

第八章

鋼結構施工及檢驗基準

目 錄

一、前言	8-1
二、鋼結構施工相關法規	8-2
2.1 鋼結構施工之現況	8-2
2.2 鋼結構施工規範	8-2
三、施工與檢驗基準	8-3
3.1 切割	8-3
3.2 鑽（切）孔	8-8
3.3 組立	8-9
3.4 銲接	8-16
3.5 銲接程序	8-22
3.6 銲工技術檢定	8-25
3.7 銲道非破壞檢測作業	8-27
3.8 整形	8-35
3.9 試併裝（預組）	8-36
3.10 螺栓接頭施工及檢驗	8-40
3.11 鋼構件之表面處理及塗裝檢驗標準	8-43
3.12 施工計畫書	8-47
3.13 工地安裝	8-50
四、鋼結構施工查驗流程及品質抽驗	8-59
4.1 鋼結構施工之品質管理	8-59
4.2 駐廠監工之施工查驗方式及品質抽驗	8-59
4.3 其他施工品管之參考表格資料	8-59
4.4 工地現場之施工查驗方式及品質抽驗	8-73
五、結語	8-73
六、參考文獻	8-74
附錄一	8-75
附錄二	8-76

第八章 鋼結構施工及檢驗基準

一、前言

由於台灣地處地震帶，鋼骨結構因具高強度及高韌性，高層建築及大型橋梁工程紛紛採用，且因鋼骨結構具預製性，可大幅縮短工期，投資回收快速；近年勞工短缺，鋼骨結構易於採用機械自動化亦增加其競爭力；國內砂石日漸短缺，開採水泥涉及礦業污染，危及環境保護，且因台灣地區河川狹短，砂石資源有限，在過去大量使用混凝土為營建材料之下，已使有限的天然河川資源開採過量，而大量濫採砂石更嚴重破壞環境生態及水土保持。近年來環保意識大為高張，使用鋼骨結構可解決部份問題。且根據國外的研究在比較相同單位樓地板面積下，採用鋼筋混凝土結構，鋼骨鋼筋混凝土結構（SRC），及鋼結構之二氧化碳產生量，發現以採用鋼結構時其二氧化碳產生量最低，因此鋼結構乃被認為對地球環境影響最小的結構材料。再加上鋼鐵材料可以重新回爐再生的特性，在國外又被稱為綠色建築材料，或是綠色鋼結構，因此在國外工業先進國家鋼結構已是土木建築的主流，國內亦已在積極推動研擬各項推動及獎勵措施。

由於國內鋼結構工程發展較晚，工程應用上鋼結構之專業規範，如學術教學及工程設計上以美國鋼結構協會研訂之容許應力設計法及極限設計法規範為主，製作及施工材料則以日本規範為主，造成國內鋼結構產業之困擾及監造單位對規範的混淆。台灣早期鋼結構應用之相關規範及標準由於體系不夠完備，如施工規範、製作標準、銲接規範、非破壞檢驗規範、品管作業標準、材料標準等，不是尚未訂定就是過於老舊或簡略，致設計或施工單位無所適從。

內政部建築研究所鋼骨結構極限設計規範及容許應力設計規範於民國88年1月1日公佈施行；鋼骨結構施工規範，亦由內政部建築研究所研訂，於民國84年完成，並經內政部營建署頒佈實施，而攸關鋼構廠生產品質管制之作業標準，亦已由中華民國鋼結構協會邀請學者、鋼構廠及顧問公司共同研訂完成。（現行適用版本為96年版）

本文針對鋼結構設計、施工現況及相關規範研訂的背景、目的及其研訂的過程與內容作一介紹，並對目前鋼結構產業之發展現況作一簡介，希望能提供業界工程人員對國內鋼結構產業及其相關法規制度一整體觀念。

二、鋼結構施工相關法規

2.1 鋼結構施工之現況

國內鋼構工程起步較晚，工程經驗及相關研究較為缺乏，鋼結構施工上常見發生一些爭議問題，由業主、設計單位及施工單位間協調處理，但可能並未真正解決問題。而這些問題的來源可能是因為設計者未確實瞭解鋼構的力學特性，或不清楚鋼構工程的施工特性，以致於所設計的結構甚難施工，甚或無法施工，但因設計者常採較高姿態，要求施工單位「按圖施工」，縱使設計上有所瑕疵或錯誤，仍然不願變更設計，嚴重影響工程品質；尤其鋼構工程之承攬廠商水準不一，自然無法全面提昇工程品質。

2.2 鋼結構施工規範

由於過去攸關鋼結構工程品質甚鉅之鋼結構製造及安裝規範遲遲未訂定統一之國家標準，造成各鋼構廠各行其是，鋼結構品質難以確保，市場混亂，關心國內鋼結構工程之專家學者們亦多次建議應儘速研訂國內鋼結構之施工規範。內政部建築研究所於民國 81 年~82 年委託中華民國結構工程學會，研擬鋼結構施工規範及解說，內容除包含鋼結構使用材料、工廠製造、現場安裝規定外，亦包含品管、工程驗收及勞工安全衛生之相關規定，研究過程中除參考 AISC、AWS、JASS 等美日相關規範外，並收集國內鋼結構之設計、製造、使用狀況、過去之研究成果，延請國內對鋼結構工程具豐富實務經驗之學者專家，組成研究小組，以期使本施工規範除考慮結構力學之要求外，並能落實於工廠之製造及工地施工。施工規範內容共分為總則、材料、製作、銲接施工、高強度螺栓接合、組立與預裝、表面處理與塗裝、安裝計畫、儲放與成品運輸、臨時支撐與安全措施、埋設鐵件及支座設施、構件安裝精度、品質管制及工程驗收、職業安全衛生相關規定等 14 章。

三、施工與檢驗基準

以往土木工程師多著重於鋼筋混凝土領域之訓練，對偏重機械加工製程之鋼構件製造僅有概念性之了解，本文下述內容中包含鋼構廠內構件製程及工地施工等常見項目，如切割、鑽孔、組立、銲接、整形、假安裝、工地安裝之螺栓接頭施工及非破壞檢驗等作業之檢驗重點及檢驗標準，以及施工計畫供參考。

3.1 切割

鋼構件依製造圖內容進行加工作業，第一項作業即是將整塊長方形之鋼板依製造圖型式切割出所需要之規格、尺寸，接著再依鑽孔、組立、銲接等流程進行後續之生產線加工。既有切割方式依作業機械不同分為氣體火焰切割、機械切割、電氣切割、雷射切割等四類。惟目前國內鋼構廠極少使用電器切割、雷射切割於目前大量之構件材料切割。下述內容將僅針對氣體火焰切割及機械切割原理作一介紹。

3.1.1 氣體火焰切割

氣體火焰切割之主要原理是將可燃性氣體如乙炔、石油氣、乙烯、氬氣等可燃形性氣體點火形成燃燒現象，並配合助燃氣—氧氣提高溫度進行切割，一般常見之氧氣-乙炔焰切割及是所謂之氣體火焰切割。

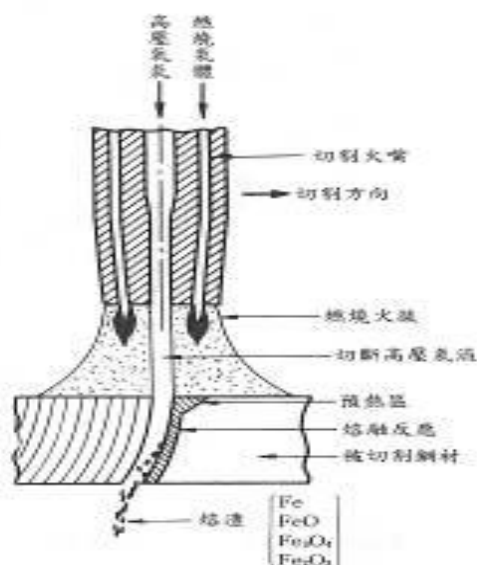


圖 3-1 氣體火焰切割原理

鋼構件製造中氣體火焰切割之應用極為普遍，亦常見於一般工程中鋼鐵製品之切割，其操作狀況與下述照片型式雷同。

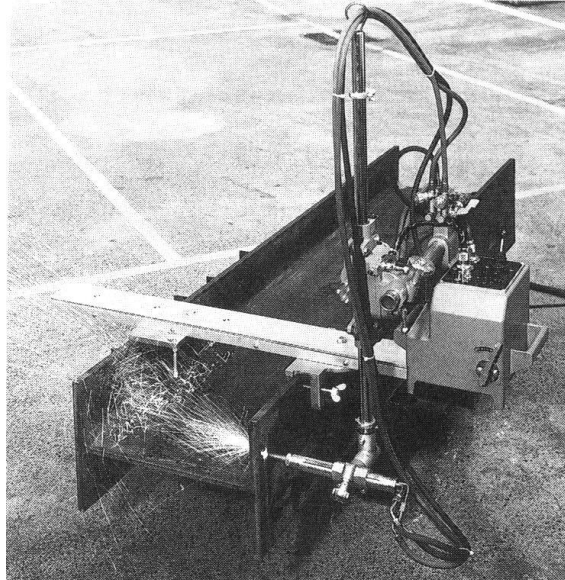


圖 3-2 軌道式氣體火焰切割機操作（例）

土木工程中氣體火焰切割多僅是進行鋼筋、鋼板切斷、臨時設施用鋼板之切割，對切割之認定偏重為加工分斷之方法，並未能建立起切割品質之要求，惟鋼結構之製程作業中不僅是將鋼材分斷，切割作業之細節均有相關規定。

中華民國鋼結構協會編訂之「鋼結構品質管制作業標準」一書第八項，其內容中即有詳細說明有關鋼結構構件切割品質檢驗項目及品質標準。品質檢驗項目計有：粗糙度、切割凹痕、開槽角度、切割面垂直度、開槽切割根部高度及熔渣等項。

切割面之粗糙度意指鋼板於切割後會於切割表面所留下波紋（痕），粗糙度檢驗得採標準模片進行比對判定。粗糙度標準模片詳下照片式樣。另上述相關切割品質檢驗標準項目之內容詳下頁說明。

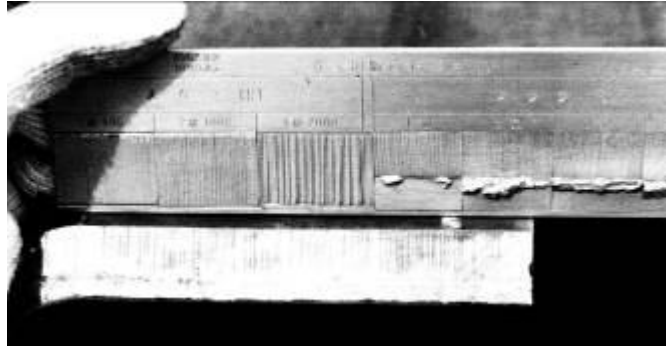


圖 3-3 粗糙度標準模片

表 3-1 氣體火焰切割品質檢驗標準

項次	檢驗項目	許可差	圖示
1	粗糙度	$t \leq 100\text{mm}$ $R \leq 25 \mu\text{m}$ $100\text{mm} < t \leq 200\text{mm}$ $R \leq 50 \mu\text{m}$ 鋼板不受力端 $R \leq 50 \mu\text{m}$ 開孔面 $R \leq 25 \mu\text{m}$	
2	切割凹痕	自由端 $d \leq 1\text{mm}$ 開槽面(電銲面) $d \leq 2\text{mm}$ 角隅切割面 $d = 0\text{mm}$	
3	開槽角度	$-5^\circ \leq \Delta \alpha \leq +5^\circ$	
4	切割面垂直度	$e \leq t/10, e \leq 2\text{mm}$	
5	開槽面根部	$-2\text{mm} \leq \Delta a \leq +2\text{mm}$	
6	熔渣	切割面表面及邊緣 不得留有熔渣	

3.1.2 機械切割

1. 砂輪機切割

電動砂輪機切削之效率不佳、切割能力受構件斷面因素影響，多數砂輪機切割僅只應用於角鋼、槽鋼等輕質鋼構件製程。

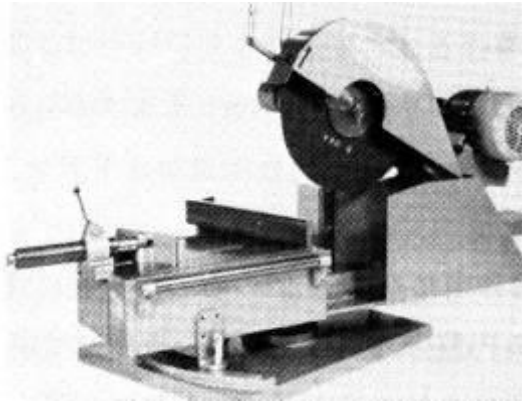


圖 3-4 砂輪機

2. 鋸床切割

鋸床機械體積龐大，配件裝置須定位無法遷移，此類切割加工僅適用於工廠加工。

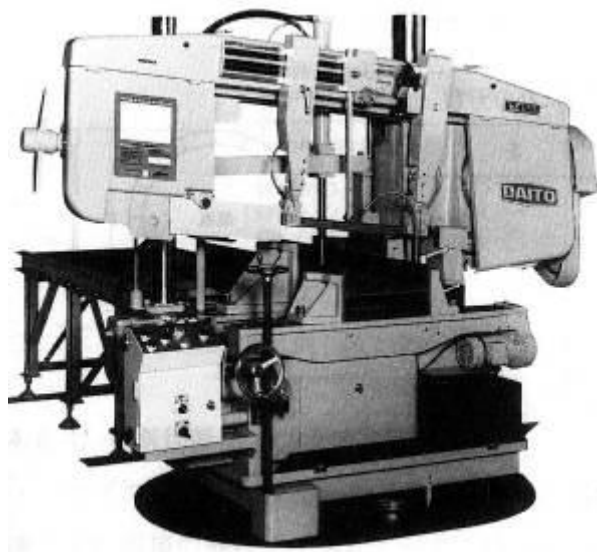


圖 3-5 鋸床（圖例）

3. 剪床裁切

剪床加工一般受限於剪床寬度及其轉動能量多僅運用於板厚度小於12mm 左右之鋼板。剪床加工生產速率佳，多應用於附件、次要構件裁切。如鋼樓梯踏步用鋼板、管道間混凝土收邊檔板等用料。

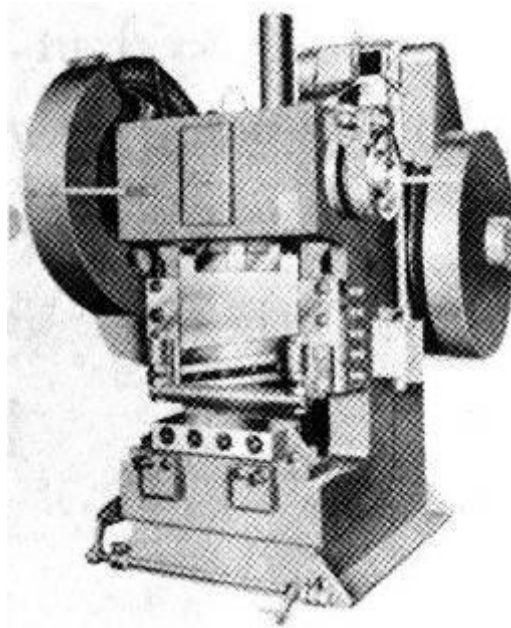


圖 3-6 剪裁機（剪床）

3.1.3 常用切割型式比較

根據上述逐項說明，下表中將針對目前常見之切割方法依其應用機械、作業特性及工作性做一綜合彙整，各類切割型式比較及對照內容詳下表說明。

切割方法	應用機械類型	效率、工作特點、注意事項
氣體火焰切割	1. 手動氧-乙炔切割。 2. 半自動切割。 3. 自走軌道式切割。 4. H型、鋼管切割。 5. NC切割。 6. 機械臂自動切割。	1. 切割效率佳。 2. 經濟。 3. 適用板厚範圍廣泛。 4. 切割凹痕瑕疵。 5. 注意切割品質要求。 6. 變形與殘留應力。
機械切割	剪床裁切	1. 效率佳。 2. 適用板厚上限約 12mm。 3. 裁切面組織受損。 4. 不適用於主構件用料切割。
	鋸床切割	1. 切割精度高。 2. 品質佳。 3. 效率隨板厚增加遞減。 4. 適用 25mm 以下板厚。
	砂輪機切割	1. 切割效率低。 2. 得配合研磨整修作業。 3. 適用於小斷面切斷。

3.2 鑽（切）孔

一般鋼結構構件之接合主要分為兩大類：一是銲接，另一項是螺栓接合。基於鋼構件工地安裝之施工特性及工地螺栓接合施工之簡便性，構件接頭均須考量永久或臨時螺栓接頭，製程中螺栓接頭處則須先施予鑽孔加工。一般鋼結構之螺栓開孔直徑比螺栓直徑大 1.5 公厘，製造之精度必須非常確實，才能妥善安裝。另構件為配合構造物其他使用性或施工性之需求，如排水孔、空調管線、消防管線、鋼筋穿孔、基礎螺栓孔等，亦須於構件體本身鑽（切）開孔。

3.2.1 開孔方式

螺栓接合構件須於廠內先行加工，於螺栓接合處進行開孔作業。開孔作業依其使用機械區分為三大類：沖孔、鑽孔及切割開孔。

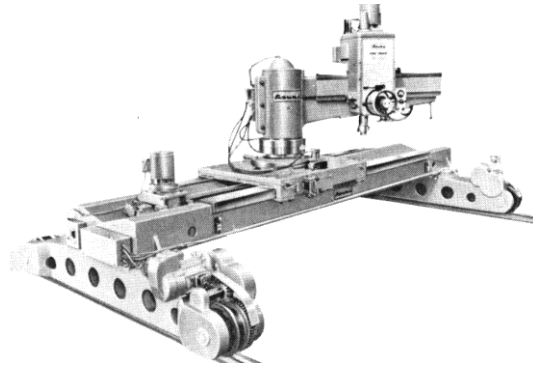


圖 3-7 門型鑽孔

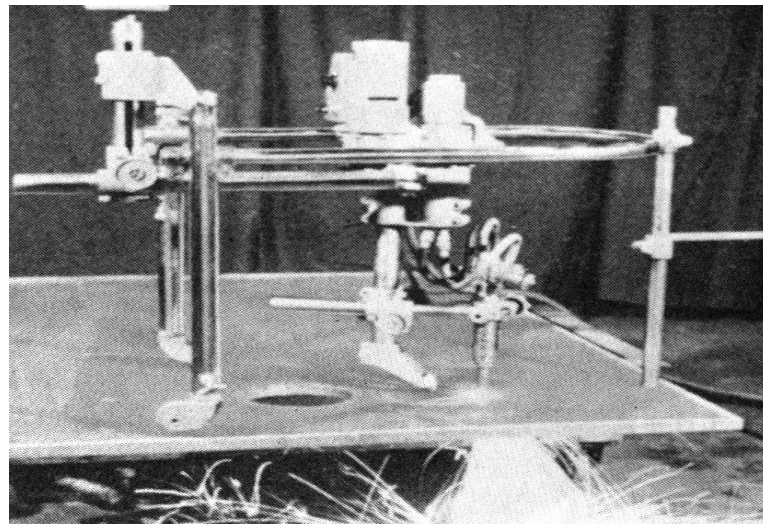


圖 3-8 火焰切割開孔機

3.3 組立

組立作業為橋型外觀成型之第一步驟。常見之工型板梁、箱型鋼橋、複合單元鋼橋均是由鋼板單元組合而成，鋼板片於組裝過程中須輔以固定用點銲俟構件整體完成鋼板片用料定位後得再施予正式金屬接合之銲接作業。

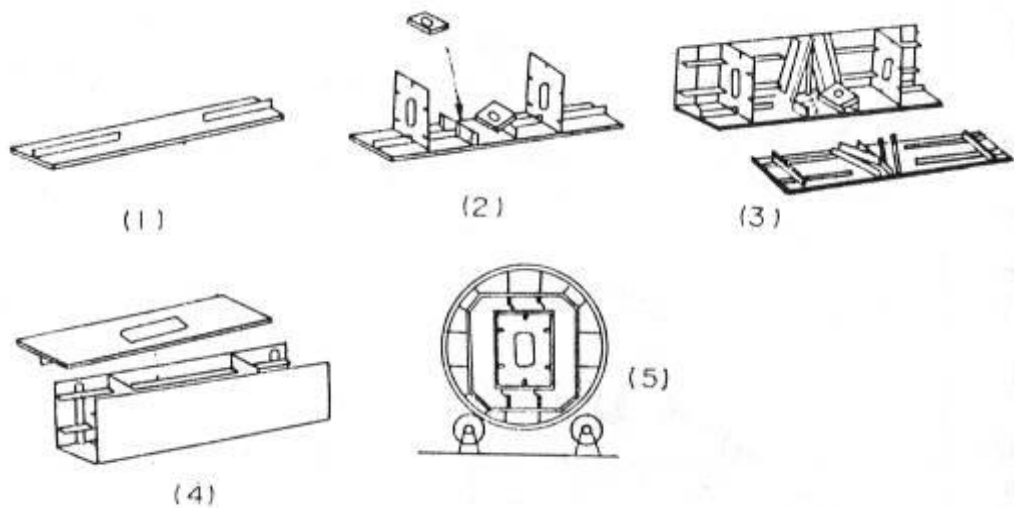


圖 3-9 鋼箱梁組立製程 (例)

另常見於鋼骨結構之箱型柱，其內隔板組立製程與上述鋼橋箱梁程序略為不同，組立製程上須先將箱型柱組立封合，建築物方型鋼柱之橫隔板作為傳遞鋼梁應力之用，其位置與鋼梁上下翼板之位置相齊，厚度亦與翼板之厚度相同。為使橫隔板之四側均能與柱面板確實銲接，橫隔板之兩側通常設置電熱熔渣銲接 (ESW) 或電熱氣體銲接 (EGW) 之預備缺口。最後才由外部伸入柱內施予隔板立向電熱熔渣 (氣體) 銲接。

組立程序 (1~3) 詳下頁圖例說明：

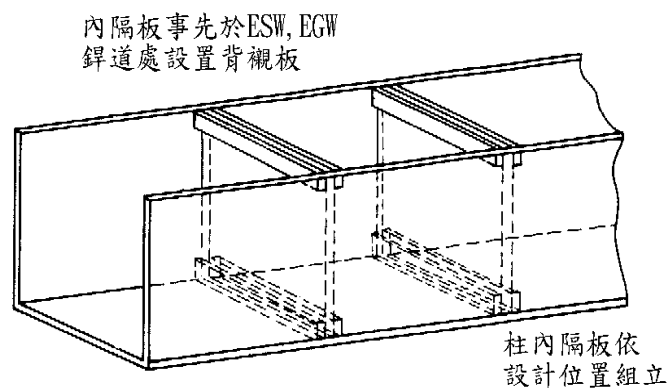


圖 3-10 箱型柱組立製程 (1)

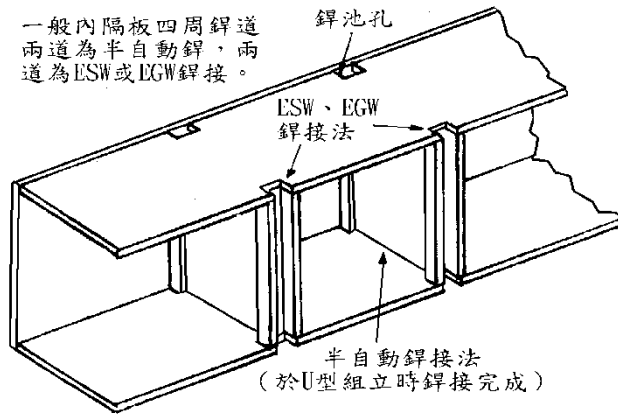


圖 3-11 箱型柱組立製程 (2)

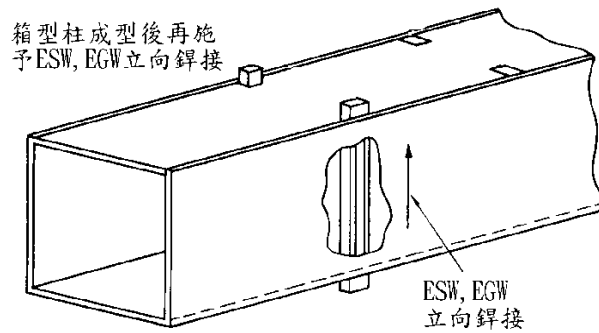


圖 3-12 箱型柱組立製程 (3)

構件成型過程為控制其規格尺寸，通常須藉由組立治具協助定位、定型，下述圖說內容即為鋼構廠內經常使用之治具型式。

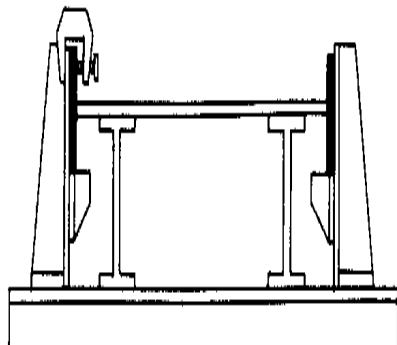


圖 3-13 型鋼組立治具 (例 1)

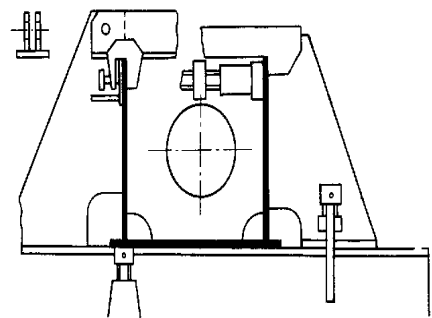


圖 3-14 鋼柱組立治具 (例 1)

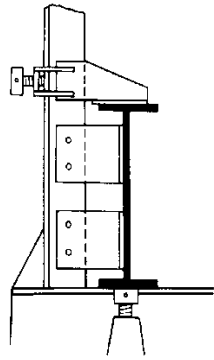
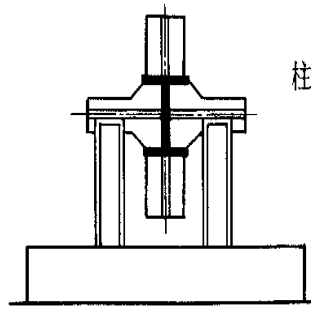


圖 3-15 型鋼組立治具 (例 2)



柱固定用治具

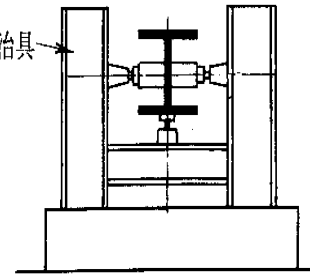
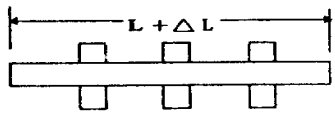
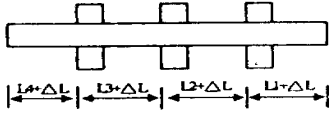
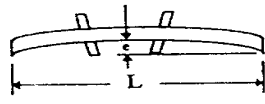
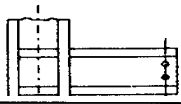
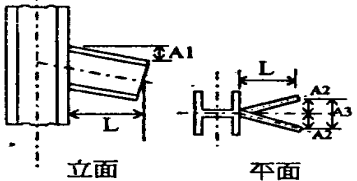
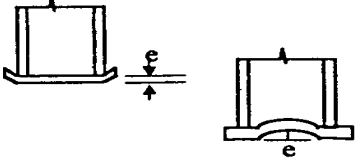
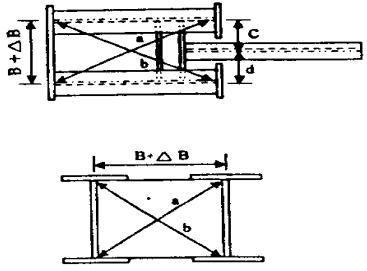



圖 3-16 鋼柱組立治具 (例 2)

3.3.1 構件關鍵尺寸之檢核

構件組立時按製造圖尺寸加工，均有相關控制尺寸進行檢核。一般得視構件特性規劃進行各部尺寸之檢核。作法上可參考利用製品各部檢驗標準值加上製程變數值視為檢驗數據。

表 3-2 構件組立尺寸檢驗 (例)

項次	檢驗項目	許可差	圖示
1	柱長度 ΔL	$L < 10M$ $-5\text{mm} \leq \Delta L \leq +5\text{mm}$ $L \geq 10M$ $-6\text{mm} \leq \Delta L \leq +6\text{mm}$	
2	樓層高 ΔL	$-5\text{mm} \leq \Delta L \leq +5\text{mm}$	
3	柱彎曲 (e)	$e \leq L/1000$ 且 $e \leq 8\text{mm}$	
4	螺栓接合、托標之長度	$-5\text{mm} \leq \Delta L \leq +5\text{mm}$	
5	螺栓接合、托標之角度	$A1, A2 \leq L/200$ 且 $A1, A2 \leq 5\text{mm}$ $A3 \leq 6\text{mm}$	
6	柱底板平坦度 (e)	$e \leq 3\text{mm}$	
7	雙併式組合鋼架	對角線誤差： $ a-b \leq 5\text{mm}$ 寬度誤差： $b \leq 2000\text{mm}$ $-4\text{mm} \leq \Delta B \leq +4\text{mm}$ $b > 2000\text{mm}$ $-(3 + B/2000) \text{mm} \leq \Delta B \leq +(3 + B/2000) \text{mm}$ B之單位：mm 偏心： $ c-d \leq 5\text{mm}$	
8	樑長度 ΔL	$-1.5\text{mm} \leq \Delta L \leq +5\text{mm}$	

3.3.2 銲接處組立精度檢驗

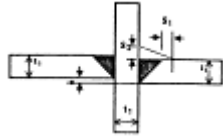
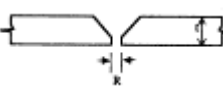
為有效消除銲接作業可能產生之瑕疵及構件不正常之變形，組立銲接接頭時須依檢驗標準進行。目前有關銲接位置組立精度檢驗標準包含角銲組立間隙、鋼板搭接間隙、開槽角度誤差、對銲接頭接板高程偏差、根部誤差及根部間隙誤差，其相關銲接位置組合誤差若超出檢驗標準時，須按誤差修改作業標準進行改正。

表 3-3 銲接位置組立檢驗項目

項次	檢驗項目		許可差	圖示
1	T 型接頭間隙 (填角、半滲透銲接)		$e \leq 2\text{mm}$	
2	搭接間隙		$e \leq 2\text{mm}$	
3	開槽角度誤差		$-5^\circ \leq \Delta \alpha \leq +5^\circ$	
4	對銲偏差		$t \leq 10\text{mm} \cdot e \leq 1\text{mm}$ $t > 10\text{mm} \cdot e \leq t/10$ max. $e \leq 2\text{mm}$	
5	根部誤差		$-2\text{mm} \leq \Delta a \leq 2\text{mm}$	
6	接合間隙誤差	無背襯板	$-1.5\text{mm} \leq e \leq 1.5\text{mm}$	
		有背襯板	$-1.6\text{mm} \leq \Delta a \leq 6.4\text{mm}$	

相關銲接位置組立精度檢驗標準及誤差修改作業標準詳《鋼結構品質管制作業標準》第12、13項作業標準之規定。

表 3-4 銲接位置組合誤差修改作業標準

項次	檢驗項目	許可差及修正方案	圖示
1	填角銲 組合間隙	<p>1. $t_1 \leq 76\text{mm}$, $t_2 \geq t_1$ $2\text{mm} \leq e \leq 5\text{mm}$; $S_1 = S + e$</p> <p>2. $t_1 > 76\text{mm}$ 或組合型鋼 $2\text{mm} \leq e \leq 8\text{mm}$; $S_1 = S + e$</p> <p>S_1 : 修正腳長、S : 設計腳長</p>	
2	搭接銲道 組合間隙	<p>$2\text{mm} \leq e \leq 6.4\text{mm}$; $S_1 = S + e$</p> <p>S_1 : 修正腳長、S : 設計腳長</p>	
3	開槽半滲透銲道 組合間隙	<p>1. $t_1 \leq 76\text{mm}$, $e \leq 5\text{mm}$; $S_1 = S + e$</p> <p>2. $t_1 > 76\text{mm}$ 或組合型鋼 $e \leq 8\text{mm}$; $S_1 = S + e$、$\text{mm} < e \leq 8\text{mm}$</p> <p>時銲接前必須做適當之處理</p> <p>S_1 : 修正腳長、S : 設計腳長</p>	
4	對接銲 組合偏差	<p>1. $e \leq 0.1t$ 且 $e \leq 3\text{mm}$; $S_1 = 1.5e$</p> <p>2. 若 $3\text{mm} < e \leq 0.1t$ 需調整對接斜率為 1 : 2.5 ; S_1 : 銲道修正量、t : 較薄板厚</p>	
5	十字組合偏差	<p>$e \leq t/3$ 且 $e \leq 6\text{mm}$</p> <p>$S_1 \geq 1.5e$; $S_2 \geq e$</p> <p>S_1、S_2 : 銲道修正量</p>	
6	對接銲間隙	<p>1. $3\text{mm} < R \leq 2t$ 且 $R \leq 15\text{mm}$ 時，加背墊物後銲接</p> <p>2. $15\text{mm} < R \leq 19\text{mm}$，可採銲接方式修正，須進行銲接程序試驗。$t$: 較薄板厚</p>	
		<p>1. $5\text{mm} < R \leq 19\text{mm}$ 時可採銲接方式修正，惟須進行銲接程序試驗</p> <p>2. $4.5\text{mm} < R$，一邊鋼板切割或背剷至 $4.5\text{mm} \leq R \leq 9\text{mm}$ 再施銲</p>	

3.4 銲接

為使構件內各金屬間部份或完全熔合接著，在作法上是採金屬接合銲接方式進行。以往土木工程師對機械領域之電銲作業僅有一般概念性之了解，以下將針對《鋼結構施工規範》銲接施工列舉之相關電弧銲接方法，包含有被覆電弧銲接、氣體遮護電弧銲接、包藥銲線電弧銲接、潛弧銲接、電熱熔渣銲、電熱氣體銲接及植釘銲接等 7 類鋼結構作業常用的銲接方法做一簡單之介紹。

3.4.1 被覆金屬電弧銲接

銲接原理：

本銲接方法俗稱手銲，美國銲接協會(AWS)英文名詞為 Shielded Metal Arc Welding，簡稱 SMAW。銲接原理是藉由被覆銲條與工作母材間產生的電弧為熱源，將銲條與母材熔融以達到接合目的。

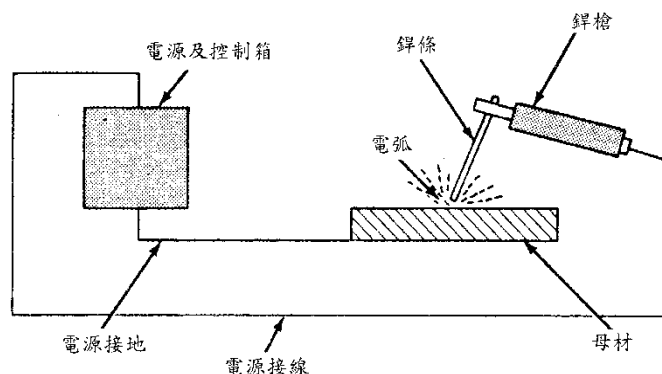


圖 3-17 SMAW 銲接裝置

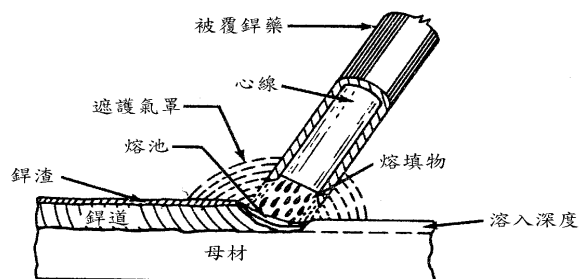


圖 3-18 SMAW 銲接原理

3.4.2 氣體遮護金屬電弧銲接

銲接原理：

本銲接法 AWS 英文名稱 Gas Metal Arc Welding，簡稱 GMAW。為早期 MIG (Metal Inert Gas)，MAG (Metal Active Gas) 銲接法總稱。使用實心銲線為電極，由馬達持續送線自銲槍前端之銲嘴送出並與母材接觸產生電弧，經由電弧熱熔融銲線與母材以達接合目的。



圖 3-19 GMAW 銲接實作

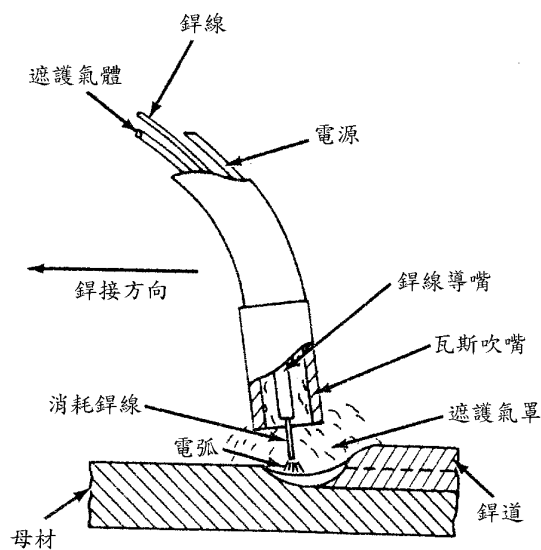


圖 3-20 GMAW 銲接原理

3.4.3 包藥銲線電弧銲接

銲接原理：

AWS 英文名稱 Flux Cored Arc Welding, 簡稱 FCAW。銲線為管狀內含銲藥，稱為包藥銲線。其銲藥之功能同被覆金屬電弧銲接。銲接過程藉由連續送線方式與母材持續產生電弧，由電弧熱熔融母材加入銲材熔滴達接合目的。根據銲接過程中電弧、熔池、熔滴及銲接金屬被保護之方式分為兩類：

1. 無氣體遮護式（自護式）：

銲接過程中由包裹於銲線內之銲藥經電弧熱燃燒與分解，產生氣體加以保護。

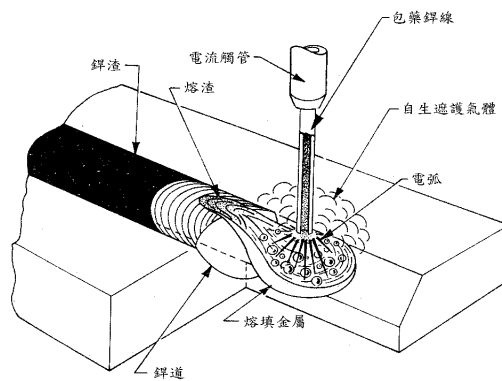


圖 3-21 FCAW 銲接原理（自護式）

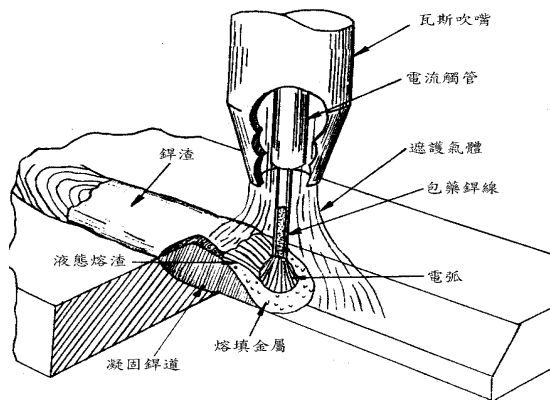


圖 3-22 FCAW 銲接原理（氣體遮護）

2. 氣體遮護式：

除上述銲藥燃燒與分解產生氣體保護外，另有提供遮護氣體補充保護措施。銲接金屬於完成後因有銲藥反應，表面覆有銲渣。



圖 3-23 FCAW 銲接操作

3.4.4 潛弧銲接

銲接原理：

美國銲接協會英文名稱 Submerged Arc Welding，簡稱 SAW。送線機將成捲型之實心銲線送出，與母材間形成電弧，藉由電弧熱熔融母材及銲線形成銲接金屬。電弧產生位置於鋪設之銲藥下方，故稱為潛弧銲。潛弧銲接為自動銲接機具，設備裝載於行走之台車架台之上，隨台車持續前進。

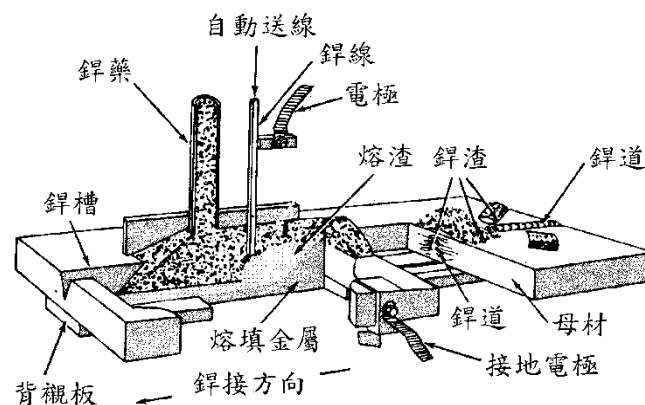


圖 3-24 SAW 銲接原理



圖 13-25 SAW 銲接操作

3.4.5 電熱熔渣銲接

銲接原理：

AWS 英文名稱 Electro-Slag Welding，簡稱 ESW。利用電阻熱熔融由送線機經銲接導管連續傳送之包藥銲線，於熔池內與母材、銲線持續熔融形成銲接金屬，由下方開始立向直上。由於銲道被設計成四周圍束之細長直立方管銲槽，作業期間熔池完全熔渣遮蓋，且熔池與熔渣沿銲道逐漸上升，將母材及襯板之銲道範圍填滿。

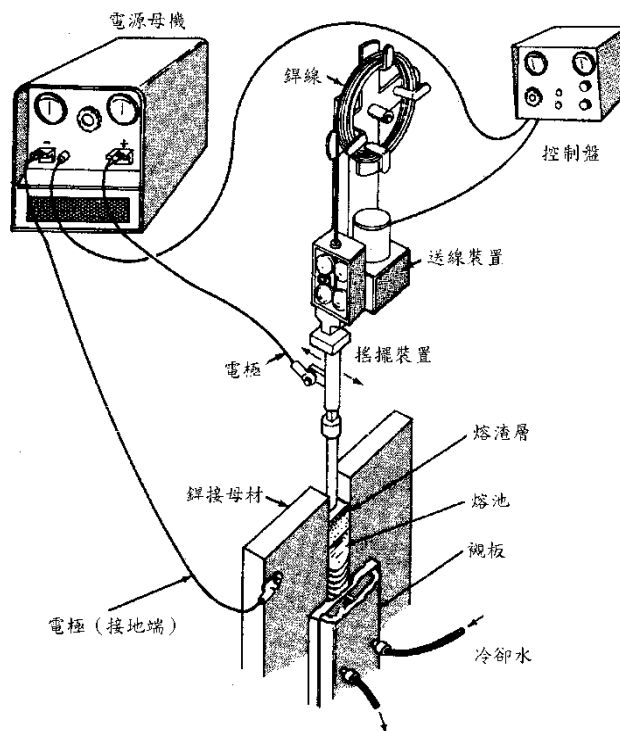


圖 3-26 電熱熔渣銲接之示意圖

3.4.6 電熱氣體銲接

銲接原理：

AWS 英文名稱為 Electro-Gas Welding，簡稱 EGW。消耗性實心或包藥銲線經由送線機送經銲嘴導管與母材產生電弧，電弧熱熔融母材、銲線形成銲池，持續送線熔混於銲池內，冷卻後成銲接金屬。銲接作業與電熱熔渣銲接雷同，銲槽內逐漸被熔融金屬填入上升，直至銲縫接頭完全填滿。

板厚適用範圍 15~100mm，與電熱熔渣銲接同屬於自動化立向銲接法，一般多運用於鋼骨結構箱型柱內橫隔板立向銲接，亦有運用予鋼板立向對接之作業環境。



圖 13-27 電熱氣體銲接程序試驗

3.4.7 電弧植釘銲接

銲接原理：

AWS 英文名稱 Stud Welding，簡稱 SW。利用金屬螺栓(釘)、金屬棒、剪力釘接觸端與母材間產生電弧，電弧熱熔融母材及剪力釘前端，至足夠溫度銲接時，施以適當之壓力使剪力釘及母材相接合。銲接作業由電源機

提供作業條件，設定完成電壓、電流及熔接時間後傳由植釘槍作業。

1. 導電 2. 起電弧 3. 壓接 4. 熔接完成

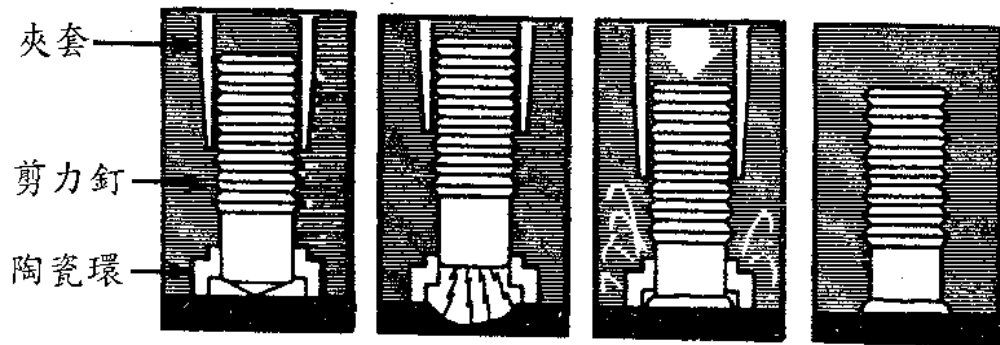


圖 3-28 植釘銲接原理

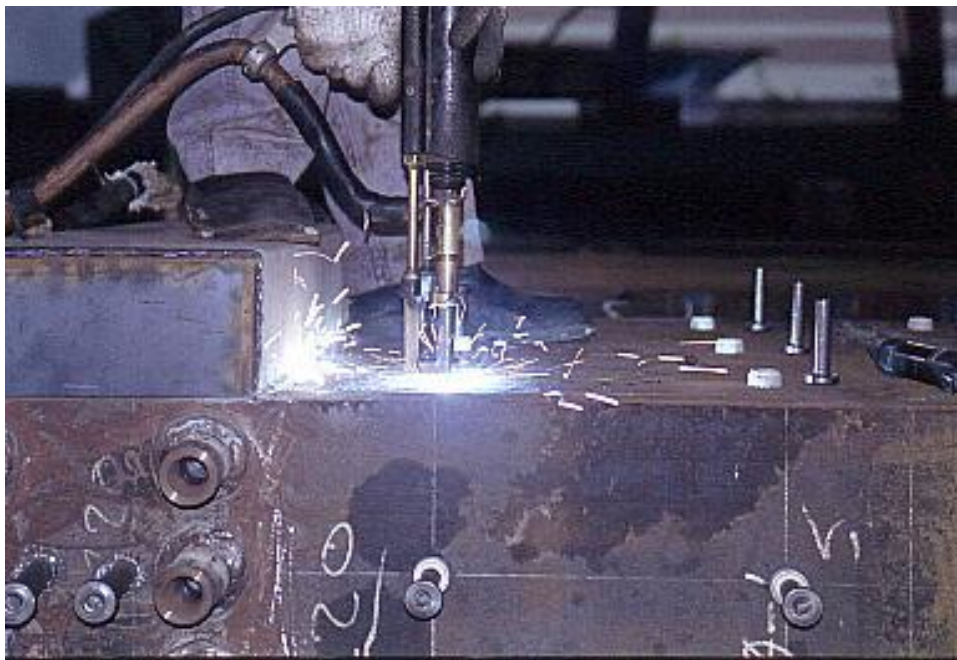


圖 3-29 植釘銲接操作

3.5 銲接程序

3.5.1 程序認證

為確認鋼構件之銲接施工環節均能以正確程序進行，故於工程實際製作、安裝前進行相關銲接細節之確認，以確保銲接作業之品質得符合設計

要求。由於個案工程使用之鋼種材料、銲接方式、機具設備均不相同，銲接前由施工單位彙整該案具代表性之銲接接頭，詳列各接頭銲接過程之細節、流程順序，並配合一定規模之試片進行實作及檢驗，確認各接頭之銲接過程符合設計要求。

一般鋼構工程之銲接程序區分成已認可之銲接程序及實作銲接程序兩類。已認可之銲接程序為美國銲接協會（AWS）認可之接頭細節作為施工依據，原則上無須再進程序檢驗。若個案工程特殊情況（使用之板厚、材質、銲接型式較特殊...）於施工前電銲作業人員應先完成銲接程序試驗，包括電銲設備的電流及電壓之設定、電銲方法（如手銲或自動電銲）之選用、銲條種類、銲條材質、銲條直徑大小、母材材質、母材厚度、開槽角度、開槽根距、開槽間隙、銲道層數、銲接速度、層間溫度、預熱溫度、後熱延時及其他銲接條件等，並於試驗合格後製訂銲接程序報告書作為施工依據，各種條件未經正式驗證不得任意調整變動。

銲接程序之試驗項目及其認可之施工限制、銲接程序試片尺寸及試體取樣規定詳《鋼結構施工規範》第四章「銲接施工」、《鋼結構品質管制作業標準》第九項「銲接程序作業標準」內容。

3.5.2 銲接程序之銲材與母材規格

使用於鋼結構之銲接材料其規格內容須符合表 3-5 規定，當接頭之母材不同組時，填料金屬可選用以下兩者之一：(1) 與較高強度母材匹配者，或 (2) 與較低強度母材匹配並產生低氫熔填金屬者；必須選用較高強度組之預熱溫度。

銲條管制：人工電銲之銲條表面被覆著砂質助熔劑，其使用狀態必須完全乾燥，才能獲致良好電銲效果。鋼結構施工單位或工廠均設置大型烤箱以烘乾銲條之助熔劑，每位電銲工於工作場合亦隨身背著銲條乾燥筒，以保持銲條乾燥。如果銲條吸收空氣中之濕氣，而任意使用，於電銲完成後電銲道表面必定呈現許多針孔，造成電銲不良。

表 3-5 鐸材規格表

組別	鋼材規格種類			填料規格種類		
	CNS 鋼材規格 ¹	降伏強度 kgf/mm ² (N/mm ²)	拉伸強度 kgf/mm ² (N/mm ²)	CNS鐸材規格 ²	最低降伏強度 kgf/mm ² (N/mm ²)	拉力強度 kgf/mm ² (N/mm ²)
壹	2947 SM400A ³ 2947 SM400B ³ 2947 SM400C ³ 13812 SN400 (A,B,C) ³ 4269 SMA400 (AW,BW,CW) ³ 4269 SMA400 (AP,BP,CP) ³	20(195)以上 20(195)以上 20(195)以上 22-36 (215-355) 22(215)以上 22(215)以上	41-52(400-510) 41-52(400-510) 41-52(400-510) 41-52(400-510) 41-55(400-540) 41-55(400-540)	SMAW(CNS 3506; 13719; 13037) ⁵ E43XX E50XX, DA5XXX(W,P,G)	35(345) 40(390)	至少 43(420) 50(490)
				SAW(CNS 13014; 13015) FS-XXX—YS-XX ⁵ AWS A5.17 or A5.23	—	— 42-56 (415-550)
				F6XXX-EXXX F7XXX-EXXX or F7XXX-EXXX-XX	34(330) 41(400)	49-67 (485-660)
				GMAW (CNS 8967) YGW XX	35(345)	至少 43(420)
				FCAW(CNS 14596;14599) YFW-XXXX YFA-XXX	35(340) 40(390)	至少 43(420) 50(490)
				貳	2947 SM490A ⁴ 2947 SM490B ⁴ 2947 SM490C ⁴ 2947 SM520B ⁴ 2947 SM520C ⁴ 2947 SM490 (YA,YB) ⁴ 4269 SMA490 ⁴ (AW,BW, CW) 4269 SMA490 ⁴ (AP,BP, CP) 13812 SN490 (B,C) ⁴	28(275)以上 28(275)以上 28(275)以上 33(325)以上 33(325)以上 33(325)以上 30(295)以上 30(295)以上 30-45 (295-445)
SAW(CNS 13014;13015) FS-XXX—YS-XX ⁵ AWS A5.17 or A5.23	—	— 49-67 (485-660)				
F7XXX-EXXX or F7XXX-EXXX-XX	41(400)	(485-660)				
GMAW (CNS 8967) YGW XX	40(390)	至少 50(490)				
FCAW(CNS 14596;14599) YFW-XXXX YFA-XXX	40(390) 40(390)	至少 50(490) 50(490)				
參	2947 SM570 ⁴ 4269 SMA570 (W,P) ⁴	43(420)以上 43(420)以上	58-73(570-720) 58-73(570-720)			
				SAW CNS 13014;13015 FS-XXX—YS-XX AWS A5.23 F8XX-EXX-XX	— 48(470)	— 56-70 (550-690)
				GMAW (CNS 8967) YGW XX ⁵	50(490)	至少 58 (570)
				FCAW(CNS 14596;14599) YFW-XXXX YFA-XXX	50(490) 40(390)	至少 60(590) 58(570)

	手鐸	CO ₂ 鐸	包藥鐸	潛弧鐸	電渣鐸
ASTM A572 Grade 50	AWS E70xx (E7016 E7018)	AWS ER70S- x (ER70S-6)	AWS E7xT-x (E70T-1)	AWS Fx -Exxx (F7A2-EM12K)	AWS FES70-ES-G -E-W
ASTM A709 Grade 36	AWS E60xx (E6016)	AWS ER70S- x (ER70S-6)	AWS E7x T- x (E70 T1)	AWS F7x -Exxx (F7A2-EM12K)	

3.5.3 鐸接工程師

鋼骨構件之鐸接作業常見於工廠製作或工地安裝，一般鐸接作業進行時僅有鐸工獨立作業，過程中未能設置相關監控點確認，鐸接方法、程序、規定是否能逐一落實則完全取決於鐸工一人，如此將難察覺鐸接過程是否已有疏漏，且無法即時制止進行改善。

監造工程師無法僅藉由完成後之鐸道外觀確認整體之鐸接過程每一個細節均是按事前規劃之內容進行，故製造單位之組織架構須考量編置鐸接檢驗師人員，負責工程中相關鐸接事宜之管理，針對鐸前檢驗、鐸接方法確認、鐸接材料管理、鐸接程序等逐一落實。鐸接檢驗師得由鐸接經驗豐富之工程師擔任，對於鐸接方法、鐸接品質管理及鐸接檢驗均須有整體連貫性之瞭解。

3.6 鐸工技術檢定

基於鋼構鐸接作業員之專業技術性考量，工程進行前須對未來實際參與工程鐸接之鐸工進行評核，以先行確認鐸工是否擁有足夠之鐸接技術勝任該案鐸接作業，故有鋼構鐸工檢定等相關作業標準之要求。鐸工之檢定分為資格認定及實作考試兩類。

參與鐸工檢定之鐸接作業員須符合鐸工資格規定（視個案工程合約規定），一般鋼構工程要求之鐸工資格須經政府機構、公營事業或其它具公信力之專業機構認定。

從事電銲之技術工人，應具備專業機構考試及格之資格。為考量電銲工考試之環境與實際工作之情況一致，電銲工之考試地點應盡量在其自己的工作場所比較切合實際需求，監造或檢驗人員可蒞廠監督考試，或委託第三者檢驗單位協助監考。電銲工考試之資格等級，依各種不同用途而異，且銲接姿勢亦受銲工等級之限制而有不同。表 3-6 為鋼板類及鋼管類之電銲工資格與銲接姿勢之限制。電銲為高度技術之工作，電銲工必須經常作業始有熟練之技巧，如果電銲工停止工作超過 6 個月以上，則應該重新檢定資格以維持良好之電銲品質。

表 3-6 銲工作業位置限制
銲接檢定位置與銲接型式

檢定試驗		鋼板		鋼管	
銲接型式	位置	開槽	填角	開槽	填角
鋼板開槽	1G	F	F, H	F	F, H
	2G	F, H	F, H	F, H	F, H
	3G	F, H, V	F, H, V	F, H, V	F, H
	4G	F, OH	F, H, OH	F, OH	F
	3G & 4G	ALL	ALL	-	F, H
鋼板填角	1F	-	F	-	F
	2F	-	F, H	-	F, H
	3F	-	F, H, V	-	-
	4F	-	F, H, OH	-	-
	3F & 4F	-	ALL	-	-
鋼板塞銲	1F	F	-	F	-
	3F	V	-	V	-
	4F	OH	-	OH	-
鋼管開槽	1G 旋轉	F	F, H	F	F, H
	2G	F, H	F, H	F, H	F, H
	5G	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH
	6G				
	2G & 5G				
鋼管填角	6GR	ALL	ALL	ALL	ALL
	6GR	ALL	ALL	T, Y, K joint	ALL
鋼管開槽	1F 旋轉	-	F	-	F
	2F	-	F, H	-	F, H
	2F 旋轉	-	F, H	-	F, H
	4F	-	F, H, OH	-	F, H, OH
	4F & 5F	-	ALL	-	ALL

備註：F：平銲、H：立面平銲、V：立銲、OH：仰銲

電銲姿勢示意圖詳圖 3-30：

1. 平銲 (1G)：此法之銲條朝下，以水平方向銲接。此種銲接姿勢最簡單也最常用，施工品質比較容易控制。電銲工工作時應儘量採用這種姿勢。
2. 橫銲 (2G)：電銲道的方向為立面的橫方向，可從左向右電銲，亦可從右向左電銲。
3. 立銲 (3G)：為立向之銲道從下向上的電銲，稱為立銲，又名垂直銲。如果從上向下電銲，一般俗稱漏銲，在正規之電銲工作是不允許的。
4. 仰銲 (4G)：即銲條朝上的銲接方式，又稱為頭頂銲。此種銲接方法最困難，故必須經驗豐富的電銲工才能勝任。設計時應儘量少用此種設計。

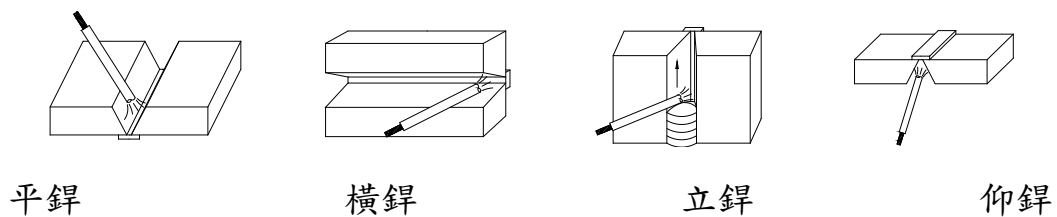


圖 3-30 電銲姿勢示意圖

3.7 銲道非破壞檢測作業

鋼構件接頭接合銲接完成後為在不破壞已完成接合銲接之結構體之前提下，以非破壞之檢驗方式檢測鋼構件之結合銲道外表、內部是否存在各類銲接缺陷，其大小、位置、深度為何，以便進一步確認銲接品質是否能達到設計單位之規定。

3.7.1 銲道非破壞檢驗種類

常見鋼結構接合銲道非破壞之檢測方法包含有：目視檢測 (VT)、射線檢測 (RT)、超音波檢測 (UT)、磁粒檢測 (MT)、液滲檢測 (PT) 等 5 種檢

測方法。

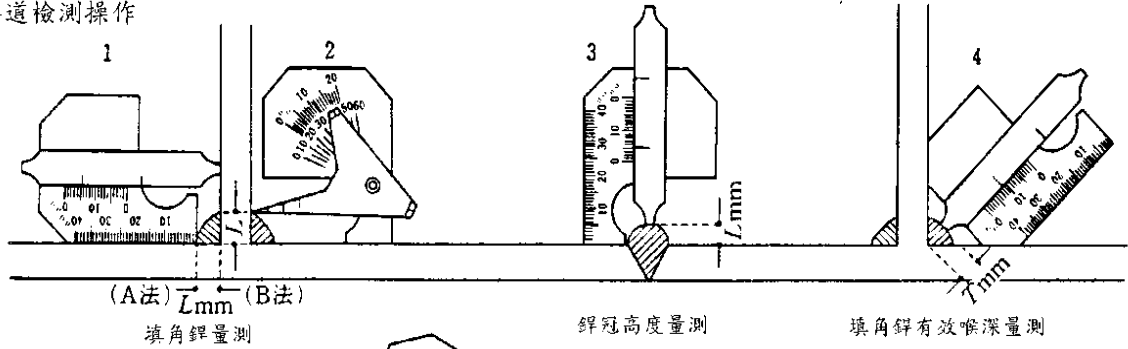
1. 目視檢測法：

適用於各類型之銲道、熱影響區及母材之表面。銲道目視檢查項目詳下表說明：

表 3-7 銲道目視檢查項目(1)

名稱	圖形	標準容許差	基準容許差	量測器具	量測方法
1. 填角銲腳長 ΔS		$\Delta S \leq 0.5S$, 但不得超過 $\Delta S \leq 5\text{mm}$	$\Delta S \geq 0$	填角銲檢測規。	
2. 填角銲溢餘高度 Δa		$\Delta a \leq 0.4S$, 但不得超過 $\Delta S \leq 4\text{mm}$	$\Delta a \geq 0$	填角銲檢測規。	
3. 對接銲溢餘高度 h		銲道寬 B, 溢餘高 H, $B < 15\text{mm}$, $h \leq 3\text{mm}$ $15\text{mm} \leq B < 25\text{mm}$, $h \leq 4\text{mm}$, $25\text{mm} \leq B$, $h \leq 8\text{mm}$	$h \leq 0.5\text{mm}$	銲接樣規。	
4. T 接頭對接銲之補強填角銲腳長 ΔS		$0 \leq \Delta S \leq 7\text{mm}$	—	銲接樣規。	

銲道檢測操作



銲前檢測操作

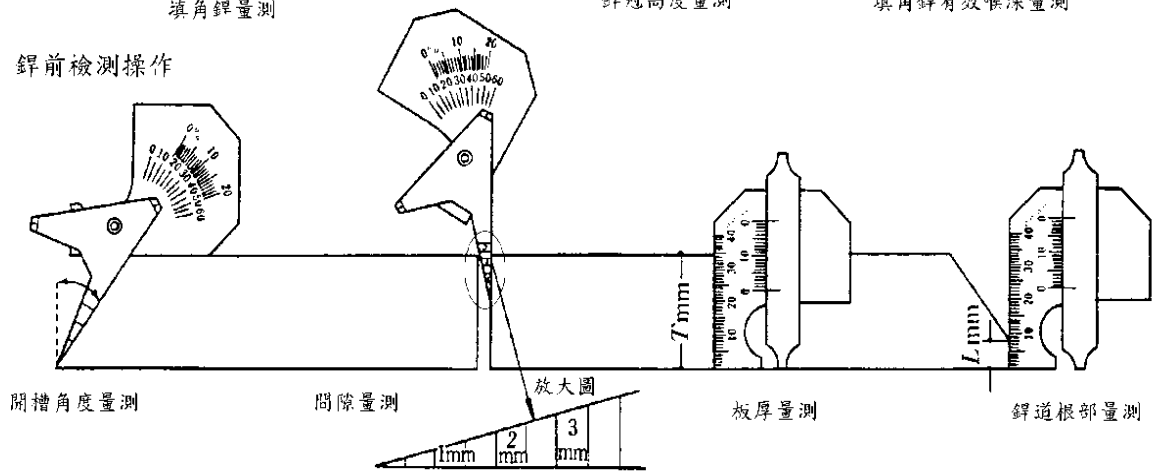
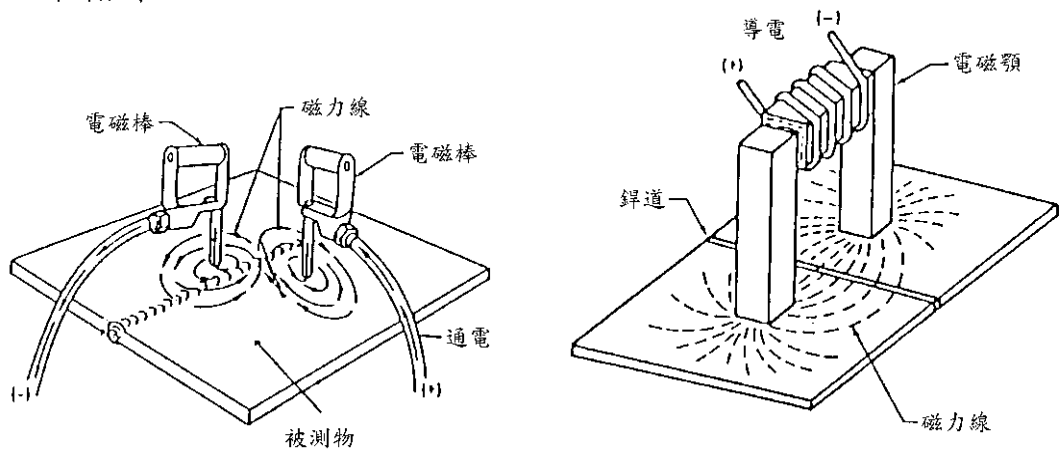


圖 3-31 銲道規量測 (例)

2. 磁粒檢測法：

適用於各類型之銲道、熱影響區及母材之表面及淺層缺陷。

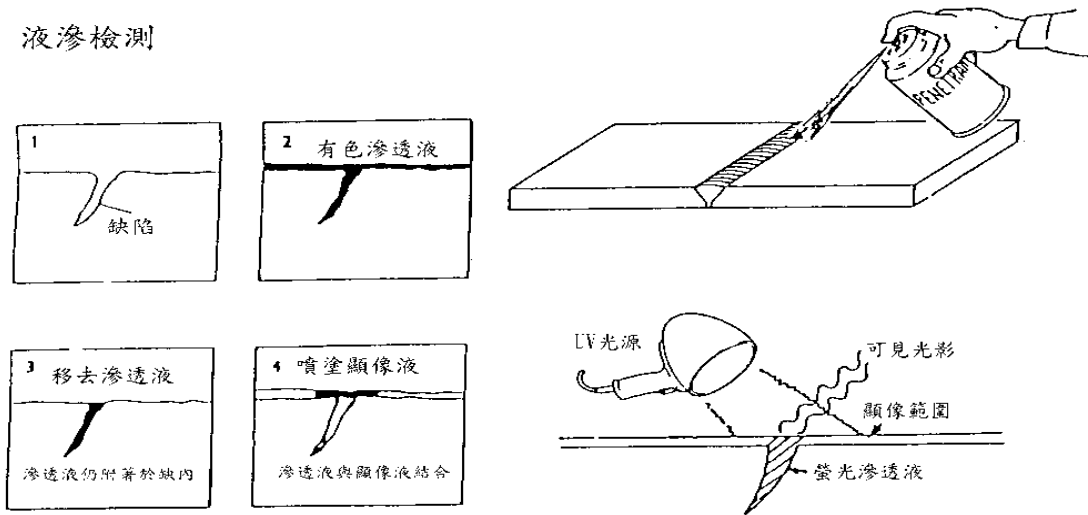
磁粒檢測法



3. 液滲檢測法：

適用於各類型銲道及熱影響區之表面檢測。一般常用於替代磁粒檢測無法施作之情況，如工地仰銲位置、無電力供應地區、接頭型式極為複雜致影響電磁顎磁場分佈等狀況時，多以液滲探傷代為檢測。

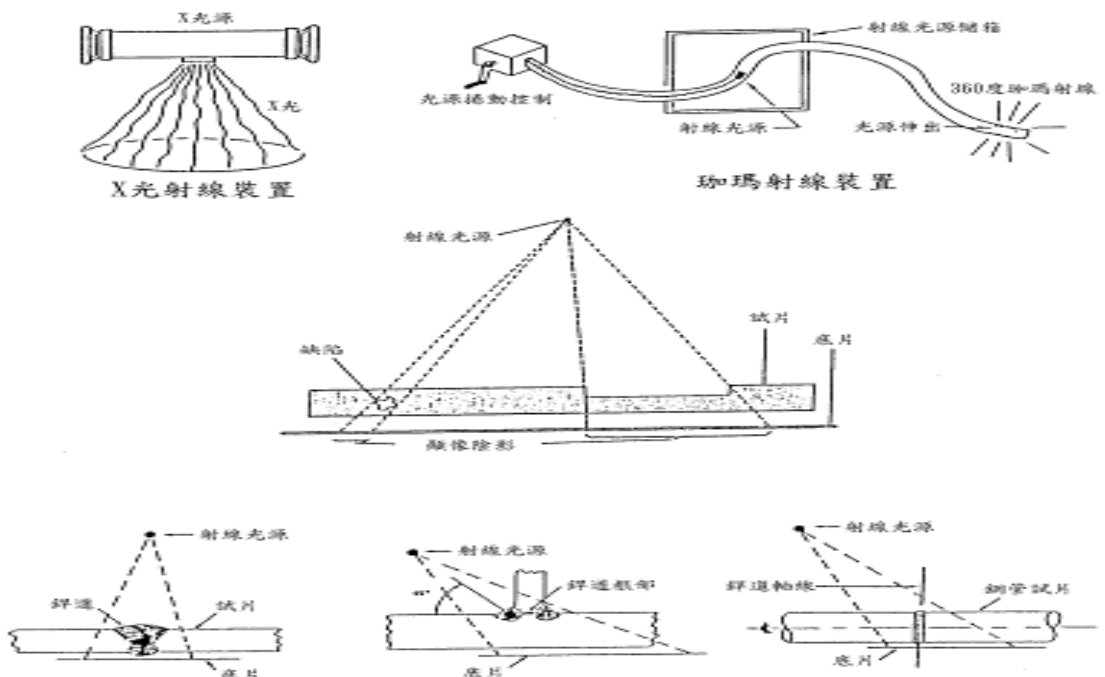
液滲檢測



4. 射線檢測法：

適用於對接全滲透銲道內缺陷檢測。基於射線對於人體危害之考量，檢測全程人員須管制。

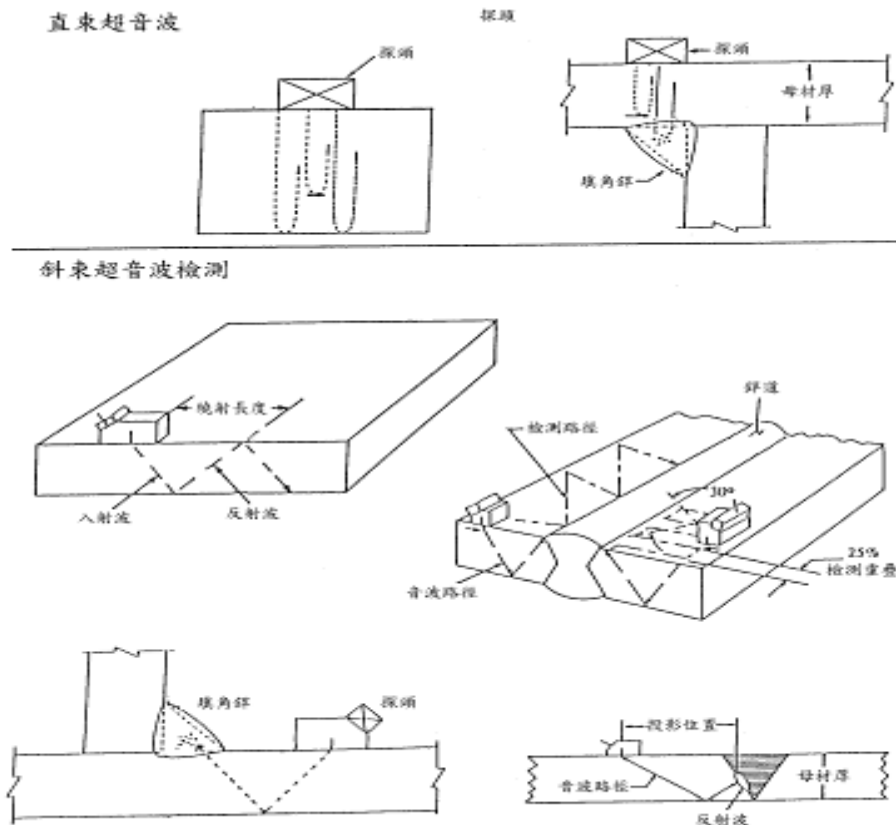
放射線檢測



5. 超音波檢測法：

適用於各類型半滲透、全滲透接頭之鐸道內部缺陷及鋼板夾層檢驗，為目前最為普遍之全滲透接頭鐸道之檢測法。

對於既有或新建造物全滲透鐸道之檢測極為迅速有效，對於探測半滲透接頭鐸道有效融入深度、鋼板夾層檢驗非常簡便。



操作鐸道非破壞檢測人員須具備有政府認定之專門協（學）會評審合格之資格，實際執行鐸道檢測之工作者須具備合格初級檢測員或以上之資格，執行判定鐸道品質之工作者須具備中級檢測師或以上之資格。

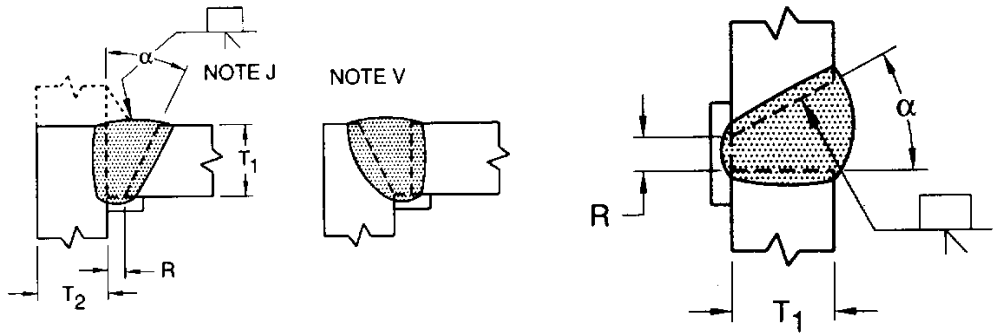
3.7.2 非破壞檢測方法之特性

有關 RT、UT、MT、PT 非破壞檢測方法特性與缺陷所在鐸道深度之關係詳下表比照說明：

檢測方法	深度位置	銲道表面	銲道淺層	銲道內部
		外露缺陷	缺陷	缺陷
射線檢測		◎	◎	◎
超音波檢測		○, △	○, △	◎
磁粒檢測		◎	○, △	X
液滲檢測		◎	X	X

◎容易 ○可行 △困難 X不可行

依照《鋼結構品質管制作業標準》一書之檢測標準，全滲透開槽應以射線 (RT)、超音波 (UT) 檢測法執行檢測。



全滲透接頭 (例 1)

全滲透接頭 (例 2)

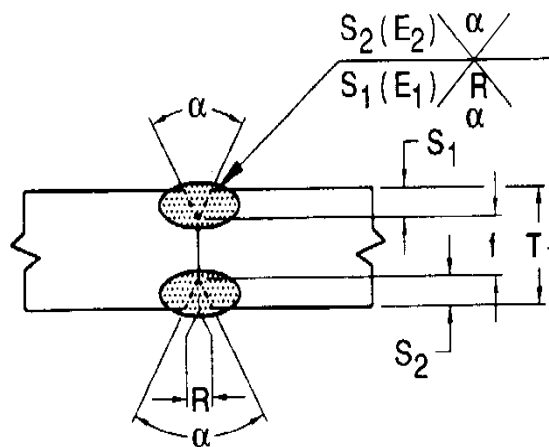


圖 3-32 半滲透接頭 (例 1)

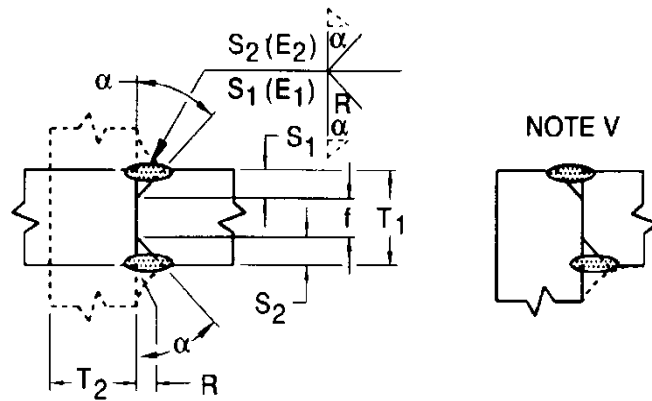


圖 3-33 半滲透接頭 (例 2)

針對上述各種非破壞檢測法之特點彙整成下述之比較表，比較表中依其操作性、檢測能力及經濟性等項目進行各檢測法整體功能性之評量，藉以提供監造工程師於研判實際接頭類型、工程條件、環境後得選擇適用之檢測法進行接頭銲道檢測。

表 3-8 非破壞檢測方法整體功能性之比較表

評估項目	檢測方法					
	內部缺陷			表面缺陷		
	X 射線	γ 射線	超音波	目視	液滲	磁粒
檢驗缺陷之能	良好	良好	優	困難	優	優
厚板適應性	有限制	良好	優	-	-	-
開槽處檢測難	困難	困難	優	優	優	良好
信賴度	優	優	良好	良好	優	優
存證紀錄	優	優	良好	良好	優	優
效率	良好	略慢	優	優	優	優
檢測設備規格	中等	較小	大	小	小	小
安全性	須考量	危險	安全	無虞	無虞	無虞
工期影響	極小	須考量	無	無	無	無
經濟性	較貴	略貴	良好	優	優	優

銲道目視檢驗是為非破壞檢驗方法中最为直接之方法，檢驗者針對銲道表層外觀、形狀、紋路等檢驗項目即可直接進行判讀，且根據銲道外觀目視結果可進一步對其銲接操作狀況、銲工技術等相關條件一併確認，因

此構件全數銲道均需施予 100% 之目視檢驗。銲道目視檢驗為後續其它非破壞檢驗之基準，進行下述其它非破壞檢驗（液滲、磁粒、超音波、放射線）前必須完成銲道目視檢驗，當銲道無法通過目視檢驗標準即可判定為缺陷。目視檢驗方法主要是為檢測銲道表面之陷，檢測項目包含有龜裂、填角銲腳長、偏斜、有效喉深、銲冠、銲渣..，相關檢測標準詳《鋼結構品質管制作業標準》第 15 項—銲道目視檢驗標準內容。

除設計圖說及工程合約、條款另有檢測取驗規定外，銲道非破壞檢驗建議至少依《鋼結構品質管制作業標準》一書之取樣規定對不同型式之接合銲道（如全滲透、填角）進行檢驗。當非破壞檢驗檢測出銲道表層或內部存在缺陷時，必須予以整修並複查，且第二次取樣抽驗之比率需增加。

表 3-9 全滲透銲道非破壞檢測第二次（含）以後之抽驗比率

接頭類別	受力種類	板厚 (mm)	前次不合格之百分比			備註
			5%以下	5%~10%	10%以上	
柱與柱	壓力及張力	$t \geq 50$	50%	75%	100%	
		$50 > t > 32$	50%	75%	100%	
		$t \geq 32$	25%	50%	100%	
梁與柱	壓力	任何厚度	50%	75%	100%	含托梁式接頭
	張力	同上	100%	100%	100%	
梁與梁	壓力	同上	25%	50%	100%	
	張力	同上	50%	75%	100%	
斜撐	壓力及張力	同上	50%	75%	100%	
其它	壓力	同上	25%	50%	100%	
	張力	同上	50%	75%	100%	

解說：1. 第一次檢驗應就整批（第一節或區）做 100% 檢驗。第二次以後則根據上次之檢驗結果，再依表 C-4.7.1 之規定比率做檢驗。

2. 非破壞檢驗一般以超音波檢驗為主。

3.8 整形

鋼構件加工過程中為確保構件安裝之精密度，作法上須進行構件精度矯正作業，使單獨進行加工之構件於工地現場整合安裝時能達預期接合之狀態，此構件各別進行精度矯正之作業即稱整形。一般構件進行整形之方式依整形當時之溫度分為常溫整形及加熱整形兩大類：

1. 常溫整形

當整形作業於室溫條件下，直接利用加壓器具迫使構件產生塑性變形，進而改善構件變形條件之作法謂之室溫整形，作法上區分為加壓整型及滾輪整形。

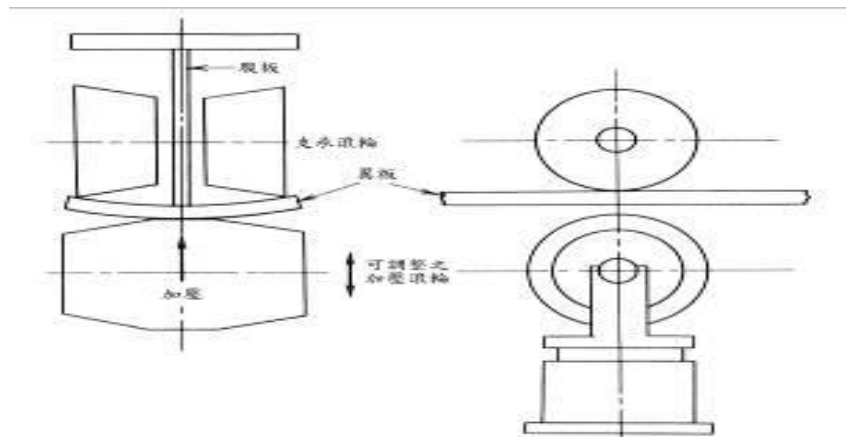


圖 3-34 滾輪整形

2. 加熱整形

主要原理是利用常見之氣體火焰加熱構件，使構件組織內之應力重新分配達矯正精度要求，依熱整形加熱範圍之形狀分為圓點加熱、線形加熱及三角形加熱等方式。

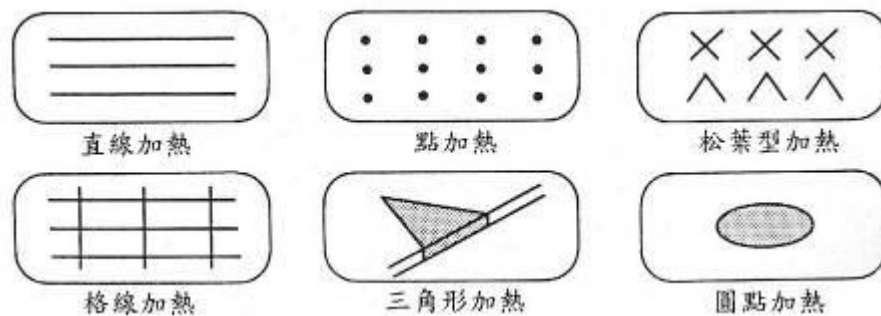


圖 3-35 加熱形狀

相關檢測標準詳《鋼結構品質管制作業標準》第十八項「熱整形檢測標準」、及《鋼結構施工規範》第三章。

3.9 試併裝（預組）

雖單一構件之差異已控制於完成許可差之內，惟構件與構件兩者間尺寸及接合型式之關係仍無法直接由圖示內容研判。若加工之鋼構件類型或工地安裝限制條件較為特殊時，構架須進行預組以確認整體尺寸及接合型式得符合設計要求。將已完成之構件於鋼構廠儲料區內依工地構架之相對位置進行模擬安裝，此一作業即謂假安裝。

3.9.1 評估結構體假安裝之考量

通常構件依其工程特性在以下幾項因素之考量下會排定進行假安裝作業：

1. 接頭調整困難之大型構件：構件重量、體積龐大，無法利用一般性調整工具如鏈條式牽引器、引導插銷進行微調就位，須於工廠階段確認組裝精度者。
- 2 複雜之接頭型式：接頭構件幾何形狀複雜，如空間桁架、立體構件等變化複雜之構件組合，須進行組裝精度確認者。
- 3 組立時程要求一定時間完成：構件因組裝時程限制須於一定時間內完成，為確認施工程序無誤得進行預組精度確認。
- 4 構件施工環境嚴苛：構件組裝環境不利運輸、組裝或修改作業進行，如海上吊裝、高山施工等不利進行構件接頭調整、修改之施工環境。
- 5 構件精密度確認：精密機械設備、動態設備。

綜觀上述考量因素，假安裝（預組）作業之進行之主要目的即是進行接頭精度之確認，利用假安裝事前重現構件接合條件，配合檢驗標準進一步確認，將不符接合標準部分於工廠製造階段即予以修正，避去現場之修改作業。

3.9.2 假安裝之檢測

構件進行假安裝作業確認內容應包含以下細節：

1. 構件全長、全寬、高程等幾何條件。
2. 構件接頭情況：接頭密合情況、螺栓貫通率、阻塞率、銲接接頭組立精度。
3. 接頭施工條件：確認螺栓接合之締結槍施工空間、人員進出空間、組裝動線、構件組立空間、施工機具運搬。
4. 構件型態：構件如屬連續樑型態，假安裝時需將下一跨度之第一單元一併組裝；拆除已完成假安裝之跨度所有構件時，前所併組之單元應依現況保留，以便配合下一跨度構件進行假安裝。
5. 假安裝檢驗標準。相關假安裝檢驗標準詳《鋼結構品質管制作業標準》第 20 項「假安裝作業標準」及 23 項「鋼橋假安裝尺寸檢驗標準」規定。

表 3-10 假安裝作業標準(1)

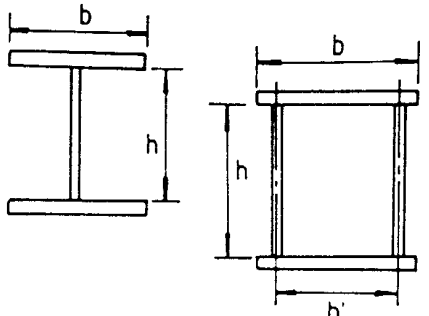
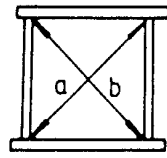
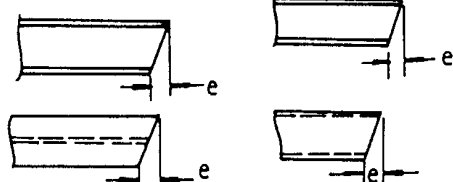
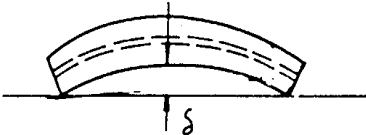
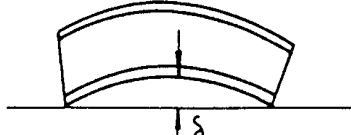
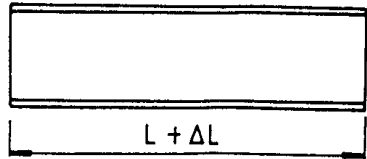
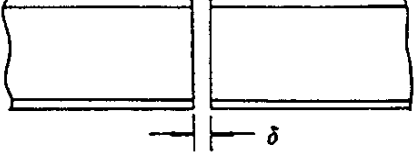
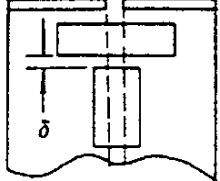
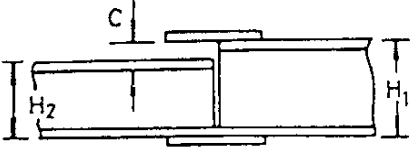
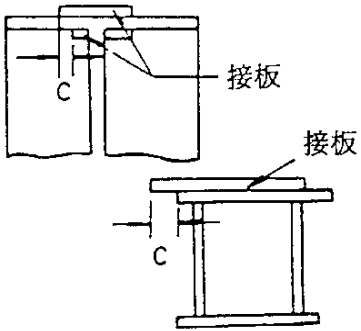
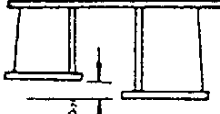
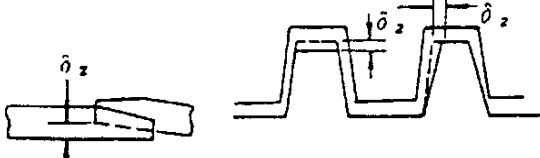

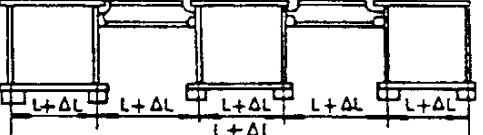
項 目	檢 驗 標 準	略 圖
翼板寬度 (b) 腹板高度 (h) 腹板間隔 (b')	$A \leq 0.5 \text{ m} : \pm 2 \text{ mm}$ $0.5 \text{ m} < A \leq 1.0 \text{ m} : \pm 3 \text{ mm}$ $1.0 \text{ m} < A \leq 2.0 \text{ m} : \pm 4 \text{ mm}$ $A > 2.0 \text{ m} : \pm (3 + \frac{b(m)}{2})$ A 是表示 b, b' 及 h 之各別尺寸。	
對 角 線	$ a - b \leq 3 \text{ mm}$	
切割端面直 角 度 (e)	$-3 \text{ mm} \leq e \leq +3 \text{ mm}$	
彎 曲 度	$\delta \leq \frac{\ell}{1000}$ ℓ : 構件長度	
拱 度	$\delta \leq \frac{\ell}{1000}$ ℓ : 構件長度	
構 件 長 度	箱 樑 $L \leq 10 \text{ m}$ $-3 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +3 \text{ mm}$ $L > 10 \text{ m}$ $-4 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +4 \text{ mm}$	 L : 標稱長度
	桁 樑 , 拱 筋 等 $L \leq 10 \text{ m}$ $-2 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +2 \text{ mm}$ $L > 10 \text{ m}$ $-3 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +3 \text{ mm}$	
	伸縮縫接頭 $W \leq 10 \text{ m}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +10 \text{ mm}$ $W > 10 \text{ m}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta L \leq + (5 + w/2)$ w : 寬度	

表 3-11 鋼橋假安裝尺寸檢驗標準(2)

項 目	檢 驗 標 準	略 圖
主構件接頭間隙 δ	$\delta \leq 5 \text{ mm}$	
連接板間之間隙 δ	$\delta \leq 5 \text{ mm}$	
接頭間高低差	$C = H_1 - H_2 \leq 1.0 \text{ mm}$	
連接板與構件之 端 面 差	$C \leq 3 \text{ mm}$	
伸 縮 縫 裝 置	組合伸縮縫之高程差 $\delta_1 \leq \text{設計值} \pm 4.0 \text{ mm}$	
	相互間之差 $\delta_2 \leq \text{設計值} \pm 2.0 \text{ mm}$	
連接構件之水平 高 程 差	$ H_1 - H_2 \leq 5.0 \text{ mm}$	
支撐裝置位置	$-2 \text{ mm} \leq \Delta L \leq +2 \text{ mm}$ L : 設計長度	

3.10 螺栓接頭施工及檢驗

有鑑於高強度螺栓於公共工程鋼橋梁工地接頭之應用極為廣泛，為詳細說明有關高強度螺栓實際使用程序及檢測方法，下述內容將參照 American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO 規範及交通部技術標準規範公路類公路工程「公路橋樑設計規範」有關高強度螺栓之使用規定作一介紹，期能使實際參與監造之工程師得與現場實務結合。

3.10.1 接合處之檢驗

螺栓穿鎖範圍內之被鎖緊物均是鋼材，螺栓之螺帽、螺頭均是與被鎖緊物結實貼緊，墊片、被鎖緊物（鋼板）間均不得留有雜物及其他填塞物。螺桿穿鎖完成後其軸心線與被鎖緊鋼板面成垂直，如因接頭中被鎖緊位置之鋼板不等厚、型鋼 R 角等關係容許最大 1/20 之傾角。

接頭安裝時需確保被鎖緊構件間表面（含螺栓螺頭及螺帽與被鎖緊物接觸附近）之浮鏽、灰塵、雜物均須清除乾淨不得附著。螺栓孔因鑽孔施工產生之「毛邊」因有礙於被鎖緊鋼板間緊密貼合，將無法達到螺栓穿鎖最初階段「貼合狀態」之要求，故「毛邊」須於構件鑽孔完成時即予研磨去除。一般摩擦型螺栓之接合面處理須按以下條文之規定辦理：

1. 接合面不含漆膜，於任何方向之塗漆均不得噴佈於接近螺栓孔邊外加 1 倍螺栓直徑且須大於 1" 之範圍內。
2. 構件接合面須施予漆膜噴佈前，鋼板表面須進行噴砂處理，俟清潔乾淨後再予噴塗。
3. 螺栓貼合面已塗裝漆膜之構件，須滿足上述認證試驗中漆膜之塗裝間隔及養護時程規定，時程內構件不得進行貼合面螺栓之組裝作業。
4. 鍍鋅構件之螺栓貼合面須採熱浸鍍鋅規定方式處理，且鍍鋅完後須以手動鋼刷進行貼合面粗糙處理，不得以電動鋼刷施工。

3.10.2 螺栓組檢驗項目

螺栓群數量龐大時須安排完善進料時程，螺栓群所需之全數螺栓須同

時穿鎖。螺栓進場後應盡量即刻使用，未使用完畢之螺栓須儘速回存，儲存期間應避免沾染灰塵及浸染水氣。由於螺栓出廠後拆箱前表面仍保有潤滑油膜，當摩擦型螺栓於工地儲置期間生鏽或沾染灰塵後須清除乾淨重新潤滑，並於安裝前再進行扭力-能力試驗。鍍鋅螺帽潤滑應採有色油酯。一般而言，螺栓於運輸或安裝階段表面均須表有「油光」，螺栓表面之油膜於安裝完成後進行工地接頭漆膜塗佈前得予去除。

ASTM A490 及 ASTM A325 規定螺栓均不得重複使用。此類螺栓鎖固從最初「貼緊狀態」至完成旋緊所需之螺帽轉動量及其公差仍依規定辦理。另鋼骨大樓常用之 F10T 或 S10T 螺栓，經監造工程師同意下亦得重複使用。

螺栓之穿鎖施工需將接頭中全數螺栓穿插完成，然後進行第一階段鎖緊即所謂達到「貼緊狀態」，而貼緊狀態可定義成此一螺栓接頭中多數位置處之鋼板貼合面均已確實緊密接觸。貼緊狀態之施工需有一系統性方式，由螺栓群配置中較為剛性部份往邊緣逐步規律進行，螺栓群重複規律鎖緊作業使接頭全數之螺栓大致同時達到「貼緊狀態」。

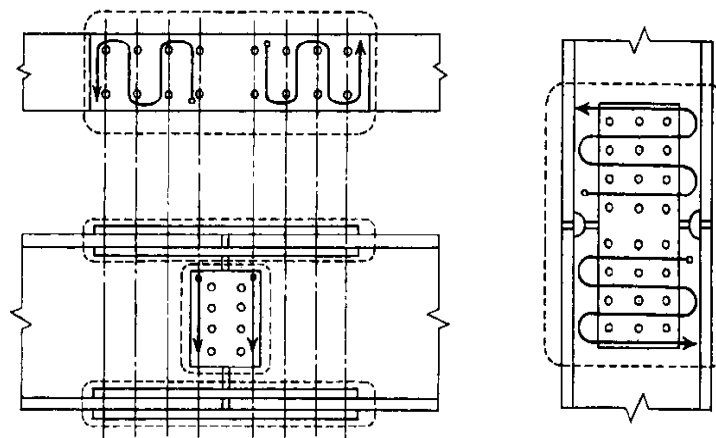


圖 3-35 螺栓穿鎖順序

於完成上述第一階段預鎖作業後，得再進行第二階段之鎖緊。第一階段預鎖參考扭力值詳下表建議：

表 3-12 第一階段預鎖扭力值

螺栓標準直徑	預鎖扭力值 kgf-cm
M16	約 1000
M20、M22	約 1500
M24	約 2000

3.10.3 螺栓墊片 (WASHER) 規定

當被鎖緊物最外緣兩側鋼板不相互平行，即螺栓穿鎖後螺栓軸心線未與鋼板面垂直，且軸心線與鋼板法線偏量之斜率大於 1/20 時，其螺栓墊片需使用硬化斜削墊片以調整螺栓軸心線偏量。

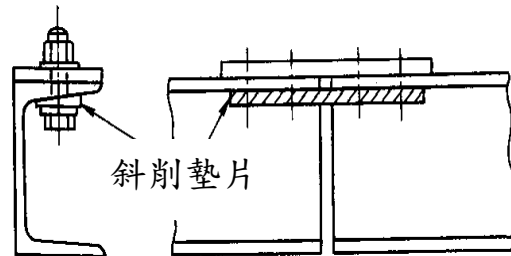


圖 3-36 斜削墊片應用

標準型鋼、槽鋼用斜削墊片須為漸變厚度之方形或矩形鋼墊片，規格內容須符合 ASTM F436 相關規定。A325、A490 螺栓於下述使用情況下需配合使用硬化墊片：

1. 使用扭力控制法鎖固之螺栓組須設置硬化墊片。
2. 當接合構件材質之降服強度小於 40ksi 時，無論使用何種鎖固工法，A490 螺栓須使用硬化墊片。
3. 任何一款直徑之 A325 或 1” 直徑（含）以下之 A490 螺栓於擴大孔、短槽孔側外緣須使用 ASTM F436 規定之硬化墊片。
4. 使用 A490-1” 直徑以上之螺栓於擴大孔、短槽孔時，螺頭及螺帽兩端均須配置厚度達 5/16” 以上之 ASTM F436 硬化墊片，取代一般螺栓用之標準墊片。以層疊數個標準墊片使其墊片總厚達 5/16” 之做法，並無法達到上述厚型硬化墊片之要求。
5. 任何一款直徑之 A325 或 1” 直徑（含）以下之 A490 螺栓於長槽孔側外緣須使厚度至少達 5/16” 厚之平板墊片或長條鋼板作為專用墊片，且該墊片上須配置標準孔。長槽孔用之墊片大小須能於螺栓安裝後完全覆蓋螺栓開孔，且其材質同接合構件無須硬化處理。若當使用 A490-1” 直徑以上之螺栓於長槽孔時，長槽孔側外緣須設置 1 個厚

度至少 5/16” 以上、材質為 F436 之硬化墊片取代先前所述之一般平板墊片或長條鋼板。以層疊數個硬化墊片使其墊片總厚達 5/16” 之做法，並無法達到上述厚型硬化墊片之要求。

3.10.4 高強度螺栓施工檢驗

接頭螺栓安裝前工程師須先確認螺栓之標註、外觀、儲置螺栓、螺帽、墊片及構件接頭之接合表面條件是否符合規定。工程師須依規定進行各類校正及相關試驗程序視導，以確認現有選用之螺栓組依正確程序進行之相關試驗。工程師須監督該案工程內接頭螺栓之穿鎖作業，以確認工程開始之初所進行之相關試驗已落實於現有作業程序且正確地被應用。

惟目前國內鋼結構施工，多採用自動扭力控制之高拉力螺栓（俗稱斷頭螺栓）。利用專屬的螺絲槍在達到一定的扭力時，其釘尾部分會斷裂，期以最簡潔之方式，可目視檢查螺栓群是否完成鎖緊之程序。同時也能讓構件接頭處之螺栓其鬆緊度均一，達到均佈荷重之理想目的，螺栓斷尾後應保有 3~5 螺紋之長度。

3.11 鋼構件之表面處理及塗裝檢驗標準

3.11.1 表面處理

構件表面處理簡言之為除鏽，鐵原子長時間曝露於含氧環境下，構件表面即開始產生相關氧化物，為避免鋼板表面持續產生銹蝕，構件於完成製造交運工地安裝以前需進行構件表面之除銹及塗裝，另工地螺栓或銲接接頭完成後亦需進行相關除銹及補漆之作業。目前有關鋼構廠鋼材表面處理之方式除構件特殊或其它特別考量外，大多採全面噴砂加局部機械研磨之方式處理。表面處理之潔淨等級分為手工具或電動研磨砂輪機 St 及噴砂處理 Sa 兩類，各類表面處理依其除銹程度再區分成數級標準。由於噴砂對環境污染衝擊嚴重，一般工地塗裝方式多採 St 除銹方式施工。構件表面處理之相關標準（除銹分級規定、表面粗度）詳《鋼結構品質管制作業標準》第 21 項「表面處理及塗裝檢驗標準」（如：SSPC-SP10, SA2 $\frac{1}{2}$ 級）。

表 3-13 表面處理及底漆規格

塗漆名稱	規 格	使用環境及適用表面			
		一般環境		腐蝕環境	
		鋼鐵面	鍍鋅面	鋼鐵面	鍍鋅面
一般防銹底漆	CNS 4908 K2059 第 1 種	○	-	-	-
紅丹底漆	CNS 774 K2020 第 1 種, 第 2 種	○	-	-	-
一氧化二鉛防銹底漆	CNS 4909 K2060 第 1 種, 第 2 種	○	-	-	-
氯化橡膠鋅鉻鉛紅防銹漆	CNS 4917 K2068	○	-	-	-
氟氯化鉛防銹底漆	CNS 12131 K2158 第 1 種, 第 2 種	○	-	-	-
鋅鉻黃防銹底漆	CNS 776 K2021 A, B	-	-	-	-
氯化橡膠系紅丹防銹底漆	CNS 4915 K2066	-	-	○*	○
環氧樹脂底漆	CNS 4959 K2089 第 1 種	-	-	○	○
環氧樹脂鋅粉底漆	CNS 4936 K2087	-	-	○	-
無機鋅粉底漆	CNS 4937 K2088	-	-	○	-
伐銹底漆	CNS 4934 K2085 長曝型	-	-	○	-
伐銹底漆	CNS 4935 K2085 短曝型	-	○	-	○
醇酸樹脂系三聚磷酸防銹底漆	CNS 12266 K2201	-	-	○	-
環氧樹脂系三聚磷酸防銹底漆	CNS 12268 K2202	-	-	○	-
氯化橡膠系三聚磷酸防銹底漆	CNS 12270 K2203	-	-	○	-
環氧樹脂柏油漆	CNS 4939 K2090 第 1 種, 第 2 種	-	○	-	○

*氯化橡膠防銹底漆直接塗佈於鋼鐵面可能會促進腐蝕，塗刷氯化橡膠底漆前須先塗裝有機鋅粉底漆(CNS K2087)。本表以 CNS 為主，若無 CNS 標準者，則以國內常用之標準為之。

3.11.2 塗裝

當構件完成表面處理後 4 小時內須進行後續之防鏽底漆塗裝。油漆塗裝當時對於氣溫、濕度、風速等施工環境均有限制。油漆施工前須確認構

件隱密角落、銲道、銲渣、銲珠是否清除完整，塗裝之材料比例是否正確，施工程序之塗佈膜厚、層數、順序、位置、塗裝間隔是否依塗裝施工程序書進行。油漆塗裝之膜厚檢驗、修補規定得參考上述第 21 項作業標準進行檢驗。相關施工規範詳建築工程施工規範—陸、《鋼結構施工規範》第七章「表面處理及塗裝」。

表 3-14 塗裝油膜相容性對照表

上塗塗料 底塗塗料	油性樹脂 塗料	氯化橡膠 塗料	聚氧乙烯 塗料	環氧樹脂 塗料	無機鋅粉 底漆	苯酚樹脂 塗料	硝化纖維 塗料	聚氨基甲 酸酯塗料
油性樹脂塗料	○	○—△	×	×	×	○—△	×	×
氯化橡膠塗料	○	○	△	×	×—△	○	×	×
聚氧乙烯塗料	○	○	○	×	×	△	×	×
環氧樹脂塗料	○	○	○	○	×	○	△—×	○
無機鋅粉底漆	×	○	○	○	×	△	△—×	○
苯酚樹脂塗料	○	○	×	×	×	○	×	×
硝化纖維塗料	△	△	△	△	×	△	○	×
聚氨基甲酸酯塗料	△	△—○	△—○	○	×	△—○	×	○

○ 良 △ 可 × 差

3.11.3 鍍鋅

鋼骨構造物在特殊防蝕條件考量下，構件之表面採熱浸鍍鋅方式處理，鍍鋅後構件之防蝕效果佳，一般環境防蝕效果可達 30~50 年，惟熱浸鍍鋅過程構件須受熱，銲接殘留應力之釋放將造成構件變形。國內目前僅有少數橋梁採熱浸鍍鋅方式處理，一般鋼骨構造中表面處理仍以上述漆膜塗裝為主流。鍍鋅構件操作詳下流程表及圖例說明。

表 3-15 鍍鋅流程

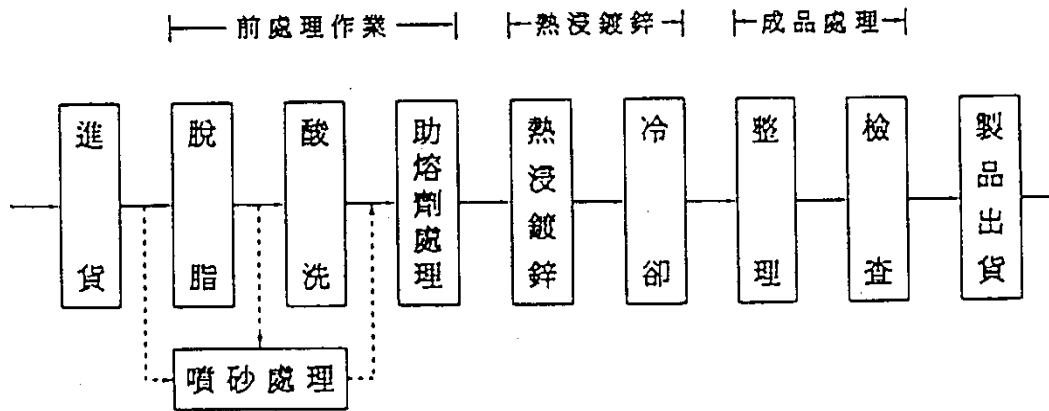


表 3-16 熱浸鍍鋅流程圖例

狀態	狀 態 圖	操 作 及 鍍 鋅 條 件
懸 吊		利用主構架之螺栓孔，以連結環 將吊鏈固定，以 2 點法吊放。
浸 鍍 開 始		約 3° 之角度逐放浸鍍。 (鍍液溫度：435~440°C)
浸 鍍 終 了		保持水平狀態之靜止。
浸 清 鍍 除 終 了 渣		浸鍍終了，經過約 3 分鐘後，為除去上 端樑翼下面之殘留氧化鋅渣而向鍍鋅槽底 方向來回搖動數次。
浸 (鍍 靜 終 止)		保持水平狀態之靜止。 (浸鍍時間：約 10 分鐘)
吊 起		以鍍鋅槽縱橫方向各約 10° 之角度吊起 鋅液之流滴保持傾斜角度(約 25°)
移 (空 冷 動)		在冷卻槽上以約 25° 之最終角度作為鋅 液流滴之角度，同時迅速放入水中冷卻。
水 冷		全部保持水平狀態之靜止。 (溫度：55~65°C) (浸鍍時間：約 6 分)

3.11.4 防火塗料（詳附錄二）

3.11.5 防火被覆（詳附錄二）

3.12 施工計畫書

3.12.1 施工計畫書

鋼結構施工計畫之良窳與工程品質有密切關係，施工前規劃完善之工程，可避免許多因施工排程不當等導致之缺失。施工計畫書之內容，至少應包含：

1. 工程概要
2. 施工組織
3. 施工圖
4. 材料之儲存、運輸及檢驗
5. 施工品質管制計畫
6. 臨時支撐計畫
7. 工廠製作作業計畫
8. 現場安裝作業計畫
9. 接合作業計畫
10. 品質管理、檢查
11. 其他工作配合事項
12. 職業安全衛生管理措施

其中有關施工品質管制計畫部分，可概分為工廠製作品質管制計畫及現場安裝品質管制計畫等，其內容至少應包含下列項目：

1. 工廠製造之品質管制計畫

(1) 製造作業計畫書。

- (2)工廠製作品質管制流程。
- (3)工廠製作品質管制組織。
- (4)設計圖說之確認。
- (5)品質檢驗之標準、檢驗方法與頻率。
- (6)品質不良之處理。
- (7)品管紀錄之統計分析及檔案之管理。
- (8)檢驗結果與改善。

2. 現場安裝之品質管制計畫

- (1)安裝作業計畫書。
- (2)現場安裝品質管制流程。
- (3)現場安裝品質管制組織。
- (4)設計圖說之確認。
- (5)品管標準及查核管制點。
- (6)檢查計畫之擬定及實施。
- (7)檢驗結果與改善。

3.12.2 施工圖之繪製與審核

施工圖應包含製造圖、安裝圖及臨時性構造物之工作圖等項目，分列如下：

1. 製造圖

- (1)依設計圖說繪製，並註明下列各項資料：
- (2)構材之斷面尺寸、重量、編號、表面處理方式及相關位置。
- (3)配件（含吊耳）之尺寸、位置、數量及編號。
- (4)螺栓之孔徑大小、位置、數量。

- (5) 銲接之型式、尺寸、長度及相關技術以利銲接之控制。
- (6) 螺栓或銲接是否為廠製或現場施工及其他注意事項。
- (7) 與設備工程相關之附屬五金、鋼筋穿孔、臨時五金、設備穿孔、預埋螺栓座等。

2. 安裝圖

標示構造物之方位、構件之編號，及其相關位置之尺寸、工地接合之位置、順序及其注意事項，必要時應提供吊裝重量、重心位置及順序。

3. 工作圖

其他屬於臨時性構造物或工作，例如：鋼結構體之支撐工作及其相關之細部、施工方法及尺寸、材料等圖說、文件資料。

3.12.3 鋼構材料之儲存及運輸

1. 儲存

鋼構材料放置於堅實平整有覆蓋及防潮設備之場所妥加保管，不得有生鏽或變形、刮傷、污損等情形；並應保持乾燥，與地面、土壤隔離，且需存放於離樓地板及牆面至少 10cm，通風良好之場所，指定適當之人員管理。

2. 運輸

鋼結構加工製造後構件之運輸，依據道路交通安全規則，對於車輛載運物品均有長度、高度及寬度之限制。因此在繪製施工圖時須先將相關規定列入考慮：

- (1) 由於高架橋及人行陸橋之橋下淨高為 4.6 公尺，道路交通安全規則規定車輛及載運物品高度限制為 4 公尺。高速公路則為 4.2 公尺。
- (2) 載運寬度不得超過車身寬。高速公路則規定不得超過 3.25 公尺。
- (3) 載運長度則不得超過車身全長 30%。

如果因結構因素，構件尺寸必須超過上述限制，在運送前須先向各縣、市政府交通大隊或高速公路警察局申請臨時通行證。

3.12.4 鋼構材料之檢驗

1. 工程所需材料應依合約規定檢具製造廠商之規格、型錄及檢驗合格證書裝訂成冊，送交工程司備查後方得使用。
2. 除設計圖說另有規定外，每批鋼料送交製造前，承包商應提送該批鋼料之出廠檢驗合格證明書送請工程司核可，工程司並得會同承包商對該批鋼料抽取樣品送往具 TAF 認證之試驗機構，做定性及定量分析，分別試驗其化學成份及物理性質是否符合契約之規定。
3. 承包商應將檢驗機構所發給之試驗結果報告書送請工程司核對，凡試驗不合格之鋼料，即視為不合格品，承包商應即運出現場不得拖延，試驗項目及方法應符合契約之規定。
4. 工程司認為有需要時並得抽樣送交指定單位試驗。

3.13 工地安裝

鋼結構工程在吊裝前應先擬妥安裝計畫書，包括安裝圖繪製、人員組織、機具設備、運輸計畫、材料堆放地點、安裝程序、架設計劃與品質控制及工程預定進度表等。安裝之流程如下圖：

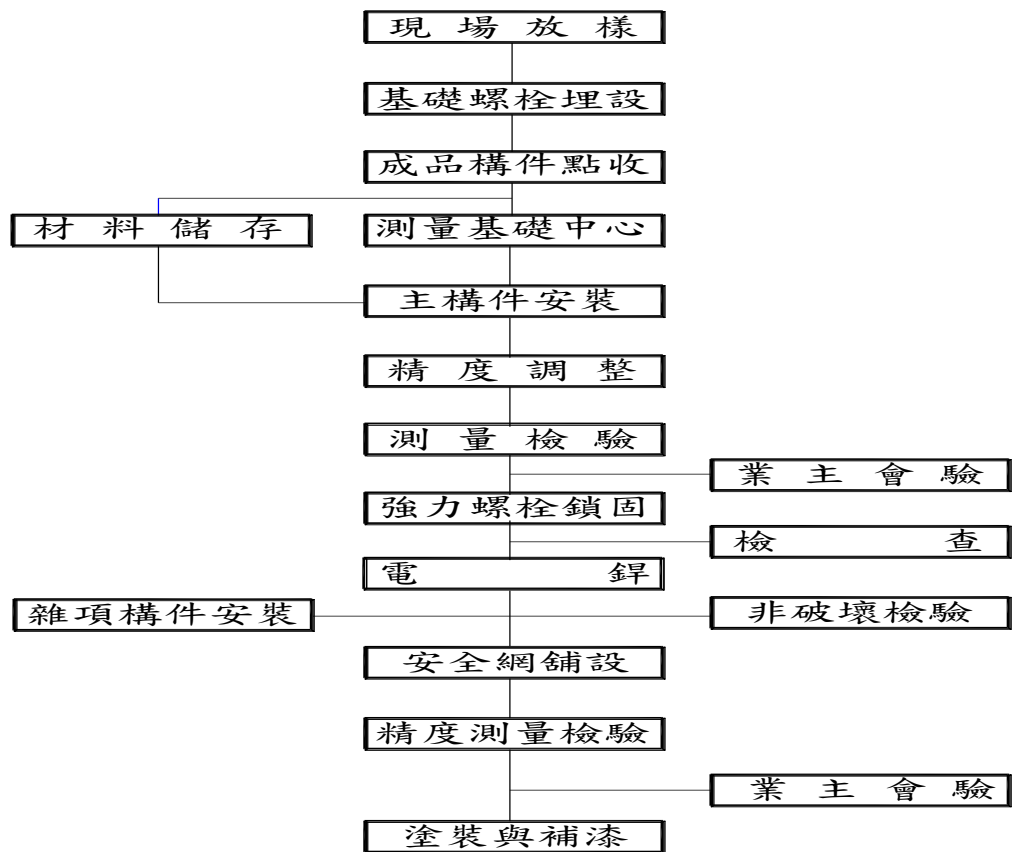


圖 3-37 安裝作業流程

機具設備項目必須包括起重機預定位置及吊索能量檢核。建築物之塔式吊車屬於爬升式機器，每節爬升一次。下圖為高層建築之鋼結構安裝常用之天平式塔式吊車於工地架設之情形。



圖 3-38 塔式吊車

安裝工地必須具備足夠的堆置場所，以堆放製造妥當的鋼構件。安裝計劃應包括可能互相干擾之相關工作事項，例如鋼結構與擋土支撐措施之介面，開工前應事先套繪圖樣，並防止鋼梁、鋼柱與支撐、中間柱相衝突。

橋樑工程則必須事先校正支承位置，檢查拱度與接合端口精確度，並檢視鋼橋外觀是否因為運輸而受損傷。

3.13.1 建築工程吊裝

鋼柱之吊裝多半以每節為單位，每節（根）柱的範圍約為二至四層樓高。如果低層區的柱子太重時，有時候一節柱僅包含一樓或二樓的柱子。於大部分的設計，第一節柱都是埋入混凝土中，表面並無油漆。由於混凝土基礎表面粗糙不平，鋼柱底板無法與混凝土面密接，通常在兩者之間會灌入無收縮性灌漿材料。

鋼柱的吊裝係以吊鈎鈎住柱頭的吊耳，並逐步移動到適當的位置。近來亦有搖控式拆卸吊鈎裝置，節省了安裝許多的工作。

當鋼柱吊放在下一節柱之柱頭時，必須有適當的現場起重人員指揮，才能確定吊放的位置，下圖為鋼柱吊放期間的指揮及調整。



圖 3-39 鋼柱吊裝時的指揮工作

鋼柱之間的對接都採用全滲透電銲，以便上下柱之受力連貫。下圖鋼柱對接時電銲施工的情形。



圖 3-40 鋼柱對接電銲施工

依照規定，鋼結構之電銲部位不得油漆，電銲部位必須要油漆時應採用可銲性油漆，且須經監造人同意。油漆專業公司研究開發一種可銲性油漆，非但可以防銹又可以直接電銲。

鋼柱銲接完成後，臨時吊耳可用瓦斯割除。一般鋼柱的對接位置都在樓板面以上一公尺左右，除了工作容易、電銲品質得以適當控制外，該處的結構應力也比柱底或柱頭小很多。

3.13.2 鋼梁吊裝

為配合鋼柱吊裝工作進行，鋼梁的吊裝一次可以起吊三至五根，故鋼結構建築的工期十分迅速。由於一般規範規定螺栓孔徑比螺栓直徑大僅 1.5mm，故吊裝時，必須嚴謹、準確，才能定位妥當。於構造不規則之鋼結構，例如高層建築之斜撐及鋼橋之超高等，則必須事先安排試裝或用擴孔方式協助吊裝。

在鋼梁吊裝妥適後，應立即施作第一階段之螺栓鎖固，並檢測有關之高程及中心線，於調整完成後，施作工地電銲。俟鋼構架之電銲工作完成並且收縮穩定後，全面將工地之強力螺栓施作第二階段鎖固。鎖固後應依規定檢查扭力值，以確認螺栓已經鎖緊。

3.13.3 梁柱接頭

梁柱之接頭，一般在腹板採用螺栓接合，而翼板則採用電銲全滲透接合。腹板的螺栓可以將搖晃高空中的鋼梁先予固定，而翼板的電銲接合則可以減少許多樓板工程或建築裝修的工作死角，所以大部分之梁柱接頭都是採用螺栓與電銲混合方式。如果鋼柱是採用十字型斷面，則翼板之淨空必須要 15 公分以上，才能順利施作柱子核心部分的工作。



圖 3-41 梁柱寬度不宜相差懸殊

3.13.4 鋼承板安裝

鋼結構建築之樓板常用鋼承板作為支撐混凝土的模板。鋼承板的吊裝速度比較快，而且施工後也不拆除，節省許多拆卸的工作。大部分的鋼承板都作為模板之用而不是結構性承板，所以也很少噴塗防火被覆。鋼承板的端部收頭有採用壓扁式處理，也有採用端部封板方式收尾。前者的密閉性能比較優良，澆築混凝土時比較不會漏漿。



圖 3-42 混凝土澆築漏漿

為使鋼構製品於工地安裝後符合設計要求，並作為判定依據，鋼構件於工地安裝後需針對其接合精度、相對位置、安裝變形等進行相關之尺寸檢測。檢驗項目包含有預埋鐵件安裝精度、構件長、寬、高、對角線組裝後基本尺寸、銲道結合處精度、高拉力螺栓接合品質檢驗及工地銲接品質檢測等項目。相關檢測作業標準可依鋼結構《鋼結構品質管制作業標準》第 25 項「工地安裝檢驗標準」及第 19 項「構件成品檢驗標準」、第 12 項「銲接位置組立檢驗標準」、第 5 項「高強度螺栓檢驗標準」及第 16 項「銲道非破壞檢測標準」等相關規定進行檢核。

鋼骨大樓基本上在地面三層以下均以吊車進行吊裝工作；第四層起則利用組裝之塔式吊車進行吊裝工作。吊裝順序應以塔吊為軸心，依序（順時方向或逆時方向）吊裝。

鋼骨大樓鋼構件之組裝，多利用螺栓臨時固定，再以電銲結合。建築工程所採用之高拉力螺栓多為 F10T（自動品質控制）。



圖 3-43 鋼骨大樓吊裝

3.13.5 鋼橋安裝

鋼橋安裝絕大多數以吊車進行吊裝工作，並輔以臨時支撐架或便橋、便道；如遇河道寬廣或水深，則可利用浮船吊裝。



圖 3-44 吊車吊裝



圖 3-45 浮船吊裝

3.13.6 工地安全

鋼結構建築由於施工時樓板的進度與主要構架的進度有很大的差距，梁、柱等的進度很快而樓板的速度有時卻非常慢，故工地現場並沒有太充裕的工作空間使用，所以安全措施必須特別加強，現場人員的安全帽、腰部的安全腰帶，以及腳部的安全鞋及綁腿等，全身從上到下都應該妥善處理，以免發生工作意外。下圖的安全網雖然已經架設，但架設的程度並不確實。有關安全網的架設，在相關的工安規章都有詳盡的規定，現場工作人員及督導主管都必須確實施作與要求。



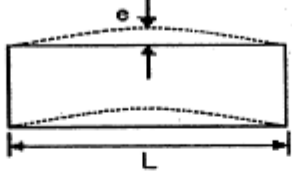
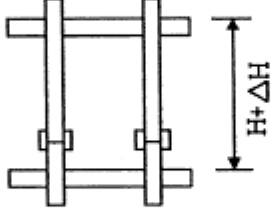
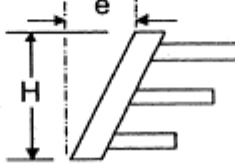
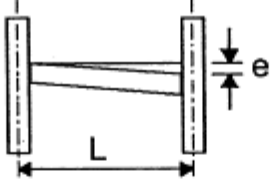
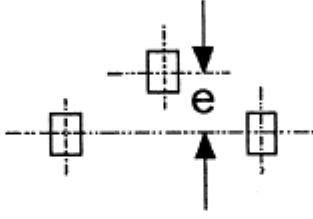
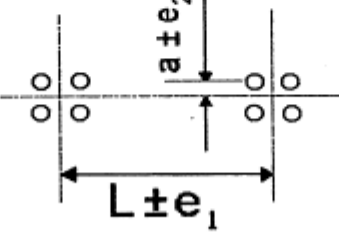
圖 3-46 一般安全網之架設

鋼結構經過吊裝、調整、測量、電銲、栓固、塗裝、防蝕及面板工程後，安裝工作即告完成，下圖為鋼橋安裝完成的情形。



圖 3-47 鋼橋安裝完成情形

3.13.7 安裝精度標準

項 目	略 圖	許 可 差
建築物平面之彎曲 e		$e \leq \frac{L}{2500}$ 但不得超過 25 mm
上下樓層之高程差 ΔH		$-5 \text{ mm} \leq \Delta H \leq +5 \text{ mm}$
柱節之傾斜 e		$e \leq \frac{H}{1000}$ 但不得超過 10 mm
梁之水平度 e		$e \leq \frac{L}{1000}$ 但不得超過 10 mm
柱之偏差 e		與鄰柱之偏差： $\pm 5 \text{ mm}$ 以下
柱之基板面高程及錨定 螺栓位置之偏差 e		基板面高程： $\pm 3 \text{ mm}$ 以下 $-3 \text{ mm} \leq e_1 \leq +3 \text{ mm}$ $-3 \text{ mm} \leq e_2 \leq +3 \text{ mm}$

四、鋼結構施工查驗流程及品質抽驗

4.1 鋼結構施工之品質管理

依據三級品質之原則，鋼結構施工期間之一級品管（Q.C.）應由鋼構廠之品管人員按照施工流程中，每個查核點，依據檢驗基準逐項查驗，並詳載於檢測表中，如有缺陷應即改善完妥，並由品管人員簽證後出廠。其檢驗文件應建檔並隨構件運送交工地。

另工地監造工程師對於鋼結構品質之管控即屬三級品管中之第二級品管（Q.A.）然而由於一般土木建築工程師，對鋼結構有深入了解者不多，因此在鋼結構製程中之品保（Q.A.）又分成有駐廠監工與無駐廠監工兩種情形。

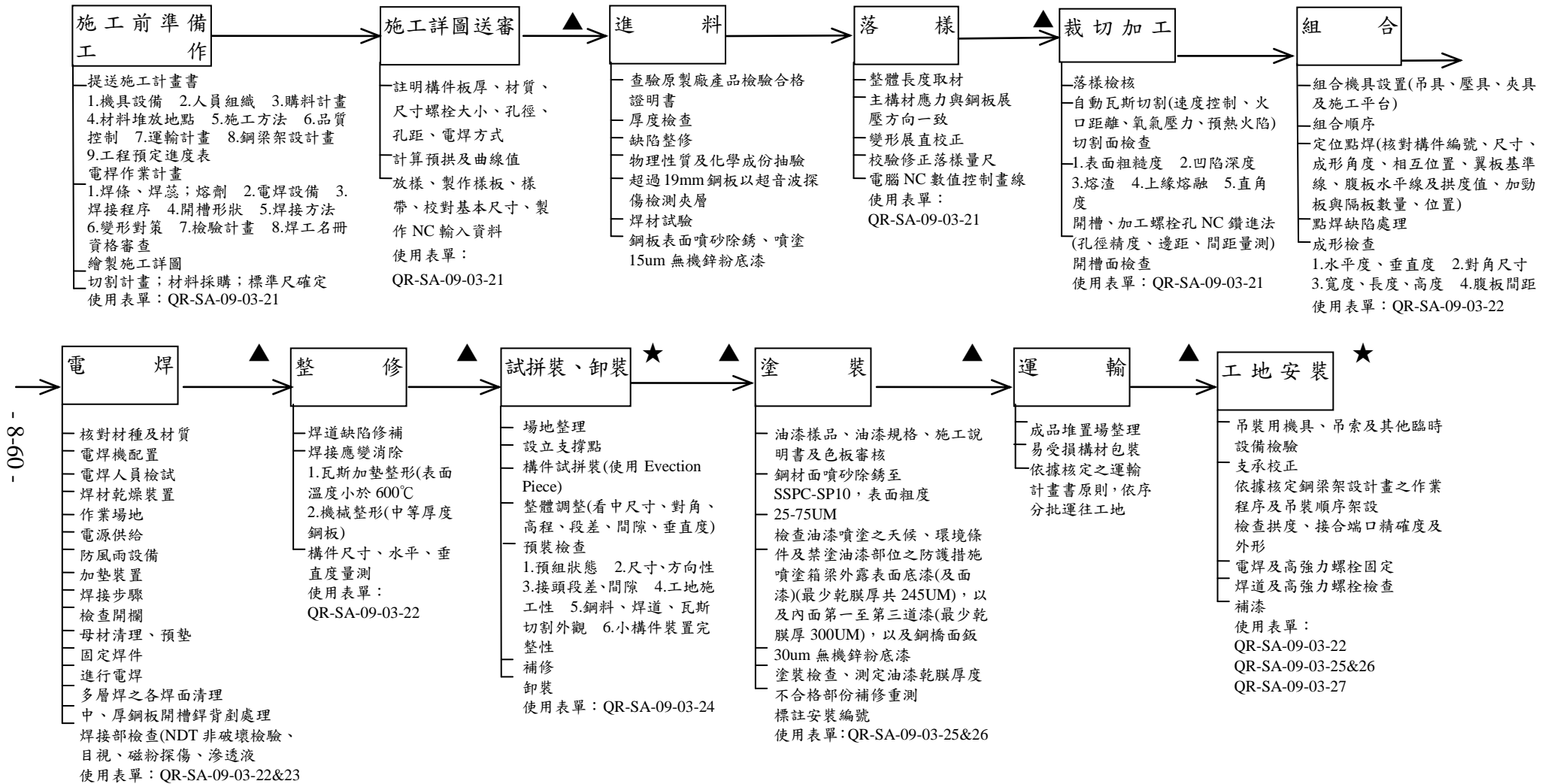
4.2 駐廠監工之施工查驗方式及品質抽驗

經由下表之流程圖中，駐廠監工之責任點由進料切割到塗裝為止，並依圖示每個檢驗控制點逐項查證，並填具施工查證表，經駐廠監工簽證後才可出廠。

4.3 其他施工品管之參考表格資料

與鋼結構施工品質相關之管制手冊另參考「建築鋼結構工程施工品質管制及查核作業手冊」與「橋樑鋼結構工程施工品質管制及查核作業手冊」等相關資料，附件之「材料設備總表」、「品質管理標準表」與「自主檢查表」均可供參考。

鋼 結 構 施 工 過 程 查 核 流 程 及 品 質 抽 驗 計 畫



註：1. ★：為通報查證點：表示本作業進行前必須通知督導工務所。
 2. ▲：為檢驗控制點：表示本作業進行之過程中必須暫停且通知監造單位並做成記錄，俟檢驗合格後始可施作次一作業之作業點。
 3. 未作記號表示者，監造單位全程監工並隨時抽查。
 4. 施工檢驗結果符合規定時檢驗資料建檔保存，檢驗未符規定，於檢驗表註明處理方式，並依相關規定程序辦理。

○○工程處

計畫編號 90079

○○()工務所

鋼構工程鋼板放樣裁切加工施工查證表

編號：QR-SA-09-03-21

工程名稱				檢查日期	年	月	日
合約編號							
施工位置							
檢查結果	V 與設計圖相符			X 構造上有缺陷需改正後再確認			
符號說明	△缺點已改正			※無此項檢查項目以空白表示			
項目	檢查細項	檢驗標準值	結果		缺失情形		
			檢驗	複驗			
計劃	施工計劃						
	施工圖送審						
落樣	落樣尺寸						
裁切表面	切割面粗糙度						
	切割面凹陷深度						
	研磨修正斜度						
	切入角半徑						
鑽孔	孔徑						
	孔心距						
	孔邊距						
間斷	切割邊之間斷						
備註							

監造單位主管；

監造人員：

○○工程處

計畫編號 90079

○○()工務所

鋼構工程鋼鈹組合電銲施工查證表-1

編號：QR-SA-09-03-22

工程名稱			檢查日期	年 月 日	
合約編號					
施工位置					
檢查結果 符號說明	V 與設計圖相符 △缺點已改正		X 構造上有缺陷需改正後再確認 ※無此項檢查項目以空白表示		
項目	檢查細項	檢驗標準值	結果		缺失情形
			檢驗	複驗	
準備	場地整理				
	動線安排				
組合	組合順序				
銲接位置	填角銲間隙				
	對接銲偏差				
	搭接間隙				
	背襯鈹間隙				
	接頭間隙				
	根部				
構材成形 檢查	翼線寬度				
	腹鈹高度				
	腹鈹間隔				
	鈹之平面度				
	翼線之正直精度				
	構材長度				
	受壓構材精度				
	鋼橋墩精度				
	螺栓孔位				
銲接面	鬆屑				
	渣鏽				
	油脂				
	防鏽底漆刮除				
	銲妥後補漆				
備註					

監造單位主管；

監造人員：

○○工程處

計畫編號 90079

○○()工務所

鋼構工程鋼鈹組合電鈹施工查證表-2

編號：QR-SA-09-03-23

工程名稱				檢查日期	年 月 日
合約編號					
施工位置					
檢查結果	V 與設計圖相符		X 構造上有缺陷需改正後再確認		
符號說明	△缺點已改正		※無此項檢查項目以空白表示		
項目	檢查細項	檢驗標準值	結果		缺失情形
			檢驗	複驗	
鈹道檢查	無龜裂				
	填角鈹腳長				
	填角鈹腳長偏斜				
	鈹道喉深				
	角鈹加強層高度				
	對接鈹加強層高度				
	燒損				
	無熔合不足				
	無重疊				
	無鈹池				
	無濺渣				
	表面凹凸差				
鈹道非破壞性檢測					
備註					

監造單位主管；

監造人員：

○○工程處

計畫編號 90079

○○()工務所

鋼構工程鋼樑柱假組立施工查證表

編號：QR-SA-09-03-24

工程名稱				檢查日期	年 月 日
合約編號					
施工位置					
檢查結果	V 與設計圖相符		X 構造上有缺陷需改正後再確認		
符號說明	△缺點已改正		※無此項檢查項目以空白表示		
項目	檢查細項	檢驗標準值	結果		缺失情形
			檢驗	複驗	
準備	場地整理				
	運送路線				
	臨時材料準備				
支撐點	支撐位置				
	支撐高程				
螺栓沖子	螺栓數量				
	沖子數量				
假組立準 確度	全長及跨徑				
	樑之中心距				
	主構材組立高度				
	主樑之反拱				
	主樑橋端部偏差				
	柱中心間隔對角度				
	樑拱度				
	柱曲度				
	柱垂直度				
	伸縮縫高度差				
	工地接合空隙				
備註					

監造單位主管；

監造人員：

○○工程處

計畫編號 90079

○○ () 工務所

鋼構工程鋼樑柱塗裝施工查證表-1

編號：QR-SA-09-03-25

工程名稱		檢查日期		年	月	日	
合約編號							
施工位置							
檢查結果		V 與設計圖相符		X 構造上有缺陷需改正後再確認			
符號說明		△缺點已改正		※無此項檢查項目以空白表示			
項目	檢查細項	檢驗標準值	結果		缺失情形		
			檢驗	複驗			
噴砂	表面粗度						
	表面光潔度						
準備	油漆樣品						
	油漆規格						
	色板						
箱樑 外表面	組立前	表面處理					
		防銹底漆					
	工廠塗裝	表面處理					
		底漆(無機鋅粉)					
		底漆(環氧樹脂)					
		底漆(環氧樹脂mio)					
		補漆					
		中途漆					
面漆							
箱樑 內塗裝	組立前	表面處理					
		防銹底漆					
	工廠塗裝	表面處理					
		第一道底漆					
		第二道底漆					
		第三道底漆					
備註							

監造單位主管：

監造人員：

○○工程處

計畫編號 90079

○○ () 工務所

鋼構工程鋼樑柱塗裝施工查證表-2

編號：QR-SA-09-03-26

工程名稱				檢查日期	年	月	日
合約編號							
施工位置							
檢查結果		V 與設計圖相符		X 構造上有缺陷需改正後再確認			
符號說明		△缺點已改正		※無此項檢查項目以空白表示			
項目	檢查細項	檢驗標準值	結果		缺失情形		
			檢驗	複驗			
接合 鈹外 露表 面	工廠	表面處理					
	塗裝	防銹底漆					
	現場	表面處理					
		塗裝	底漆				
		塗裝	中途漆				
	面漆						
接合 鈹 (箱 型樑 內)	工廠	表面處理					
	塗裝	第一道底漆					
	現場	表面處理					
		塗裝	第二道底漆				
	塗裝	第三道底漆					
備註							

監造單位主管；

監造人員：

○○工程處

計畫編號 90079

○○ () 工務所

鋼構工程吊裝施工查證表

編號：QR-SA-09-03-27

工程名稱				檢查日期	年 月 日
合約編號					
施工位置					
檢查結果 符號說明	V 與設計圖相符 △缺點已改正		X 構造上有缺陷需改正後再確認 ※無此項檢查項目以空白表示		
項目	檢查細項	檢驗標準值	結果		缺失情形
			檢驗	複驗	
鋼樑吊裝 施工相關 作業	吊掛人員資格				
	吊車司機資格				
	作業前之準備工作				
	吊點位置				
	材料之吊放順序				
	指揮人員設置				
	信號協調及辨別方式				
	運輸道路				
	材料的收存及暫置				
	作業場所與材料移動路徑之安全				
	鋼索大小及長度選定				
	吊裝完成固定情形				
	吊裝完成位置				
支承座	吊裝完成高程				
	油漆塗裝情形				
	吊裝完成固定情形				
	吊裝完成位置				
焊接接頭	吊裝完成高程				
	油漆塗裝情形				
	吊裝完成固定情形				
	吊裝完成位置				
	吊裝完成高程				
螺栓接頭	油漆塗裝情形				
備註					

監造單位主管：

監造人員：

() 工程) 材料設備管制總表 (承包商使用)

表單號碼：

項次	材料(設備) 名稱	送審情形			備料 時間	進料時間		材料進場及檢查情形						備註
	契約數量	預定 日期	實際 日期	核定 日期		預訂 日期	實際 日期	檢驗標準	檢驗項目	檢查頻率	進場數量	抽樣數量	檢 查 結果	
											累積進場 數量	累積抽樣 數量		

(工程) 材料設備管制總表 (監造單位使用)

表單號碼：

項次	材料(設備)名稱	供料廠商	使用位置	送審資料 (V)								備註 (歸檔編號)
	契約數量			預定送審日期	審查日期	材料規範	試驗報告	供應廠證明文件	出廠證明	樣品	審查結果	
				實際送審日期	審查人員							

() 工程) 材料設備抽(試)驗管制總表(監造單位使用)

表單號碼：

項次	材料(設備)名稱	規範/規格	抽樣頻率	進場日期	抽樣日期	抽試驗結果	累積進場數量	抽驗及會同人員	備註 (歸檔編號)
	契約數量			進場數量	抽樣數量		累積抽樣數量		

4.4 工地現場之施工查驗方式及品質抽驗

經由前述流程圖中所示工地現場之工程師，其品保責任在於構件運抵工地起，至構件完全安裝完妥為止。唯國內大多數業主或監造單位，並無具備鋼結構專長之工程師。因此，工地現場之土木建築工程師應對進場之鋼構件如何查驗？茲列述如下：

1. 首先應先查驗鋼構廠自主品管之相關文件(按施工計劃中應查驗項目逐項清點) - (詳附件--檢驗範例)。
2. 以焊道規對初進場尚未安裝之構件隨機抽查其焊喉及焊道腳長是否符合標準。
3. 抽檢剪力釘附著情形，以鐵錘夯擊剪力釘至傾斜 15° 以上，鉸腳處無裂縫即屬合格。
4. 檢視鋼構件所有接頭，在接合完成後其高拉力螺栓是否全數斷尾？
5. 在最後一道面漆完成後，以膜厚測定儀對鋼構件隨機抽測，測定其油漆總膜厚是否不低於設計值。
6. 當鋼骨工程防火被覆完成後，則依檢驗規範以探針抽驗防火被覆之厚度，如遇不合格處，須立即要求承商改善。

至於有駐廠監工之工地工程師，其施工查驗方式除可免去前述第 1 項各種文件之查驗外，其餘 2-6 項仍須依前述方式進行。

五、結語

本文中有關鋼結構施工及檢驗等章節內容主要是課程排定之時程進行規劃，內容以介紹性質為主，對於各分項作業之實作細節仍未能全盤涵蓋。以切割作業為例，切割器具、切割氣體、切割速率等均有一操作規定及經驗法則。而對於上述各項加工流程中諸如此類實作之細節，基於授課時程及重要性考量均予以濃縮，且部份章節如非破壞檢驗、鉸接程序認證均須由專業單位、人員進行檢測或認證。惟涉及該作業之工程師，對於檢驗標準需有所認知，土木工程師對鋼結構之品質能有所掌控。

本文第三章施工與檢驗基準中所介紹12項作業包含鋼結構製程中工廠及工地常見之加工項目，內容中3.1節-切割、3.2節-鑽孔、3.3節-組立、3.4節-銲接、3.8節-整形、3.9節-假安裝及3.11節-鋼構件之表面處理及塗裝檢驗等項目屬工廠內作業。3.5節-銲接程序、3.6節-銲工檢定則為工程進行前所須完成之前置準備作業。工地現場實務則以3.7節-銲道非破壞檢驗作業及3.10節-螺栓接頭施工及檢驗為主。

第四章則是介紹有關駐廠監工及工地現場之施工查驗及品質抽驗方式，提供監造及品管人員參考。

六、參考文獻

- [1] 營建署，“鋼結構施工規範”，2007
- [2] 營建署，“鋼結構容許應力設計法規範”，1999
- [3] 營建署，“鋼結構極限設計法規範”，1999
- [4] 中華民國鋼結構協會“鋼結構品質管制作業標準”，1997
- [5] 日本建築學會，“建築工事標準仕様書”
- [6] 日本建築學會，“鐵骨精度測定指針”，1986
- [7] 日本鋼材俱樂部，“建築鐵骨工事施工指針”
- [8] 日本建築學會，“鐵骨工事技術指針. 工場製作篇”，1996
- [9] 日本建築學會，“鐵骨工事技術指針. 工事現場施工篇”，1996
- [10] 台灣營建研究院，“營建工程非破壞檢測”，1997
- [11] 中華民國防蝕工程學會，“熱浸鍍鋅鋼橋暨鋼構件之設計與施工”，1990
- [12] AISC, "Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges", American Institute of Steel Construction, 1992.
- [13] AISC, "Manual of Steel Construction, LRFD", American Institute of Steel Construction, 1986.

- [14]AISC , "Manual of Steel Construction, ASD", American Institute of Steel Construction, 1989.
- [15]ANSI , "Structural Welding Code - Steel" , American National StandardsInstitute , 1996.
- [16]AWS , "Welding Handbook" 7th Edition, Volume 2
- [17]AASHTO , " Standard Specification for Highway Bridges" , 1994

附錄一

營建署， “鋼結構施工規範” ， 2007

第三章 製作

第四章 銲接施工

第七章 表面處理與塗裝

附錄二

防火被覆及防火塗料

1. 通則

1.1 本章概要

說明一般鋼構體、預鑄件或接合鋼件等所使用之防火、耐火被覆及防火塗料之材料、檢驗及施工。

1.2 工作範圍

- (1)凡契約圖說中特別註明有關大小梁、柱、斜撐、側(背)撐材、拉桿、樓層間之層間塞、帷幕牆及電梯間之固定鐵件、鋼承板和梁間之小間塞等噴塗防火被覆，及防火被覆表面處理之防塵保護膜，及法規上需求之防火被覆包括材料、人工、施工及施工中所需之設備、機具。
- (2)除非另有說明者除外，鋼承板或電氣化鋼承板樓板其上混凝土厚度無法滿足二小時之防火時效及電氣化鋼承板之線槽範圍噴塗防火被覆所需之一切材料、人工及施工機具等均包含在內。
- (3)本工程所有材料或成品之試驗費用，於規範規定之次數範圍內均由承包商負責。試驗不合格再加試之數量亦需由承包商負責。

1.3 相關章節

1.3.1 第 05122 章 鋼構造

1.3.2 第 01330 章 資料送審

1.4 資料送審

須符合「總則」及第 01330 章「資料送審」規定。

- 1.4.1 遵照第 01330 章「資料送審」章節之相關規定。
- 1.4.2 施工計畫書。
- 1.4.3 原製造廠出具防火材料出廠證明，其為進口者，並須提送我國海關進口證明。
- 1.4.4 擬使用廠牌防火材料須出具政府機關、大專院校或通過財團法人全國認證基金會（TAF）認可之實驗機構，或國外具有信譽之實驗機構且經中央主管機關審核認可之證明文件及實驗報告。
- 1.4.5 擬使用之防火材料不含石棉成份的試驗報告證明。
- 1.4.6 該使用成品應經內政部建築新技術、新工法、新設備及新材料審核認可通知書，及其材料產品被覆厚度計算書、施工說明書、施工計畫書及其他相關文件。
- 1.4.7 材料產品被覆厚度計算書及該項計算書所根據之 UL263「美國保險業實驗所防火手冊」防火試驗報告，被覆厚度之計算應按各材料防火效能試驗之數據為最低標準，惟其各種構件之被覆厚度設計應依同一防火試驗規範，且不得低於中央主管建築機關有關防火審核認可之標準。
- 1.4.8 由原製造廠出具之授權當地承包商施工之證明。
- 1.4.9 提出擬採用之防火被覆、防火漆材料及其附屬材料樣品，應依其實際產品或製作約 30cm×30cm 之樣品，且能顯示其塗抹層次及面漆顏色者，並經業主代表認可。
- 1.4.10 如另有規定或業主代表認為必要時，得要求承包商製作實品大樣，經核可後方得大批製作。
- 1.4.11 經業主代表核可備查後方得採購，並切實依照施工。

1.5 品質保證

須符合「總則」之規定。

- 1.5.1 材料須提送供應商或製造廠商之出廠證明正本文件及內政部建築新技術、新工法、新設備、新材料認可通知書及附件。
- 1.5.2 承包商對施工現場所使用之被覆材料，須證明為與試驗報告中之防火成品係同一材料。
- 1.5.3 承包商對施做完成之防火被覆、防火塗裝應負法律上完全之責任，完工驗收時並應提出由原製造廠出具之完工證明，保證其防火時效、厚度及性能並負法律上之完全責任。該項完工證明，必要時業主代表得函請原廠再確認。
- 1.5.4 本工程必須責任施工保證，凡在五年保固期間內發現有不合規定之處或有開裂脫落現象時，必須保證修復並將有關因修復而損及其他工程一併按原樣負責修復，所有工料費用均由承包商負擔。承包商應負完全責任。

1.6 運送、儲存及拆封

須符合「總則」之規定。

- 1.6.1 防火材料成品應於原製造廠預拌封裝，於現場拆封加水攪拌施工。
- 1.6.2 運達工地應儲存於乾燥場所。

1.7 現場環境

- 1.7.1 除另有規定或業主代表認可外，現場之氣溫低於5°C時，不得施工，但防火被覆材料製造廠商另有建議者除外。

- 1.7.2 防火材料成品應於原製造廠預拌封裝，於現場拆封加水攪拌施工。
- 1.7.3 鋼料之表面溫度低於露點且天候下雨、刮風、有霧或濕氣時或其表面溫度超過 40°C 時，不得施工。

2. 產品

2.1 防火材料

- 2.1.1 採用防火建材分類 (UL) 之碳化混合物 (Cementitious Mixtures) 或噴佈式纖維材 (Fiber, Sprayed)，且不得含石棉成分者。並須符合 ASTM E119「建築材料防火試驗法」或具該同等以上品質者。
- 2.1.2 材料進場應提出製造原廠證明書，且進場材料必須為原封包裝，無破損，包裝袋上印有材料廠商名稱、品牌、批號等。並由製造原廠認可合格之技術員負現場施工之監督責任。
- 2.1.3 防火材料使用於室外、電梯間、管道間等易風化、多震動與易碰損之處時該項材料須於 UL 防火手冊 (FIRERESISTANCE DIRECTORY) 設計範例內或具有 UL 標誌之產品上 (CLASSIFICATION CARDS) 特別說明得以適用於室外、電梯間、管道間。如有上述之情況，承包商須於施工計劃內說明處理之方法，經業主代表核准後方得據以施工。
- 2.1.4 層間塞應採用乾式防火礦棉外加濕式被覆施工。

2.1.5 防火材料性能

項目	內部材料(註1)	外露材料(註2)	試驗標準
密度	0.24 g/cm ³ 以上	0.5g/cm ³ 以上	ASTM E605
黏著強度	300psf 以上	1000psf 以上	ASTM E736
受撓度影響	不得龜裂或脫落	不得龜裂或脫落	ASTM E759
受衝擊影響	不得龜裂或脫落	不得龜裂或脫落	ASTM E760
抗壓強度	1000psf 以上	50,000psf 以上	ASTM E761
落塵量	0.269g/m ² 以下	0.269g/m ² 以下	ASTM E859
腐蝕性	不得造成鏽蝕	不得造成鏽蝕	ASTM E937

註1：係指用於室內且不易被碰損之處。

註2：係指用於室外，或易遭風化、振動、碰損之處，並經 UL 分類為「室外使用」之防火被覆材料。

除非圖上另有規定，否則凡室內梁板被天花板或其他封板遮蔽之部份得採用內部材料，其餘均採外露材料。

2.1.6 試驗標準

- (1) 防火時效之方法應符合 ASTM E119 或具該同等以上品質者。
- (2) 煙道燃燒試驗 (Tunnel Test) 應符合 ASTM E84 或具該同等以上品質者。

2.1.7 試驗機關

- (1) 具完整試驗設備之公信力試驗機構。

(2) 美國保險事業實驗所 (Underwriter's Laboratories) 。

2.1.8 噴佈位置、防火時效與噴佈厚度計算標準

(1) 主要構造各樓層防火時效至少應具建築技術規則 (CBC) 建築設計施工篇第七十條之規定。

(2) 屋頂突出物未達計算樓層面積者，其防火時效應與頂層同。

(3) 所有樓面板及電氣化線槽為二小時防火時效。

(4) 上述防火時效之層數包括壹樓及地下室樓層，防火時效之規定若有最新規範頒佈時，應依最新之規定修正。

(5) 被覆厚度按各材料防火效能試驗之數據為最低標準，惟其各種構件之被覆厚度設計應依同一防火試驗規範，且不得低於中央主管建築機關審核認可之標準。

2.2 補強鋼網

被覆厚度超過一定標準，須輔以補強鋼網表面鍍鋅防銹處理或不銹鋼網，其規格應至少為 $1.845\text{kg}/\text{m}^2$ 鑽石型網或龜甲網。

(1) H 形梁之腹板深度超過 400mm，翼板超過 300mm 寬及箱形柱、H 形柱、斜撐、圓形柱之四個面均須使用 $1.845\text{kg}/\text{m}^2$ 鑽石型網加強其附著力。

(2) 加強網的覆蓋率須均勻分佈，面積至少為需加強面積的 25%，固定方式採用擊釘，間距約 250mm(±)，排列方式為相互交錯。

(3) 其他方式之補強則須經 UL 之試驗，並提出 UL 試驗報告為證。

2.3 拌和水須為適於飲用之清潔水，不含影響防火被覆材料性能

之其他雜質。

2.4 被覆表面處理及材料特性

除特別註明外本工程防火被覆外表需加噴防塵保護膜；保護膜需由耐候、耐鹼性良好之水溶性壓克力樹脂為主成分，其需具備之特性如下：

- (1) 對防火被覆不造成任何不良之影響。
- (2) 使用清水為溶劑、無公害及引火危險。
- (3) 具光澤、塗膜堅固、外表美觀。
- (4) 耐水、耐候性良好、能保持長久光澤度。
- (5) 耐鹼性良好。
- (6) 對水泥、石膏、泥灰等製品有良好附著性。

2.5 防火塗料

除特別註明者外本工程防火塗料系統包含防銹底漆、中層防火漆及面漆，防火塗料除滿足本規範相關規定外，其材料及特性需求如下：

- (1) 固形分：65% w/w 以上。
- (2) 儲存溫度：10~40℃。
- (3) 防火時效試驗：依 UL 263 或 BS 476 PART20~24「建築物材料及結構防火測試」之規定，防火時效之耐火性能合格時間應依建築技術規則之規定。
- (4) 對為確保及增進防火漆之有效黏著，施工前之鋼骨表面處理需滿足第 05122 章「鋼構造」之規定。
- (5) 防銹底漆之塗裝、膜厚及相容性等等除需滿足第 05122 章「鋼構造」之規定外，並須符合原廠認可之相容性底漆種

類。

- (6) 除特別註明者外，施作於室外及易受潮濕影響之鋼料，中層防火漆需採用油性室外型防火漆，並符合 BS 8202 PART 2 之耐候測試需求。
- (7) 面漆須採經原廠認可之相容性面漆，塗佈二層，乾膜厚度共 60μ ，各漆層選擇不同顏色為原則，面漆顏色由業主及建築師選擇決定。
- (8) 防火時效除另有規定者外，其最高防火時效以二小時為限。
- (9) 防火漆塗佈施工厚度，施工前承包商須以施作部位、構件、防火時效需求、受火面及 Hp/A 計算結果，並依據內政部核準及 UL 手冊所列較嚴格之施作乾膜厚度值，且經業主代表審查核可後，方可施作。
- (10) 承包商須於施工前出具原製造廠之產品檢驗合格證明書、進口證明、原製造廠出具之當地承包商施工授權證明書、材質試驗報告、防火性能測試合格報告、UL 及內政部核可認證書、施工計劃書等並經業主代表審查核可後，方可施作。

3. 施工

3.1 準備工作

- 3.1.1 施工前承包商應擬妥施工計畫書，內容包括材料種類、被覆厚度計算、厚度計算之根據、施工機械配置及水電供應、工作架、材料存放與管理、施工前後配合事項、施工人員、施工量、品質管理、現場修補方法等，經業主代表核備後，方可據以施工。
- 3.1.2 防火材料須儲存於乾燥之場所，所有受潮之材料，均不得使用，超過原廠規定使用期限之材料，一律不得使用。

- 3.1.3 施工前鋼料表面之灰塵、污垢、銹蝕、鬆動之黑皮或其他有礙附著之雜質均應先清除，防銹漆若有破壞處，須先補漆後始得施作。
- 3.1.4 所有附著於鋼料之各類五金，如掛勾、管線支架、夾具、套管等，應於施作前完成之。
- 3.1.5 風管、水管管線及其他懸掛於樓板下之設備，須於防火被覆完成後，始得施作，以免影響防火被覆之施工品質及污染設備。新施作處至少須於 24 小時後，始得於其上或其附近做其他工作。
- 3.1.6 輕鋼架隔間之上座板若固定於須施作防火被覆之構材上時，則上座板應先銲於該構材上補塗防銹漆後再行防火被覆噴塗粉刷工作。
- 3.1.7 防火材料噴灑前應先予試噴灑於代表性之梁柱上，以觀察其噴灑效果作施工性及附著性之確認試驗，直至業主代表認為合於規定方得正式噴灑於本工程上，試噴灑面積不少於 10 平方公尺。
- 3.1.8 噴附前應以一層樓為一單位，設置外牆加強型防護網，以做為外牆防護措施。

3.2 防火被覆施工方法

- 3.2.1 除契約圖說有其他特別之規定，均按原製造廠印行之施工手冊採連續性濕式直接噴佈法施工。
- 3.2.2 承包商於施工時應遵守工地之安全及衛生規定。
- 3.2.3 結構鋼骨表面之處理：鋼材表面必須乾淨，不得有殘留油污或銹蝕，如有銹垢應先以鋼刷清除，並補修被刷除之環氧樹脂鋅粉底漆。防火被覆施工應不得損及鋼材之防銹處理。

- 3.2.4 防火被覆之噴覆位置應依契約圖說所示及法規規定之部份施作。
- 3.2.5 厚度控制：施工前應置放適量之厚度指示釘每平方公尺最少 4 支，並須出具厚度指示釘不影響防火時效之試驗報告，或可使用鐵絲環方式、或依經業主代表認可之方式方可使用，以控制噴佈施工厚度。完工後依 ASTM E605 所定之方法，由業主代表依實際需要抽驗其厚度，不足部分承包商應補足之。每次噴覆厚度以各種材料性能而定，但以不超過 20 mm 為原則，厚度超過時須分兩次噴灑，第二次厚度須隔 12~24 小時後施工，且須均勻平坦，
- 3.2.6 待施工樓層之上下樓地板混凝土澆置拆模完成，並清理出施工場地後始可進行施做。施做時應儘量避免於樓地板上劇烈振動。施做完成後若受其他工作之影響而有破壞，應由防火被覆之施作者負責檢覆修補。
- 3.2.7 施工現場之牆面、地面、門窗、固定設備、開關箱、接線盒、管線撒水頭等均須事先覆蓋保護以免損壞，被覆材料與非鐵金屬相接處應以膠帶、漆或填縫材料分隔以免污染。不銹鋼材料應特別注意勿與被覆材料接觸，施工時，儘量以屏幕堵截逸散之殘料，不得有飛揚飄浮之現象，若有不當之濺沾之處，應即趁濕拭除。施做完成後應將環境整理清潔。
- 3.2.8 施工現場氣溫低於 5°C 時應暫停施工。施工完成後應保持空氣流通，以利被覆材料之乾固，其他有關溫度、養護等事項悉依原製造廠商之規定。
- 3.2.9 整平及養護
- (1) 噴灑完後，部份凹凸不平處須以鏟刀整修抹平壓實。
- (2) 噴灑完後，應將環境整理清潔，保持空氣流通，以利被覆材料之乾固。

(3)其他有關溫度、養護等事項悉依製造廠商之規定。

3.2.10 防塵保護膜之施作必須於防火被覆完成至少四星期且經業主代表檢查合格後方可施作。

3.2.11 防護措施

(1)外表不再粉飾之構件，應作防護措施以防飛散污染。

(2)於管道間或平頂施作防火披覆，應作防止飛散至鄰近之措施如道路、鄰房、汽車、招牌等之外側面做防止飛散措施。

(3)有關施工之方法及防止飛散措施，務須事先提出計劃書詳註施工要領步驟等經過業主代表之核准後確實辦理。

3.3 防火漆施工方法

3.3.1 施工前須確實檢查噴塗部分之表面狀況、結構表面之水份、灰塵、污垢、銹蝕鬆動之表層及有妨礙噴塗之各種雜質均應予以清除乾淨，底漆施作須依鋼構材之噴砂與噴塗規定處理。

3.3.2 施工方法可採傳統之塗刷、滾刷或噴塗方式完成。

3.3.3 風管、水管管線須待防火漆完工後再施作，以免影響工程品質。

3.3.4 防火時效漆之噴塗量應依鋼構實際之尺度計算 HP/A 值後，依所需之防火時效對照原廠所提供之塗佈量實際施工，施工時先使用濕膜計儀量測濕膜厚度，待完全乾固後，再以乾膜儀器量其乾膜厚度即可。

3.3.5 所有附著於鋼構之各種五金如套管、夾具、管線支架、掛鉤等，應於噴塗前先完工。

3.3.6 施工現場之門、牆、開關箱、設備、管、線盒等事先應掩蓋以免噴到，本產品為油基性，所以不會損及金屬、不銹鋼或其他鐵類製品之腐蝕。

- 3.3.7 防火層經完全乾固及養護（至少 7 天）後，以乾膜儀器測量乾膜厚度（上、中、下部位之平均值）達內政部建築新技術、新工法、新設備、新材料認可通知書所規定厚度，始可上塗面漆。
- 3.3.8 如因碰撞、刮傷或其它原因造成防火漆受損時，可先用砂紙，必要時應使用動力工具，將表面研磨，再以鋼構防火塗料塗上規定厚度，乾燥之後再上塗面漆。
- 3.3.9 防銹底漆應選擇原防火漆製造廠商認可的防銹底漆。
- 3.3.10 防火漆之塗裝方式依面積大小可使用滾塗、刷塗、噴塗等方法。被塗物表面須清潔、無塵埃；為求最佳防火效果，應符合 3.3.7 所規定確定其完全乾燥方可噴塗。防火漆乾燥後必須再上塗一層面漆，以確保耐久性，其面漆之塗裝依原製造廠商技術資料使用。
- 3.3.11 使用前充分攪拌均勻（5~10 分鐘），使用後蓋緊桶蓋。確保品質，應存放於常溫下，通風良好或不受陽光照射處。儲存期限按照原製造廠商之規定。

4 材料完工檢驗

- 4.1 施工完成之防火被覆材料，依需要於各樓層抽驗其密度、厚度、黏著與抗壓強度，並依據 ASTM 之檢驗標準送交指定之試驗機構檢驗之。

(1) 厚度檢驗

每一層或每 1000 平方公尺樓版面積取一格間(Bay)之梁柱為試樣，按 ASTM E605 量試其厚度，不合規定者應予噴塗加厚。

(2) 密度檢驗

每一層或每 1000 平方公尺樓版面積取一組試樣，每組試樣應含梁下翼緣底、梁腹板、梁上翼緣底及柱板等各部位抽取

，按 ASTM E605 之規定量測，密度不合規定者應予鑿除重行施工。

(3)黏著強度和抗壓強度檢驗

每一層或每 1000 平方公尺樓版面積取一組試樣，每組三個，按 ASTM E736，ASTM E761 方式測試，強度不合格者應予鑿除或由承包商提出補強方法經業主代表認可。