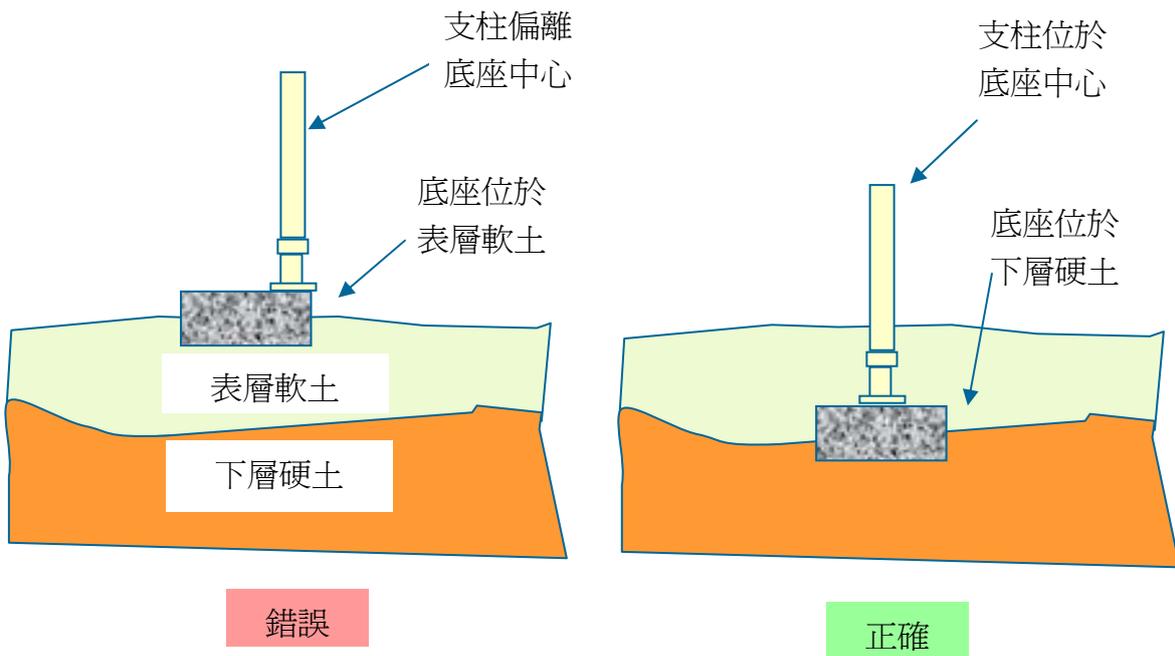


圖 77 基礎佈置圖例

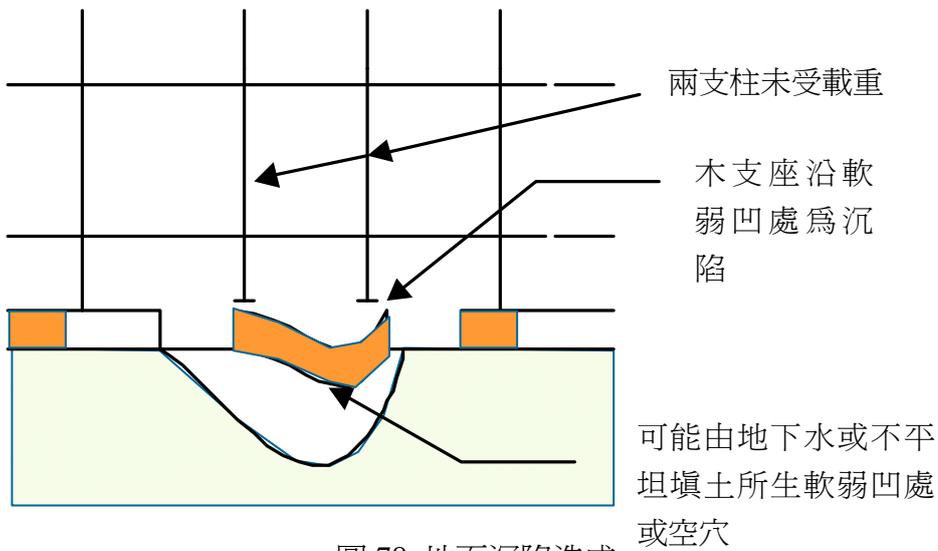


圖 78 地面沉陷造成大變

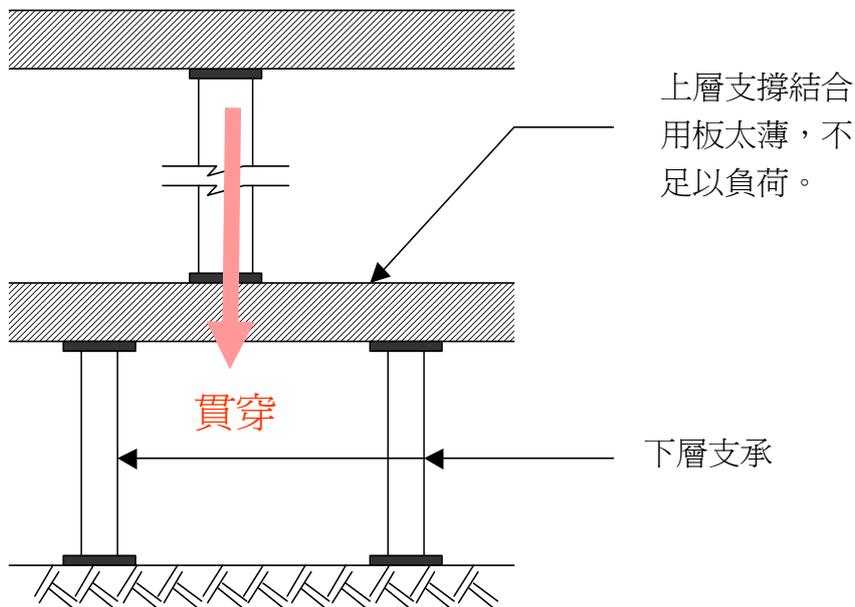


圖 79 接合板厚度須足夠，上下支承儘量在同線上

3. 接頭穩固性不足

支撐架的接頭處常被施工廠商忽略而隨意或僅憑經驗裝設。木支撐或施工架支撐的接頭處常僅以鐵絲綁紮；可調式鋼管支撐架接頭原配置的金屬配件使用日久後常會掉落不見，施工廠商多以三號鋼筋替代，如圖 80 所示。圖 81 為可調式鋼管支柱連結使用時，未使用 4 個以上之螺栓或專用之金屬配件加以連結，以致接頭穩固性不足。(註：行政院勞工委員會 99 年 11 月 30 日修正發布之營造安全衛生設施標準第 135 條已規定可調鋼管支

柱不得連接使用)。圖 82 為支撐架於傾斜面僅以鐵釘固定情形，穩固性不足。



圖 80 可調式鋼管支撐接頭連接以三號鋼筋替代



圖 81 接頭穩固性不足



圖 82 支撐架於傾斜面僅以鐵釘固定情形

框式施工架或鋼管施工架作為支撐之支柱時，調整層與橫梁之接頭多採用 U 型座，架設時應注意施工之精準度，避免偏心。圖 83 至圖 85 為 U 型座接頭受力偏心的案例，其中圖 85 箭頭表示力量，虛線為支柱軸向。此外應以鱷魚夾夾緊固定。圖 86 為未以鱷魚夾夾緊的案例(如箭頭所指處)。



圖 83 與貫材之接頭採 U 型座但未固定



圖 84 接頭偏心

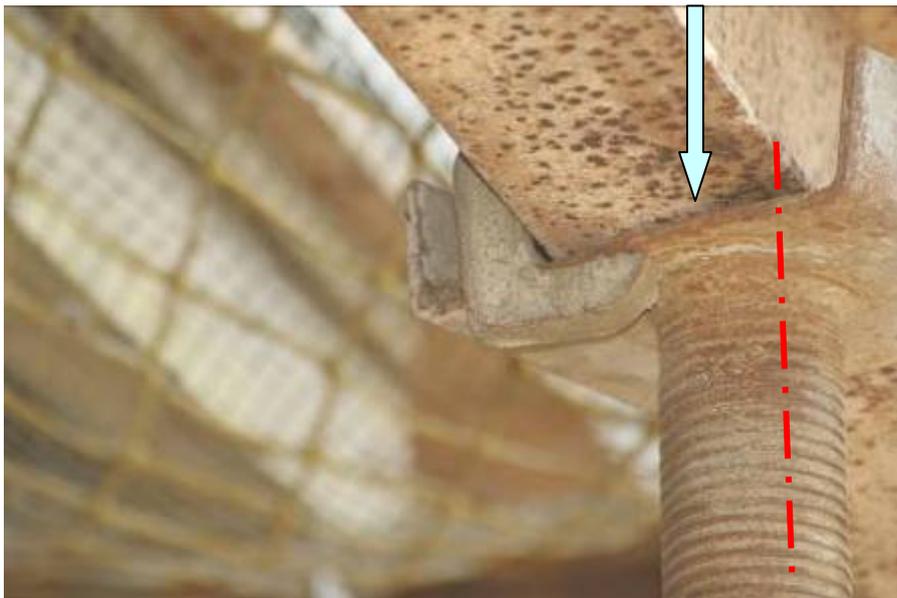


圖 85 接頭裝設與支柱偏心

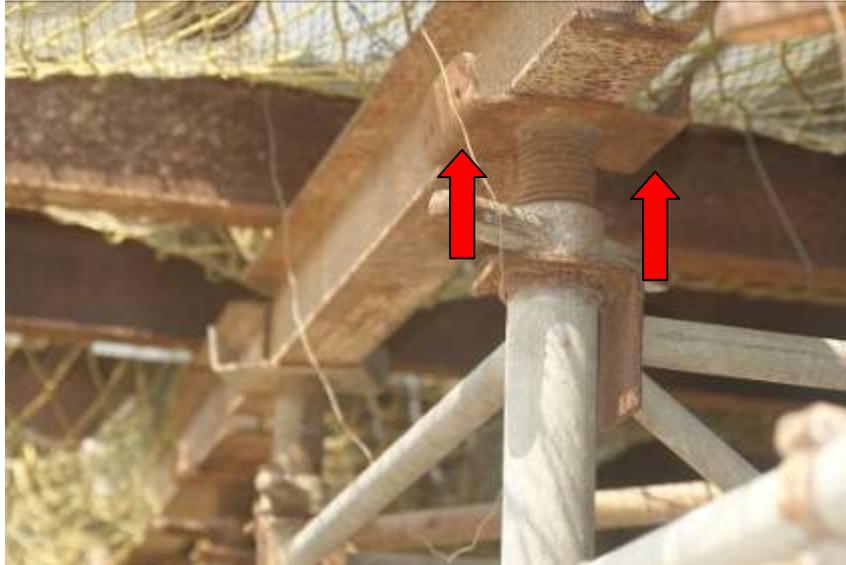


圖 86 接頭未以鱷魚夾夾緊

支撐架的接頭是用以連結支撐架各構件的重要單元，使力量能順利傳遞至地面，接頭失效時，力量無法傳遞，便對支撐架構件造成超出預期大小及方向的力量，而將支撐架推垮。

危害控制方法包括：

- (1)依圖施作。
- (2)採用原制式的金屬配件，勿隨意以其他配件替代。
- (3)如必須以其他配件替代，應經結構計算確認其強度及功能不低於原制式金屬配件或規範之要求。

4.未設置斜撐(水平繫條)或水平貫材穩固性不足

斜撐(或水平繫條)未設置、或設置強度不足或水平貫材穩固性不足，是許多模板支撐倒崩塌的主要原因，卻經常被忽視，如圖 87 至圖 89。

水平貫材主要用以提供側向束制，故應固接於穩固的裝置，如已達到足夠強度的牆或柱等，以防止側向變位造成整體模板支撐系統失效。另行政院勞工委員會 99 年 11 月 30 日修正發布之營造安全衛生設施標準第 135 條已規定可調鋼管支柱不得連接使用。

斜撐或水平繫條主要的用途，可以防止支撐架的構件往側向變形而導致支撐架的崩塌。因為垂直方向的構件能夠承受的載重會與長度平方成反比，加了斜撐或水平繫條後，能非常有效的增加載重的承受能力；反過來

說，沒有加水平繫條使載重承受能力大幅降低，而大幅增加了支撐架倒崩塌的風險。以常見的瓜棚式支撐架而言，未加水平支撐的支撐架(圖 89)的載重承受能力，僅能達到有加水平支撐者的大約四分之一，支撐能力極可能不足。



圖 87 未設置斜撐或水平繫條



圖 88 高度超過 3.5 公尺以上可調式鋼管支撐未加水平繫條



圖 89 可調式鋼管支撐架內木加水平繫條

危害控制方法包括：

- (1)加強教育訓練。
- (2)支撐架架設時注意精準度。
- (3)視採用的支撐架型式，依照營造安全衛生設施標準的相關規定的間距架設斜撐或水平繫條。
- (4)依圖施作，且其標準不得低於營造安全衛生設施標準之規定。

5.調整層設置不當

對於較高淨空使用框式施工架者，由於每一立架之高度固定，大多之情況所需支撐高度不會恰好等於立架高之倍數，因此多必須另行搭接。我國的情況多採用木支撐，以其易於截取適當長度、易於組裝(圖 90)。此等結構系統因材質不同、受力行爲不同，接合處力之傳遞良好與否，以及貫材是否牢固，關係安全至鉅[26]。

圖 91 及圖 92 為採用不同系列產品搭設調整層，可能因接頭穩固性不佳而造成支柱傾斜，因而可能導致失效。圖 93 為框式施工架與調整層間水平貫材側向束制不足造成系統破壞示意圖。

圖 94 為鋼管施工架上方木支撐局部組搭，僅以鐵絲固定，木支柱又傾

斜放置，極易造成失效。圖 95 亦為複合式組搭水平貫材及接頭穩固性不足的案例。

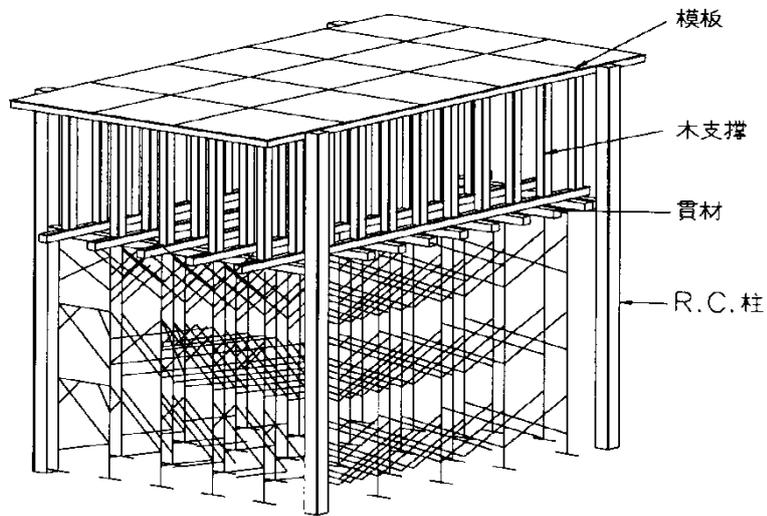


圖 90 鋼管施工架上接木支撐



圖 91 框式施工架上方架設木支撐，木支撐穩固性不佳



圖 92 框式施工架上方架設可調鋼管支柱

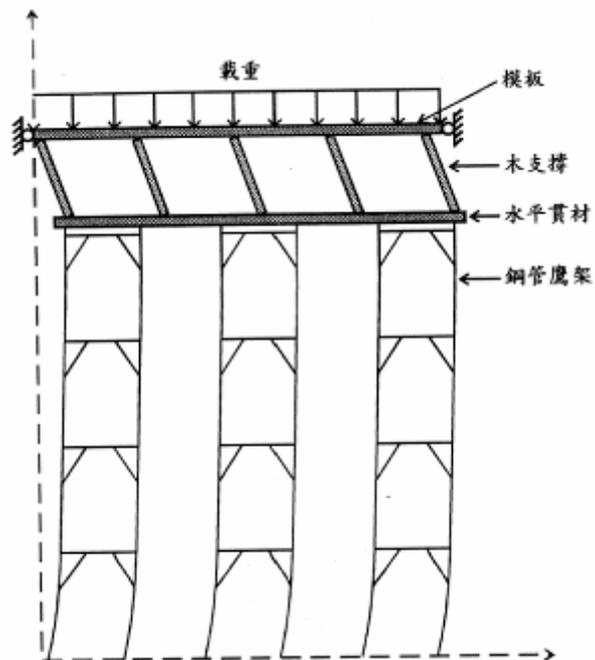


圖 93 框式施工架與調整層間水平貫材側向束制不足造成系統破壞

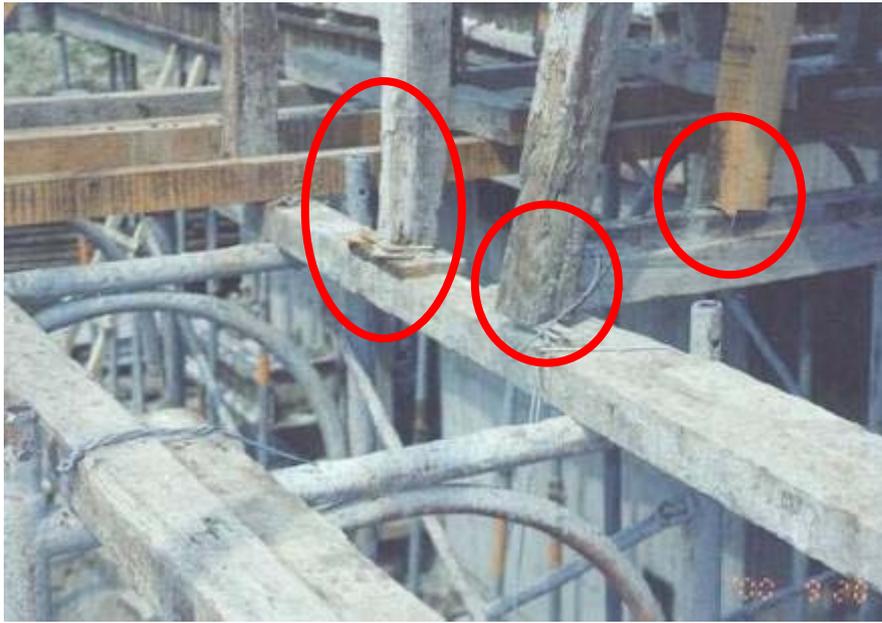


圖 94 以木支撐局部組搭且接頭未固定



圖 95 複合式組搭水平貫材及接頭穩固性不足

危害控制方法包括：

- (1)加強教育訓練。
- (2)支撐架架設時注意精準度。
- (3)調整層儘量採用與原支撐系統相同系列的制式調整裝置。如無法採

用相同系列制式調整器，則應注意水平貫材及接頭之穩固。

(4)依圖施作，且其標準不得低於營造安全衛生設施標準之規定。

6.施工精準度不佳，超過容許值

部分施工廠商架設模板支撐時，未注意其垂直方向的精準度，以至於構件歪斜或上下構件偏心，使構件承受非預期的偏心載重，極易導致模板支撐失效(圖 96 所示，淺藍色箭頭表示力量)。

木支撐為配合原有長度，常傾斜架設，承載能力不足(圖 97)。

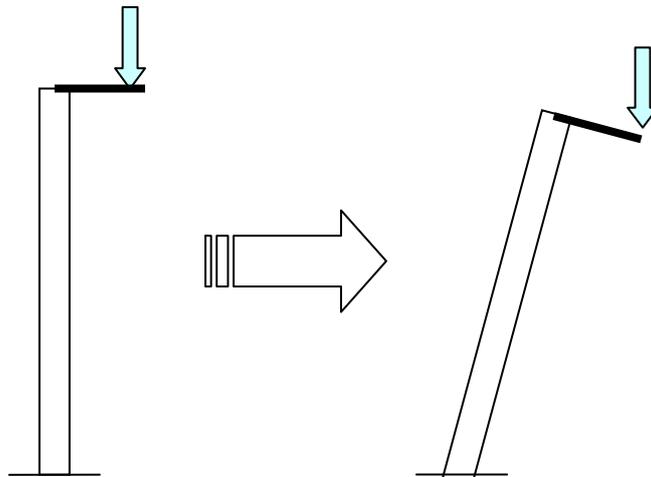


圖 96 偏心載重極易造成支撐旋轉傾覆

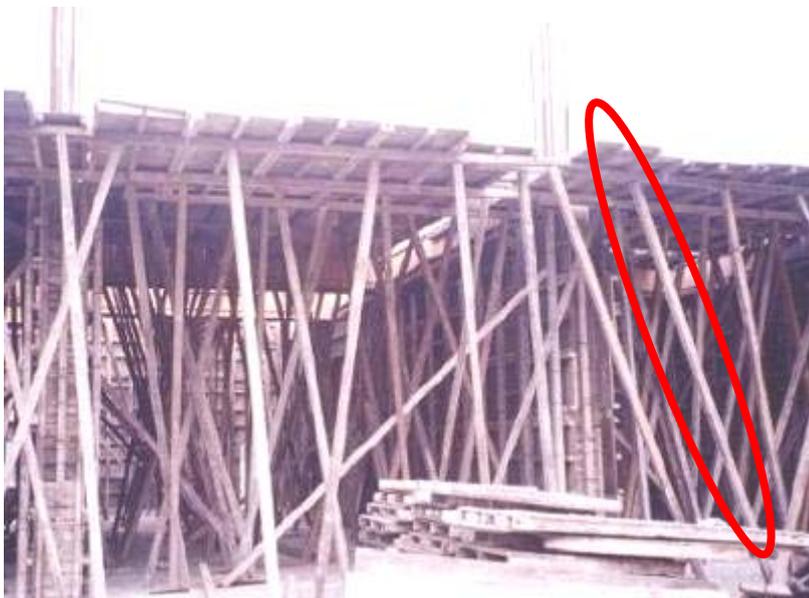


圖 97 木支撐於低淨空結構中傾斜架設情形

模板支撐隨著結構淨高常需架設多層，對於偏心及側向載重之敏感度高[42]，如圖 98。因此當支撐架架設高度較高，如建築工程的挑高處、或橋梁墩柱高度較高時，支撐架可能需架設多層時，尤須注意架設精準度。

圖 99 下層為鋼管施工架作為支撐架之支柱，上層搭設可調式鋼管支撐，紅色箭頭所指的可調式鋼管支撐腳部位於另行延伸的角材上(圖 99 紅色圈處)，可調式鋼管支撐腳部穩固性差，極易滑脫。此外圖 100 及圖 101 紅色中心線為力量原應傳遞的路徑，藍色箭頭為力量的位置，因兩者位置偏移太大，力量無法傳遞，可能導致模板支撐倒崩塌。圖 102 亦為鋼管支撐未座落於框式施工架的支柱上，造成偏心。

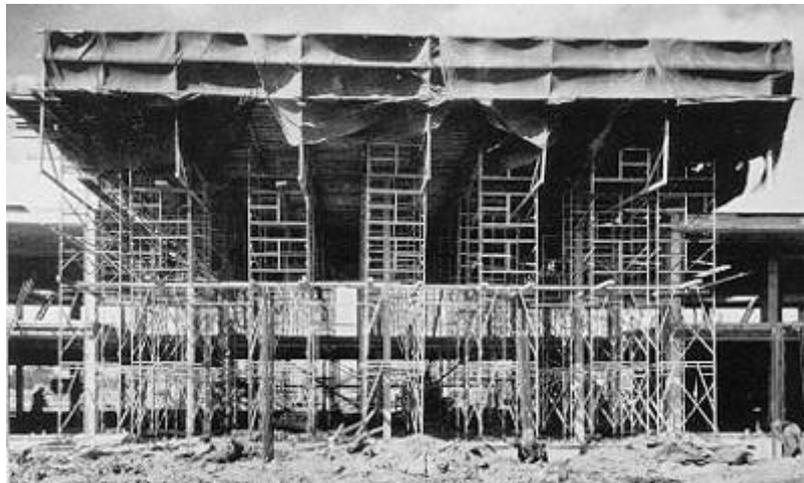


圖 98 高度高承受大載重時對偏心敏感度高



圖 99 架設高度較高時以多層方式架設使穩固性差



圖 100 多層方式架設偏心大使力量無法順利傳遞



圖 101 接頭裝設偏心使力量傳遞與支柱中心不在同一線上



圖 102 鋼管支撐未座落於框式施工架支柱上

7. 偷工減料及其他缺失

不同型式的支撐系統不應混搭，以免因材質不同或勁度不同，造成力量集中於某種型式的支撐上，造成整體失效(圖 103)。



圖 103 鋼管與木支撐勁度不同混搭極易失效

危害控制方法包括：

(1) 加強教育訓練。

(2) 主體工程設計時即應對模板支撐編列合理經費。

(三) 支撐系統拆除不當

1. 未依設計工序拆除模板支撐

2. 模板支撐過早拆除

可能的原因包括：

- (1) 因工期太短而趕工
- (2) 未經可信的方法或試驗以確定混凝土強度
- (3) 混凝土未達需求強度即逕行拆除。

許多模板支撐倒崩塌案例是發生於支撐系統拆除時，因此不應憑經驗決定拆除時機，否則極易導致模板支撐的倒崩塌。

危害控制方法包括：

- (1) 依規範或依設計圖說規定的時機拆除，但設計圖說所規定的拆除時機不得早於規範之規定。
- (2) 依據規範或設計圖說規定的方式，確認混凝土的強度是否已達到規定強度。
- (3) 合理編列工期，避免因趕工而提早拆除支撐架。
- (4) 依設計圖說的工序拆除。
- (5) 如因施工需要，須提早拆除部分支撐架時，應經結構計算確認剩餘的支撐架是否足以承受施加於其上的載重。

施工的各项缺失應透過自主檢查及施工查驗加以避免或防止，有關施工及管理之安全性能指引與查驗將於下一節提出相關建議。

第三節 模板支撐倒崩塌災害防止對策

依據前節討論，針對設計、施工及管理建立預防對策如表 16 至表 18 所示。

表 16 設計缺失預防對策

災害類型	可能之危害狀況	災害要因	預防對策
模板支撐 倒崩塌	設計缺失	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未適當考慮載重 2. 設計未符合土質狀況 3. 支柱腳部設計不當 4. 接頭設計不當 5. 斜撐(含水平支撐)設計不當 6. 設計與施工工序或混凝土澆置計畫不符 7. 未明定拆除時機及工序 8. 計算書或施工圖說缺乏或不完整 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計應符合相關規範，特殊結構型式或造型應特別設計。 2. 依地質鑽探資料設計 3. 依地質鑽探資料設計支柱腳部並訂定工址排水系統或方案。 4. 擬採用非制式的金屬接頭時，應附接頭相關計算書，確認接頭強度符合需求。 5. 計算書應依使用的支撐架型式及材質，檢核受壓構材的長細比，設計足構強度及數量的斜撐(含水平支撐)。 6. 依施工工序及混凝土澆置計畫考慮施工載重及衝擊力。 7. 施工圖說應明定如何確認混凝土的強度是否已達要求強度的判斷方式，並訂定支撐架之拆除工序。 8. 建立結構計算書及施工圖說的送審機制。

表 17 施工缺失預防對策

災害類型	可能之危害狀況	災害要因	預防對策
模板支撐 倒崩塌	施工缺失	<ol style="list-style-type: none"> 1. 施加超過預期的荷重 2. 使用有瑕疵的材料 3. 未依圖施作 4. 支柱腳部穩固性不足 5. 接頭穩固性不足 6. 斜撐(含水平支撐)穩固性不足 7. 調整層設置不當 8. 支撐架過早拆除 9. 支撐架拆除工序不當 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設計圖說的載重限制應張貼於工地醒目處 混凝土澆置應符合澆置計畫 不得隨意堆置重物 2. 提送製造廠商的材料證明材料進場檢驗 3. 設計時應編列適當之經費加強教育訓練。 施工圖說應置放於工地，以方便隨時查閱核對 4. 確實依圖施作 強化基礎 加強工區排水系統 地震或颱風後加強檢驗 5. 確實依圖施作 注意施工之精準度 不得隨意採用替代品 6. 確實依圖施作 注意施工之精準度 不得隨意採用替代品 7. 儘量採用同系列支撐系統 注意接頭及水平貫材之穩固 8. 確認混凝土已達需求強度後才可拆除支撐架 合理編列工期，避免趕工 9. 依照施工圖說規定的工序拆除

表 18 管理缺失預防對策

災害類型	可能之危害狀況	災害要因	預防對策
<p>模板支撐 倒崩塌</p>	<p>管理缺失</p>	<p>1. 施工查驗項目不足</p> <p>2. 施工查驗頻率不足</p>	<p>1. 施工圖說應置放於工地，以便隨時查閱核對。</p> <p>作業主管於混凝土澆置前、中、後，皆應檢查支撐架是否有異於正常的變形。</p> <p>作業主管及監造單位應查驗支撐架是否確實依圖施作架設。</p> <p>作業主管及監造單位應確認混凝土澆置是否與澆置計畫相符。</p> <p>作業主管應注意支撐架上是否放置超過設計的重物。</p> <p>作業主管及監造單位於支撐架拆除前，應確認混凝土已達到需求之強度。</p> <p>作業主管及監造單位應確認之撐架依照正確的工序拆除。</p> <p>2. 檢驗停留點應至少包括：</p> <p>材料進場前</p> <p>支撐架架設完成時</p> <p>混凝土澆置前、中、後</p> <p>支撐架拆除前、中</p>

前述分析顯示，模板支撐的設計者可能因考慮不夠周詳而產生設計之缺失；施工者可能因教育訓練不足、憑經驗架設模板支撐、工期太短、模板支撐施工經費不足等，而產生施工上的缺失。從模板支撐設計、施作至拆除，少數缺失的累積可能造成模板支撐的失效，因此模板支撐的安全，需要仰賴營造業從業人員的共同努力維護。

本節參酌國內外有關模板支撐的相關規定，以及實務上之施作方式，據以建立設計及施工的安全性能指引及各項查驗表，以作為模板支撐施作及查驗之參考。主要使用對象為營造業的從業人員，包括業主、主體工程規劃設計單位、支撐架設計單位、承包廠商及監造單位等。

一、模板支撐施作及拆除流程

目前許多工程的模板支撐從設計、施作至拆除的情形大致如下：

(一)模板支撐設計及繪製施工圖說

大部份結構物於主體結構規劃設計時，對於模板支撐僅於主體工程施工圖說或施工說明書中作概括性的規定，而未依據工程特性考慮模板支撐的型式，以及對應的經費及工期。

模板支撐設計者多依承包廠商擬施作的模板支撐施作方式及其大樣圖，進行結構計算檢核，必要時修正施工圖說。模板支撐設計時，常因規範規定不夠明確、或因承包廠商成本上的考量，而採用過小的安全係數。

由於模板支撐設計規範規定不夠明確，不同設計者採用的設計方式不盡相同，單以載重的假設便有許多不同版本，至於直接影響整體支撐架強度的細長比計算中，關於有效長度中 K 值的選擇，更是缺乏準則。

計算書中的檢核項目多為固定數項，大多缺乏接頭檢核(採用非制式接頭時)、水平繫條或整體斜撐的檢核、斜向支撐或特殊造型處的檢核、調整層的檢核等。

施工圖說的內容多僅包含採用模板支撐的型式、支柱間距及支柱高度等，對於工區排水系統的規劃、基礎的處理方式、接頭及水平繫條的設置、水平貫材的固定方式等，常不夠完整。

(二)支撐材料進場

模板支撐材料大多使用舊品，材料進場前僅經目視檢查汰除損壞變形或鏽蝕

嚴重者，不但無法判斷材料舊品強度，亦缺乏允收標準。

(三)模板支撐架設

模板支撐架設時多依據模板師傅的經驗，對於關鍵問題多未注意，以致模板支撐穩固性不佳。

模板支撐架設常忽略重要的細節，包括基座及接頭等處，另外調整層的架設方式影響整體穩定至鉅，卻是缺失最容易出現的地方。

(四)混凝土澆置

依據營造安全衛生設施標準第 133 條，作業主管對於模板支撐組配作業之辦理事項為決定作業方法及實施材料檢點等，尚未規定作業主管應確認依圖施作。

(五)拆除模板支撐

多數主體工程設計規範雖規定模板支撐的拆除時機(例如規定混凝土強度須達設計強度的 80%)，但混凝土強度多未經確認，實際模板支撐拆除時機多憑模板師傅的經驗，加上施工時對於模板支撐轉用率的考量，可能導致模板支撐過早拆除。

模板支撐施作及拆除流程如圖 104。

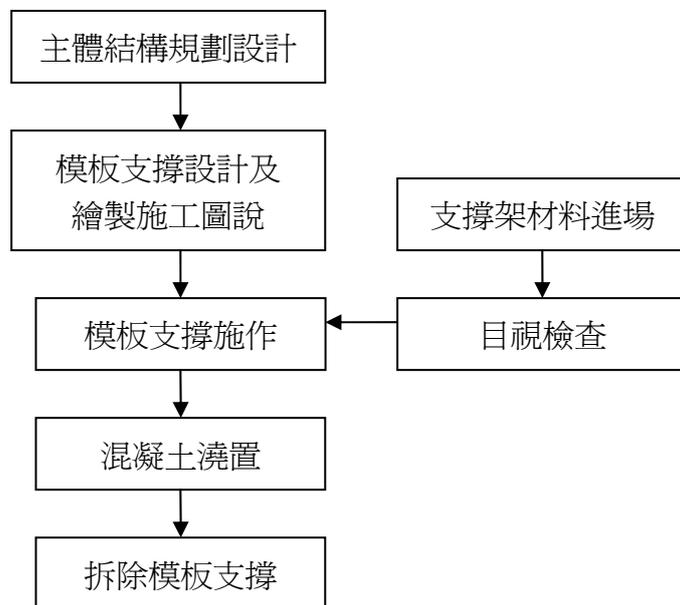


圖 104 目前模板支撐施作及拆除流程

二、模板支撐施作及拆除建議流程

模板支撐的安全性應從主體工程規劃設計階段即開始注意，包括後續模板支撐的設計、施作及拆除，皆互有關連。透過多方面的檢核和查驗，可減少模板支撐的缺失，增進模板支撐的安全性。因此，將模板支撐從開始到拆除概分為四大階段：主體工程規劃設計、模板支撐設計、模板支撐施作及模板支撐拆除，各階段建議的作法詳述如下：

(一)主體工程規劃設計

一些施工上的缺失源自於工期過短或經費不足，主體工程規劃設計時，對於工程特性最為了解，故建議應依據工程特性，列明模板支撐應注意事項，同時繪製模板支撐示意圖，並具以編列適當工期或模板支撐之經費。

(二)支撐設計模板

模板支撐設計時，應依據工址土壤特性、實際架設時使用的材料強度及混凝土澆置計畫，依相關規範進行結構分析並繪製施工圖說。有關結構分析及設計時應考慮的重點另敘明於附錄一。

除丁類危險性工作場所已有送審的規定外，其餘一定金額或一定規模以上的工程，建議其模板支撐結構計算書及施工圖說應送審，並將審查通過後的施工圖說置放於工地，以便隨時查閱。關於結構計算書及施工圖說送審及施工圖說置放於工地，建議明訂於工程施工規範或採購契約中。

(三)模板支撐施作

模板支撐材料進場前，建議須經查驗及抽驗，必要時進行試驗以確認其強度，查驗結果或試驗強度建議回饋模板支撐設計者，必要時修正結構計算書及施工圖說。

混凝土澆置前，作業主管依據置放於工地的施工圖說，檢查確認模板支撐的架設是否與施工圖說相符。

混凝土澆置時，製作足夠數量的圓柱試體，除用以確認混凝土強度是否符合主體工程設計強度之要求外，其餘試體則用以判斷模板支撐拆除時之混凝土強度是否已達到規定強度。

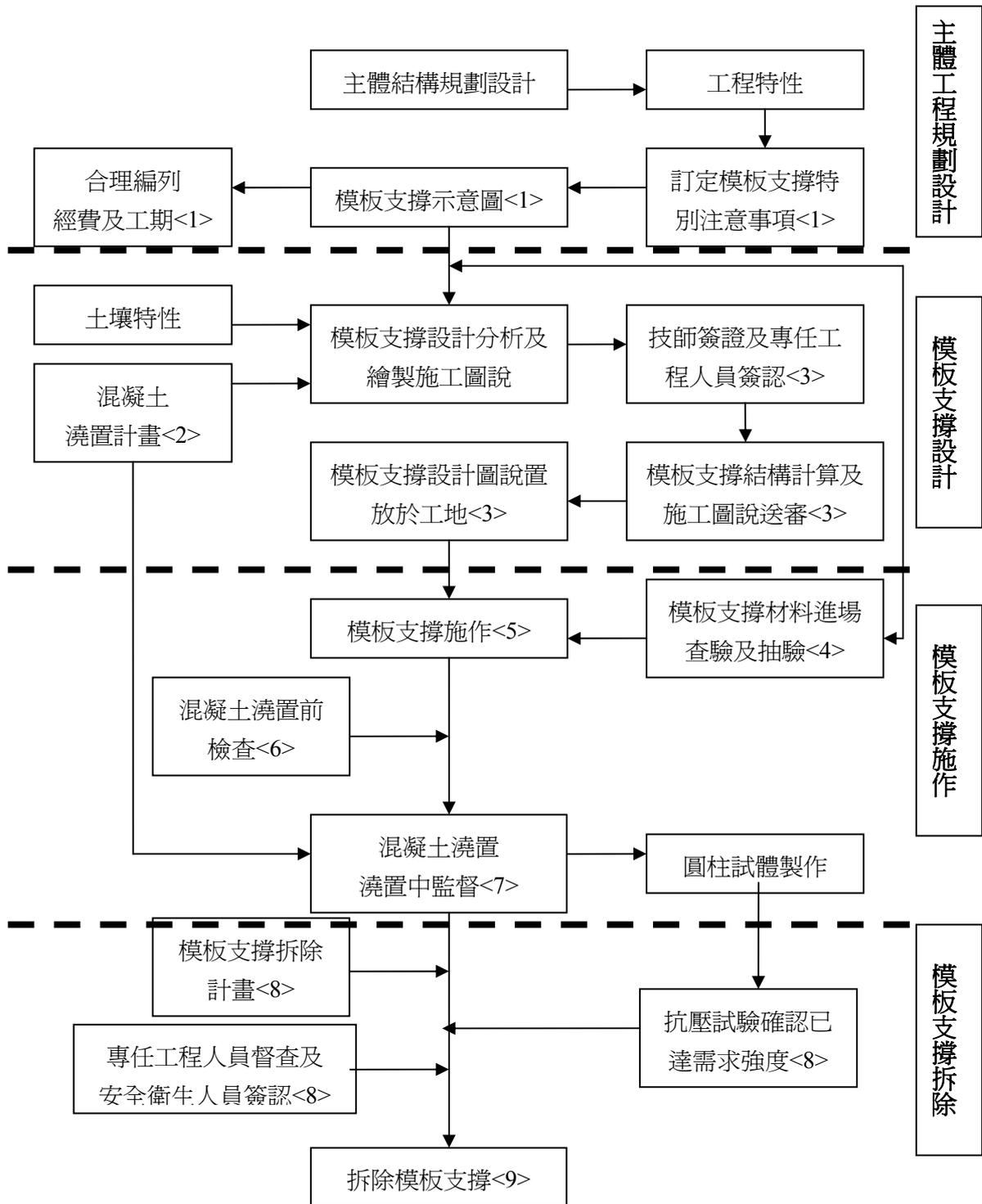
模板支撐施作時，直接影響支撐系統強度的要項應特別注意。除了構件本身

的材料強度外，還包括基礎的穩固性、接頭的穩固性、水平繫條及斜撐的設置、調整層的設置、以及斜向支撐或特殊造型處的支撐方式等。此外，應避免在新澆置不久的混凝土上堆置鋼筋等重物，亦應避免因施作的精準度不佳而產生偏心載重。相關可供參考的圖及照片附於附錄一，惟附錄一的圖或照片僅供參考，承包商應依工程特性、模板支撐結構計算書及施工圖說施作穩固的支撐系統。

(四)模板支撐拆除

模板支撐拆除時機應依內政部訂定的結構混凝土施工規範 4.7.5 及 4.7.7 的規定，經由圓柱試體試驗結果確認混凝土強度已達拆模強度。拆除前應經專任工程人員督查及安全衛生人員簽認。

模板支撐拆除工序應符合拆除計畫，作業主管並應在場監督。
綜前所述，爰提出模板支撐建議的流程如圖 105。



註：<>標柱為查驗項目或查驗點。

圖 105 模板支撐施作及拆除建議流程

模板支撐施作程序如圖 106 所示。

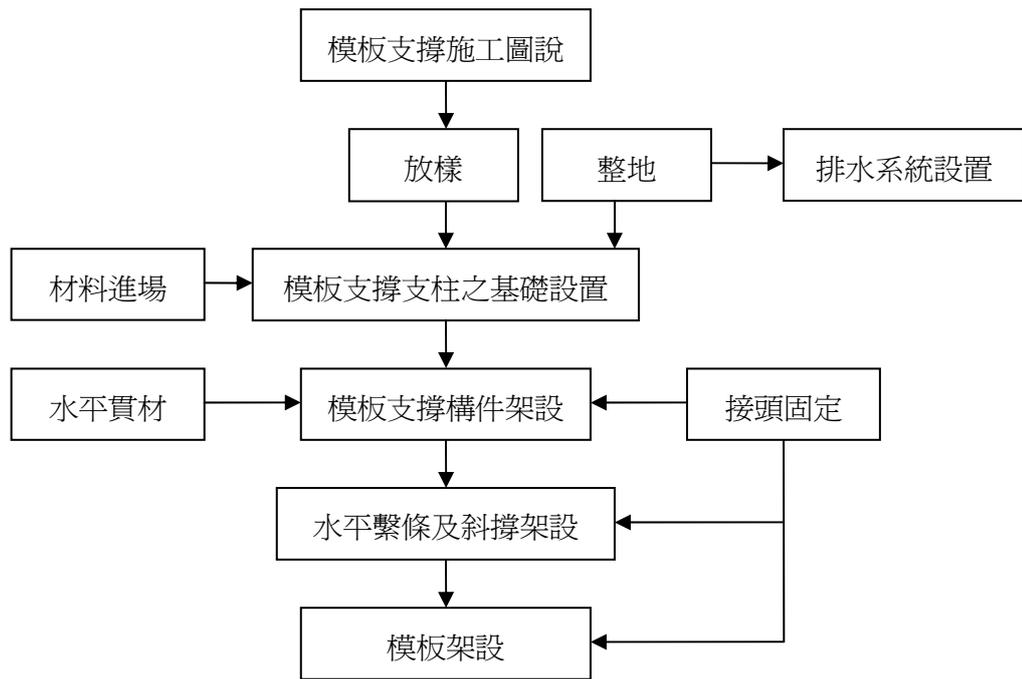


圖 106 模板支撐施作程序

各階段之安全性能指引及建議詳如附錄一。

第四章 模板支撐強度測試驗證

爲了使模板支撐施工作業環境更爲安全，本研究針對模板支撐進行相關之強度試驗，主要針對模板支撐之單一構件及組立之模板支撐架進行受損試驗、破壞強度試驗及大型支撐架局部極限強度受力試驗，了解模板支撐之相關特性，另外亦針對模板支撐進行具有預警效果之健康監測試驗，以評估監測裝置用在模板支撐之可行性。

第一節 單管支撐之強度試驗評估

觀察第二章之職災內容得知，由於模板支撐之構件彼此關聯性高，若其中一部份之元件出現折損，及有可能造成模板支撐大範圍之損害；爲了能及時找出模板支撐受損之元件部份，以達到預警之效果，本研究使用現行一般土木建築正在進行研究之結構健康監測 (Structure Health Monitoring, SHM) 進行模板支撐相關之試驗分析，藉由觀察模板支撐基底之數值變化，達到預防以進行模板支撐補強及更換之相關作業。

一、鋼管之疲勞試驗

(一)試驗說明

鋼管之疲勞試驗如圖 107 所示，所使用之材料爲工地所常用之 1.8m 鋼管，將其用套管型固定式夾具裝設於油壓機上，並於鋼管長徑之中心點及自管底起算 37.5cm 之位置裝設一感應器，固定後施加 $1500\text{kg}\pm 250\text{kg}$ 之動態載重，振動頻率爲 20Hz，擷取鋼管在振動不同次數後示波器量測到之資料，並使用小波分析 (Wavelet Ansysis)和功率譜密度法(Power Spectral Density)進行分析比對，觀察所分析之結果 [43][44]。



圖 107 鋼管實體試驗設備

(二)試驗結果

觀察鋼管經不同振動次數後擷取資料所產生之變化比較(如圖 108 所示)，可以發現原本鋼管在尚未振動之前，模態在 40Hz 及 60Hz 之亮帶很明顯的顯現出來；當振動次數高達 500000 下時，由於鋼管因管身有細微破壞，造成鋼管之高頻域因振動而上升，故原本之亮帶位置轉趨不明顯，可明顯看出頻率已散佈在各個頻率區段中；功率譜密度法則因不同頻率區段之峰值產生顯著之變化，所求得之 D_i 值亦隨著鋼管之受振動次數而增加(如圖 109 及表 19 所示)，顯示鋼管之性質在持續振動之情形下有明顯強度之折減。

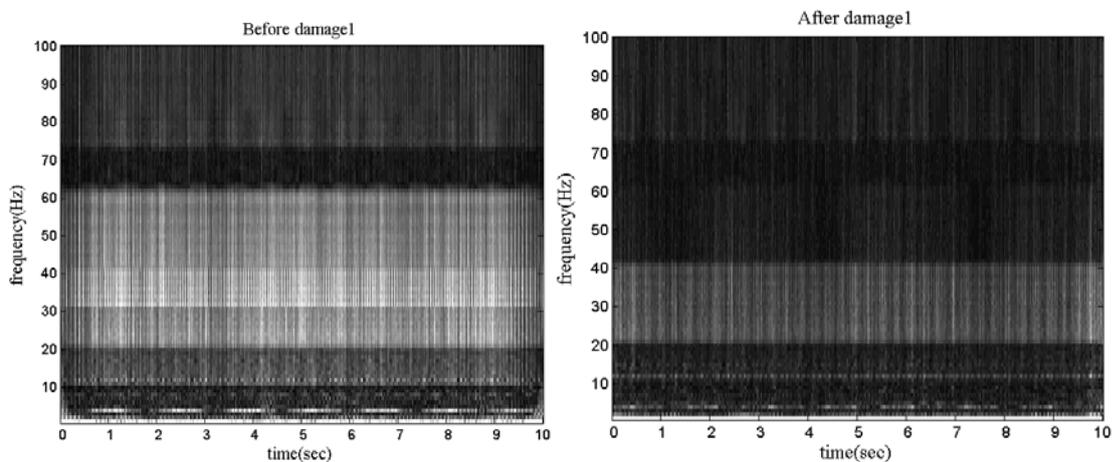


圖 108 連續小波分析在鋼管尚未振動(左)及振動 500000 下後(右)之分析圖

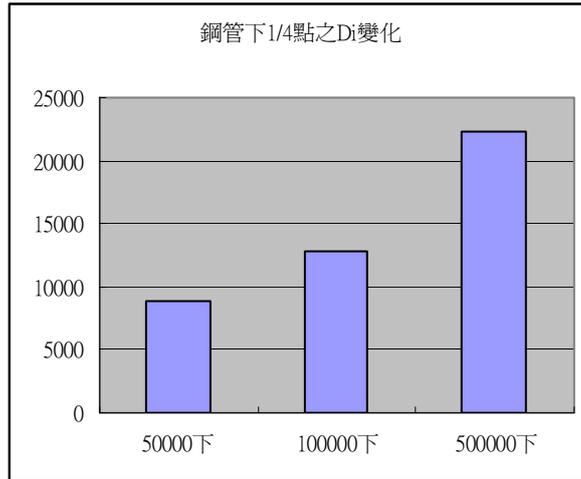


圖 109 鋼管在下 1/4 點於不同振動次數後所量測之 D_i 值直條圖

表 19 鋼管在下 1/4 點於不同振動次數後所量測之 D_i 值

振動次數	50000 下	100000 下	500000 下
鋼管下 1/4 點之 D_i 值	8826.8	12840	22244

二、鋼管之敲擊試驗

(一)試驗說明

利用如圖 107 之試驗設備，感應器裝設在鋼管之下 1/4 點、中點及上 1/4 點，固定後以橡膠槌敲擊，擷取鋼管在受損前與受損後量測到之資料，觀察所分析之結果。

(二)試驗結果

觀察小波分析所得之分析圖(如圖 110 所示)，可發現鋼管在受損時頻率亮域從均勻分布變成有明顯的亮帶與暗帶，顯示鋼管因局部受損，造成自然振動之方式變為非均勻分布，可看出鋼管在局部的位置有產生特性之變化；而功率譜密度法所求得不同點位之 D_i 值亦隨著鋼管之受損位置而產生數值上之差異(如圖 111 及表 20 所示)，可觀察出主要的受損位置。

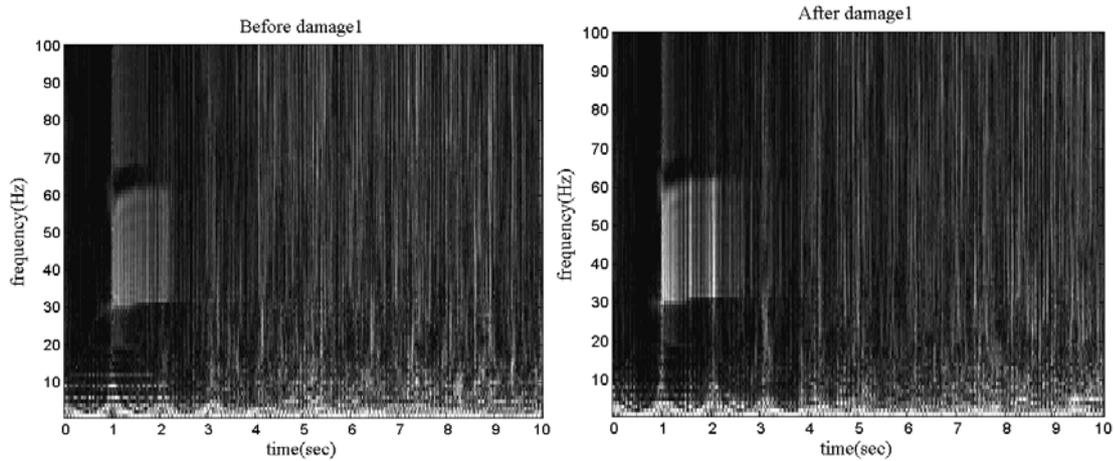


圖 110 在鋼管受損前(左)及受損後(右)之連續小波分析圖

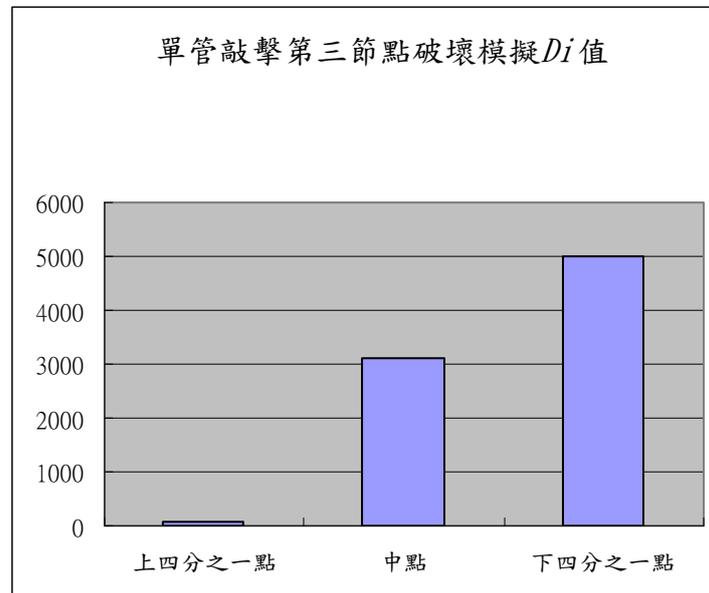


圖 111 鋼管在不同點位於第三節點受損時之 D_i 值直條圖

表 20 鋼管在不同點位於第三節點受損時之 D_i 值

單管敲擊	上 1/4 點	中點	下 1/4 點
D_i 值	61.5	3112.5	4983.2

三、鋼管之振動試驗

設計一施工架所使用之鋼管，長 1.8m，管徑 48.6mm，管厚 2.5mm，令其下端為絞接狀態，分別在鋼管之四分之一點及中心點設置量測點，之後對鋼管之一端設計一

固定之正弦波軸向力，而後令鋼管之勁度 K 值產生變化，將量測點擷取到之位移資料作小波及功率譜分析，觀察其分析結果。

觀察連續小波分析之解析圖(圖 112)，可發現當鋼管本身在特定區段之強度減少時，其產生之模態頻率亮帶會顯著地往下移，且由於模態種類增加而產生多個亮域，甚至在受損節點段產生波型，可明確看出鋼管有強度折減之跡象；而功率譜密度法所分析之 D_i 值亦隨著鋼管強度之變化產生數值之差異(如圖 113、圖 114 及表 21、表 22 所示)，鋼管整體受損時，其中點的損害參數 D_i 值會有顯著之上升；而在鋼管中點以下四分之一段產生損害時，同時偵測三個不同點位，亦可明顯看出受損點位之 D_i 參數有顯著之上升跡象。

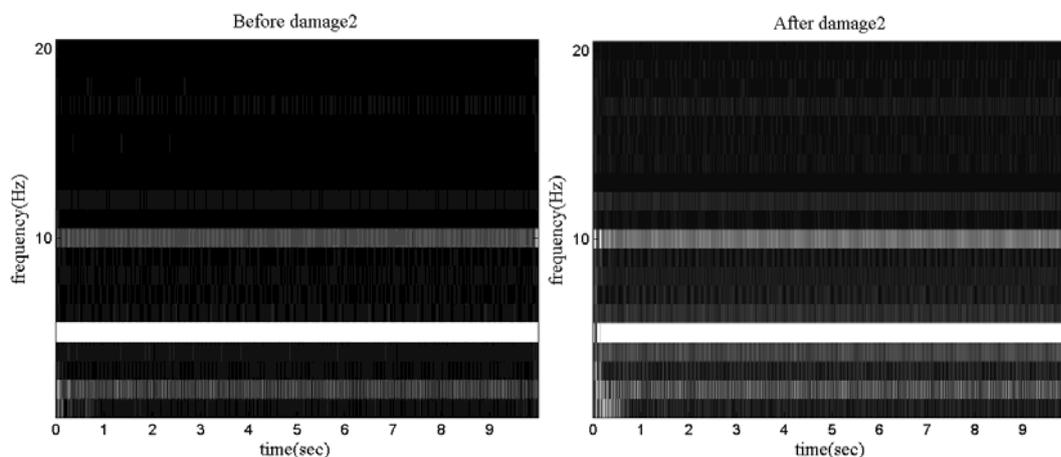


圖 112 鋼管下四分之一節點在未受損(左)及第三節受損(右)時所產生之連續小波

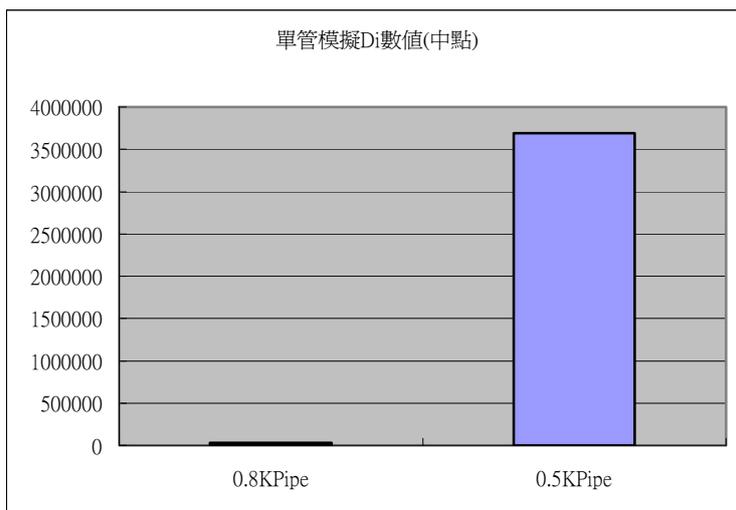


圖 113 模擬鋼管中點在勁度為 0.5K 及 0.8K 時之 D_i 值直條圖

表 21 模擬鋼管中點在勁度為 0.5K 及 0.8K 時之 D_i 值

勁度折減	50%	20%
D_i	3690200	33063

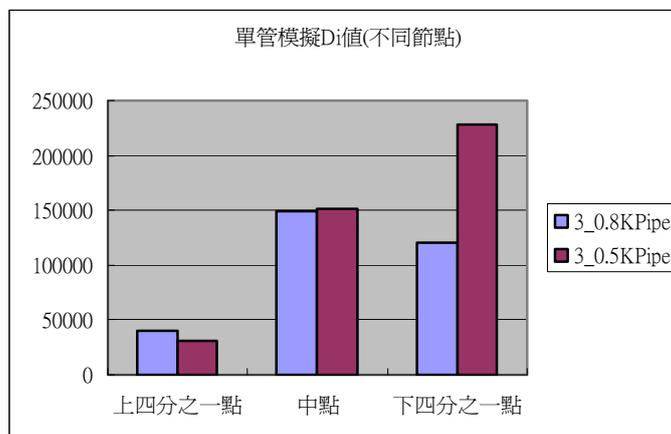


圖 114 模擬鋼管在中點及下 1/4 點受損時各點位之 D_i 值直條圖

表 22 鋼管在第三節受損時各點位之 D_i 值

節點位置	勁度折減	第三節點-20%	第三節點-50%
		D_i 值	D_i 值
上 1/4 點		40080	31230
中點		149630	151590
下 1/4 點		120560	228400

四、試驗結果分析

鋼管強度容易隨著使用次數的長短影響其本身之強度，顯示單管支撐若使用過久，強度會有折減之情形，而鋼管本身外表並不會有顯著之變化，經由相關儀器進行試驗才能發現其相異之處。

國內相關工地所使用之模板支撐多為重複使用，相關模板支撐之元件使用次數經由每次施工而造成隱性之損傷，故模板支撐相關元件應盡量避免重複使用；另由試驗結果得知，藉由對單管支撐進行損壞監測之方式為一可行之方向，可直接找出損壞的位置，進而進行相關補強作業。

第二節 系統支撐架之強度試驗評估

一、系統支撐架數值模擬之軸向試驗

設計一簡易型之系統支撐架(如圖 115)，高度 5.4m，立柱直徑 48.6mm，管厚 2.5mm，架設面積為 1 平方公尺，在四根立柱自地平面起算之四分之一點位置設置量測點，模擬條件設一固定之正弦波軸向力，將模擬後取得之加速度資料進行分析，觀察在結構物不同之情形下所分析之結果。

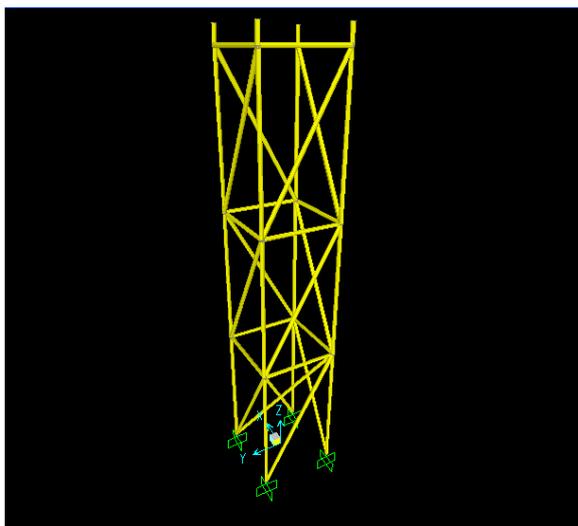


圖 115 所設計之模擬系統支撐架示意圖

觀察連續小波分析之結果(如圖 116)，當系統支撐架未受損時，小波所分析到之頻率皆集中在 20Hz 以上，當四柱中有柱腳受損時，因為結構性質的改變，造成結構物在較低頻率域之位置有不同之模態顯現，在連續小波分析的圖形中也顯而易見有不同之亮塊。

圖 117 及表 23 為功率譜分析之 D_i 值，可明顯的看出在系統支撐架有受損時，受損前和受損後之 D_i 值在受損之位置端較未受損之處為高，並將 PSD 所偵測到之 D_i 值與 SAP2000 所模擬之結構模態變化相比，可發現 D_i 之數值變化與模態之實際變化極為相似，故可判定結構物損壞之大致位置。

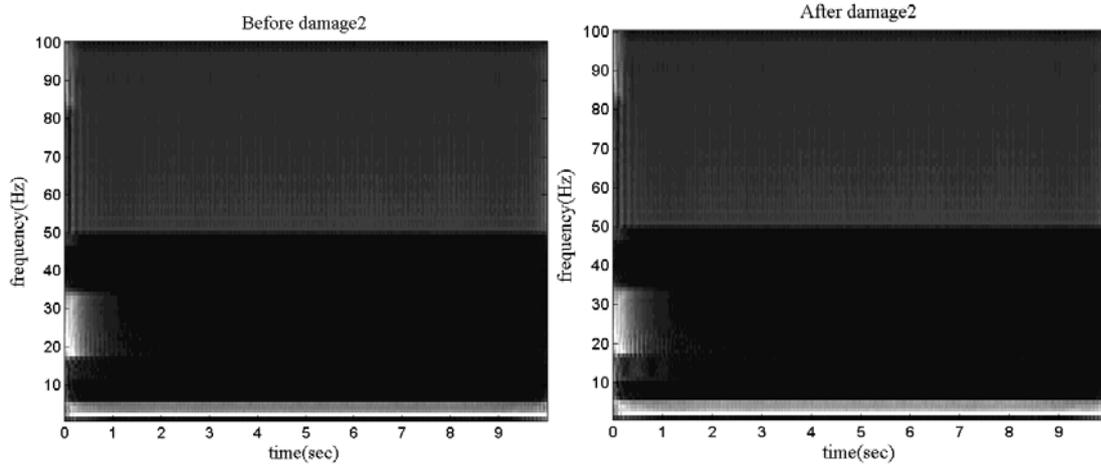


圖 116 模擬系統架腳柱未受損(左)與勁度折減 20%(右)之連續小波分析

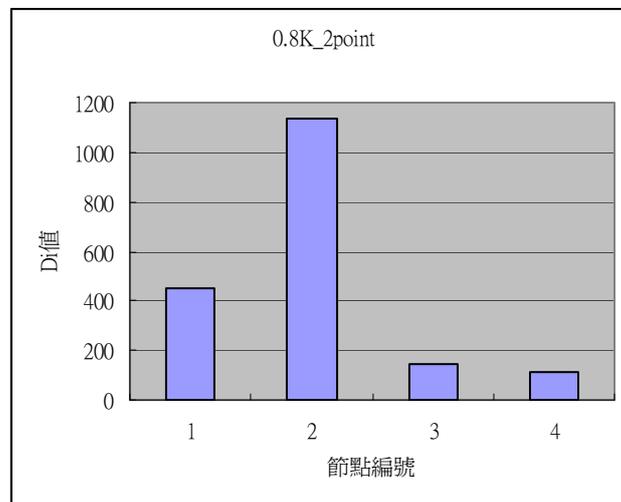


圖 117 系統支撐架模擬試驗在第二節點勁度折減 20%所量測之 D_i 值直條圖

表 23 系統支撐架模擬試驗在第二節點勁度折減 20%所量測之 D_i 值

節點編號	第二節點勁度折減 20%之 D_i 值
1	449.2
2	1131.7
3	145.3
4	115.8

二、三層組立之破壞試驗

(一)試驗設置

接續上述之模擬試驗，本研究依照模擬設計之架構進行實體系統支撐架之破壞試驗；所使用之立柱直徑及厚度與模擬時相同，每節長度為 2.0m；橫桿則採用長 65.0cm、直徑 42.7mm 及厚度 2.3mm 之系統架桿件；斜撐之直徑為 27.2mm、厚度為 2.2mm。所組立之三層系統支撐架如圖 118 所示，最上層之高度間距為 1.5m，下兩層則為 2.0m。將組搭好之系統支撐架確實校正水平後，以油壓板自上而下進行垂直強度試驗，觀察試驗之結果。



圖 118 三層系統支撐架組立圖

(二)試驗結果

試驗結果如圖 119 至圖 121 所示，觀察圖 120 可發現，系統支撐架若達到極限強度，其破壞之型式並不存在降伏區間，破壞為瞬間發生，且破壞之位置發生在支撐架之最底部。觀察破壞之情形，主要破壞之點為支撐架四根底柱其中之一，且另一側之基腳座鈹因受到破壞方向的擠壓而產生扭曲變形(圈起處)，顯示系統支撐架在實際架設時，仍會因主架平整度而受力不均而產生局部破壞之情形。

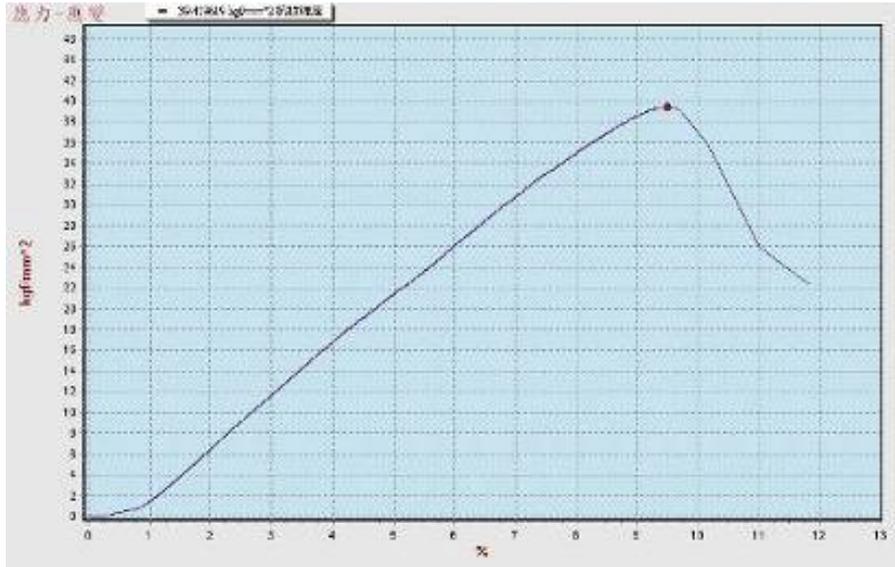


圖 119 應力-應變圖

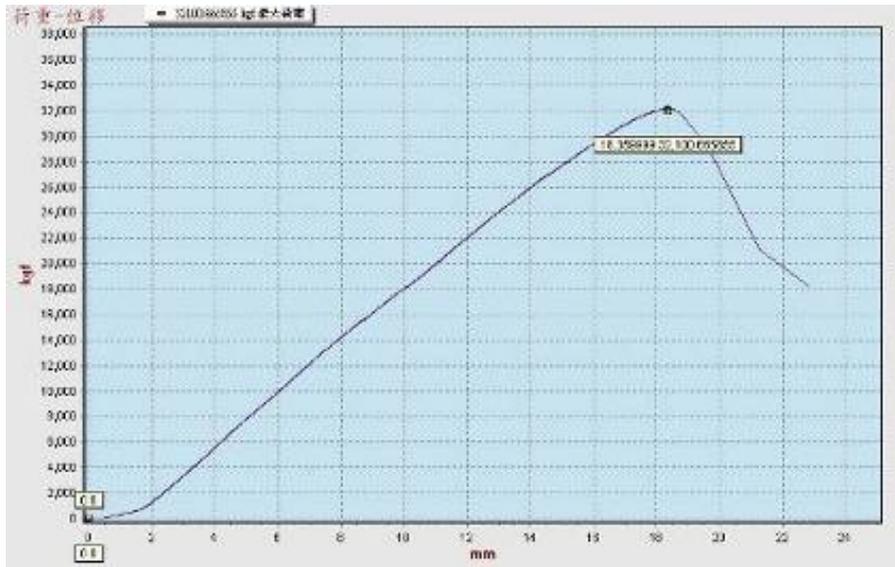


圖 120 荷重-位移圖

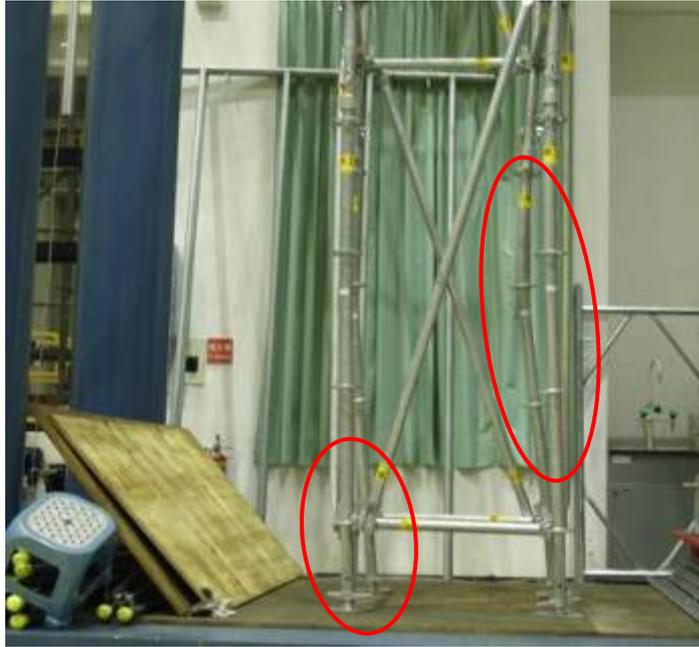


圖 121 試驗後之破壞情形

三、系統支撐架敲擊試驗

(一)試驗設置

接續上述之實體系統支撐架試驗，在完好之系統支撐架上四個底部立柱裝設感測器，將四個感測器連接到示波器上，並對系統支撐架第二層之橫桿中心進行敲擊，擷取未變動之系統支撐架數據及拆除編號 2 與編號 3 立柱中間斜撐之數據相互比較，並進行結構健康監測分析，觀察有無相異之處。

(二)試驗結果

觀察分析之結果 (如圖 122、圖 123 及表 24 所示)，可發現編號 3 之立柱連續小波分析圖在斜撐拆除前與拆除後有明顯之亮域改變，可明顯看出支撐架主要產生變化之位置；而經由功率譜密度分析後亦可以發現編號 2 位置之 D_i 直較其他位置為大，顯示支撐架之主要變化位置在此二根立柱之間。

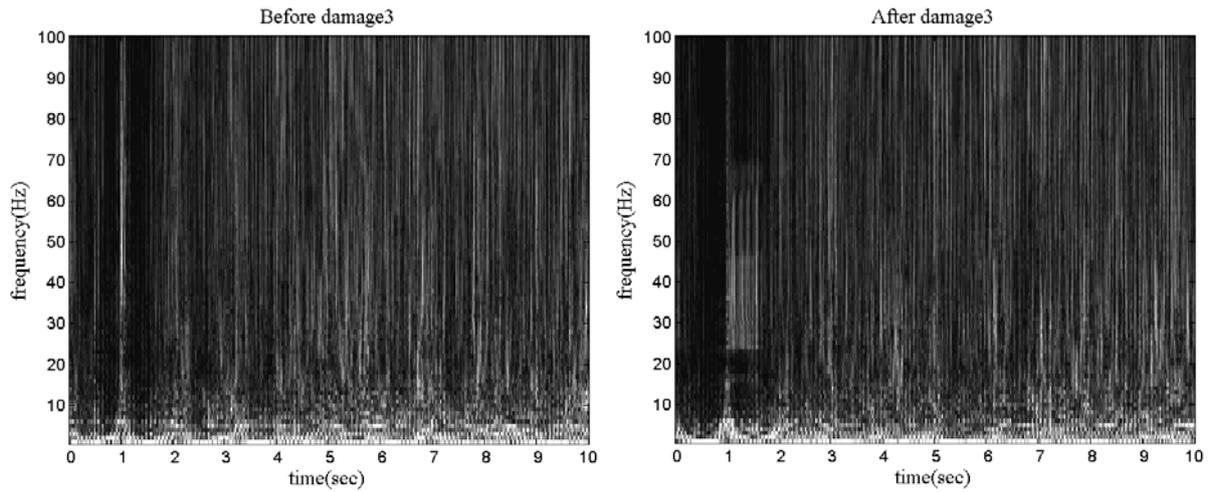


圖 122 連續小波分析在斜撐尚未拆除(左)及拆除後(右)之敲擊分析圖

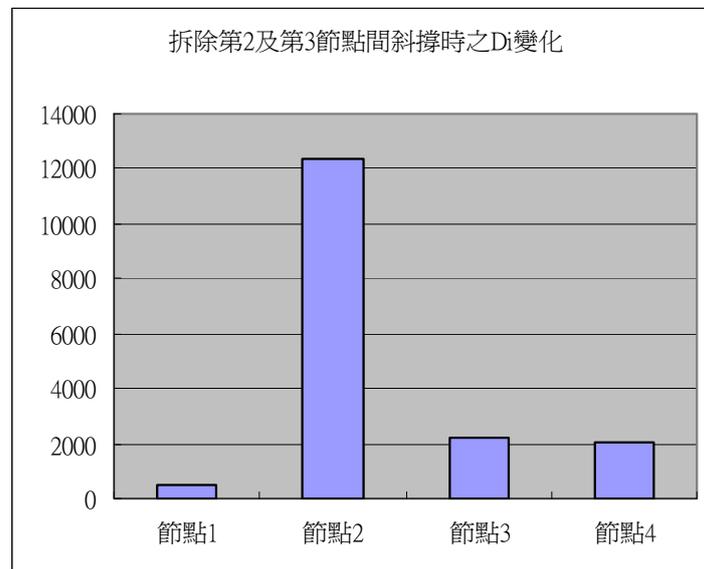


圖 123 系統支撐架在編號 2 及編號 3 立柱間斜撐拆除時之 D_i 值直條圖

表 24 系統支撐架在編號 2 及編號 3 立柱間斜撐拆除時所量測之 D_i 值

節點編號	拆除斜撐後所量測之 D_i 值
1	488
2	12402
3	2222
4	2054

四、試驗結果分析

觀察上述三組試驗，可了解系統支撐架組立後之軸向強度遠較單管式支撐架為強，但系統支撐架由於組搭上較單管支撐架難以調整，故整體支撐架之平整度不足，容易造成局部受力之情形；在局部受力之情形下，容易造成因局部受力而產生之破壞；另外，若系統支撐架產生受力偏心之情形下，亦需考量系統支撐架之整體勁度，若支撐架之勁度不足，其強度可能僅有施工架軸向強度之數分之一，對整體支撐架之安全性有決定性之影響。

在系統支撐架之監測試驗上，在此四柱之系統支撐架進行連續小波分析及功率譜密度法，可直接找出系統支撐架可能受損之相關位置，顯示系統支撐架雖與一般建築結構物相差甚多，亦可嘗試進行相關之結構健康監測，可對現場施工之勞工進行多一層保障。

第三節 模板支撐監測系統可行性評估

在勞工安全衛生研究所「鋼管支撐材料疲勞性能研究」[1]中曾針對模板支撐架進行單管之靜載重與低載動態測試，亦利用靜載重與敲擊回音檢測技術，將支撐圓管切成小段來量測其受疲勞載重之情形；利用靜載重與超音波法檢測，可由實驗數據得到波傳的速率，在異常區間將資料量化，得到疲勞破壞之位置。該研究對模板支撐之監控已有初步之成果。另外在「營造支撐群組位移監測及倒塌防止研究」[4]及其延續性研究中亦已有相當多針對臨時構造物之監測試驗，並已初步建構出可行之監控與預警之裝置雛型。

由於結構健康監測之方法種類繁多，本研究參考過去許多關於臨時構造物之監控裝置研究及試驗方法，進而以小波分析與功率譜密度法建立模板支撐之強度及疲勞試驗以及其數值模擬監測研究，並已於本章前兩節完成其試驗，由實驗結果分析得知該監測可看出健康之鋼管與受損之鋼管，其在圖形上顯示之顯著差異，因此認為模板支撐使用健康監測之方法是可行之方向。

藉由過去對臨時構造物監測系統之研究以及本研究進行的小波分析與功率譜密度法，無論在構造物本體或監測設備上皆已具備所需之能力與技術，並已建構完成臨時構造物之監測雛型，本研究認為將安全監測裝置運用在模板支撐上是可行的，且是必

要與急迫需要的。後續期望能繼續進行模板支撐監測裝置之研究，評估其受損狀況，是否已超出其可負荷程度，提出危險之預警，並實際將該監測裝置運用在模板支撐上，達到模板支撐倒塌之預防與控制，並進而運用在各型式之模板支撐與大型模板支撐之安全監測上，以預防危害之發生，確保作業勞工之安全。

第五章 結論與建議

第一節 結論

- 一、模板支撐倒崩塌的災害要因可分為設計缺失、施工缺失及管理缺失。設計缺失包括未適當考慮載重、設計與施工特性不符以及未明訂支撐系統之拆除時機與工序等；施工缺失包括材料強度不足、施加超過預期的載重、未依圖施作及支撐系統拆除不當等；管理缺失包括查驗項目不足及查驗頻率不足等。
- 二、本研究於實務面分別從載重、使用材料、支柱腳部穩固性、接頭穩固性、斜撐或水平繫條設置、水平貫材穩固性、調整層施作、施工偏心、傾斜支撐或特殊造型處的支撐、支撐系統之拆除等方面進行危害辨識，並建立安全性能指引。
- 三、模板支撐的安全性應從主體工程規劃設計即開始重視，包括支撐設計、施作及拆除皆互有關連，本研究建議加強模板支撐的整體流程架構，以期強化模板支撐的穩固性，保障勞工的安全。
- 四、模板支撐調整層經常使用不同系統的支撐構件，形成模板支撐的弱點所在，因其接頭施作不易穩固，且構件的架設極易產生偏心載重，因而降低整體支撐系統的安全性。
- 五、鋼管強度會隨著使用次數的長短影響本身之強度，而鋼管本身外表並不會有顯著之變化，經由儀器進行監測試驗時，發現其有明顯相異，顯示單管支撐使用過久，強度已有折減之情形。
- 六、由試驗結果得知，對模板支撐進行損壞監測確有其必要性與可行性，可直接找出損壞的位置，進而進行相關補強作業以及損壞控制與預警。
- 七、群組支撐架調整不易，整體平整度不足，容易造成局部受力之情形，較易造成倒崩塌之災害發生。
- 八、在系統支撐架產生受力偏心之情形下，亦需考量系統支撐架之整體勁度，若勁度不足，則強度折減情形嚴重，對整體支撐架之安全有決定性之影響。

第二節 建議

- 一、建議增列模板支撐使用的材料應與施工圖說相符、明確規定設計者的資格並加重其責任、增列模板支撐拆除時機簽認的規定於法規中，以對模板支撐之使用有更完整之規範。
- 二、建請相關權責單位訂定更明確完整的模板支撐設計規範以供設計者遵循。主體工程規劃設計單位亦應依工程特性訂定模板支撐特別注意事項，並繪製模板支撐示意圖，據以編列合理經費及工期。
- 三、建議規範或採購契約中訂定材料允收標準，且一定規模或一定金額以上工程之模板支撐結構計算書及施工圖說須送審，施工計算書並應置於工地以便隨時查閱。
- 四、建議建立更完整詳細的設計規範並輔以解說及設計範例，其內容建議包括構件、基礎、接頭、斜撐或水平繫材、調整層及其他特殊情況等之相關規定，以便設計者能據以設計出強度足夠的支撐系統。
- 五、模板支撐倒塌災害主要來自結構力學上的缺失，並非勞工使用個人防護具所能防範，故建議加強模板支撐作業主管對施工圖說的判讀能力，並於作業現場確認依施工圖說組配。此外，作業現場危害辨識亦建議為教育訓練的重點之一，以確認安全之有效狀況。
- 六、建議從公共工程開始建立模板支撐查驗機制，從主體工程規劃設計、模板支撐設計、架設直至拆除，皆應訂定檢驗停留點，並施以各項查驗，以將模板支撐可能的缺失減至最低。
- 七、模板支撐之倒塌預警與防範建議可運用監測裝置之裝設，且臨時構造物之監測已有初步之架構雛型，並已具有技術與能力，建議後續持續進行相關之研究，以實際將該監測裝置運用在模板支撐上，達到預警之效果。

誌謝

本研究計畫由本所張副研究員智奇、問助理研究員世賢執行外，另模板支撐倒塌崩塌災害要因與檢核指引之製作則由逢甲大學土木工程學系卜教授君平、公路總局西濱公路南區工程處楊處長宗岳及品管中心羅主任國峯、國家高速網路中心蘇博士威智、專任助理彭莞婷、陳彥秀與陳婉甄協助。研究報告並承蒙勞委會勞工檢查處朱科長金龍、中華民國工業安全衛生協會張工程師篤軍、新亞建設開發股份有限公司劉技師泰儀及奕彊營造股份有限公司陳委員秀春的大力指正，僅此表示謝忱。

參考文獻

- [1] 張智奇：鋼管支撐材料疲勞性能研究。第 1 版，台北，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所；2005。
- [2] 張智奇：高架橋梁型鋼支撐系統可靠度評估技術。第 1 版，台北，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所；2007。
- [3] 顏聰：模板支撐倒塌預警系統—鋼管架支撐承受非規則荷重之研究。第 1 版，台北，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所；1994。
- [4] 趙文成：營造支撐群組位移監測及倒塌防止研究。第 1 版，台北，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所；2002。
- [5] 李世光：營造支撐群組監測及倒塌防止研究(二)。第 1 版，台北，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所；2003。
- [6] 李世光、張智奇：營造業臨時構件非破壞檢測感測技術之建立。第 1 版，台北，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所；2002。
- [7] Construction Safety Orders, California Code of Regulation, Department of Industrial Relations. Subchapter 4. www.dir.ca.gov。
- [8] 行政院勞工委員會「營造安全衛生設施標準」圖解。www.cla.gov.tw/site/business.
- [9] JIS A8651，可調式單管支撐強度規範；1995。
- [10] Occupational Safety and Health Administration. Subpoint Q – Concrete and Masonry Construction, Safety and Health Regulations for Concrete. American: The Institute.
- [11] An ACI Standard. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. Reported by ACI Committee 318.
- [12] An ACI Standard . Guide to Formwork for Concrete. Reported by ACI Committee 347.
- [13] ANSI A10.9. Safety Requirements for Masonry and Concrete Work. American: The Institute.
- [14] 行政院公共工程委員會「施工綱要規範」第 01525 章。
- [15] 行政院勞工委員會「橋梁工程規劃設計階段實施施工安全風險管理技術手冊」橋梁支撐架設計規定、載重組合及支撐地面安全需求。

- [16] An ACI Standard. Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings. Reported by ACI Committee 347。
- [17] Railway standard. Guidelines for Temporary Shoring. American: The Institute.
- [18] 中時電子報。
- [19] Bridge Falsework Collapses as Workers Pour Concrete. Engineering News-Record. 2009.
- [20] Lee K. Shoring collapse at Falls condo construction site baffles inspector. Journal of Commerce. May. 2010.
- [21] ChicoER. Overpass framework collapse at 149 and 70, two injured. 2010.
- [22] 行政院勞工委員會北區勞動檢查所網站：www.nlio.idv.tw。
- [23] 行政院勞工委員會南區勞動檢查所網站：www.slio.gov.tw。
- [24] 行政院勞工委員會網站：<http://www.cla.gov.tw/cgi-bin/Message/>。
- [25] 台北縣政府工務局。http://www.publicwork.tpc.gov.tw/_file/1246/SG/33672/D.html
- [26] 大成工程工務部品保處祁永雄經理資料提供。
- [27] 行政院勞工委員會中區勞動檢查所網站：www.crl.io.gov.tw。
- [28] 勞工安全衛生研究所：勞工安全衛生簡訊。第 22 期，86 年 4 月。
- [29] 勞工安全衛生研究所：勞工安全衛生簡訊。第 37 期，88 年 10 月。
- [30] 全國工安金網路：<http://www.cla-safety.org.tw/>。
- [31] <http://shippai.jst.go.jp/fkd/>
- [32] Engineering News-Record. Pier Design, Falsework Questioned in Fatal Vietnamese Bridge Collapse. American: The Institute; 2007.
- [33] New Civil Engineer. Six dead in Spanish motorway bridge falsework collapse. England: The Institute; 2005.
- [34] Business Journal. State cities C. C. Myers in fatal bridge collapse. American: The Institute; 2004.
- [35] Pedestrian Bridge Collapse. www.exponent.com.
- [36] Ken C. Beware of vulnerabilities during construction. Construction & Equipment. 2004.
- [37] Wikipedia. The free Encyclopedia. Skyline Towers collapse. 2010.
- [38] Northwest Indiana Politics. What' s the Buzz on the Cline Ave Bridge. American: The Institute; January 10, 2010. www.reasonbellpundit.blogspot.com/.

- [39] Suzanne K. Collapse of 2000 Commonwealth Avenue: A Case Study. Roger Williams University.
<http://matdl.org/failurecases/2000%20Commonwealth%20Avenue%20Paper.pdf>
- [40] 行政院勞工委員會：勞動檢查年報。行政院勞工委員會；2008。
- [41] Bureau of Labor Statistics. U. S. Department of Labor.
- [42] Hurd M K. Formwork for Concrete seventh edition. American Concrete Institute.
- [43] 蘇威智：應用小波包轉換於結構物動態量測資料分析。新竹市大學路 1001 號：國立交通大學：2003。
- [44] Sherif B.、大島俊之、三上修一、山崎智之。A numerical analysis of structural damage detection using changes in the curvature of power spectral density。構造工學論文集，Vol.51A，2005。
- [45] 林勇：模板工程設計施工。

附錄一 模板支撐安全性能檢核指引

第一節 主體工程規劃設計階段

主體工程規劃設計階段建議辦理事項如下：

- 一、依據主體工程特性及工法列明支撐系統之特別注意事項。
- 二、繪製支撐系統示意圖，對於特殊造型可能發生模板支撐失效處，尤應繪製細部圖說。
- 三、編列足夠預算及工期。

第二節 模板支撐設計計算及繪製施工圖說

一、法條依據

- (一)為防止模板倒塌危害勞工，高度在五公尺以上，且面積達一百平方公尺以上之模板支撐，其構築應依相關法規所定具有建築、結構等專長之人員或委由專業機構，事先依模板形狀、預期之荷重及混凝土澆置方法等妥為安全設計；前述以外之模板支撐，由專人辦理構築設計，均應簽章確認之。(營造安全衛生設施標準第 131 條第一項第一款)

前項第一款模板支撐之構築，應繪製施工圖說、訂定混凝土澆置計畫，建立按施工圖說施作之查驗機制；設計、施工圖說、查驗等相關資料應簽章確認紀錄，於模板支撐未拆除前，應妥存備查。(營造安全衛生設施標準第 131 條第二項)

前二項之設計、施工圖說等資料，由委外設計者提供時，雇主應責成所僱之專任工程人員依實際需要檢核，並簽章確認；有變更設計時，其強度計算書及施工圖說應重新製作。(營造安全衛生設施標準第 131 條第三項)

- (二)雇主對於橋樑工程採支撐先進工法、懸臂工法等以支撐架或工作車推進方式施工時，應依下列規定辦理：

支撐架或工作車之支撐、懸吊及錨定系統應依預期之荷重、混凝土澆置方法及支撐架或工作車推進時之移動荷重等因素，委由專任工程人員或指定

專人妥為設計，確認具有足夠之強度，並設計必要之工作台及防護設施，依設計資料繪製組立圖及施工圖說，以防止支撐架或工作車倒塌危害勞工，組立圖及施工圖說應保存至完工為止。(營造安全衛生設施標準第 131-1 條第一項及第一項第一款)

二、載重

- (一)依相關規定考慮載重，例如橋梁工程應依據行政院公共工程委員會施工綱要第 01525 章等規定，建築工程應依據建築技術規則等規定辦理。考慮之載重至少應包括靜載重、活載重及施工載重，尤其應考慮灌漿時之衝擊力及側向力 [26]。
- (二)依據混凝土澆置計畫考慮灌漿及施工載重，包括澆置速率、路徑、順序、運送工具及作業工具等之影響。
- (三)考慮可能的集中載重，例如梁上柱等，並對該處之支撐進行補強設計。在梁處之支撐設計，採用單一 T 型柱頭或雙柱型支柱。並應縮小間隔增加支撐數(圖 124)。
- (四)必要時設定鋼筋堆置區域或施工機具範圍，考慮因而增加之載重，並對該處之支撐進行補強設計。

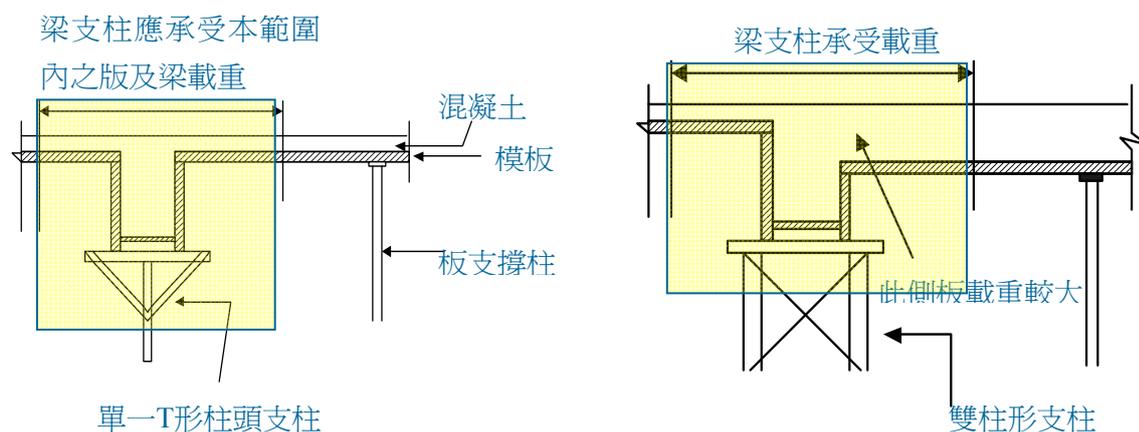


圖 124 梁支撐設計例

三、結構計算檢核要項

依據相關載重規定，進行下列檢核：

- (一)模板、貫材及格柵等構件之彎矩及剪力檢核

(二)支撐架檢核

- 1.單根支撐架檢核
- 2.整體支撐架檢核

(三)水平載重檢核

- 1.因地震額外產生之軸向力
- 2.支撐架抗傾倒檢核
- 3.斜撐檢核

(四)接頭檢核

(五)基礎承载力檢核

其中應注意事項如下：

(一)支撐架承载力檢核計算部分

- 1.使用材料如為舊品，強度應適度折減。可調鋼管之可支撐載重強度資料均由製造廠商提供，唯國內製造商大都仿照日本者製造，其鋼材材質，厚度之均勻一致性差，故所提供之強度數據亦不盡可靠，設計時應特別注意。

角材因材質不同，強度差異大，設計時應注意(圖 125)。

同一層之豎向構材應避免勁度差異過大，以免造成變形量不均或少數豎向構材受力過大。



圖 125 角材因材質不同，強度差異大，設計時應考慮

- 2.檢核基腳沉陷或側向位移對整體支撐架之影響
- 3.依據實際施作之接頭特性，設定構件之有效長度及其細長比，但 K 值不得小於 1。
- 4.檢核構件有效長度及其細長比，加上適當斜撐或水平貫材
 檢討水平貫材的側向束制情形。對於施工架整體支撐結構系統移位之防止，如有永久結構物作為水平移位之束制，則為最有效之方法。例如橋樑上部結構之模板支撐系統可利用先完成之橋墩柱預予束制；高淨空建築物樓板、樑之模板支撐可利用先行完成之柱作為水平移位之束制。
- 5.斜向支撐之構材應特別檢核其承載力
- 6.特殊造型之構造物應特別檢核，例如曲面模板澆置混凝土時可能有上浮力出現等。
- 7.檢核施工時樓版或梁的變形情形，是否引致若干構件不受力而由其他構件受過大之力
- 8.多層支撐搭接時，應檢核容許偏心量。
- 9.檢核整體傾覆力

(二)基礎(腳)承載力檢核部分：

- 1.如有土壤回填應將承載力適度折減。
- 2.基腳沉陷或側向位移檢核，並計算容許沉陷量，必要時應加以補強
- 3.斜向支撐處之基腳應特別檢核並繪製施工圖說
- 4.鋼管施工架基地若為鋼筋混凝土地板且其下方有中空情形時，應對基地強度進一步作安全考慮，包括：
 - (1)該地板是否已達設計強度
 - (2)鋼管施工架、新澆置混凝土、模板、鋼筋、機具、人員等總載重是否超過該地板的原設計承載能力
 - (3)必要時應設計回撐
- 5.貫穿剪力檢核

 模板上之載重藉由支撐傳遞至地面時，由於支撐所傳遞之力屬集中荷重，經由墊板、座鈑或敷設水泥等方式，可將支撐之集中荷重變為均佈荷

重，故墊板、座鈹或水泥面等之大小應能使均佈荷重小於土壤承載力[26]，而其厚度應能抵抗從支撐傳遞的集中荷重而不致斷裂。

(三)接頭檢核部分

- 1.考慮接頭實際施作情形，代入計算，尤其應確認接頭型式是否足以傳遞彎矩、傳遞剪力或僅提供摩擦力
- 2.加強斜撐以彌補接頭之弱點
- 3.斜向支撐處之接頭應特別檢核，必要時應予補強
- 4.特殊造型處之接頭應特別檢核，例如曲面模板與其下支撐之接合應能完全傳遞荷重，不得有移位或鬆脫，並應考慮可能產生的上浮力，設置繫固裝置。
- 5.接頭位置宜儘量錯開，勿在同一水平面上。
- 6.除制式接頭外，工地擬使用的連接方式應繪製詳細施工圖說

四、工區排水規劃

五、結構計算書及詳細施工圖說送審。

六、詳細施工圖說置放於工地，以便隨時查閱。

第三節 模板支撐架設

一、放樣

放樣應注意事項包括[45]：

- (一)放樣儀器應定期校正，確保放樣儀器的準確性。
- (二)彈放墨線謹慎正確，避免產生誤差。
- (三)詳閱施工圖說及有關規定，複雜接合部分應先行計算核對無誤或加註後進行放樣。
- (四)細部大樣為避免引線之累積誤差，應由基準墨線引線放樣。
- (五)主要放樣墨線及開口部分位置尺寸應由專責人員核對，確保放樣墨線精度。

二、材料進場

- (一)模板支撐之材料，不得有明顯之損壞、變形或腐蝕。(營造安全衛生設施標準第 130 條)

(二)鋼管施工架送至工地現場後，監造單位目視檢查材料及接頭，材料有明顯鏽蝕變形或接頭連結部分有鬆動者，應立即要求剔除。

(三)架設前會同相關人員進行工地抽樣(至少三組)，送交政府認可之試驗單位進行強度試驗，以確保鋼管施工架的品質。檢驗所得之數據，除提供給設計單位設計參考之外，並應妥存備查[26]。

(四)鋼管施工架進行強度試驗時，應同時進行彈性係數 E 及降伏強度 F_y 等材料試驗；並應量取鋼管之管壁厚及接管之伸出長度[26]。

(五)同一工地應使用相同類型之鋼管施工架，接頭種類也應為相同類型[26]。

三、模板支柱之基礎設置

(一)法條依據

1.模板支撐之支柱應視土質狀況，襯以墊板、座版或敷設水泥等，以防止支柱之沉陷(營造安全衛生設施標準第 131 條第一項第二款)。

2.模板支撐之支柱之基礎，應依土質狀況，依下列規定辦理(營造安全衛生設施標準第 132 條)：

(1)挖除表土及軟弱土層

(2)回填爐石渣或礫石

(3)整平並滾壓夯實

(4)打設混凝土層

(5)鋪設足夠強度之混凝土或鋼製覆工板

(6)設置場撐基地週邊之排水

(7)農田路段或軟弱地盤應加強改善，並強化支柱下之土壤承载力。

3.橋樑上構模板支撐，其模板支撐架支柱(架)腳部之地面應夯實整平，排水良好，不得積水。(營造安全衛生設施標準第 131 條第一項第七款)

4.以鋼管施工架為模板支撐之支柱時，支撐底部應以可調型基腳座板調整在同一水平面。(營造安全衛生設施標準第 136 條)

(二)一般注意事項

1.基地開挖，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 公分採用人工開挖整平，若有超挖時，須確實夯實[26]。

2. 支撐基腳下方無論是用座鉸、墊板、木塊、楔木或直接置於樓版面，均須固著於地(樓版)面，確保在預期載重作用下均無水平移動之虞。支撐基腳固著於地(樓版)面之方法，在木支撐、鋼管支撐常用鐵釘。型鋼支撐有預埋螺栓，再以螺絲旋緊固定者。另外對於傾斜之支撐，尤應注意其基腳之固定[26]。

圖 126 至圖 134 為相關之基礎固定範例。

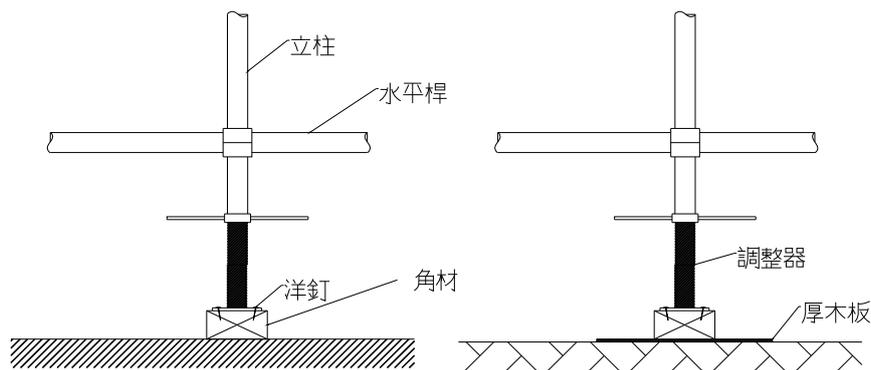


圖 126 鋼管支柱基座固定例

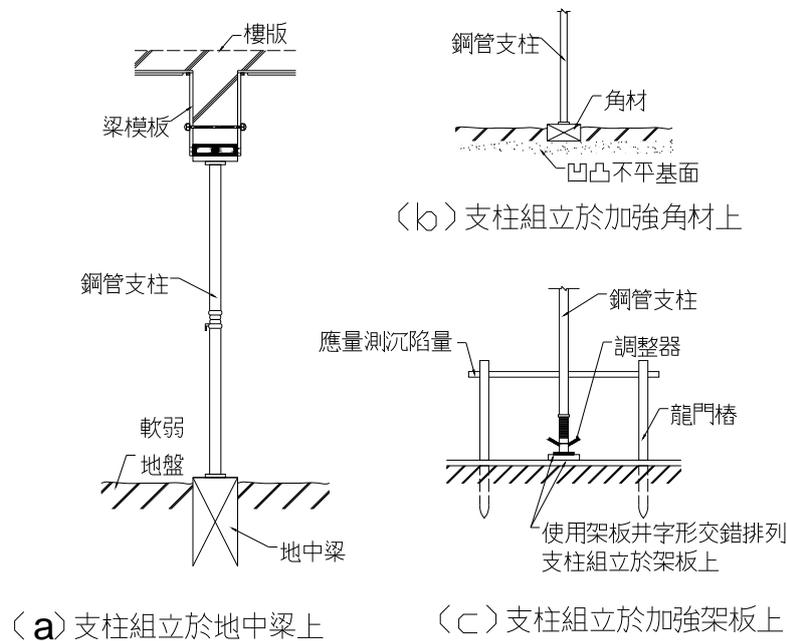


圖 127 支柱地盤不平、軟弱之加強措施例



圖 128 鋼管施工架底部使用高低調整器及打設混凝土以防沉陷

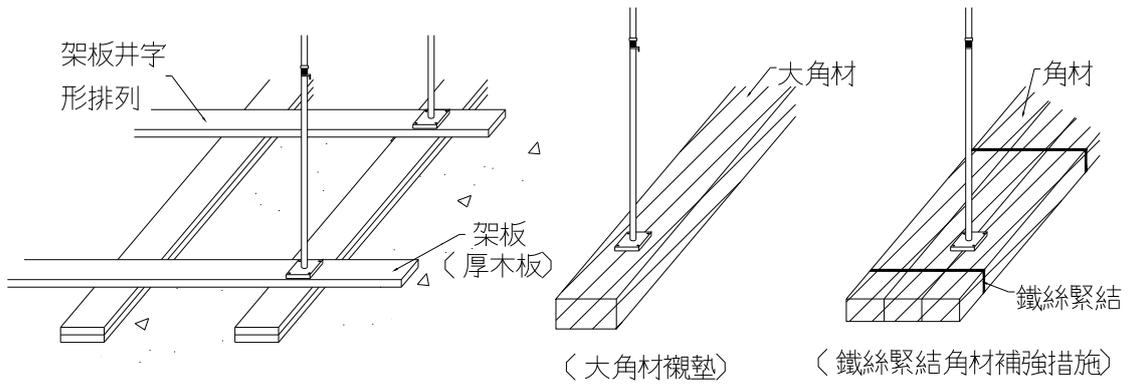


圖 129 鋼管支柱基座凹凸不平或土壤軟弱之加強措施例

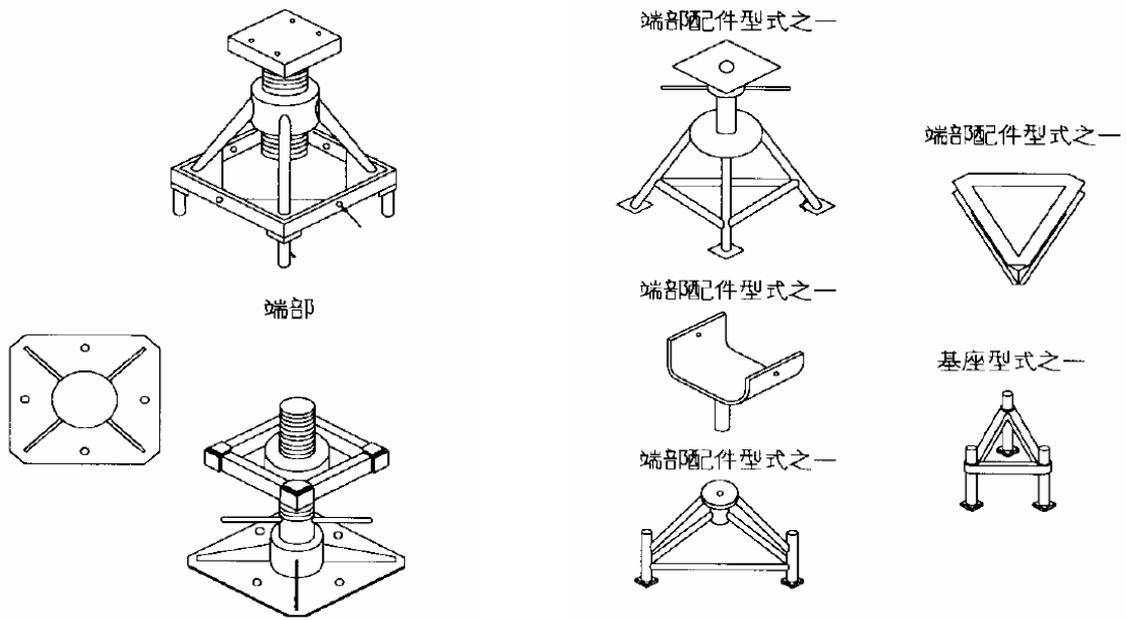


圖 130 型鋼支撐基座與端部詳圖(左)及型鋼支撐三角支柱端部基座配件(右)



圖 131 原本礫石料基礎滾壓夯實並澆置 20~30 cm 無筋混凝土



圖 132 土壤夯實、鋪設足夠強度之鋼製 H 型鋼(併排後固定)



圖 133 基腳固定牢固並防止車輛撞擊

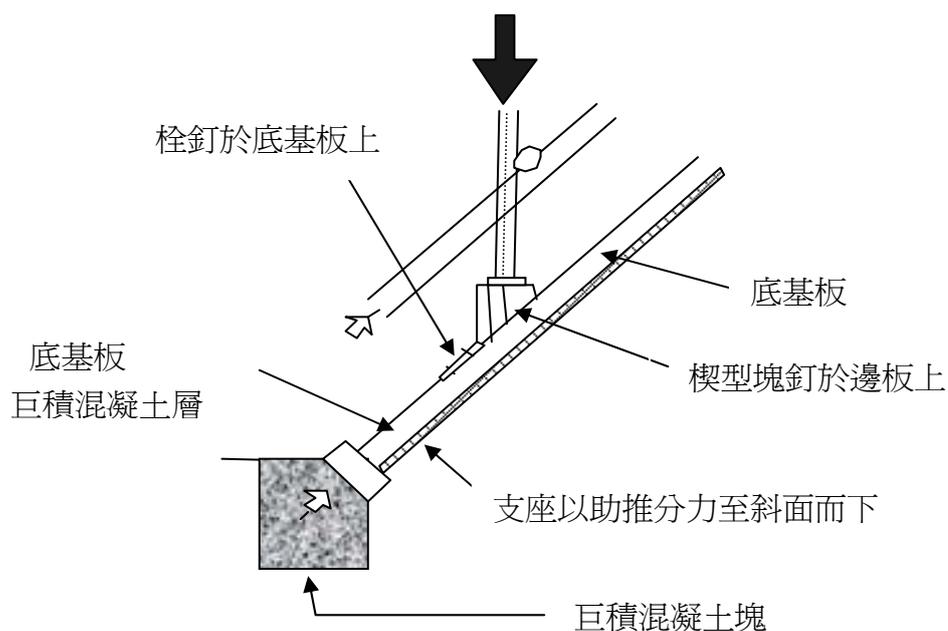


圖 134 斜面之基礎佈置例

四、構件之架設

(一)一般鋼管為模板支撐之支柱

1. 高度每 2 公尺內應設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，以防止支柱之移動。(營造安全衛生設施標準第 134 條第一項第一款)

2.架設施工應注意上下端應固定緊密。

圖 135 及圖 136 為其架設例 [45]。

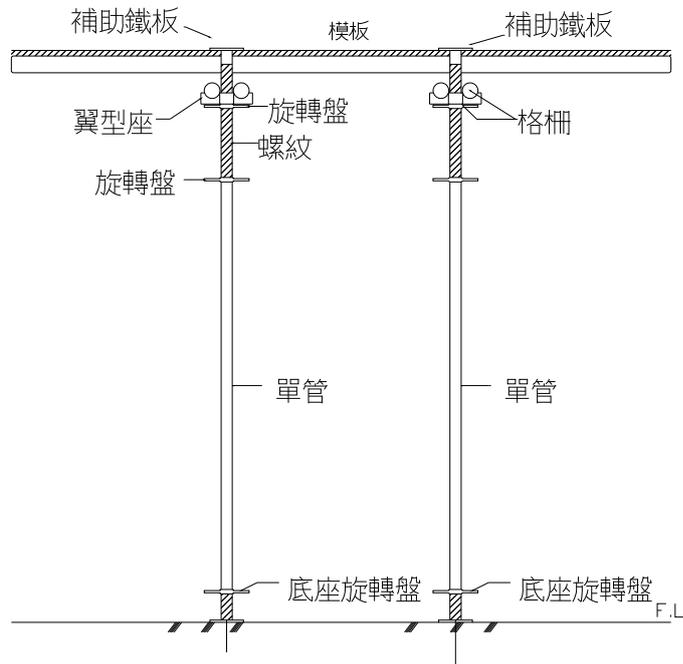


圖 135 鋼管支撐組立架設施工例

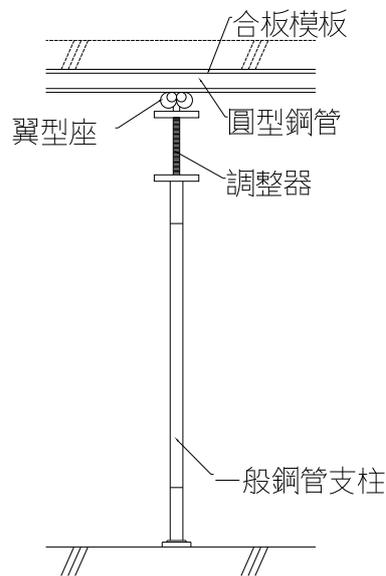


圖 136 一般鋼管支柱配合格柵組立例

(二)可調鋼管支柱為模板支撐之支柱

- 1.以可調鋼管支柱為模板支撐之支柱時，可調鋼管支柱不得連接使用（營造安全衛生設施標準第 135 條第一項第一款）。

2.高度超越 3.5 公尺以上時，高度每 2 公尺內應設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，以防止支柱移動。(營造安全衛生設施標準第 135 條第一項第三款)

3.架設時應注意上下端應固定緊密。

圖 137 至圖 145 為支柱架設例[45]。

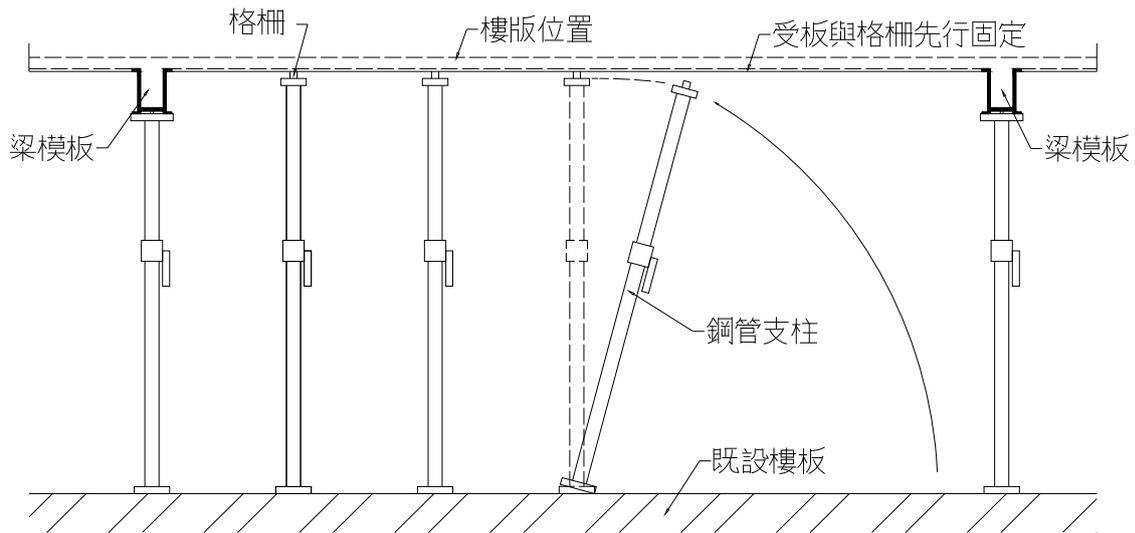


圖 137 架設支柱示意圖

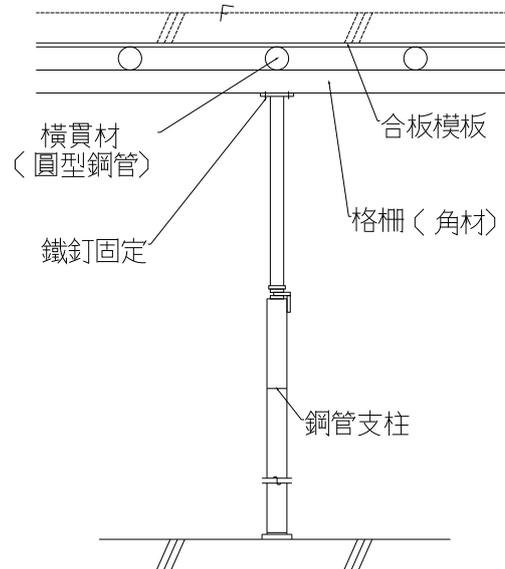


圖 138 可調式鋼管支柱配合格柵組立例

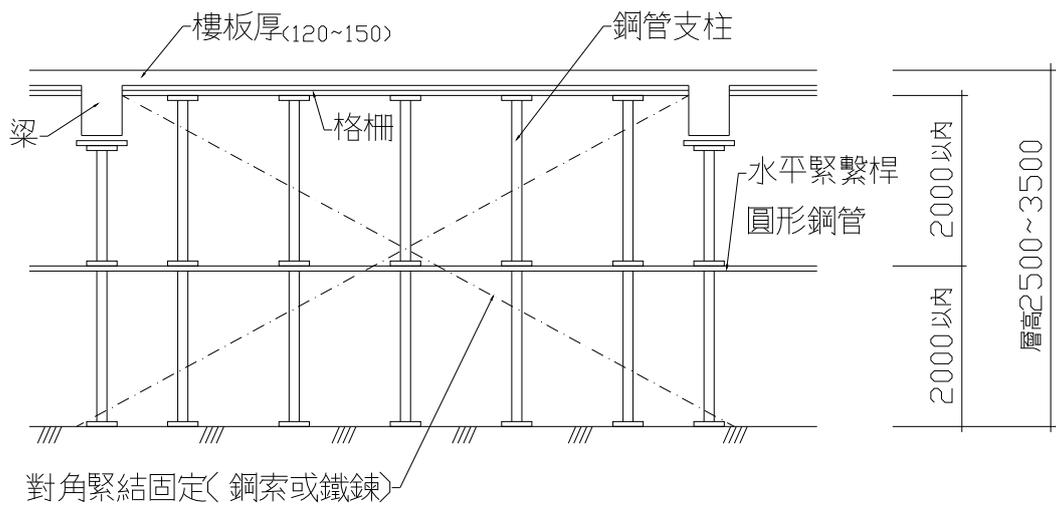
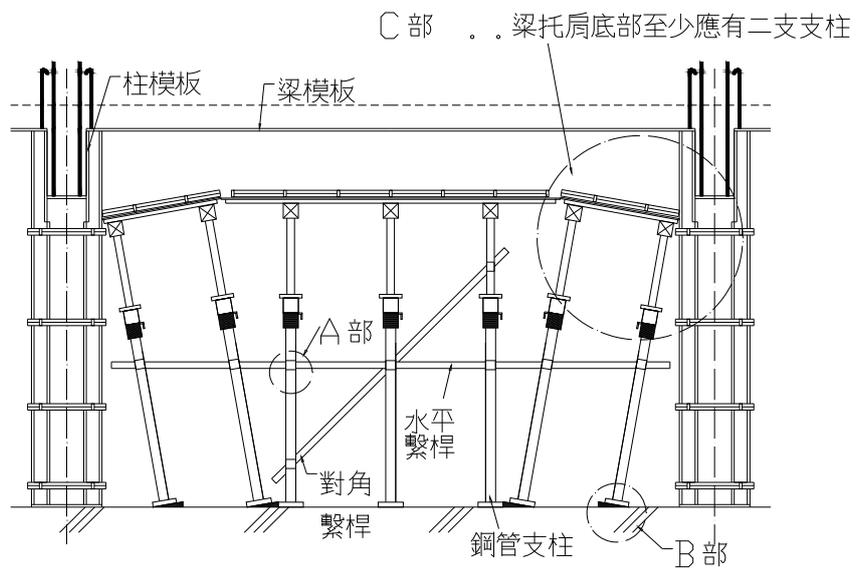


圖 139 鋼管支柱組立例



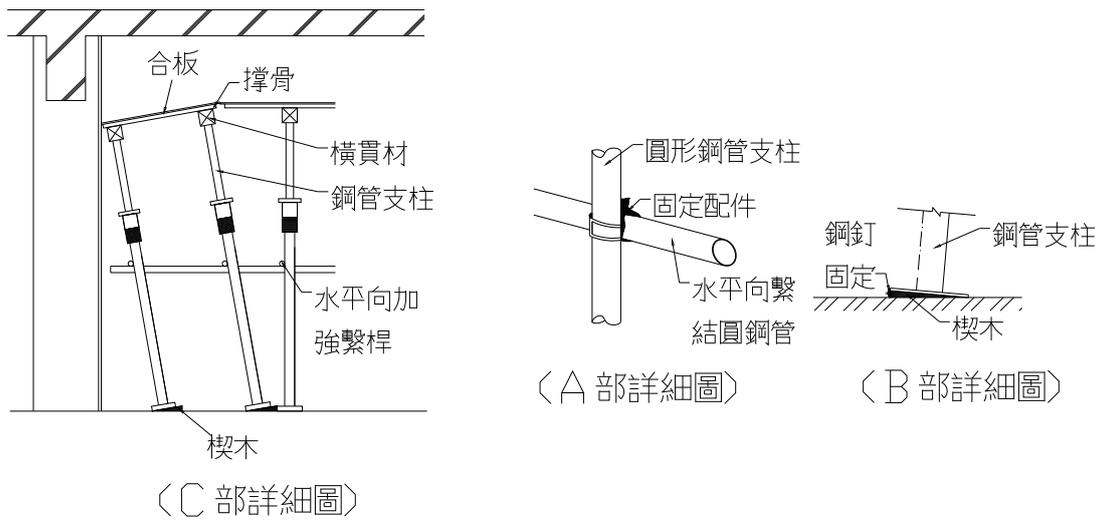


圖 140 梁底版鋼管支柱架設例

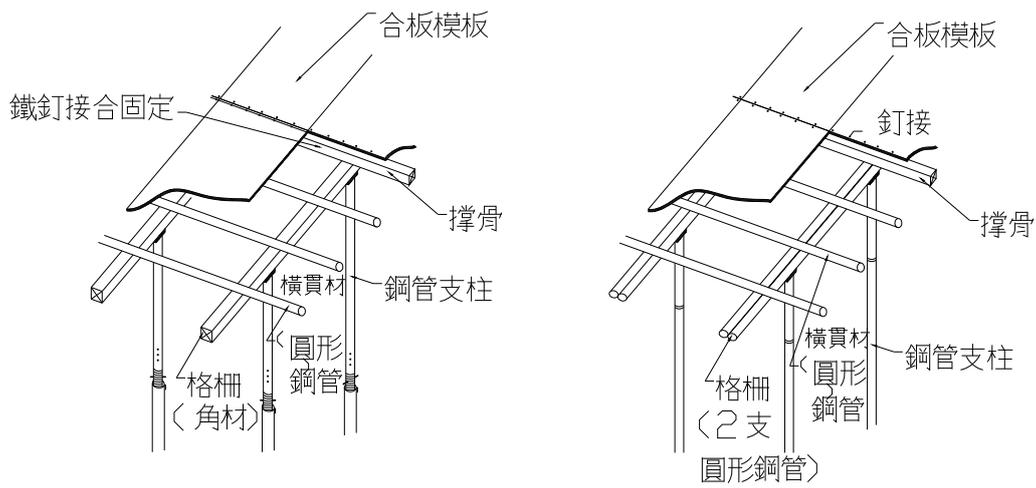


圖 141 樓版模板架設例

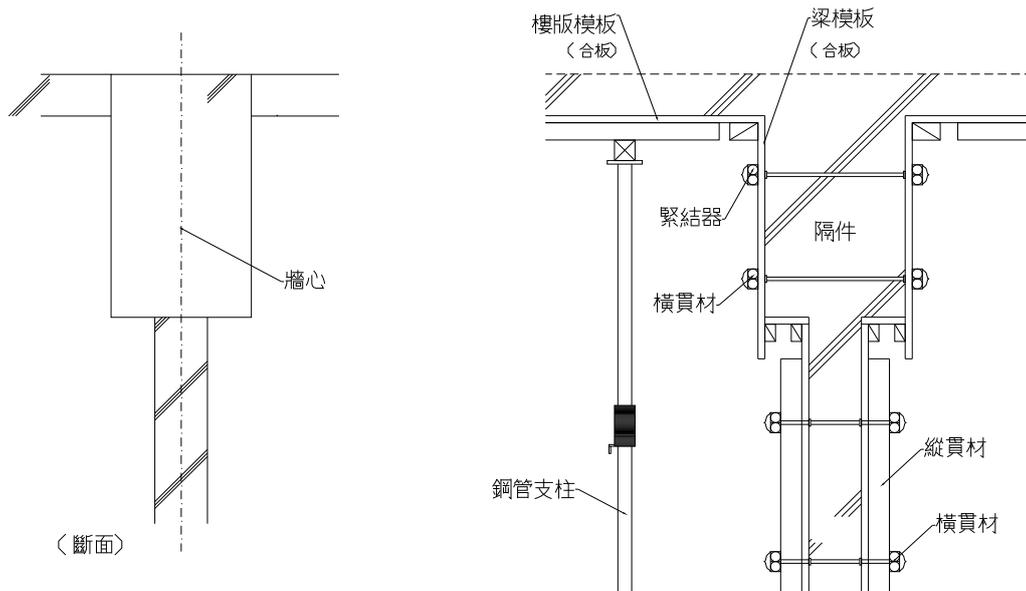


圖 142 同心梁、牆接合部分模板組合例

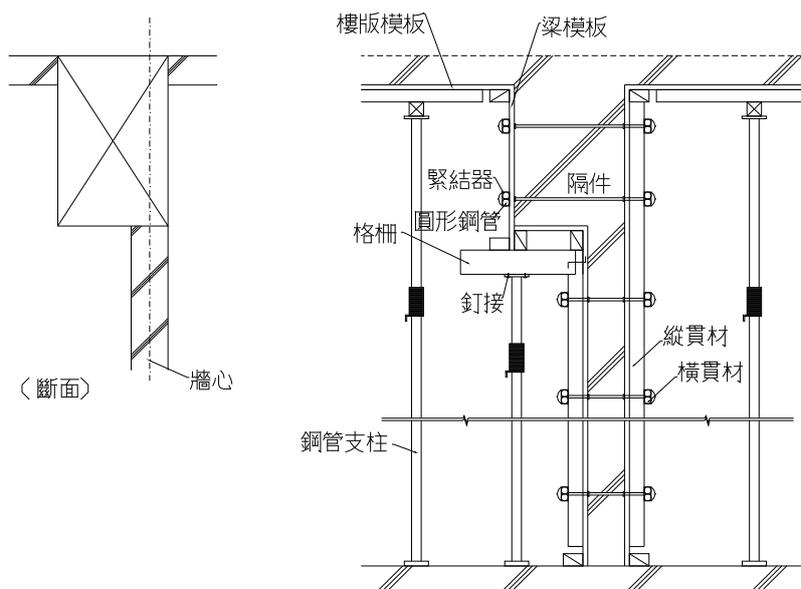


圖 143 偏心梁、牆接合部分模板組合例

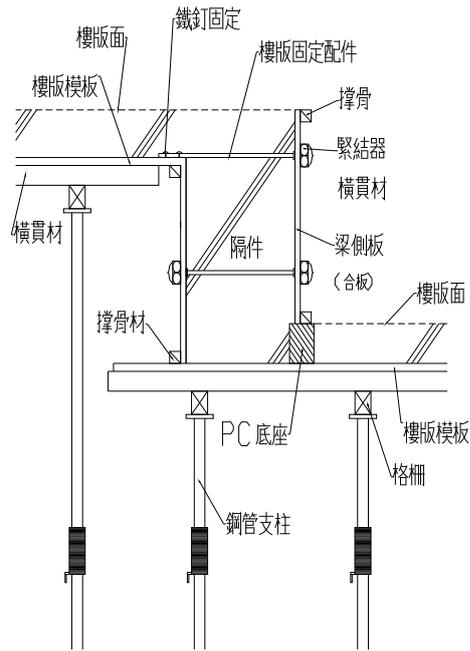


圖 144 梁與高、低差樓版模板組合例

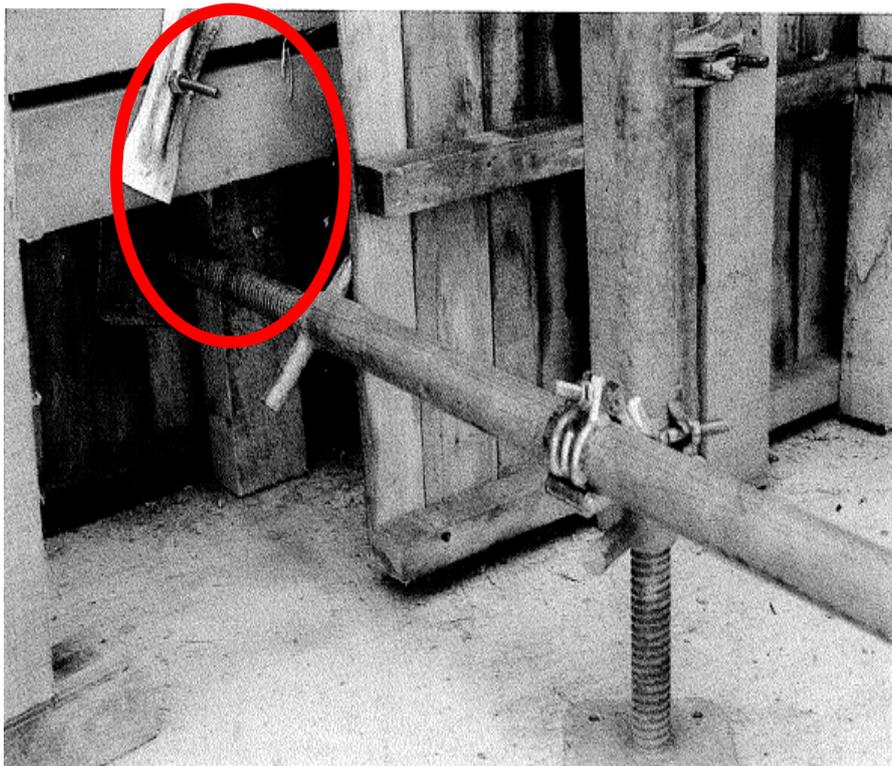


圖 145 連結鋼管支撐架之水平桿預頂在側壁上，以使端部固定
 (三)框式施工架為模板支撐之支柱

1. 鋼管架與鋼管架間，應設置交叉斜撐材。

- 2.於最上層及每隔五層以內，模板支撐之側面、架面及交叉斜撐材面之方向每隔五架以內，應設置足構強度之水平繫條，以防止支柱之移位。
- 3.於最上層及每隔五層以內，模板支撐支架面方向之兩端及每隔五架以內之交叉斜撐材方向，應設製水平繫條或橫梁。

(勞工安全衛生設施標準第 136 條第一項第一、二、三款)

圖 146 為其組合例 [45]。

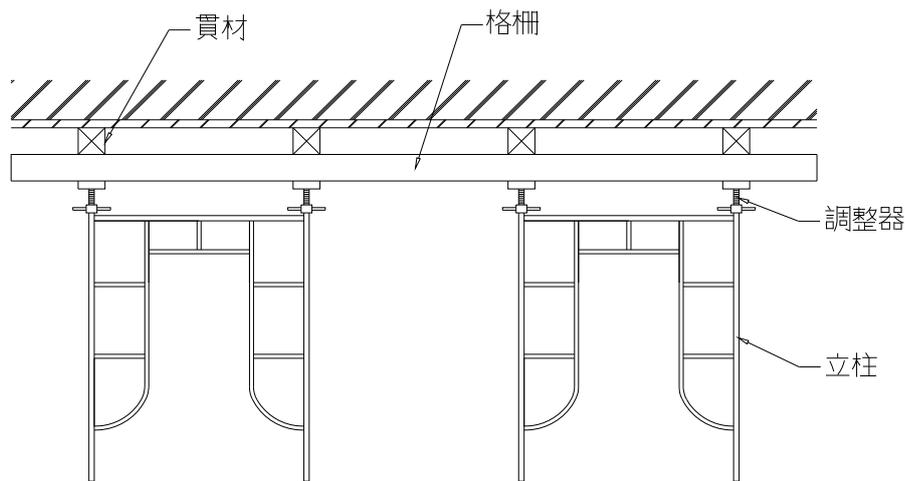


圖 146 框式施工架頂層組合施工例

(四)型鋼之組合鋼柱為模板支撐之支柱

- 1.高度超過四公尺時，應於每隔四公尺以內項二方向設置足構強度之水平繫條，並防止支柱之移位。(勞工安全衛生設施標準第 137 條第一項第一款)

圖 147 至圖 149 為其組合例 [26]。

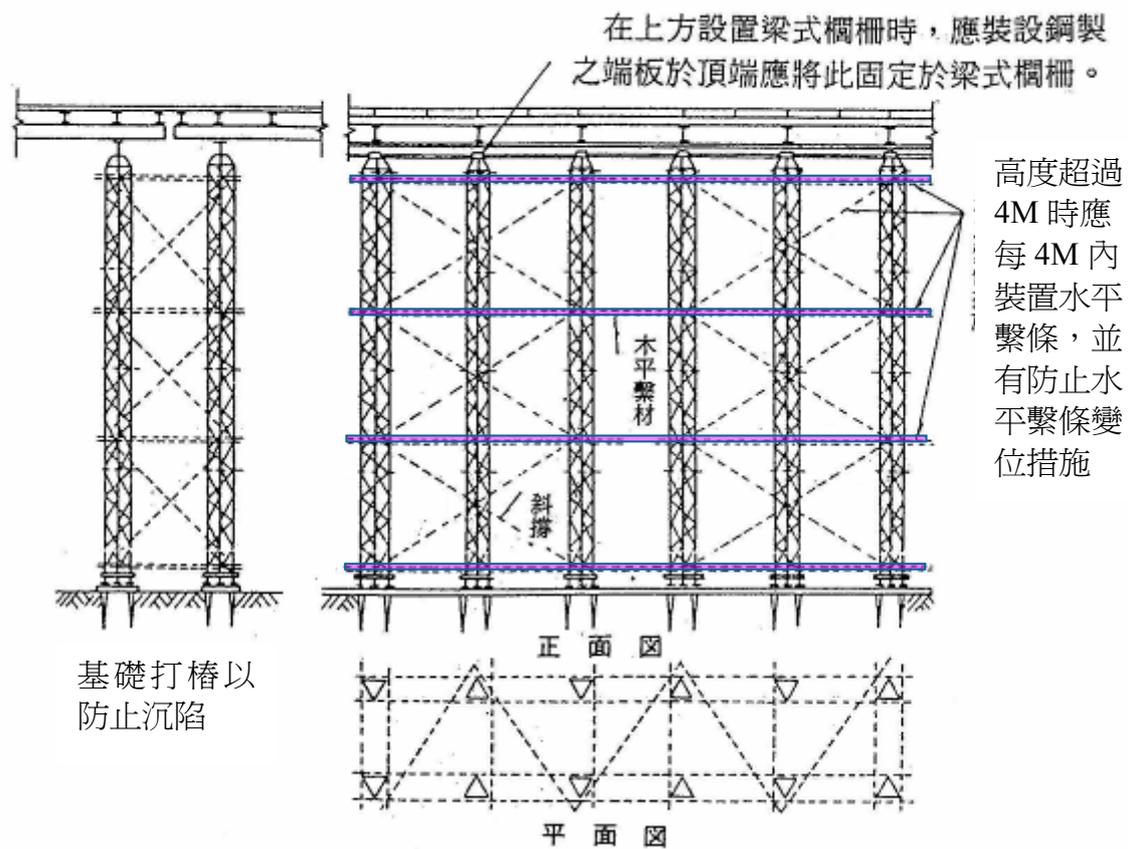


圖 147 以組合鋼柱作為支柱的支撐





圖 148 上端設置梁式格柵時裝設鋼製之端板於頂端並固定於梁式格柵



圖 149 以組合鋼柱作為支柱的支撐

(五)模板支撐以樑支持

- 1.將樑之兩端固定於支撐物，以防止滑落及脫落。
- 2.於樑與樑之間設置繫條，以防止橫向移動。

(營造安全衛生設施標準第 139 條)

圖 150 為其組合例 [26]。



圖 150 以梁支持時，梁的兩端固定於支撐物，以防止滑動及脫落

五、接頭之固定

一般規定：

1. 支柱之腳部應予以固定，以防止移動(營造安全衛生設施標準第 131 條第 1 項第三款)。
2. 支柱之接頭，應以對接或搭接妥為連接(營造安全衛生設施標準第 131 條第 1 項第四款)。
3. 鋼材與鋼材之接觸部分及搭接重疊部分，應以螺栓或鉚釘等金屬零件固定之(營造安全衛生設施標準第 131 條第 1 項第五款)。

(一)可調鋼管支柱為模板支撐之支柱

鋼管支撐連結接頭，工地主要使用三種型式(圖 151)，即直交型、自由型、特殊型三類。直交型亦稱「固定式連結接頭」，單管以相互垂直方式插入連結接頭內，並一直保持 90°；自由型亦稱為「活動式連結接頭」，可以任意角度調整兩根鋼管；至於特殊型連結接頭則於工地使用較少[26]。

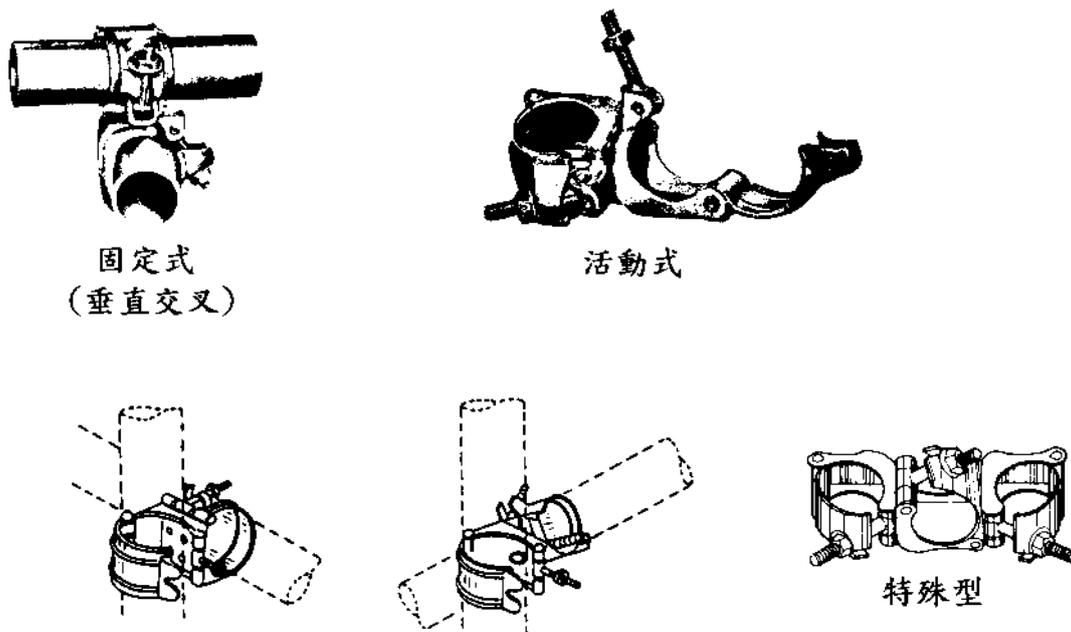
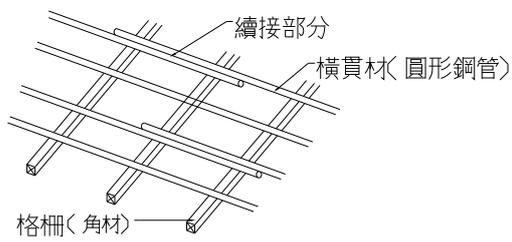


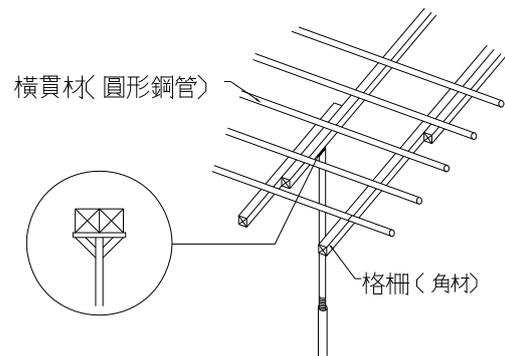
圖 151 鋼管支撐連結接頭型式

- 1.可調鋼管支柱不得連接使用。
- 2.可調鋼管支撐於調整高度時，應以制式之金屬附屬配件為之，不得以鋼筋等替代使用。
(營造安全衛生設施標準第 135 條第一項第二、四款)
- 3.儘量減少接頭數量。版下有接頭之支柱數不得超過總數之 1/2，梁下者不超過 1/3 且有接頭之柱應均勻分散[26]。
- 4.水平繫條至少需以互相垂直的兩個方向組配，續接方式以能有效傳遞水平力為原則。水平繫條與支撐及水平繫條與水平繫條間，其連接處應以制式接合器妥為連接，不得任意以鐵線等非制式附件綑綁纏繞[26]。

圖 152 至圖 154 為其固定例。



橫貫材(圓形鋼管)續接



格柵續接

圖 152 橫貫材、格柵續接例

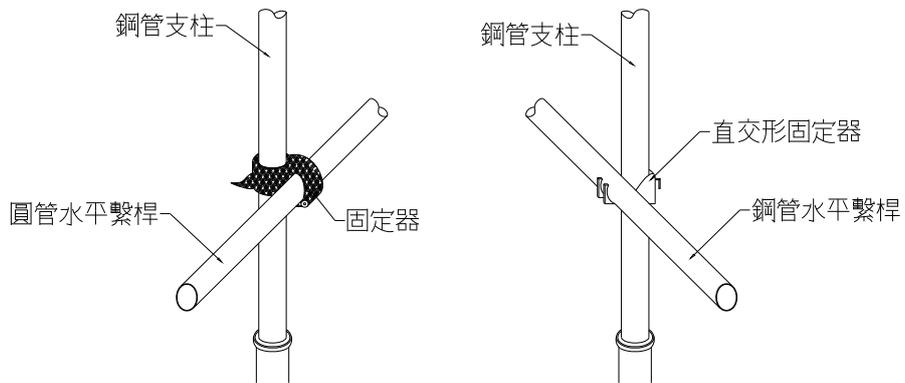


圖 153 支柱與繫桿固定例

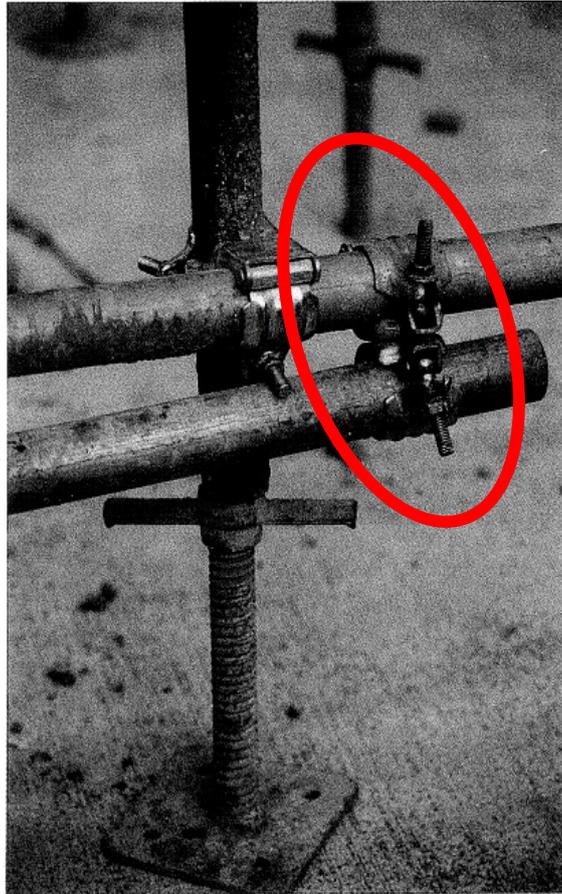


圖 154 水平桿以萬向環接頭穩固連接及續接

(二)鋼管施工架為模板支撐之支柱

- 1.上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板，並固定於貫材。(營造安全衛生設施標準第 136 條第一項第五款)

(三)型鋼之組合鋼柱為模板支撐之支柱

- 1.上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板，並固定於貫材。(營造安全衛生設施標準第 137 條第一項第二款)

圖 155 至圖 158 為其架設例。



圖 155 以型鋼之組合鋼柱為模板支撐之支柱



圖 156 接頭螺栓數量足夠，且確實鎖緊



圖 157 接合處確實以鱷魚夾夾緊



圖 158 接合處以螺栓鎖緊

六、水平貫材

一般鋼管頂柱貫材時，因貫材寬度小，鋼管有滑脫移位之虞，另支承荷重面積亦小，因此須以鋼製頂板固定，加大受力面積[26]。

(一)雇主以一般鋼管為模板支撐之支柱時，上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板，並固定於貫材。(營造安全衛生設施標準第 134 條第一項第二款)

(二)以可調鋼管支柱為模板支撐之支柱時，上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板，並固定於貫材。(營造安全衛生設施標準第 135 條)：

(三)以鋼管施工架為模板支撐之支柱時，上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板，並固定於貫材。(營造安全衛生設施標準第 136 條)

(四)以型鋼之組合鋼柱為模板支撐之支柱時，上端支以樑或軌枕等貫材時，應置鋼製頂板，並固定於貫材。(營造安全衛生設施標準第 137 條)

圖 159 及圖 160 為其範例。

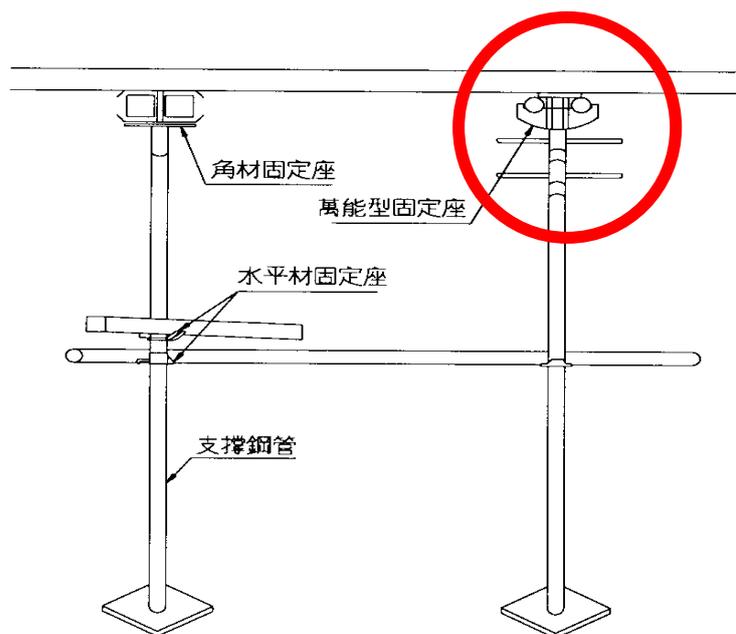


圖 159 以鋼製頂板固定，加大受力面積



圖 160 上端支以樑或軌枕等貫材時，設置鋼製頂板，並固定於貫材

七、水平繫條或斜撐

- (一)對曲面模板，應以繫桿控制模板之上移。(營造安全衛生設施標準第 131 條第 1 項第六款)
- (二)橋樑上構模板支撐，其模板支撐架應設置側向支撐及水平支撐，並於上、下端連結牢固穩定。(營造安全衛生設施標準第 131 條第 1 項第七款)
- (三)以一般鋼管為模板支撐之支柱時，高度每二公尺內應設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，以防止支柱之移動。(營造安全衛生設施標準第 134 條第一項第一款)
- (四)以可調鋼管支柱為模板支撐之支柱時，高度超越三·五公尺以上時，高度每二公尺內應設置足夠強度之縱向、橫向之水平繫條，以防止支柱移動。(營造安全衛生設施標準第 135 條)：
- (五)以鋼管施工架為模板支撐之支柱時，應依下列規定辦理(營造安全衛生設施標準第 136 條)：
 - 1.鋼管架與鋼管架間，應設置交叉斜撐材。
 - 2.於最上層及每隔五層以內，模板支撐之側面、架面及交叉斜撐材面之方向每隔五架以內，應設置足夠強度之水平繫條，以防止支柱之移位。

3.於最上層及每隔五層以內，模板支撐之架面方向之兩端及每隔五架以內之交叉斜撐材方向，應設置水平繫條或橫架。

(六)以型鋼之組合鋼柱為模板支撐之支柱時，高度超過四公尺時，應於每隔四公尺以內向二方向設置足夠強度之水平繫條，並防止支柱之移位。(營造安全衛生設施標準第 137 條)

圖 161 及圖 162 為其範例。



圖 161 高度超過四公尺時，於每隔四公尺以內向二方向設置足夠強度之水平繫條





圖 162 水平橫樑固定於混凝土基礎，此混凝土基礎屬假設工程八、調整層

- (一)調整層處應儘量使用與支撐架同系列的高低調整器(圖 163)。
- (二)如無法採用同系列的調整器，則應特別注意接頭及水平貫材的穩固性。



圖 163 採用同系列的高低調整器

九、其他傾斜支撐或特殊造型

- (一)對曲面模板，應以繫桿控制模板之上移。(營造安全衛生設施標準第 131 條第 1 項第六款) [45]。
- (二)傾斜支撐之接頭應特別注意其牢固性，儘量使用同系列支撐系統及制式接頭(圖 164 及圖 165)。
- (三)如無制式接頭，則應特別注意其穩固性，圖 166 至圖 169 爲其範例。

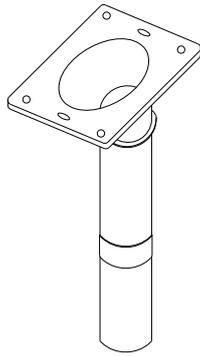


圖 164 鋼管斜向支撐配件例

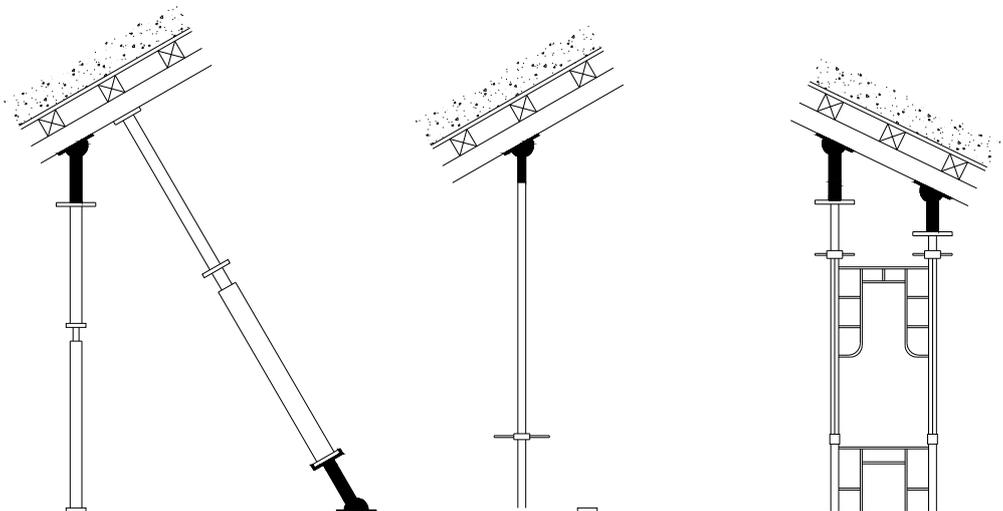


圖 165 鋼管斜向支撐支柱組合例



圖 166 以銲接方式固定



圖 167 以千斤頂調整高程



圖 168 以楔木調整



圖 169 以楔木調整或以鋼管、角鋼及木塊調整及固定

第四節 模板支撐查驗

一、法規規定事項

(一)雇主對於模板支撐組配、拆除（以下簡稱模板支撐）作業，應指定模板支撐作業主管於作業現場辦理下列事項：(營造安全衛生設施標準第 133 條)

- 1.決定作業方法，指揮勞工作業。
- 2.實施檢點，檢查材料、工具、器具等，並汰換其不良品。
- 3.監督勞工個人防護具之使用。
- 4.確認安全衛生設備及措施之有效狀況。
- 5.其他為維持作業勞工安全衛生所必要之措施。

二、基腳部分檢查[26]

- (一)基地是否作好「整平」、「夯實」及「鋪設墊板」的處理
- (二)基地是否已做好排水處理
- (三)基地是否出現土壤掏空現象
- (四)放樣位置是否與施工圖說相符
- (五)基腳型式是否與設計圖說相符

(六)基腳是否有不當搭接

(七)基腳是否穩固以防止沉陷或側向位移

三、混凝土澆置前[26]

(一)確認支撐構件、水平繫條、斜撐、接頭、基腳等皆已固定良好

(二)與施工圖說核對相關斜撐、交叉拉桿或圖面所繪用以抵抗水平振動力之構件

(三)可調鋼管作為支撐時，相關安全項目為支撐節數之限制，連接時之連結方式及挫屈之防止。國內模板支撐小包有要求廠商製造非規格品之鋼管(上節)插入規格品之腰管(下節)結合使用於較高淨空之支撐，曾發生重大倒塌案。經檢視支撐之折斷處，大部份發於非規格品之上節插入管的高度調整孔斷面

(四)確認力軸線一致而無偏心，且連接處無相對位移之虞。

(五)鋼管施工架上接木支撐時，除應查核與模板支撐結構計算書及設計圖說是否相符外，另應注意：

- 1.木支撐與木支撐間之連結：為使木支撐能抵抗活載重中的水平振動力，支撐間應安裝水平繫條、斜撐等桿件。
- 2.木支撐與鋼管之接合：接合之標準應能確保在垂直荷重下，接合處無移位、彎曲、折斷之虞，因此應使用專用接合裝置。
- 3.木支撐與鋼管間接以貫材之情況：木支撐與鋼管雖間以貫材但仍應在一垂直線上，確保力的傳遞均衡，無發生偏心載重之虞，此為最理想之安裝形式。然而作業人員在講求效率之情況下經常將木支撐釘於貫材上任何位置，致鋼管承受一偏心荷重，加諸貫材在木支撐之作用下發生變形，而移位，因此此種安裝形式應予禁止。

(六)地震或颱風等天然災害發生後，應重新檢查支撐系統。

第五節 混凝土澆置

一、澆置順序需符合混凝土澆置計畫。

二、外圍之混凝土牆、柱等結構應先行澆置混凝土，避免與模板支撐上方之版同時澆置，以便提供橫向水平貫材之側向束制。

第六節 模板支撐之拆除

- 一、雇主應依構造物之物質、形狀、混凝土之強度及其試驗結果、構造物上方之工作情形及當地氣候之情況，確認構造物已達到安全強度之拆模時間，方得拆除模板。(營造安全衛生設施標準第 147 條)
- 二、混凝土灌漿時，應同時製作圓柱試體置放於工地，在與工地相同的養護條件下，於預定拆除支撐架前進行抗壓試驗，以確認其強度。
- 三、預力混凝土橋支撐架之拆除時機應配合預力計算結果。
- 四、模板支撐拆除前，應經專任工程人員簽章確認。

第七節 建議之查驗(檢查)表

模板支撐之查驗表建議分為設計及施工兩部分。

一、設計部分

比照美國混凝土協會 ACI 347，於工程合約中載明：

- (一)支撐架由何人設計；
- (二)支撐架將由何人檢視、何時檢視；
- (三)支撐架之結構計算書及其施工圖說是否須送審；
- (四)支撐架及其施工圖說將由何人審查。

支撐架結構計算書及設計書圖由設計者填妥表 25 及表 26 後，依合約規定送審。

表 25 支撐架結構計算書查驗表

項 目	內 容*	合格	不合格
(1) 材料之強度試驗合格文件。			
(2) 正確合理之分析計算模式及設計方法，暨合宜之分析軟體。			
(3) 設計載重所應考慮施工期間之各種可能垂直與水平載重。			
(4) 各部位模板背撐材之撓曲應力、剪應力及撓度。			

(5) 支撐架各構件及縱向與橫向水平貫材之撓曲應力、剪應力、撓度及側向挫屈(臨界長度)、腹板局部側向挫屈。			
(6) 整體支撐架水平構材與斜撐系統之橫向力。			
(7) 千斤頂之撓曲應力、剪應力、面壓及側向挫屈。			
(8) 主要承力構件之應力及位移之計算檢核結果。			
(9) 支承墊板各構件之撓曲應力。			
(10) 基礎土壤之承載力，必要時需作土壤承載力試驗。			
(11) 專業技師簽證			

*本欄由承包商填妥後送審。

表 26 支撐架施工圖說查驗表

項 目	內 容*	合格	不合格
(1) 須詳繪支撐系統之所有構件及其細部構造與相關說明。			
(2) 須含支撐架之長度與間距、立柱之位置與間距、對撐接點之垂直距離、排架高度等控制設計之尺度。			
(3) 須含混凝土之澆置程序、澆置速率及施工縫等及混凝土澆置流程圖。			
(4) 須註明支撐架及模板系統所			

致沉陷量，且其值不得大於 2.5 cm。			
(5) 須註明修正垂直度之方法以及修正補強之位置。			
(6) 支撐架中若設有供車輛及人員通行之交通要道，則應詳細標示該交通通道之位置、長度、水平與垂直淨空、交通維持及相關之安全衛生管制措施。			
(7) 支撐架組立及移除作業期間若所用臨時斜撐跨越或鄰近既有交通通道，則須註明組立及移除之施工順序與臨時斜撐系統之使用細節。			
(8) 支撐架基礎 A. 若採直接基礎，則須載明土壤之設計承載力。 B. 若採樁基礎且基樁突出地面之垂直長度超過樁徑之 4 倍以上，則須載明樁頭設計最大位移及最大容許水平偏差位移。			
(9) 支承墊板各構件之撓曲應力。			
(10) 基礎土壤之承載力，必要時需作土壤承載力試驗。			
(11) 後拉法預力混凝土橋之支撐架解除支撐狀態之程序說明			
(12) 專業技師簽證			

*本欄由承包商填妥後送審。

二、施工部分

施工部分的查驗表建議比照公共工程施工品質查驗表，增列檢驗標準及檢查時機，如表 27。

表 27 模板支撐倒崩塌防止安全檢查表

模板支撐倒崩塌防止安全檢查表						
工程單位	工程名稱					日期
序號	檢查項目	檢查時機	檢查標準 (量化標準)	檢查結果	合格	備註
1.	一般規定					
1.1	應禁止無關之人員進入作業區域					
2.	支撐架架設組立	支撐架架設組立				
2.1	支柱間距應恰當		(依據設計圖說) 間距：	間距：		
2.2	支柱間縱向、橫向之水平繫條應穩固		(依據設計圖說) 間距： 高度： 支數：	間距： 高度： 支數：		
2.3	支柱之腳部應穩固		(依據設計圖說) 固定方式： 排水系統：	固定方式： 排水系統：		
2.4	立柱之材值應良好(無變形、腐蝕)		是否提送製造證明或檢驗報告？			

			材質是否與設計圖說一致？				
2.5	模板之材值應良好(無變形、裂痕、腐蝕)		是否提送製造證明或檢驗報告？ 材質是否與設計圖說一致？				
2.6	模板斜撐材應足夠		(依據設計圖說) 間距： 高度： 支數：	間距： 高度： 支數：			
2.7	模板支撐搭接部分應依規訂妥為固定		(依據設計圖說) 固定方式：	固定方式：			
3.	混凝土澆置前	混 凝 土 澆置前					
3.1	模板支撐作業主管應檢查模板支撐各部分之連接、斜撐裝置及支柱腳部固定情形		(依據設計圖說) 間距： 高度： 支 柱 腳 部： 接頭： 斜撐：	間距： 高度： 支 柱 腳 部： 接頭： 斜撐：			
3.2	模板支撐作業主管應檢查模板支撐是否有異常變形		(依據設計圖說) 容許變位量：	變位量：			
3.3	混凝土澆築期間模板支撐作業主管應帶領模板工共同巡視，並對缺失部分作適當之						

	改善處理						
4	混凝土澆置時	混 凝 土 澆置時					
4.1	模板支撐作業主管應檢查混凝土澆置是否與澆置計畫符合		灌漿口高度： 澆置順序： 澆置速度： 震動情形：	灌漿口高度： 澆置順序： 澆置速度： 震動情形：			
4.2	模板支撐作業主管應檢查模板支撐是否有異常變形		(依據設計圖說) 容許變位量：	變位量：			
5	混凝土澆置後	混 凝 土 澆置後					
5.1	模板支撐作業主管應檢查模板支撐是否有異常變形		(依據設計圖說) 容許變位量：	變位量：			
6	支撐架拆除	支 撐 架 拆除					
6.1	混凝土是否已達需求之強度		是否有相關之強度試驗證明？ 是否經專任工程人員簽認？				
6.2	作業主管應監督支撐架拆除之工序是否恰當		(依據設計圖說的工序)				
安全衛生管理員	協驗人員					查驗人員	

第八節 不同型式模板支撐特別檢核要項

一、一般鋼管作為支柱之模板支撐

一般鋼管作為支柱時，相關安全重點項目為支撐移動之防止及頂端之固定[26]。

行政院勞工委員會依據營造安全衛生設施標準第 134 條，繪製以一般鋼管作為支柱之模板支撐示意圖[8]如圖 170。對應之特別檢核事項如表 28。

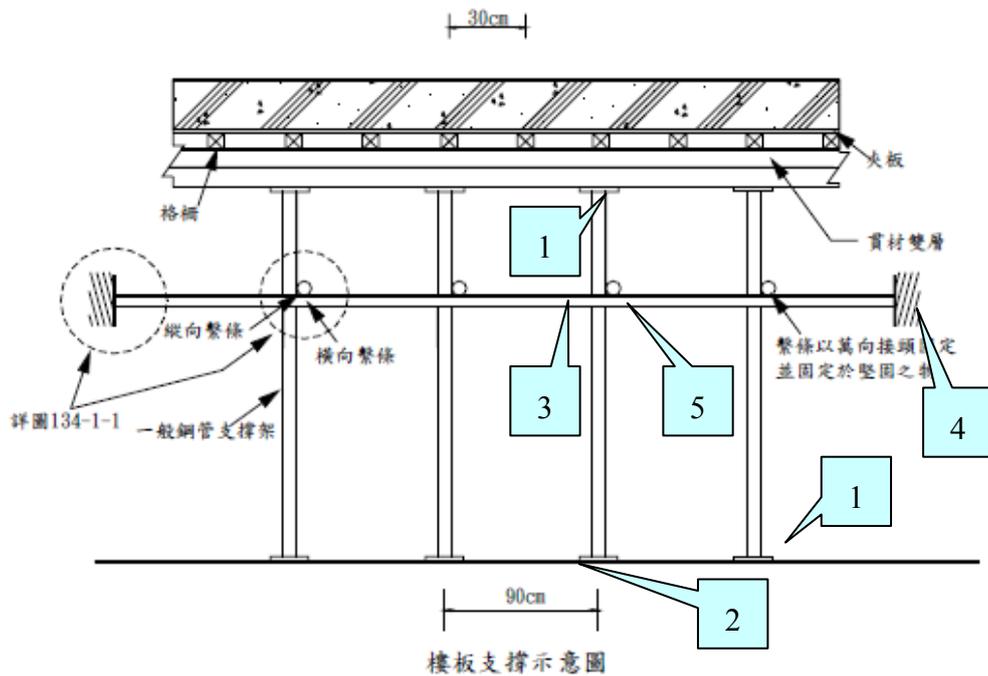


圖 170 以一般鋼管作為支柱之模板支撐示意圖

表 28 一般鋼管作為模板支柱之模板支撐特別檢核事項

災害要因	預防對策
<p>1. 支柱座板未妥實固定。</p> <p>2. 支柱間距超過 90 公分。</p> <p>3. 水平繫條設置不足 (1)未設置 (2)高度間隔超過 2 公尺 (3)未使用 $\Phi 38\text{mm}$ 鋼管</p> <p>4.水平繫條未妥實固定</p> <p>5. 接頭強度不足</p>	<p>1. 比照可調式基腳座鈹(圖 34 中之圖 136-1(三))固定，但仍應檢核確認。 採用其他方式固定時，其固定方式應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p> <p>2. 增加支柱數量以縮短其間距。 若未能以上述方式補強時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p> <p>3. (1) 補設置(無替代方案) (2) 增設水平繫條，使高度間隔不超過 2 公尺(無替代方案) (3) 改用 $\Phi 38\text{mm}$ 鋼管，但仍應檢核確認。 採用其他型式之水平繫條時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p> <p>4.依照圖 30 中之圖 134-1 的方式固定，但仍應檢核確認。 採用其他方式固定時，其固定方式應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p> <p>5.採用萬向接頭，但仍應檢核確認。 採用其他型式作為接頭時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p>

二、可調鋼管支柱作為支柱之模板支撐

可調式鋼管作為支柱時，相關安全項目為支撐節數之限制、連接時之連結方式及挫屈之防止[26]。

行政院勞工委員會依據營造安全衛生設施標準第 135 條，繪製以可調鋼管支柱作為支柱之模板支撐示意圖[8]如圖 171，對應之特別檢核事項如表 29。

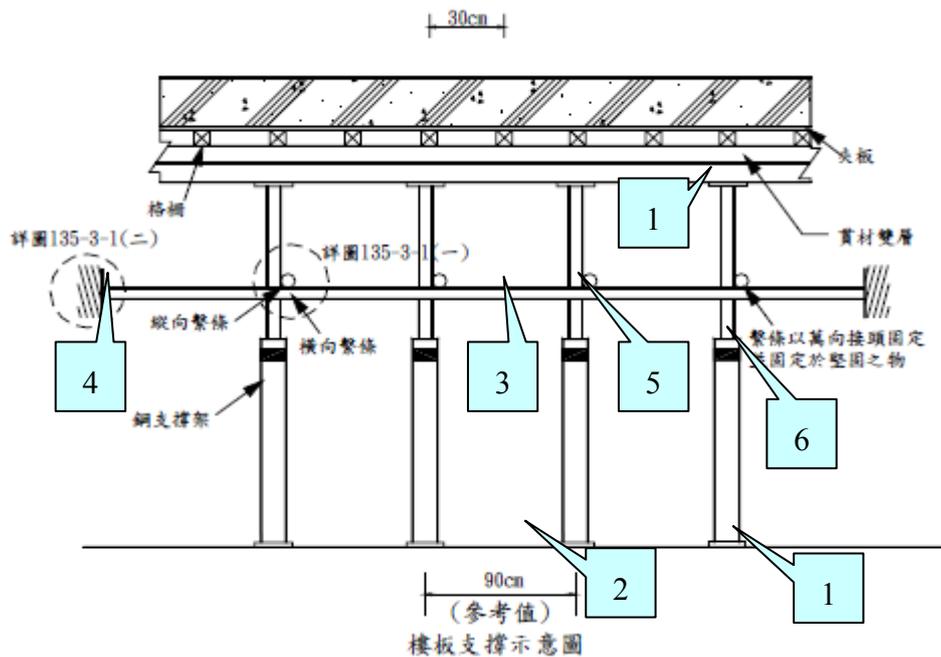


圖 171 以可調鋼管支柱作為支柱之模板支撐示意圖

表 29 可調鋼管支柱作為模板支柱之模板支撐特別檢核事項

災害要因	預防對策
1. 支柱座板未妥實固定。	1. 比照可調式基腳座鈹(圖 34 中之圖 136-1(三))固定，但仍應檢核確認。 採用其他方式固定時，其固定方式應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。
2. 支柱間距超過 90 公分。	2. 增加支柱數量以縮短其間距。 若未能以上述方式補強時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。
3. 水平繫條設置不足 (1) 未設置 (2) 高度超過 3.5 公尺以上時，水平繫條高度間隔超過 2 公尺 (3) 未使用 $\Phi 60\text{mm}$ 鍍鋅鋼管	3. (1) 補設置(無替代方案) (2) 增設水平繫條，使高度間隔不超過 2 公尺(無替代方案) (3) 改用 $\Phi 60\text{mm}$ 鍍鋅鋼管，但仍應檢核確認。 採用其他型式之水平繫條時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。
4. 水平繫條未妥實固定	4. 採用圖 33 中之圖 135-3-1(二)的方式固

<p>5. 接頭強度不足</p> <p>6.調整高度時未以制式之金屬附屬配件為之</p> <p>7.連接使用三節以上</p> <p>8.連接使用時未使用 4 個以上之螺栓或專用之金屬配件加以連結</p>	<p>定，但仍應檢核確定。 採用其他方式固定時，其固定方式應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p> <p>5.採用萬向接頭，但仍應檢核確定。 採用其他型式作為接頭時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p> <p>6.採用制式之金屬附屬配件 採用其他方式時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p> <p>7.因高度需要須連接使用三節以上時，應改用其他型式支撐架(無替代方案)。</p> <p>8.使用 4 個以上之螺栓或專用之金屬配件加以連結，並檢核確認其強度。 採用其他方式時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p>
---	---

三、鋼管施工架作為支柱之模板支撐

鋼管施工架作為支柱時，相關安全項目為施工架間之穩定、各施工架間移位之防止、上端移位之防止[26]。

支柱之腳部應使用千斤頂式基板，俾以調整維持基部水平；支柱頂端應視模板形狀，選用符合載荷及相當規範之可調式鋼管或不同尺寸之鋼管支撐，俾以配合調整高低。

複合式支撐架(鋼管施工架或鋼管支撐架上接木支撐)：除查核設計資料(包括結構計算)外，現場檢查上應注意[26]：

- (一)木支撐與木支撐間之連結：為使木支撐能抵抗活載重中的水平振動力，支撐間應安裝水平繫條、斜撐等桿件。
- (二)木支撐與鋼管之接合：接合之標準應能確保在垂直荷重下，接合處無移位、彎曲、折斷之虞，因此應使用專用接合裝置。
- (三)木支撐與鋼管間接以貫材之情況：木支撐與鋼管間接以貫材，仍應在一垂直線上，確保力量傳遞均衡且無發生偏心載重之虞。

行政院勞工委員會依據營造安全衛生設施標準第 136 條，繪製以鋼管施工架作為支柱之模板支撐示意圖[8]如圖 172，對應之特別檢核事項如表 30。

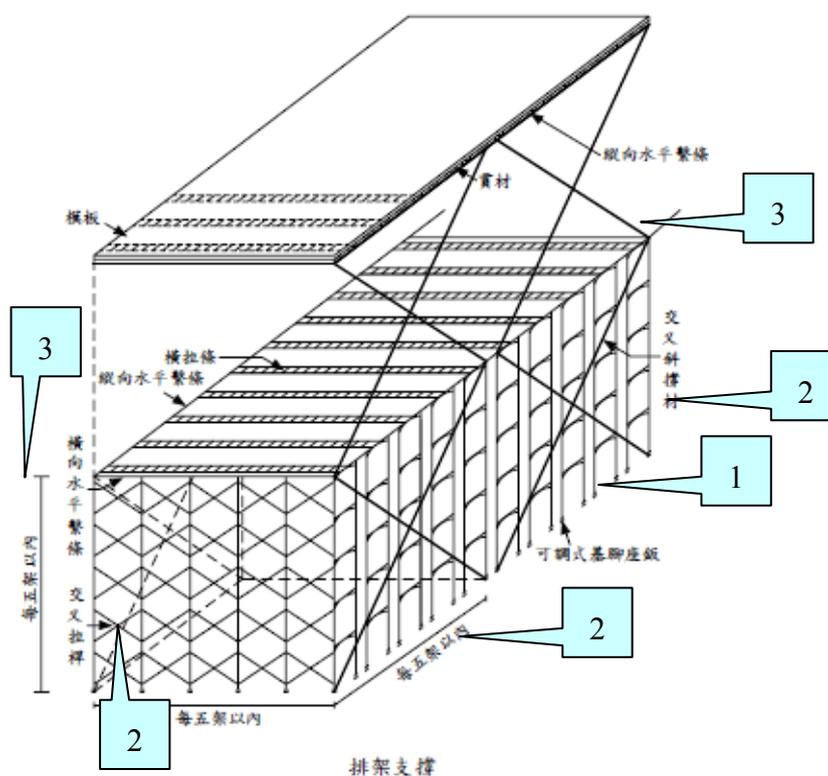


圖 172 以鋼管施工架作為支柱之模板支撐示意圖

表 30 鋼管施工架作為模板支柱之模板支撐特別檢核事項

災害要因	預防對策
1. 支柱座板未妥實固定。 2. 未於鋼管架與鋼管架間設置交叉斜撐材 (1) 未於最上層及每隔五層以內設置 (2) 未於每隔五架以內設置 3. 水平繫條設置不足 (1) 未於最上層及每隔五層以內設置 (2) 未於模板支撐之側面、架面及交叉斜撐材面之方向設置 (3) 未於每隔五架以內設置	1. 比照可調式基腳座鈑(圖 34 中之圖 136-1(三))固定，但仍應檢核確認。採用其他方式固定時，其固定方式應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。 2. 增設交叉斜撐材至符合規定。(無替代方案) 3. 補設置(無替代方案)

<p>(4)未於模板支撐之架面方向之兩端及每隔五架以內之交叉斜撐材方向設置</p> <p>4.支撐底部未以可調型基腳座鈹調整在同一平面</p>	<p>4.依照圖 34 中之圖 136-1(三)的方式固定並調整高度，但仍應檢核確認。採用其他方式時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p>
---	--

四、以型鋼之組合鋼柱作為支柱之模板支撐

組合鋼柱作為模板支撐均係使用於承受巨大荷重者，其組裝作業常須藉助起重機吊至訂位。由於其自重甚大，且為柱狀四邊型之框形、門形構架，致豎立後極易翻覆，因此吊至定位後必須以有效方法維持鋼柱之穩定。準此，此種鋼柱組立作業須有嚴謹的安全作業標準，內容應包括防止倒塌、墜落之安全設備、作業程序(步驟)、及工具器具使用等。至於之撐結構穩定方面的重點包括：設計、支柱基腳沉陷防止、支撐移位之防止、頂端之固定等[26]。

行政院勞工委員會依據營造安全衛生設施標準第 137 條，繪製以型鋼之組合鋼柱作為支柱之模板支撐示意圖[8]如圖 173，對應之特別檢核事項如表 31。

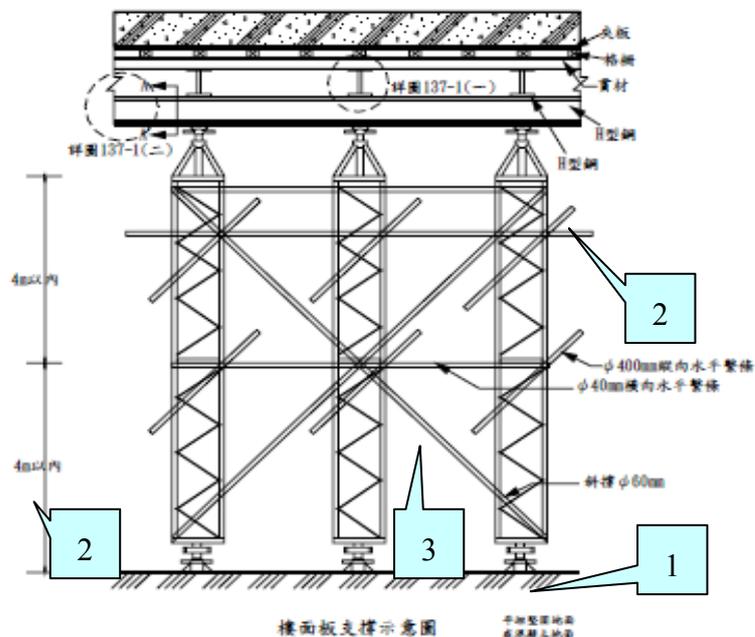


圖 173 以型鋼之組合鋼柱作為支柱之模板支撐示意圖

表 31 型鋼之組合鋼柱作為模板支柱之模板支撐特別檢核事項

災害要因	預防對策
<p>1. 支柱腳部未妥實固定。</p> <p>2. 高度超過 4 公尺時，水平繫條設置不足：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 未設置 (2) 水平繫條高度間隔超過 4 公尺 (3) 未於兩方向設置 (3) 未使用 $\Phi 40\text{mm}$ 鋼管 <p>3. 斜撐未使用 $\Phi 60\text{mm}$ 鋼管</p>	<p>1. 比照圖 35 及圖 36 的方式固定，但仍應檢核確認。 採用其他方式固定時，其固定方式應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p> <p>2. (1) 補設置(無替代方案) (2) 增設水平繫條，使高度間隔不超過 4 公尺(無替代方案) (3) 補設置(無替代方案) (3) 改用 $\Phi 40\text{mm}$ 鋼管，但仍應檢核確認。 採用其他型式之水平繫條時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p> <p>3. 改用 $\Phi 60\text{mm}$ 鋼管，但仍應檢核確認。 採用其他方式時，應經結構計算並繪製施工圖說，確認其強度符合規範之規定。</p>

附錄二 專家諮詢會議記錄

一、奕疆有限公司陳秀春委員

時間：99年9月14日

地點：苗栗縣苑裡鄉

諮詢內容：

(一)有關模板支撐有許多研究成果，卻似乎未能落實於實務，請問其原因？

相關研究成果最重要的是如何運用的問題，如何落實到現場，消除學術性和實用性的落差。

(二)如何施作安全的模板支撐？

模板支撐不宜單獨考慮，其分析設計應同時包括模板本身及基礎等。經本人分析檢核結果顯示，模板本身的構件常會有承載力不足的問題，或下層樓版的承載力不足的問題，但卻未被注意到。

分析設計時應確實執行各項檢核，含剪力、下層樓版的承載力等，並視分析結果必要時施作回撐。設計時即應考慮混凝土強度、變形及可能發生龜裂情形。模板支撐的施作流程應從環境先開始，例如先考慮採用機具式或人工式，繼而配合環境選材，例如機具式採用大型、人工式採用小型(配合人因工程的應用)，然後規劃及配置，進行分析及設計，最後執行。

材料的選用結果應納入分析加以檢討，舊的材料強度於分析中應予折減。材料應透過檢驗建立認證標準，以獎勵方案鼓勵以舊換新，順便採用顏色管理，便於查驗查核，甚至可進入國際市場。

從教育著手，使學生或從業人員從選材開始便知道如何分析設計，並了解關鍵問題。

(三)施工品質管理的方法為何？

控制施工品質的作法可用構件制式化(包括穿孔位置)的方式，用材料控制品質，同時亦便於查驗。

二、大成工程工務部品保處祁永雄經理

時間：99年9月14日

地點：桃園縣中壢市

諮詢內容：

有關模板支撐的法規規定如何落實於工地現場？如何查驗？

回覆意見：

工地現場與法令規章發生落差有幾個原因：

- 1.協力廠商素質不一，統合管理不易，需要相當時間的培養。
- 2.勞工無一定雇主，變動性大工資少，現場作業勞工工作非常辛苦，雇主應提供安全的工作環境外，亦應提供健全的勞工福利。
- 3.雇主本身對勞安重視的程度，對勞工安全影響甚大。重視勞安的雇主，會設置足夠的勞安人員，並宣示勞安承諾。
- 4.較無制度或不重視工安之營造業雇主或高階主管，往往認為工安是勞安衛管理人員之事情，抱著敷衍了事的心態，當勞檢機構至工地檢查發現缺失需改善處理，大部份皆推給勞安管理人員負責改善處理，真正應瞭解缺失原因及再教育之人員，應該為原事業單位承辦工程師、協力廠商現場作業主管及勞工。

關於工地管理及勞工安全方面：

- 1.工地管理是否落實，與工程師的專業素養有關，亦與其品德教育是否足夠有關。
- 2.工程預算應包含充足的勞工安全衛生費用。目前公共工程要求勞工安全費用應量化編列，經費較為足夠，但民間工程勞工安全衛生費用常以一式編列，經費常不足，應規定至少編列工程總經費的 0.6%以上作為勞工安全衛生費用。
- 3.勞工安全衛生的查驗需依照工作經驗的累積協助判斷。
- 4.營造業勞工安全衛生管理，應建立在雇主、高階主管之重視、承諾，每一位工程人員皆應主動式管理(即全員參與)，每一專案工程依據公司核定之安全衛生政策、目標，制訂適合該專案工程之安全衛生政策、目標，來完成專案工程之執行力。
- 5.營造業每一位工程人員皆應取得勞工安全衛生管理員之資格，尤其是工地現場工程人員，若每位工程人員具備有此資格，不但能提升工程人員專業素養，且皆能主動將自己負責責任區認真執行工安。

三、新亞建設副總工程師劉泰儀委員

時間：99 年 10 月 13 日

地點：基隆市、台北縣林口鄉

諮詢內容：

- 1.模板支撐之倒崩塌相關災害要因及現場模板支撐之作業流程。
- 2.不同型式模板支撐施工之危害評估事項為何？模板支撐之補強及檢查需注意哪些事項？
- 3.工地觀摩

回覆意見：

結構計算方面：

工程師所作的結構計算書應再作審查。

結構檢核包括構材的彎矩、剪力檢核，支柱軸力(挫屈)檢核、傾覆力檢核，接頭檢核等。

模板支撐常因整體側向能力不足而破壞，故計算時設定的側向力大小應足夠，不宜設定過小的數值。

活載重變動較大，應設定較大的安全係數。

災害要因：

- 1.構件(材料)強度不足是最主要的原因。
- 2.地盤及基礎穩固性不足。
- 3.載重型式與實際不符。
- 4.現場未按圖施工。

補強及檢查需注意事項：

1.鋼管支撐

- a.支撐間距、材料強度、架設型式等是否合乎計算要求。
- b.是否依規定製作水平繫條。
- c.支撐地盤是否穩固。
- d.上下端承壓面是否緊密無間距，若有間隙應用三角楔木填塞。

2.鋼管施工架支撐

- a.支撐間距、材料強度、架設型式等是否合乎計算要求。
- b.是否依規定製作水平繫條。

- c.支撐地盤是否穩固。
- d.上下調整座(screw jack)是否調整牢固。

3.型鋼支撐

- a.支撐間距、材料強度、架設型式等是否合乎計算要求。
- b.支撐地盤是否穩固。
- c.型鋼支撐架設太高時，易造成整體構架不穩定，應檢核整體細長比。
- d.接頭連接螺栓或銲道是否確實。

四、協誠營造股份有限公司王銓賜協理

時間：99 年 11 月 3 日

地點：台中市

諮詢內容：

- 1.模板支撐之倒崩塌相關災害要因及現場模板支撐之作業流程。
- 2.不同型式模板支撐施工危害評估事項為何？模板支撐補強及檢查需注意哪些事項？
- 3.是否有哪些較為無法預知(即非已知危害)之倒崩塌危害因子

回覆意見：

- 1.模板支撐結構計算方面，除經原模板支撐廠商的技師，依施工圖設計支撐架的搭配方式與應力計算並簽認，公司的主任技師也會作審查，必要時會要求再做補強。
- 2.模板支撐安全上最重要的重點在底層的穩固。以本公司某工地為例，因工地位於濁水溪，將原本的礫石料基礎加以滾壓夯實並澆置 20~30 公分左右的 PC，做為模板支撐架的基礎，使支撐立柱受力平均，以避免因受力集中產生不均勻沉陷。若基礎座落於砂土層時，亦可在模板支撐立柱底增設槽型鋼板。模板支撐搭配應依照設計圖搭配，並設置施工架作業主管全權負責指揮調度及施工安全與檢點，每支圓盤式支撐立柱底部設置可調式基座，使支撐架成水平狀態，另支柱靠近底層處以 2 英寸鐵管利用萬向接頭加以連接水平繫條，隨著支撐架搭配上於立柱間增設斜撐連桿，增加支撐架的穩定性。
- 3.支撐系統包括調整層最好採用同系列的構件。以圓盤式鋼管施工架的立柱而言，有固定 3m、2m、1.5m、1m、75cm、50cm、25cm 的高度的單元，可視需要搭配組合。調整層應儘量採用原固定尺寸的單元組合，再以同系列的可調式鋼架調整最後

的高度，原則上不要將不同系列的構件混用。

- 4.法規的相關規定為最低標準，實際架設時應更為保守，例如一般因法規規定每 2m 應設水平繫條，故建議採用 1.5m 高度的立柱為單元，這樣大約 1.5m 便有水平繫條。立柱間距亦不得超過法規規定的 90cm。
- 5.斜向支撐處可以 3 英吋x3 英吋角材作為底模，跨在 H 型鋼上，H 型鋼再放在鋼架的斜向 U 型座上。
- 6.混凝土灌漿時應多作 3 組試體並放在工地現場，且養護條件與工地實際情況相同。模板支撐拆除前應依據該試體的抗壓強度確認工地混凝土強度已達到規定強度。
- 7.支撐拆除時有些支撐仍須留著，如建築物的梁底支撐。梁底支撐並不是將支撐全面拆除後再於梁底回撐，而是該處先不拆除。
- 8.支撐架組拆的過程中，作業區域應適度的加以管制，以避免非相關人員進入管制區域內，施工架作業主管全權負責指揮調度及施工安全與檢點，施工過程中，施工人員應確實使用安全防護具(如：安全帽、背負式安全帶等)，施工的過程中最大的危害依序為墜落、物體倒塌，物件掉落等危害。

五、麗明營造股份有限公司陳水添執行副總、安全衛生室陳立信主任

時間：99 年 11 月 3 日

地點：台中市

諮詢內容：

- 1.模板支撐之倒崩塌相關災害要因及現場模板支撐之作業流程。
- 2.不同型式模板支撐施工危害評估事項為何？模板支撐補強及檢查需注意哪些事項？
- 3.是否有哪些較為無法預知(即非已知危害)之倒崩塌危害因子？
- 4.工地觀摩。

回覆意見：

- 1.業界目前除非工地屬於丁類危險性工作場所(營造工程)需送經勞動檢查機構辦理審查，或一些大型的模板支撐廠商，如供應粗鋼管或型鋼等重型支撐架的廠商之外，其他一般分包商如架設門型框式施工架的廠商等，常因延襲慣用施作方式，並未送結構計算書。
- 2.建築工程採用可調式鋼管支柱一般樓層因高度未達 3.5 公尺，所以依法規不需施作

水平繫條。淨高較高處仍可採連接兩節可調式鋼管，最大高度可達約 6.3~6.4 公尺，但應注意有完整的水平拉桿，及結構應力計算確認。如果淨高更高，則須採用粗鋼管或型鋼等重型支撐架。

- 3.調整層如果高度夠，多採用可調式鋼管，如果高度不夠，則多採用角材等木支撐，但上下兩端連接的固定方式須注意。
- 4.模板支撐檢查的重點主要在水平支撐間距及水平拉桿設置是否足夠，尤其民間工程鋼管支撐多未於每高 2 公尺處雙向設水平拉桿。水平拉桿連接的方式亦須注意，除不可以鋼筋作為水平拉桿外，以角材作為水平繫條時常用鐵絲固定，可能力量不足。水平繫條應採用鋼管並以萬向接頭妥為固定。
- 5.門型框式施工架因管徑厚度較小、強度較不足，須注意是否連接不佳造成接頭失敗，門型框式施工架原套接處有插銷，工地現場常會沒有插插銷。
- 6.目前建築工地模板支撐與支撐架外部管理單位主要為勞檢所及建管處，因不是經常在工地，無法經常監督督導，工地監造多無自主檢查的機制。
- 7.日本的施作方式鋼管支撐離地面 20 公分處多設有水平拉桿。國內如果能對模板支撐規定得更明確，避免出現模糊地帶，並編列足夠經費，監造者將更可據以要求廠商確實施作。

附錄三 專家座談會議紀錄

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

「模板支撐失效模式與倒崩塌相關性研究」專家座談會議紀錄

一、開會時間：99 年 11 月 17 日(星期三)上午 10:30

二、開會地點：台鐵新竹內灣 3 標工務所(地址：新竹縣竹東鎮員山路 127 巷 19 號)

三、主持人：張副研究員智奇

記錄：問世賢

四、出(列)席單位人員：

吳委員耀焜

吳耀焜

凌委員建勳

凌建勳

王委員澤雄

(請 假)

戴委員宜生

戴宜生

黃委員榮貴

黃榮貴

侯委員怡君

侯怡君

楊委員聰寶

楊聰寶

楊委員宏祈

楊宏祈

黃委員安榕

黃安榕

交通部鐵路改建工程局

何本源、黃素玉、林銘益、林建樹

林賜明、曾朝鴻、余瑞文、吳豪樓

吳俊宗、周震寰

林同棧工程顧問股份有限公司

李天賜

本所勞工安全組

陳彥秀

五、單位報告：(略)

六、專家意見：

議題一：模板支撐倒崩塌危害因子之分析探討

- (一) 建議模板支撐每跨支撐地面範圍內，應夯實達到契約規範要求，並於支撐範圍內進行載重試驗確認承载力，以防止支撐架之基礎沉陷。
- (二) 由於模板支撐於墩柱基礎回填時容易沉陷，建議模板支撐之墩柱基礎回填務必確實防範執行，以利後續上構支撐之鞏固安全；另需於招標階段時妥善考量現地之地形、地勢因素。
- (三) 建議落實模板支撐之按圖施工機制，由專業人員製作結構計算書，並保留施工現場之結構計算書、主要組搭流程、檢核及試驗之相關紀錄。
- (四) 模板支撐之組搭與拆卸，建議應挑選合格的作業主管對作業員予以適當之指揮，並教導相關技能與經驗。
- (五) 由於模板支撐為臨時結構物，建議需考量相關品管作業之問題，針對不同之工法編列細項，並考量符合勞安相關法規之規定。

議題二：模板支撐施工重大失效危害評估事項之討論

- (一) 模板支撐可能因地面承载力不足之相關因素，如地表承载力不足、地下水變化、地面積水及承載時間較長等，令模板支撐之強度產生變化，故建議工程師於設計模板支撐時需考量地質問題及沉陷問題。
- (二) 建議需考量模板支撐所使用之相關元件是否符合規範，不得於施工時拆除、有相關元件過舊、變形及腐蝕之情形，並審慎實施抽驗材料機制。
- (三) 建議除落實模板支撐之專業人員能力及審核機制，以確保設計適當外，亦需考量混凝土澆置時所產生支應力集中問題。

議題三：模板支撐施工安全作業流程之探討(例如：墩柱續接)

- (一) 建議應先確定模板支撐工程項目及類型，如建築物、橋樑等性質並不一樣，可挑選主要大項探討，先歸納共同部分，再就主要差異處探討。
- (二) 因模板支撐種類較多，建議在各模板支撐危評工程中，針對不同類型模板支撐之 S.O.P 均需經由現場專業人士訂定與審查，並先行蒐集彙總，供流程建立之參考。
- (三) 製作模板支撐施工安全流程時，建議可以完整之圖說方式繪製流程基本內容(如各視向圖、支撐間距、接頭、固定方式等)

議題四：模板支撐施工安全性之建議與後續研究方向

- (一) 建議未來可針對健全之模板支撐監測系統進行相關研究，如適用之安衛監測系統，及如何監測支撐沉陷量等。
- (二) 建議未來可針對模板支撐各項構件與零件之名稱及尺寸材質作明確訂定，並明確劃分新增支撐設施與安全設施之差別與分類。
- (三) 關於未來之推行部分，建議可針對如何有效輔導施工廠商能確實做到依各項標準作業程序進行施工，以提升施工現場品質。

七、決議事項：

- (一) 由於模板支撐工程種類繁多，且較一般施工工程複雜，倒崩塌之危害因子也因不同之工法而有所不同，將針對模板支撐已知的施工安全問題進行探討，並預防可能發生之問題。
- (二) 感謝各位專家之指導建議，後續將採取各位之寶貴意見以做為執行依據，擇日再舉行第二場模板支撐失效模式與倒崩塌相關性研究之專家座談會。

八、散會：(16 時 30 分)

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

模板支撐失效模式與倒崩塌相關性研究 / 張智奇,
問世賢研究主持. -- 1版. -- 新北市 : 勞委會
勞安所, 民100.03

面 : 公分
ISBN 978-986-02-7416-5(平裝)

1. 職業災害 2. 勞工安全

555.56

100004868

模板支撐失效模式與倒崩塌相關性研究

著(編、譯)者: 張智奇、問世賢

出版機關: 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話: 02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月: 中華民國 100 年 3 月

版(刷)次: 1 版 1 刷

定價: 300 元

展售處:

五南文化廣場

台中市區中山路 6 號

電話: 04-22260330

國家書店松江門市

台北市松江路 209 號 1 樓

電話: 02-25180207

本書同時登載於本所網站之「出版中心」, 網址為

http://www.iosh.gov.tw/Book/Report_Publish.aspx

- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者, 須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有, 翻印必究】

ISBN: 9789860274165

GPN: 1010000619