



鋼結構工程施工實務

講員：簡俊明 2018.09.21

高鐵公司顧問
行政院921重建委員會
內政部營建署
住宅及都市發展局



國立交通大學
National Chiao Tung University





資料及相片來源：
行政院921震災災後重建委員會
國家地震工程中心
高鐵公司
永峻工程顧問公司
政府機構
其他（技師公會等）



鋼結構工程簡報大綱

鋼結構工程概述

鋼結構工程施工流程實例

鋼結構焊接方法

鋼板 - 鋼材常用規格

高強度螺栓（含剪力釘）

鋼結構塗裝作業（含表面處理之影響）

鋼構造物及鍍鋅表面塗裝系統選用

鋼結構看不見的可怕危害

熱浸鍍鋅

樑柱結合型式

防火被覆

工廠製造流程圖

鋼結構文件要求

鋼結構施工中常見缺失

結論



Brush Creek Rainbow
Bridge constructed in 1923

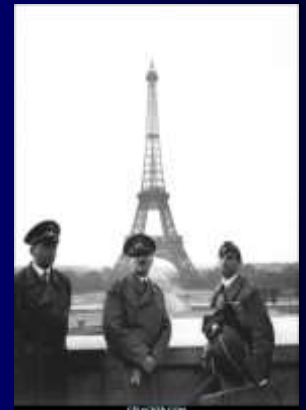




巴黎艾菲爾鐵塔

1889年4月25日
（光緒15年）完工，
距今129年

鋼鐵7000噸，2000
個金屬部件，250萬
隻鉚釘



明石海峽大橋於1988年開始建造，施工長達10年是世界最長的吊橋。全長3.9公里，高289公尺，中間跨長1991公尺





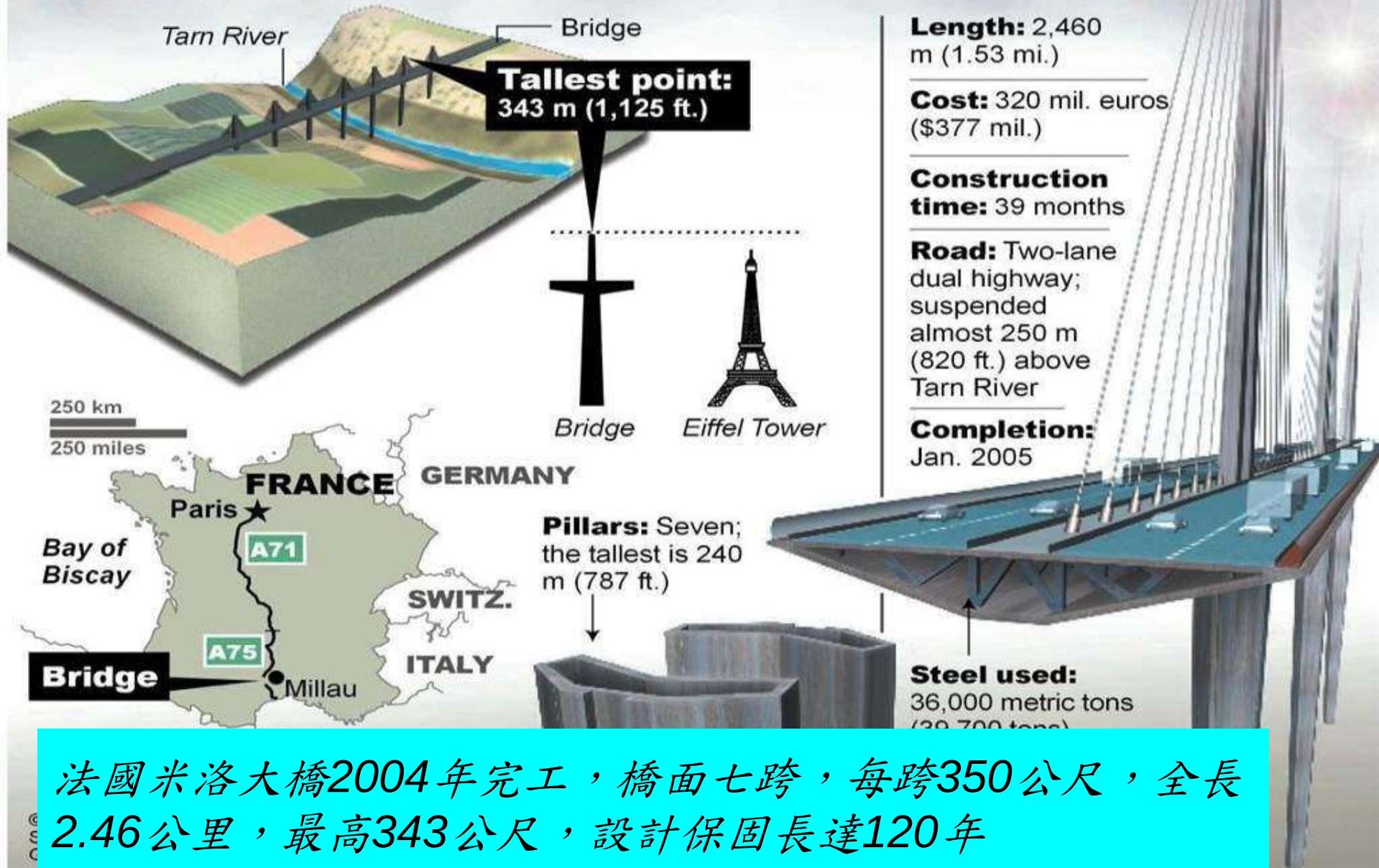
明石海峽大橋俯瞰船舶。





Millau viaduct: World's tallest bridge

Designed by Briton Sir Norman Foster and built by the Eiffel Tower contractors, this elegant French bridge will form part of the A75 highway linking Paris to the Mediterranean.



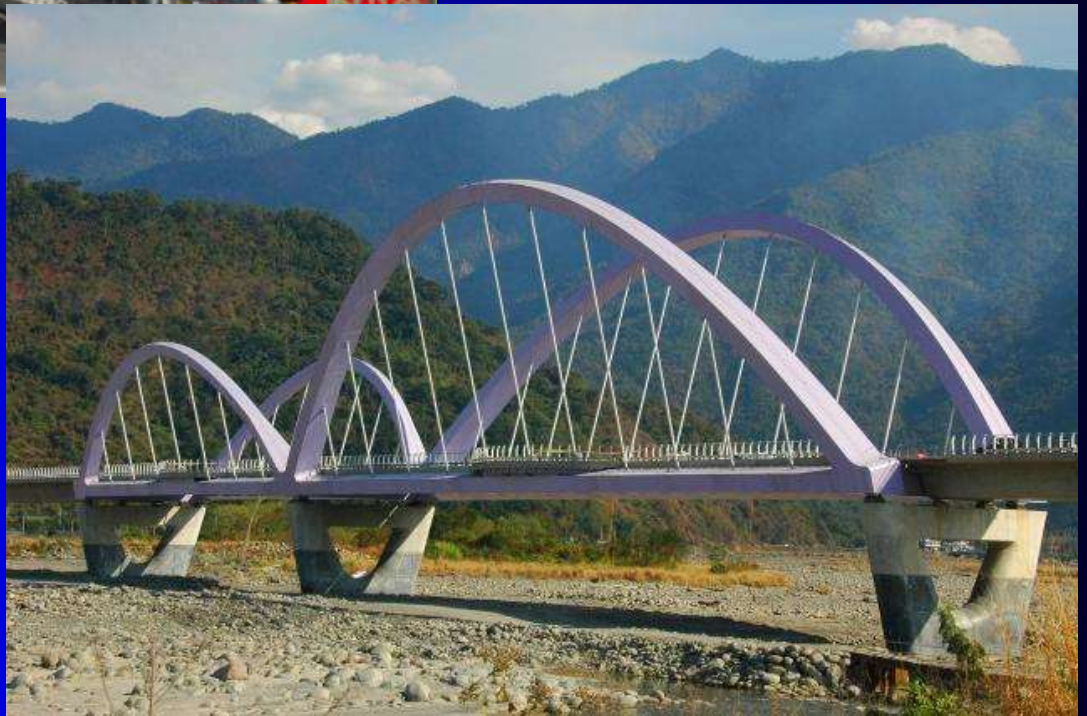
法國米洛大橋2004年完工，橋面七跨，每跨350公尺，全長2.46公里，最高343公尺，設計保固長達120年



六龜東溪大橋



六龜新威大橋







鋼板材料查驗、取樣



鋼板材料夾層檢測



鋼板材料預塗



瓦斯切割



落樣鑽孔



鋼材組合

鋼構工程施工流程實例 (2/4)

台中市東海橋



電銲作業



組合後尺寸檢測



NDT(銲道喉深檢測)



NDT(RT、UT銲道檢測)



NDT(MT銲道檢測)



假組立查驗

鋼構工程施工流程實例 (3/4)

台中市東海橋



噴砂作業



鋅粉塗裝(底塗)



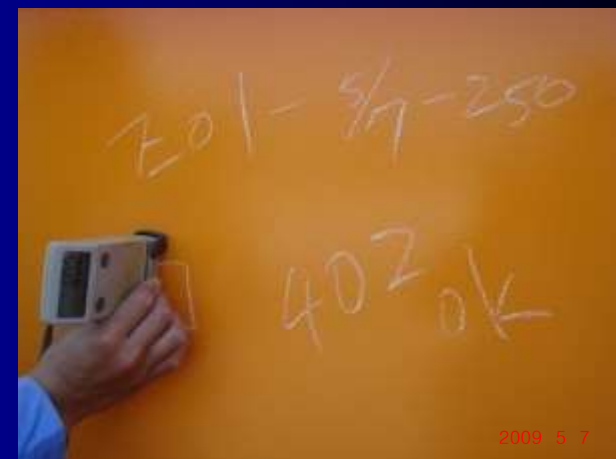
環氧樹脂塗裝(中塗)



環氧樹脂MIO塗裝(中塗)



面漆塗裝完成



塗裝膜厚檢測



鋼梁運輸



現場吊裝組立作業



鋼梁拱度、高程檢測



螺栓鎖固(二次)



螺栓扭力試驗



鋼梁吊裝完成

鋼結構焊接方法

- 被覆金屬電弧焊接(SMAW) (手鐸)
- 氣體遮護金屬電弧焊接(GMAW)
- 包藥焊線電弧焊(FCAW)
- 潛弧焊接(SAW)
- 電熱熔渣焊接(ESW)
- 電氣熔渣焊接(EGW)



焊接計畫書至少應包括：

焊條種類、焊接設備、焊接程序、接頭開槽形狀
焊接變形對策、焊接瑕疵修復、焊接材料實驗計畫。

WPS（**焊接製程規範**）：符合AWS規範規定之各項規定時，依AWS規範填寫焊接製程規範書，做為施工依據，**無須進行程序試驗**。

PQR（**焊接程序認可記錄**）：AWS規範認可以外之焊接程序，依規定做**焊接程序試驗**並檢驗符合，制定焊接程序認可記錄PQR，做為施工依據。

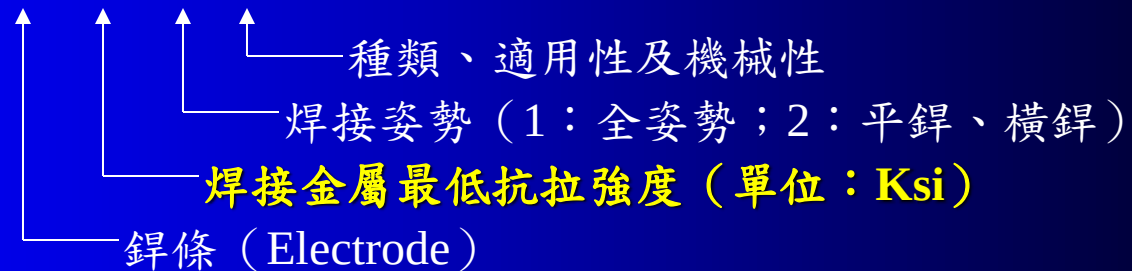
被覆金屬電弧焊接（**SMAW**） 入熱量約35KJ/cm

◎ 簡稱：**SMAW** - *Shielded Metal Arc Welding* （俗稱：手鐸）

◎ 鐸接原理：藉由被覆鐸條與母材間產生的電弧為熱源，將鐸條與母材熔融，以達到接合目的。

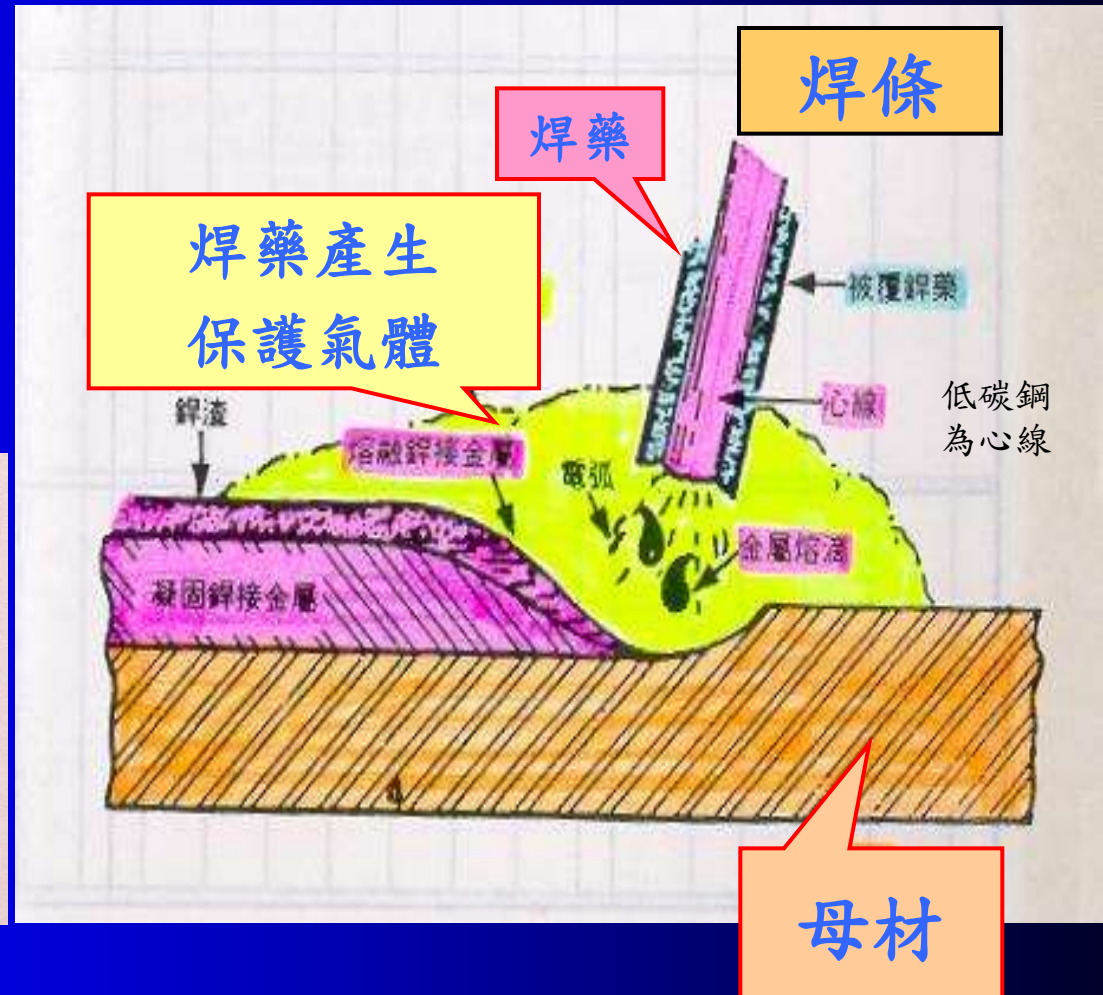
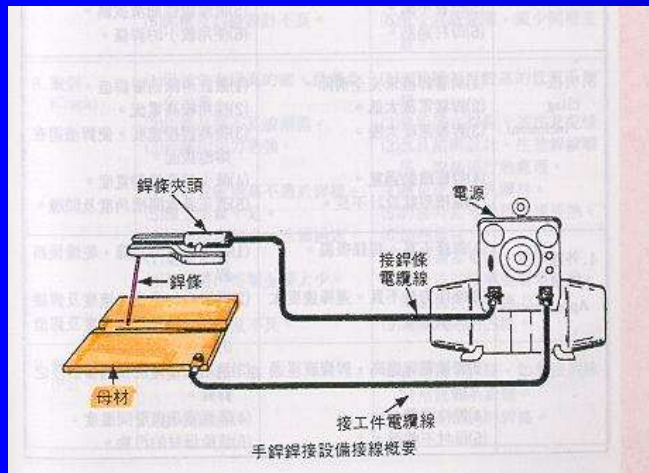
◎ 被覆鐸條：使用低碳鋼為心線，外圍包覆鐸藥為鐸條。

◎ 鐸條識別：**E 70 1 6**



被覆金屬電弧焊接 (SMAW) (手鋸) 入熱量約35KJ/cm

◎ 焊接原理及設備：



被覆金屬電弧焊接（SMAW）

◎ 焊接原理及設備：



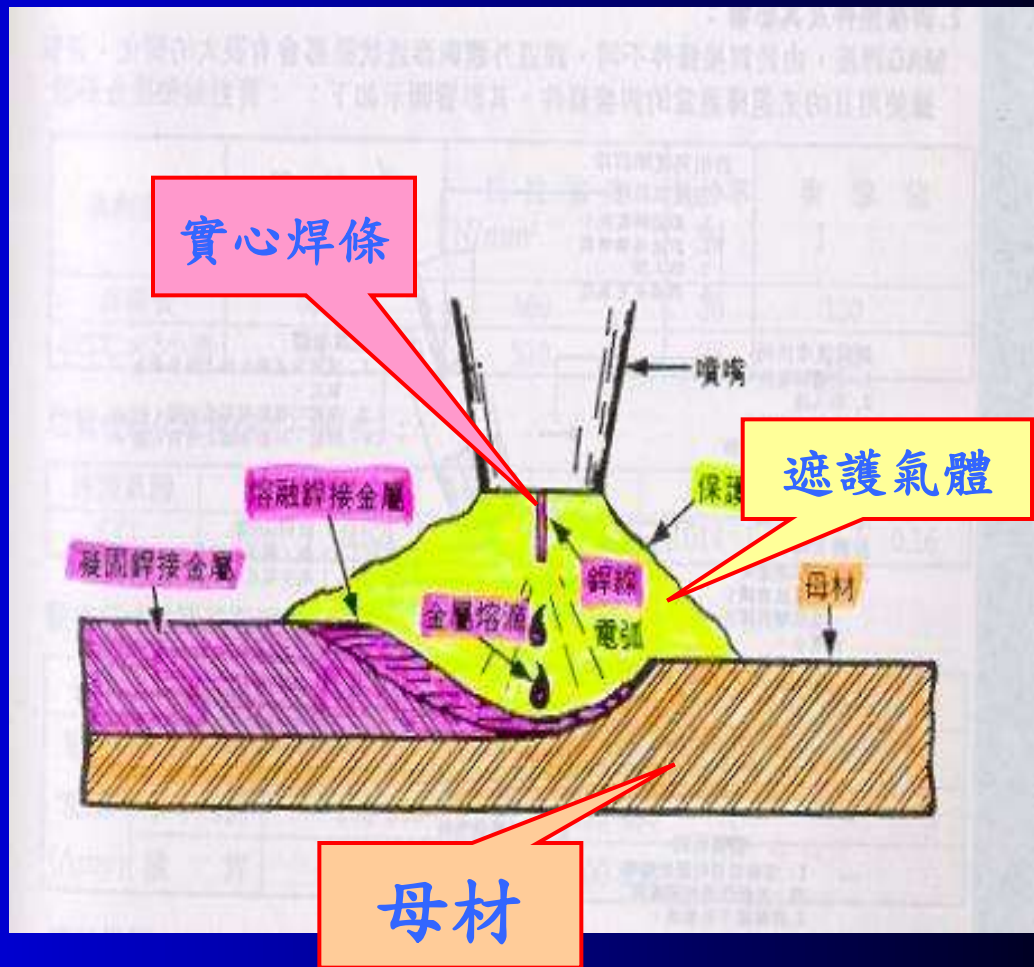
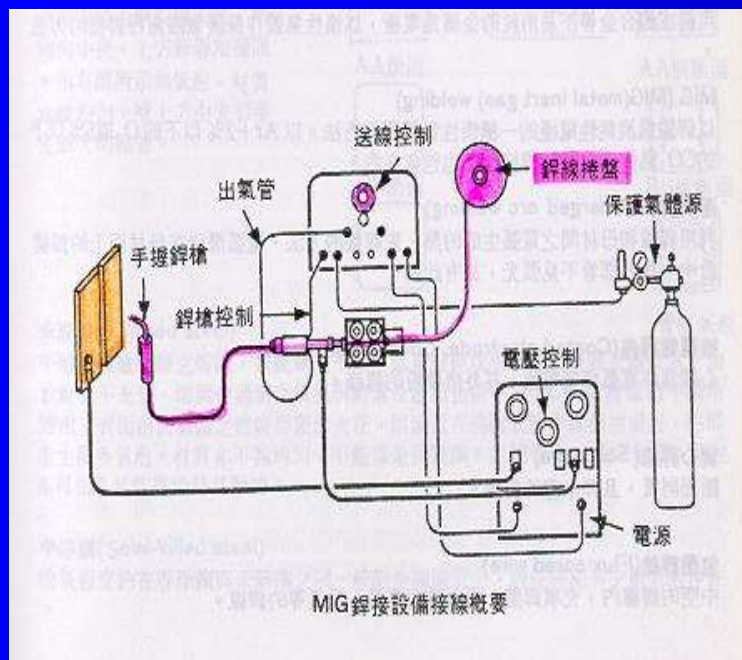
氣體遮護金屬電弧焊接（GMAW）入熱量約25-30 KJ/cm

- ◎ 簡稱：**GMAW** - Gas Metal Arc Welding，
- ◎ 銲接原理：使用實心銲線為電極，由馬達持續送線自焊槍前端之銲嘴送出，與母材接觸產生電弧，經由電弧熱熔融銲線與母材，以達到接合目的。
- ◎ 遮護氣體：由焊槍噴管吹出，以保護電弧及銲池不受大氣影響，含惰性及活性氣體兩類。
- ◎ 銲條識別：**ER 70 S - X**
 - ↑ 化學成分/適用遮護氣體(AWSA5.18)
 - ↑ 實心銲線
 - ↑ 熔接金屬最低抗拉強度（單位：Ksi）
 - ↑ 銲線

氣體遮護金屬電弧焊接 (GMAW)

入熱量約25-30 KJ/cm

◎ 焊接原理及設備：



包藥銲線電弧焊接 (FCAW)

入熱量約25-30 KJ/cm

◎ **簡稱**：FCAW - Flux Cored Arc Welding

◎ **銲接原理**：使與氣體遮護金屬焊接雷同，藉由連持續送線方式與母材持續產生電弧，由電弧熱熔融銲線與母材形成銲池，以達到接合目的。

◎ **包藥銲線**：銲線為管狀，內含銲藥，銲藥功能與氣體遮護金屬焊接雷同。

◎ **銲條識別**：E 7 1 T - X

化學成分/作業性(AWSA5.20)

管狀銲線

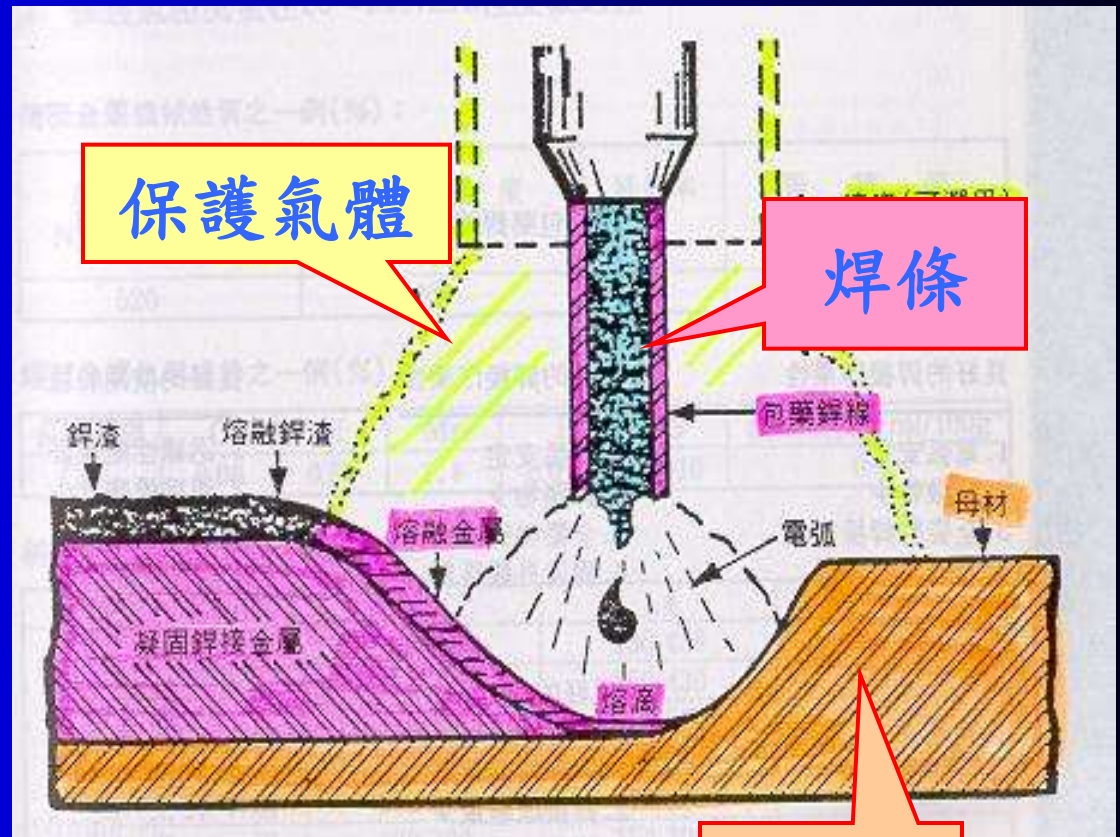
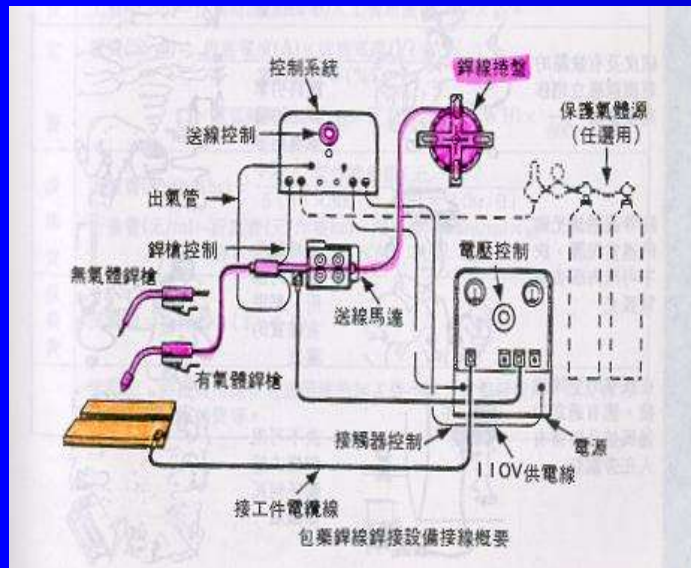
銲接姿勢 (1：全姿勢；2：平銲、橫

熔接金屬最低抗拉強度 (單位：10 Ksi)

包藥鋁線電弧焊接 (FCAW)

入熱量約25-30 KJ/cm

◎ 焊接原理及設備：



母材

包藥鋁線電弧焊接 (FCAW)

入熱量約25-30 KJ/cm

◎ 焊接設備：



包藥鋁線電弧焊接 (FCAW) 入熱量約25-30 KJ/cm

◎ 焊接設備：



潛弧焊接 (SAW)

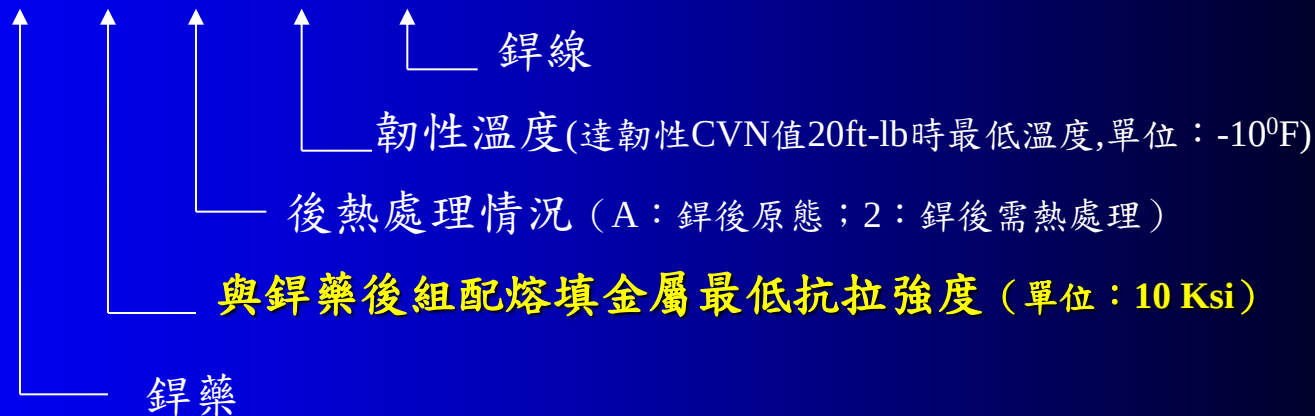
入熱量約100 KJ/cm

◎ 簡稱：SAW - Submerged Arc Welding

◎ 銲接原理：使送線機將成捲型之實心銲線送出，與母材間形成電弧，藉由電弧熱熔融銲線與母材形成銲接金屬，電弧產生位置於鋪設之銲藥下方，故俗稱為潛弧銲。

◎ 包藥銲線：使用實心銲線。

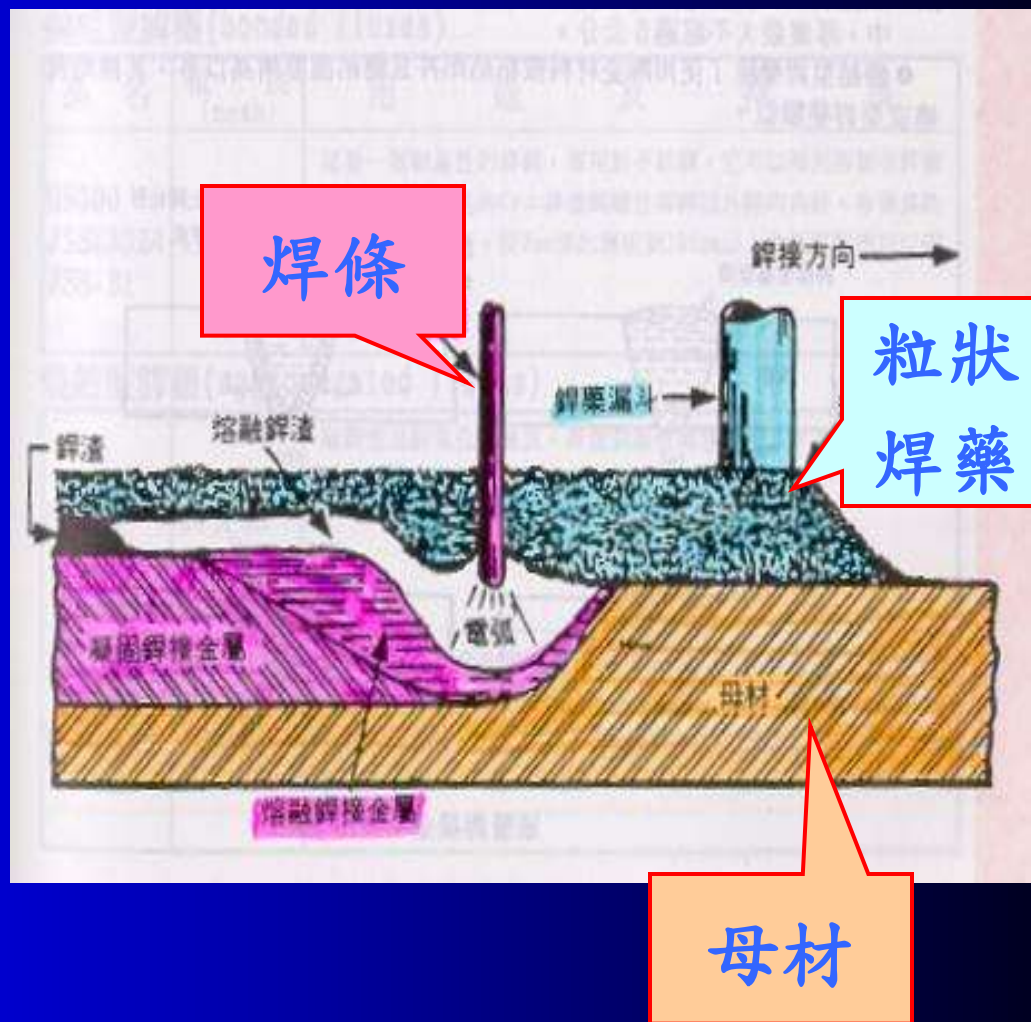
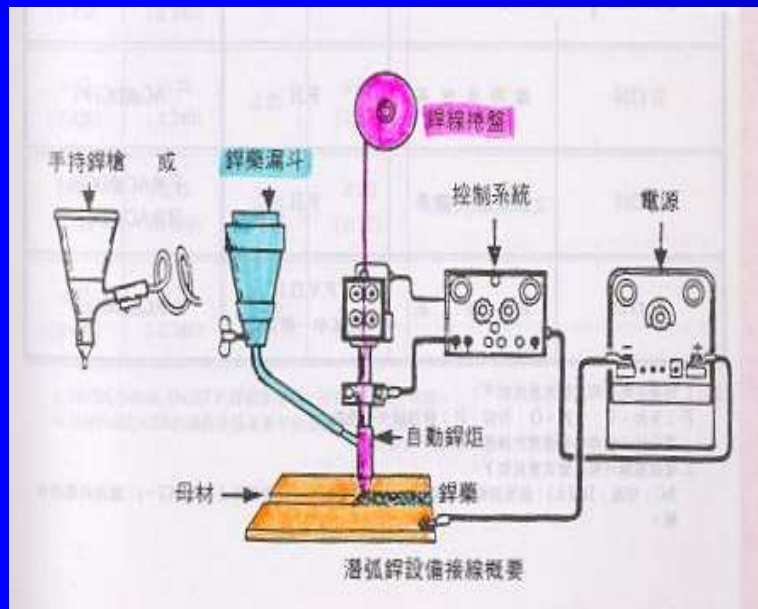
◎ 銲條識別：F 7 A 6 - E M12K ← 銲線規格(AWSA5.17表1)



潛弧焊接 (SAW)

入熱量約100 KJ/cm

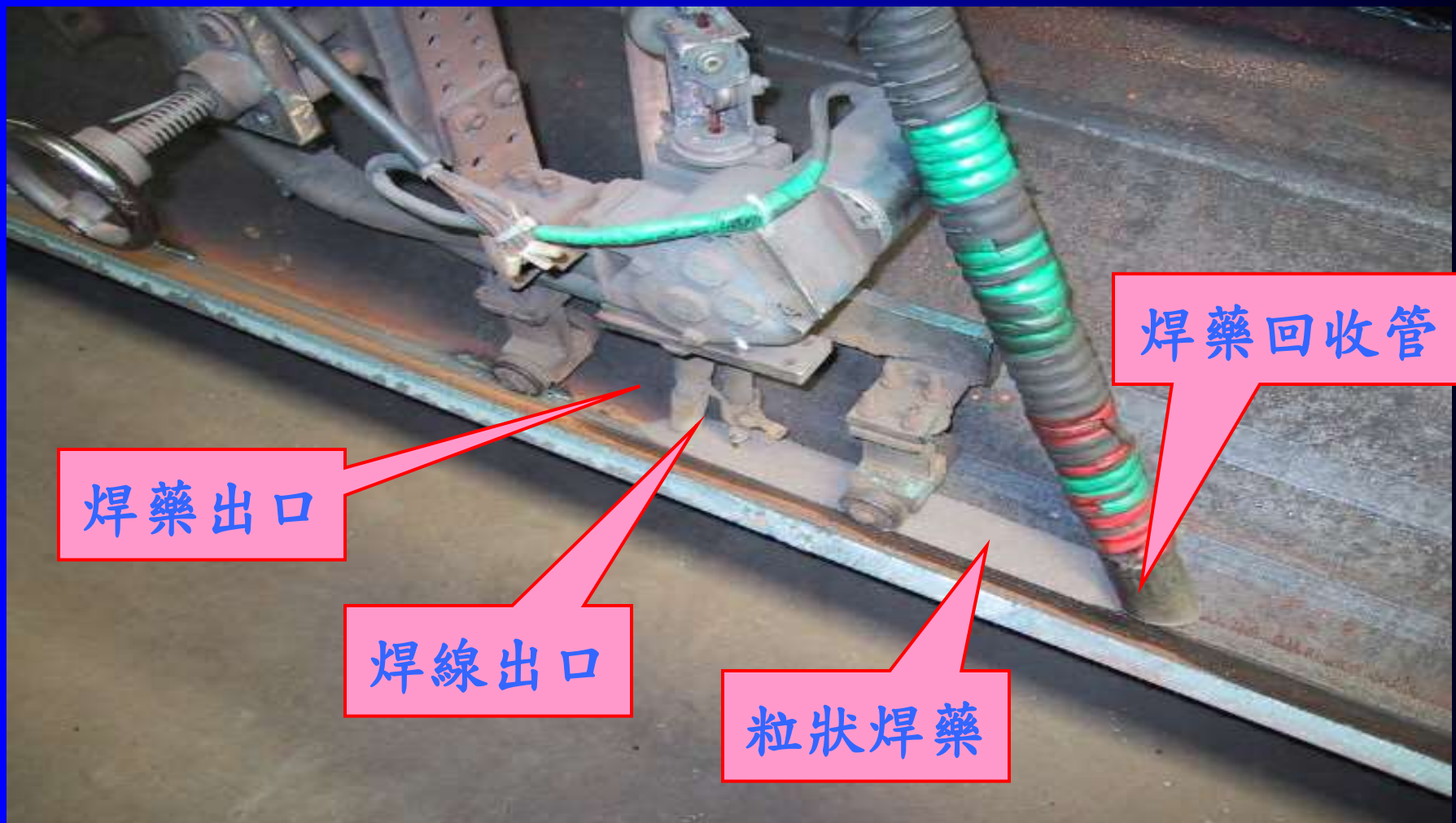
◎ 焊接原理及設備：



潛弧焊接 (SAW)

入熱量約100 KJ/cm

◎ 焊接原理及設備：

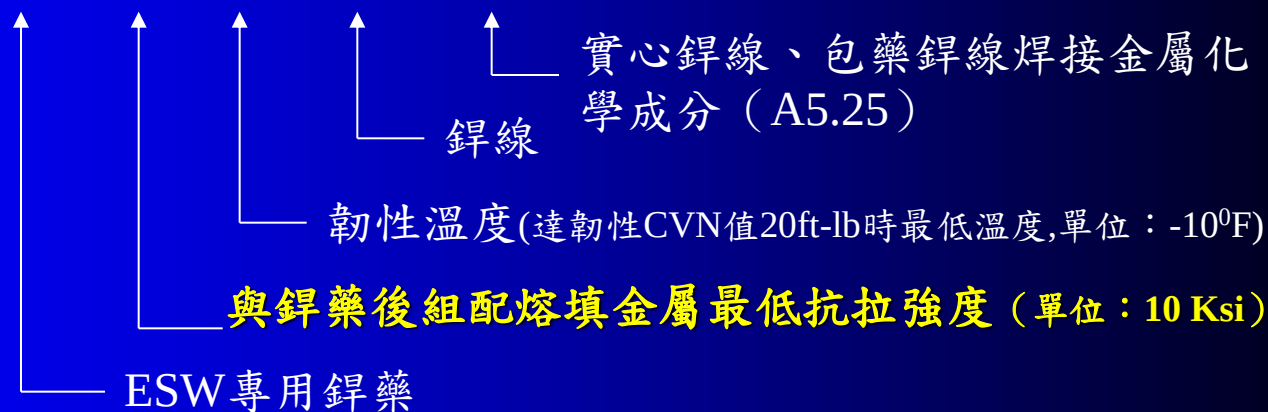


電熱熔渣焊接 (ESW)

入熱量約450-900 KJ/cm

- ◎ 簡稱：ESW - Electro - Slag Welding
- ◎ 銲接原理：使利用電阻熱熔融，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。
- ◎ 銲接材料：銲線分為：實心及包藥銲線兩種。
- ◎ 銲條識別：FES X X - E XXX EW

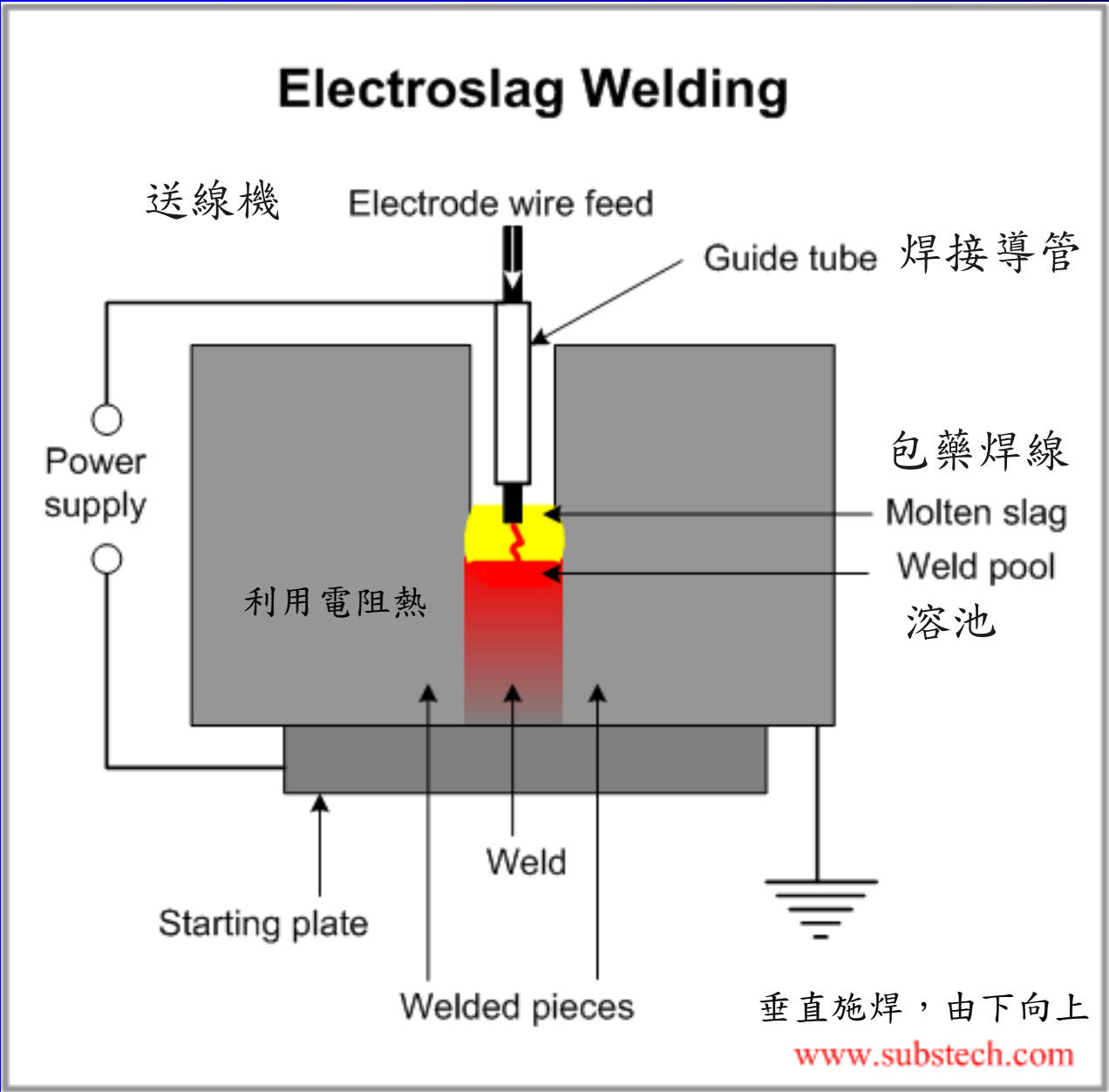
← 電熱熔渣銲專用銲線



(目前國內鋼構廠都在用)。常用於BOX內隔板之直立式銲接。

電熱熔渣焊接 (ESW)

入熱量約450-900 KJ/cm



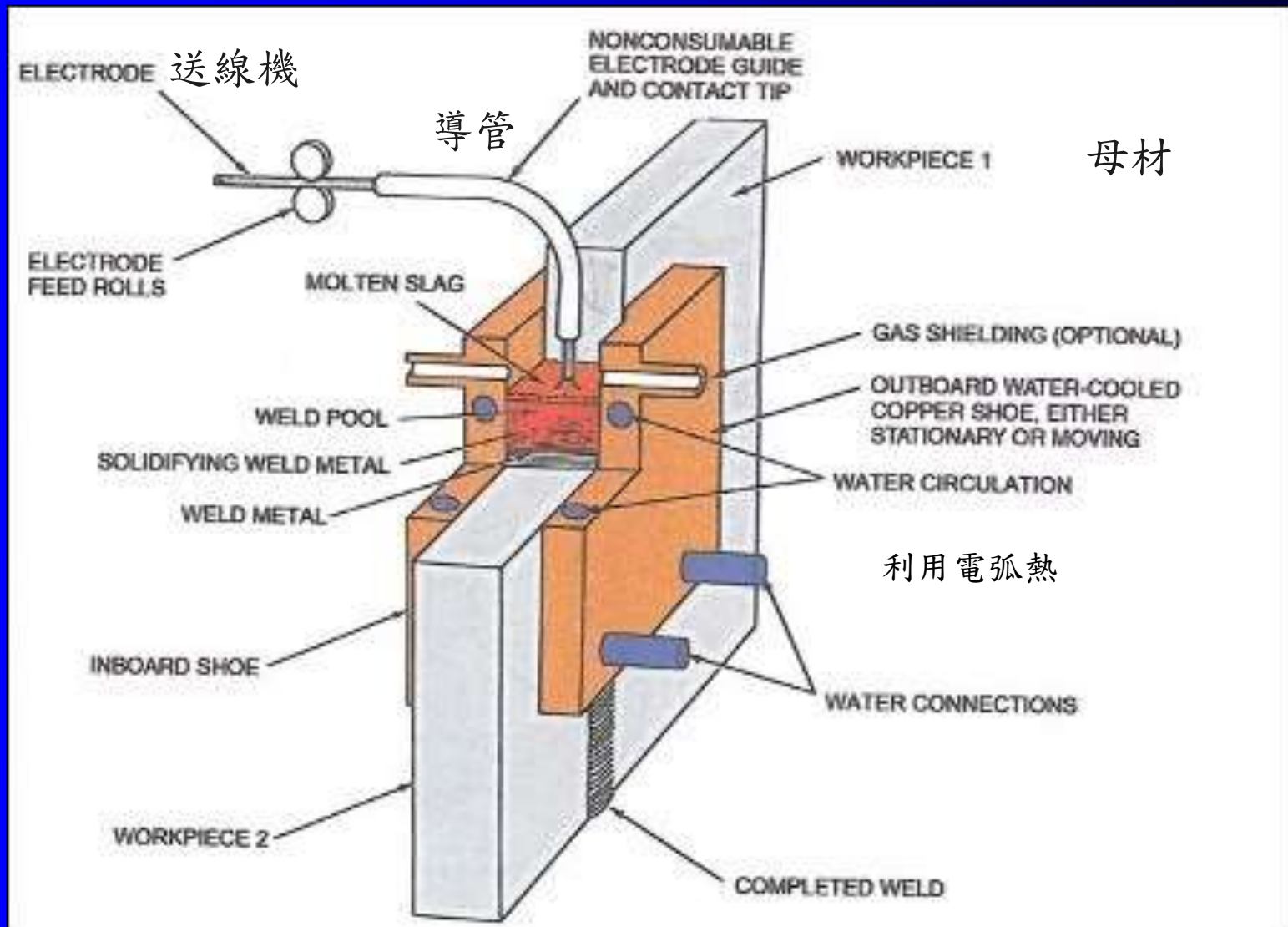
電氣熔渣焊接 (EGW)

入熱量約400-600 KJ/cm

- ◎ **簡稱：** EGW - Electro-Gas Welding，
- ◎ **銲接原理：**消耗性實心或包藥焊線，經由送線機、送經焊嘴導管與母材產生電弧，**電弧熱**熔融母材、焊線形成焊池，持續送線熔混於焊池內，冷卻後成焊接金屬。
- ◎ **焊接材料：**實心焊線GMAW-EG、與包藥焊線FCAW-EG，其中以包藥焊線應用較普遍。

- ◎ **銲條識別：** EG 7 0 T 2
 - 實心銲線、包藥銲線焊接金屬化學成分 (A5.25)
 - 銲線
 - 韌性溫度(衝擊值20ft-lb時，最低溫度-10°F)
 - 與銲藥後組配熔填金屬最低抗拉強度 (單位：10 Ksi)
 - EGW專用銲藥

(目前中鋼構在用)。常用於BOX內隔板之直立式銲接。



常用焊條參考廠牌

A：焊接結構用鋼材應使用低氫系焊條。

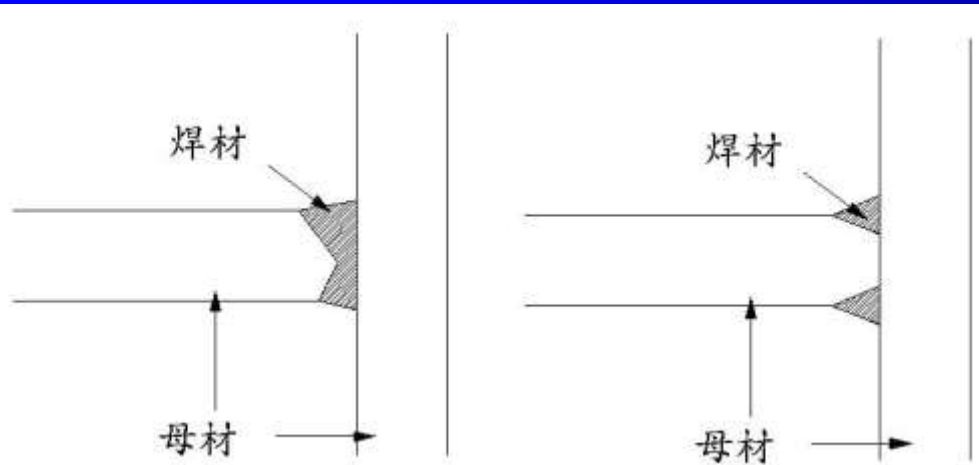
B：被覆金屬電弧焊接(SMAW：手鐸)焊條參考廠牌：
天泰、廣泰、中鋼焊材(環球)、Sorex、中一、中亞

C：潛弧焊接(SAW)焊條參考廠牌：
天泰、廣泰、中鋼焊材(環球)、Sorex

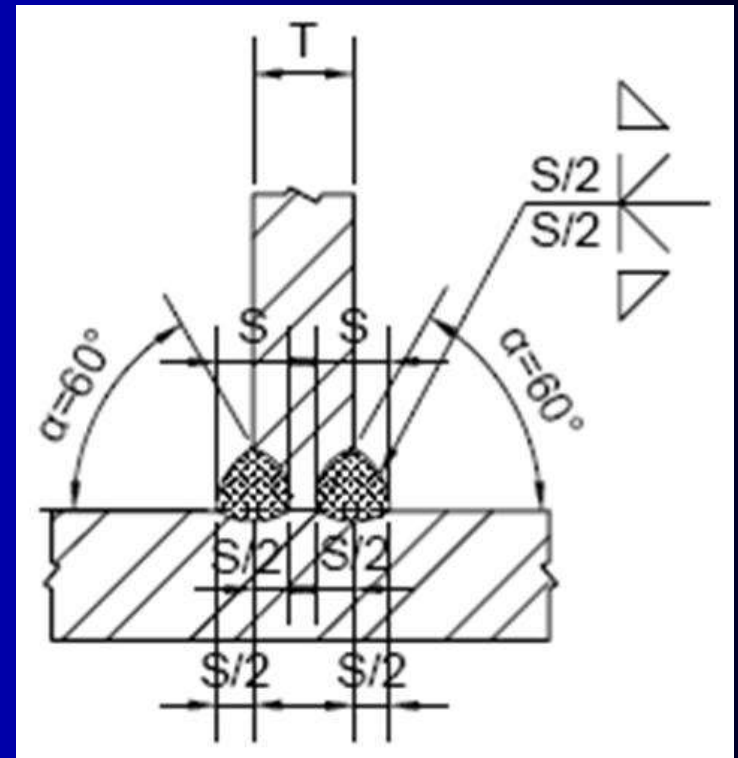
D：氣體遮護金屬電弧焊接(GMAW)焊條參考廠牌：
天泰、廣泰、中鋼焊材(環球)、泉萬、Sorex

E：包藥焊線電弧焊(FCAW)焊條參考廠牌：
天泰、廣泰、中鋼焊材(環球)、Sorex

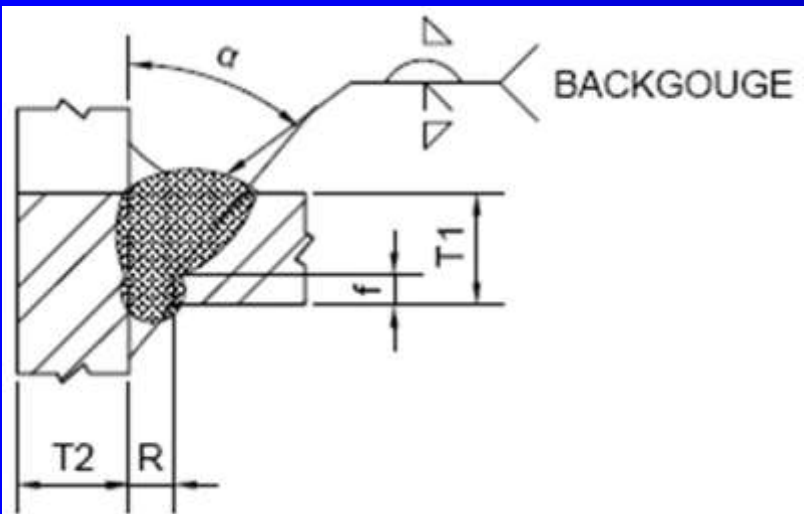
F：EGW、ESW中鋼焊材、Sorex



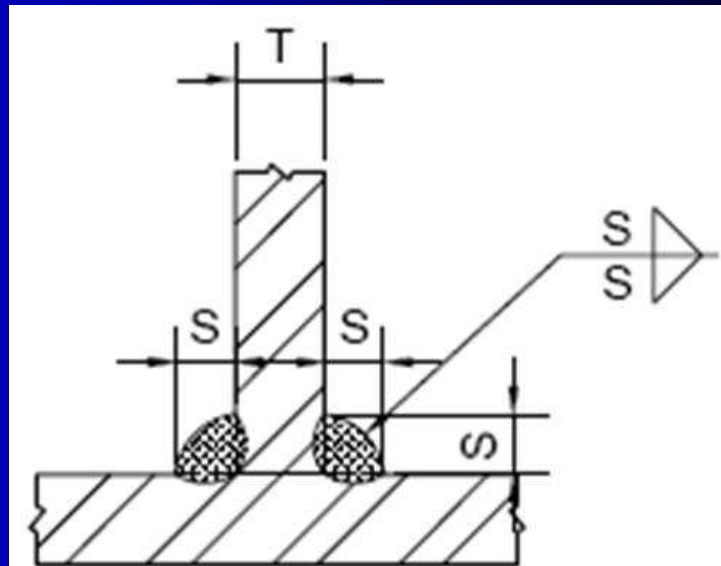
全滲透銲與半滲透銲



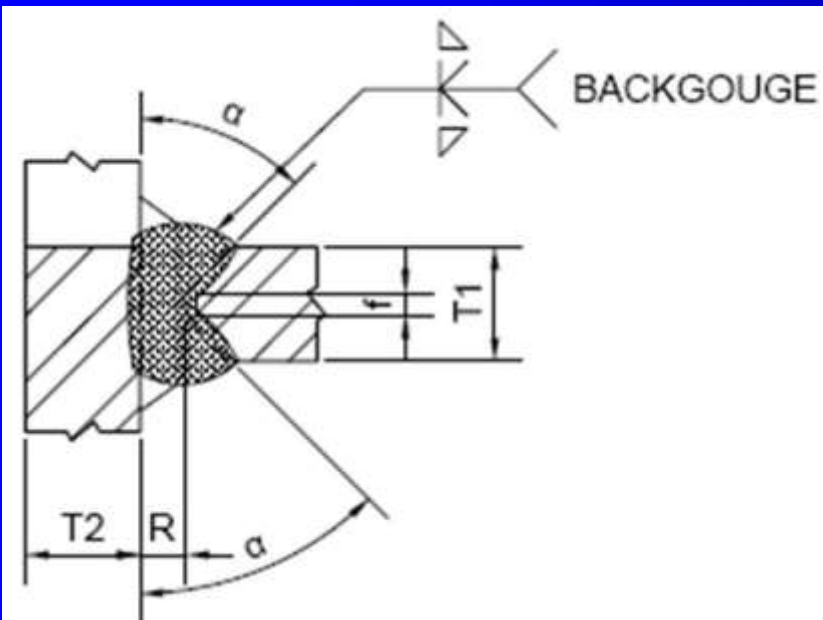
部分滲透開槽銲＋填角
銲之T型接合



單邊全滲透開槽銲T型接合



填角銲T型接合

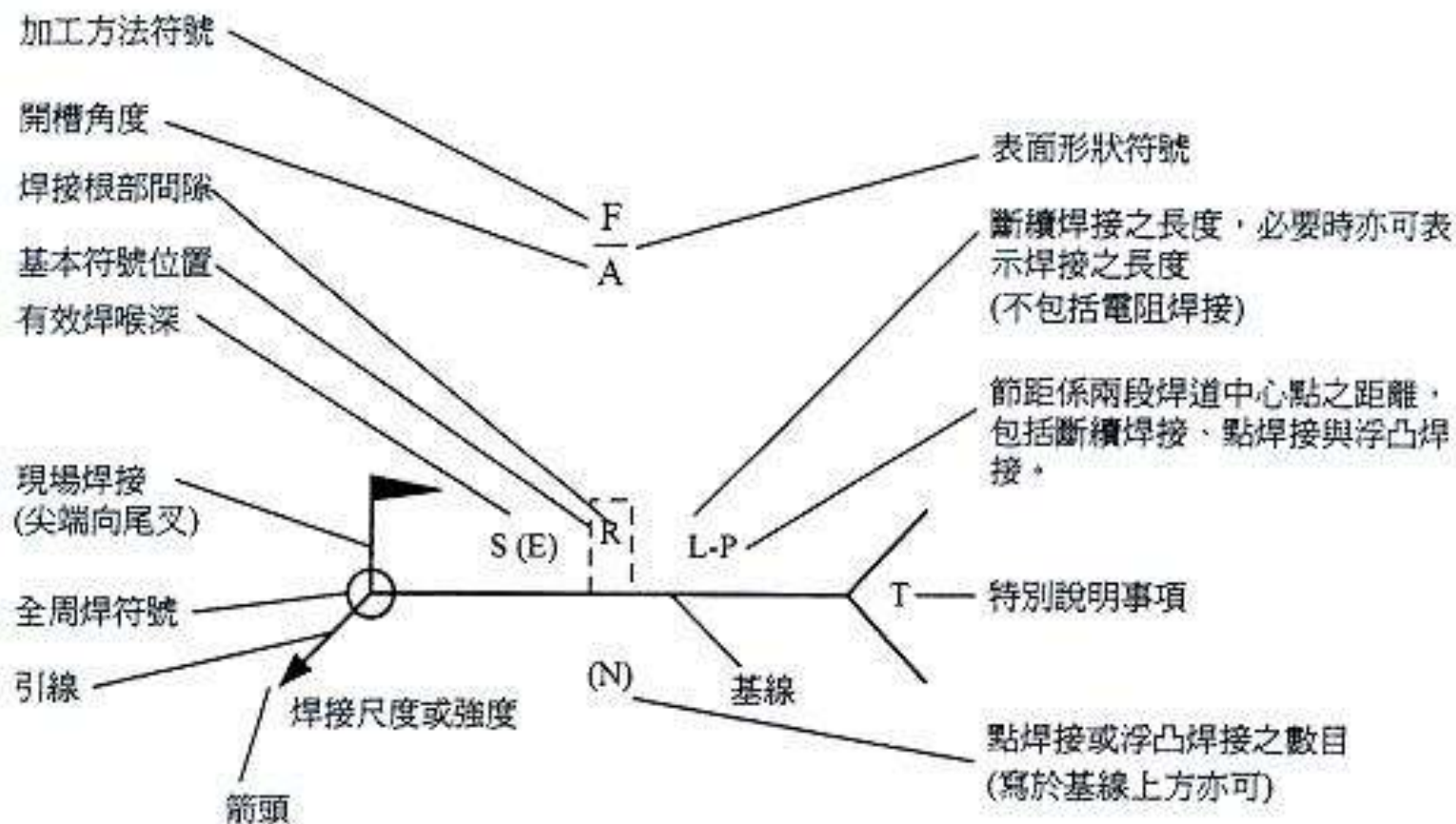


雙邊全滲透開槽銲T型接合

各種銲接方法入熱量之比較

銲接方法	說明	入熱量
遮護金屬電弧銲接 (SMAW)	手銲，用於工地較多；施工方便不需氣體。	約35 KJ/cm
包藥銲線電弧銲接 (FCAW)	最近工地銲也被要求，優點外觀較美，入熱量較少。	約25-30 KJ/cm
氣體遮護金屬電弧銲接 (GMAW)	工廠用最多，優點外觀較美，入熱量較少。	約25-30 KJ/cm
潛弧銲接 (SAW)	適用組合型鋼(BH、BOX)之自動銲接。	約100 KJ/cm
電氣熔渣銲接 (EGW)	美式：效率快，品質較不穩定 (中鋼構在用)。用於BOX內隔板之直立式銲接。	約400-600 KJ/cm
電熱熔渣銲接 (ESW)	日式：效率差，但品質較穩定 (目前國內鋼構廠都在用)。用於BOX內隔板之直立式銲接。	約450-900 KJ/cm

焊接符號標示位置

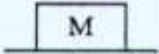
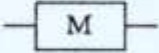


- 備註：
1. 若在箭頭邊銲接，則有關銲接符號標示在基線下方。
 2. 若在箭頭另一邊銲接，有關銲接符號標示在基線上方。
 3. 若在兩邊銲接，有關銲接符號於基線上方及下方皆應標示。

焊接基本符號

分類			符號	分類		符號		
開 槽 鉚 接	方 形	單邊		填角鉚接	單邊			
		雙邊			雙邊			
	V 形	單邊		塞孔或塞槽鉚接				
		雙邊						
	單斜形	單邊		背後鉚接				
		雙邊						
	J 形	單邊						
		雙邊						
	U 形	單邊						
		雙邊						
	單斜喇叭形	單邊						
		雙邊						
	喇叭形	單邊						
		雙邊						

焊接輔助符號

名 稱		符號	名 稱		符號
背面墊板			銲接部位加工方法	鑿 平	C
內部墊板				研 磨	G
全周銲接				車 銑	M
現場銲接				鎚 擊	H
銲道表面形狀	平 面			不指定加工方法	F
	凸 面				
	凹 面				

註：輔助符號必須配合基本符號使用。

鋼結構

非破壞檢驗 (Non-Destructive Testing , **NDT**)

- 鋼結構非破壞檢驗國家標準
- ✓ CNS 12618 鋼結構焊道超音波檢測法
- ✓ CNS 12845 鋼結構用鋼板超音波直束檢測法
- ✓ CNS 13020 鋼結構焊道射線檢測法
- ✓ CNS 13021 鋼結構焊道目視檢測法
- ✓ CNS 13341 鋼結構焊道磁粒檢測法
- ✓ CNS 13464 鋼結構焊道液滲檢測法
- ✓ CNS 13588 非破壞檢測人員資格檢定與授證



非破壞檢測人員資格檢定與授證 CNS 13588

◎ 資格等級：

(A)、初級檢測員(NDT Level 1)

(B)、中級檢測師(NDT Level 2)

(C)、高級檢測師(NDT Level 3)

◎ 資格檢定：

◎ 檢定機構：

財團法人中華民國非破壞檢測協會

(ROC-SNT)



初級檢測員CNS 13588

CNS 13588 【非破壞檢測人員資格檢定與授證】

初級檢測員(Level 1)授證之能力：

1. 按照檢測指引正確執行儀器之組裝、設定並實施檢測。
2. 依據程序書明確之書面準則，區分檢測結果之等級、和紀錄檢測結果。
3. 接受中、高級檢測師指導與監督。

中級檢測師 CNS 13588

1. 依據已建立或認可之檢測程序書執行或監督非破壞檢測工作。
2. 選用適當之檢測技術，並設定、校準檢測儀器。
3. 依據適用之法規(Code)、標準(Standard)、或規範(Specification)解釋與評估檢測結果。
4. 執行所有初級檢測員之職責或查驗初級檢測員之檢測是否正確。
5. 針對非破壞檢測規範之問題，發展適當之非破壞檢測程序書。
6. 擬定書面指引。
7. 整理與撰寫檢測結果及評估。
8. 負責實習員與初級檢測員之在職訓練與指導。

高級檢測師 CNS 13588

1. 對檢測設施與人員負指定之全部責任。
2. 建立檢測技術與程序書。
3. 解說非破壞檢測法規、標準、規範焊程序書。
4. 選定特殊之檢測方法、技術和操作方法。
5. 依據現有法規、標準、規範與以解釋與評估檢測結果。
6. 對檢測之材料、製造方法焊生產技術有足夠實務經驗與知識，以選用適當檢測方法及建立檢測技術。
7. 在缺乏可適用之規範標準時，有能力協助制定合格基準。
8. 訓練初級檢測員和中級檢測師。

鋼結構焊道目視檢測法(CNS 13021)

◎ **定義**：目視檢測(Visual Test，簡稱VT)，利用眼睛的視覺或加上輔助工具、儀器等來進行直接或間接的偵查及檢視各種物件表面瑕疵的一種非破壞檢測方法，稱之。

◎ **範圍**：一般用來檢視物件表面的腐蝕、裂紋、瑕疵、或損傷等情況、物件組合時對準匹配情況、焊接施工後焊道的焊接品質物件的外型變化、或洩漏狀況的觀察。所有銲道應做100%目視檢測。

◎ **優點**：簡單、迅速、經濟。檢查位置較不受限制。對於表面瑕疵檢出能力強。

◎ **限制**：僅限於表面瑕疵的檢測。視力影響到結果。容易受人為因素影響。

檢測主要裝備- 焊道規 *Weld gauge*

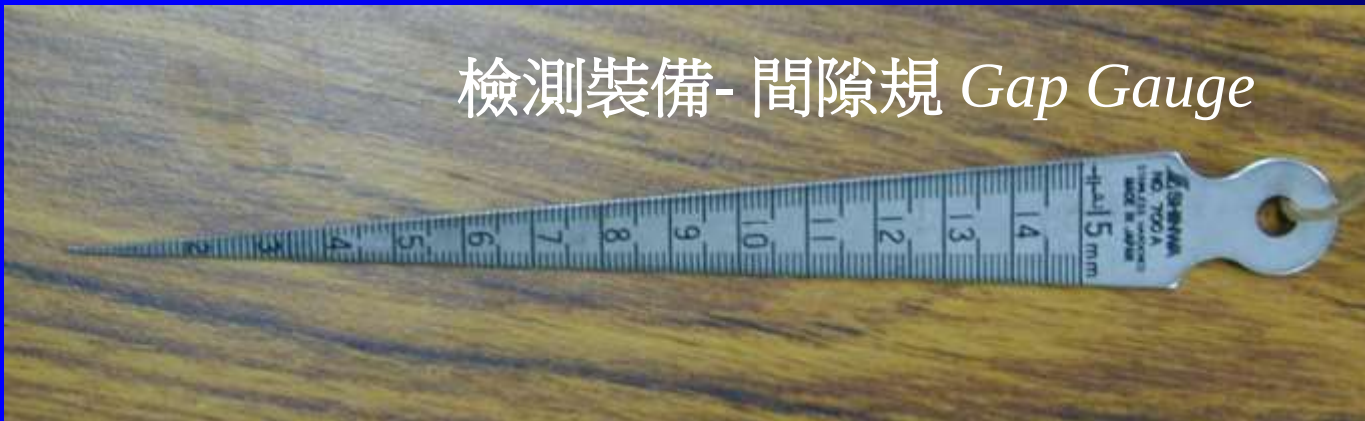
Cambridge Gauge



AWS Weld Gauge



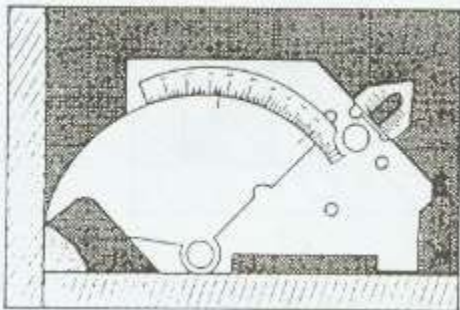
檢測裝備- 間隙規 *Gap Gauge*



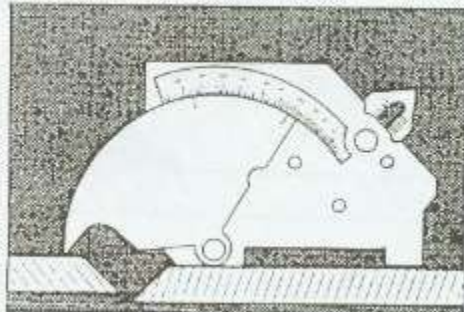
其他工具包括望遠鏡、放大鏡、光度卡、照度卡...

資料來源：永峻顧問

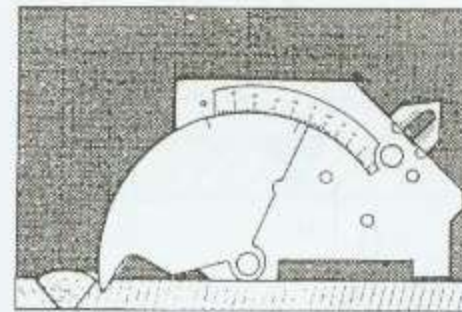
檢測裝備- 焊道規 *Weld gauge*



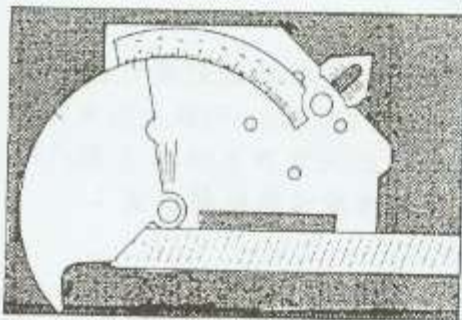
量測-腳長



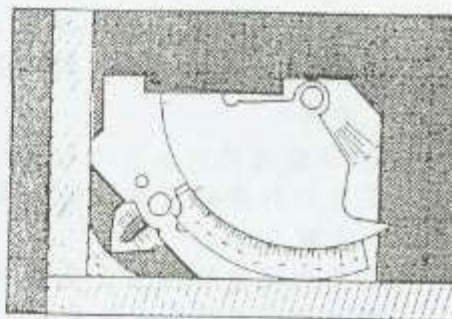
量測-板位差



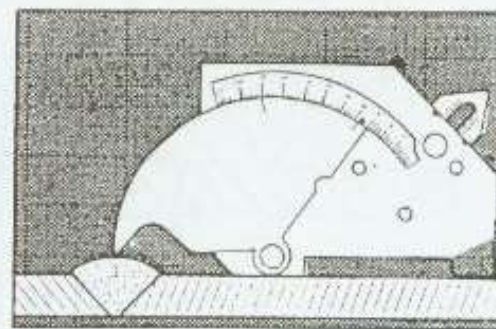
量測-焊蝕



量測-開槽角度



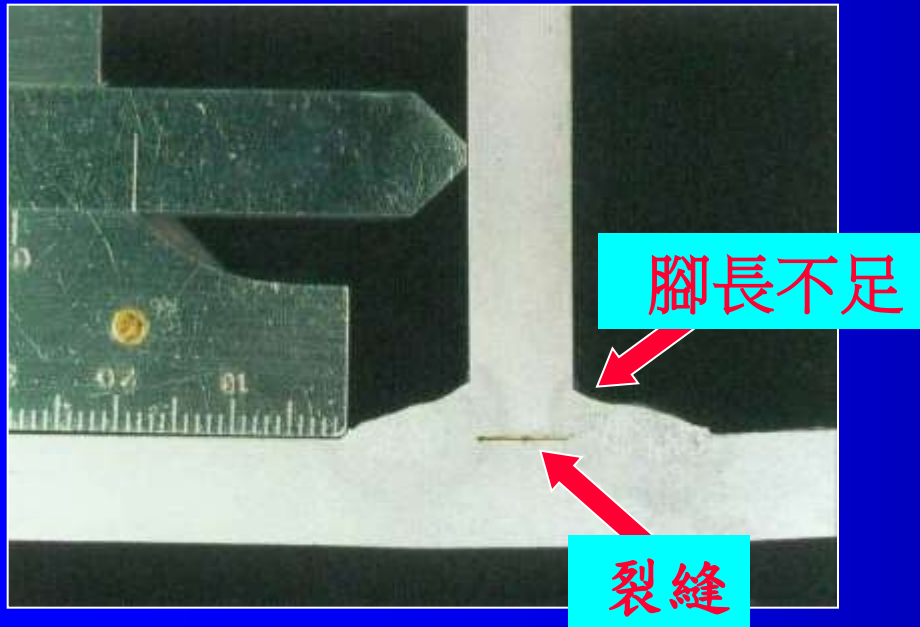
量測-喉深



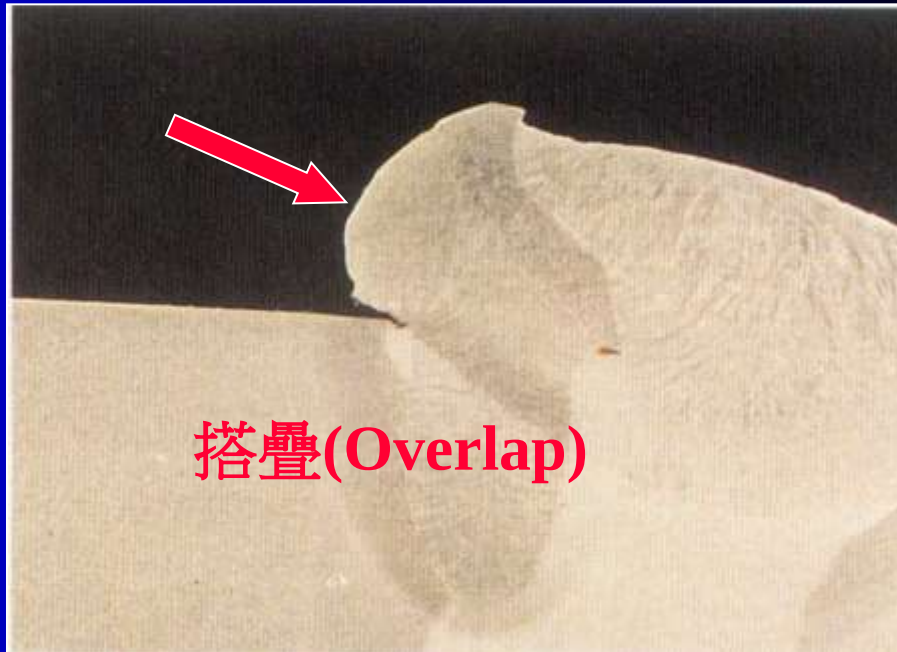
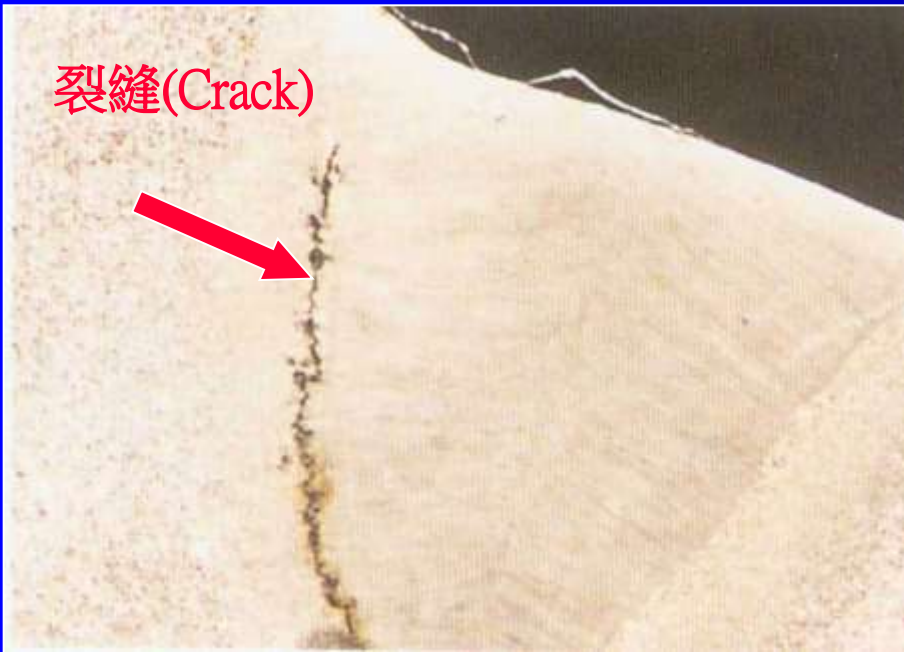
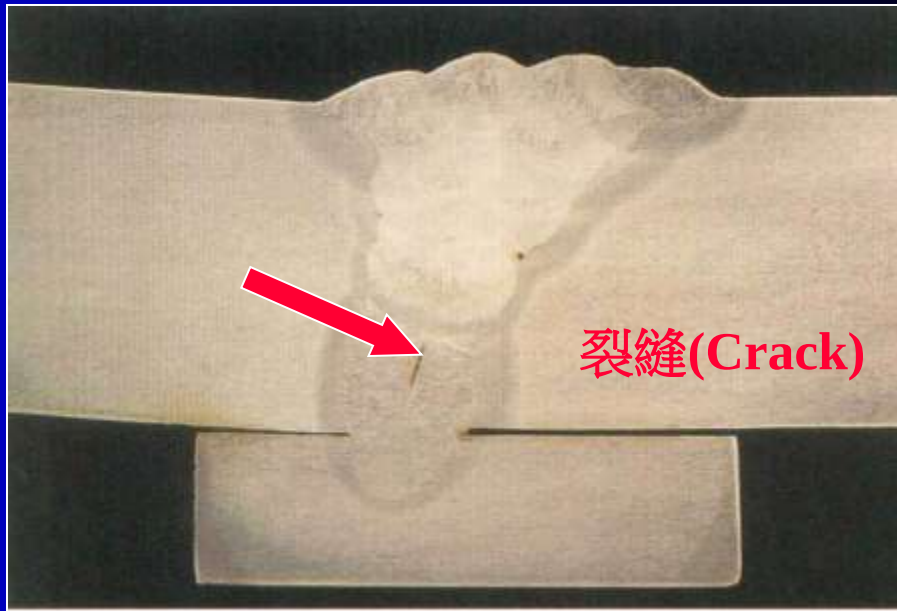
量測-焊冠

焊道接受標準

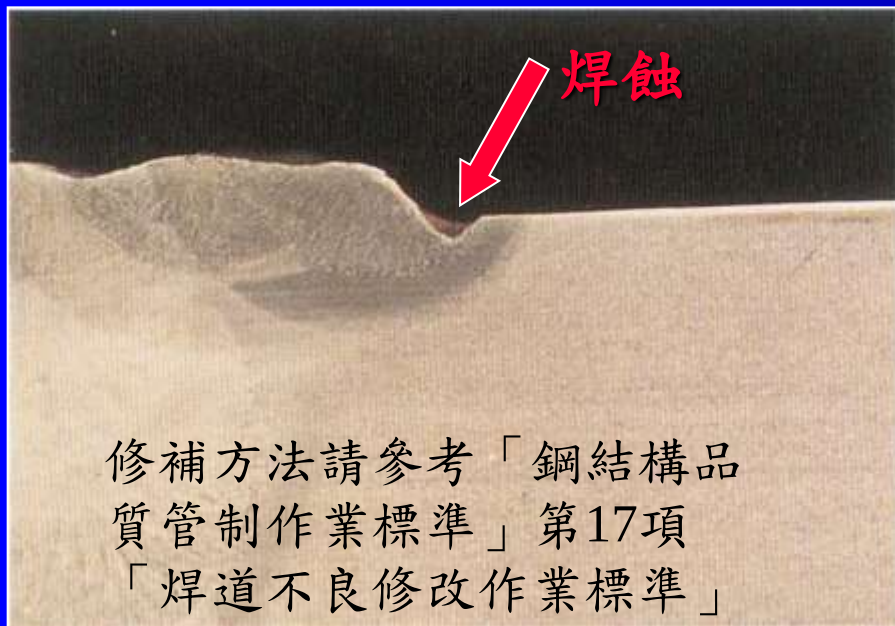
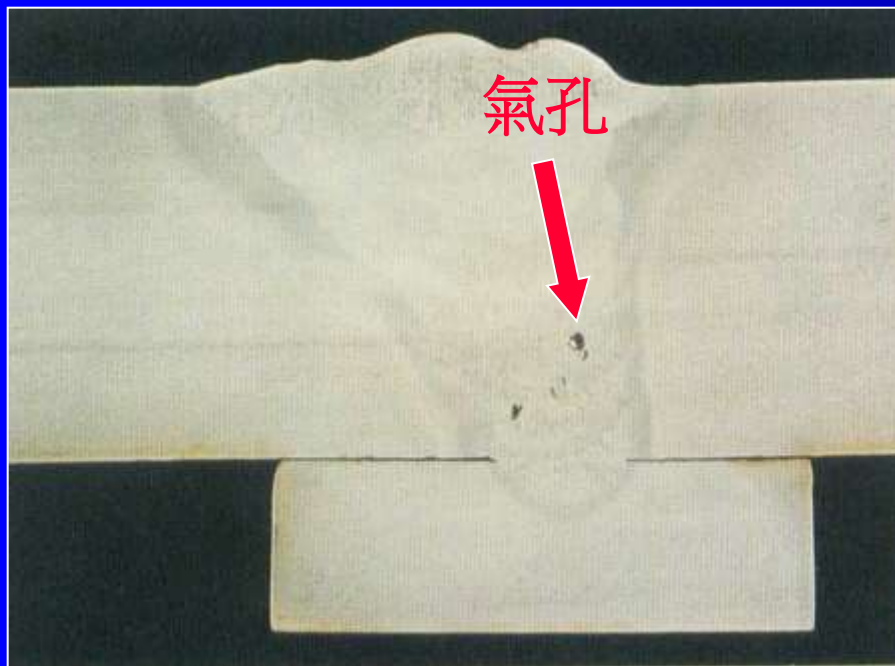
1. 焊道不得有裂縫(Crack)或搭疊(Overlap)。
2. 焊接金屬間及焊道與母材必須完全融合。
3. 整個焊道斷面之焊道必須填滿。
4. 焊冠：5. 焊蝕：6. 氣孔：



焊道缺失



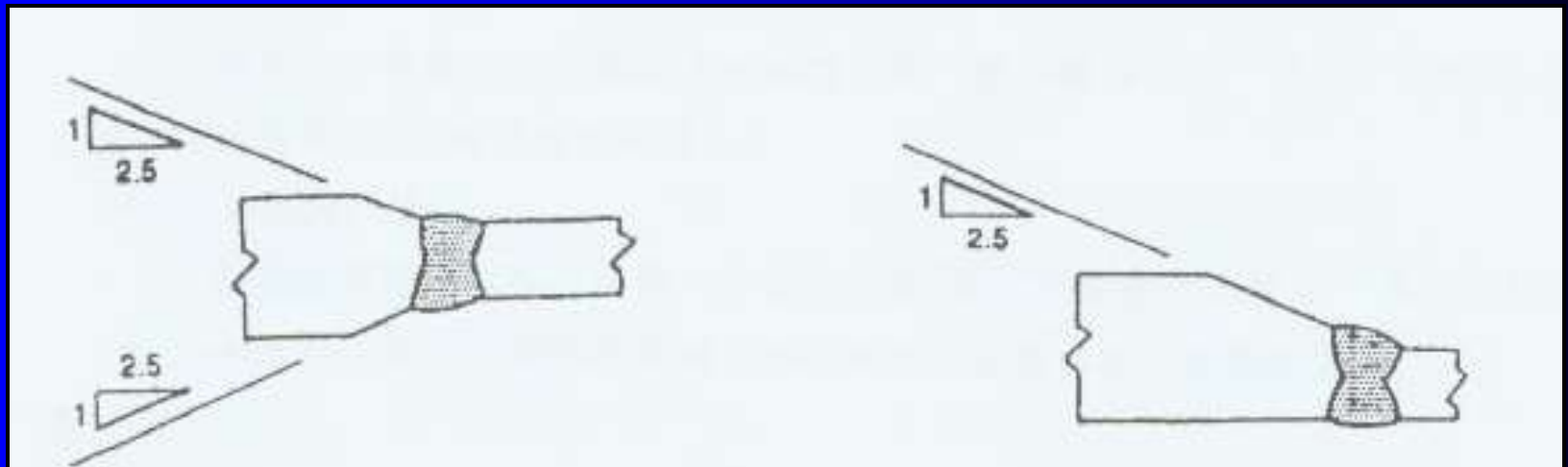
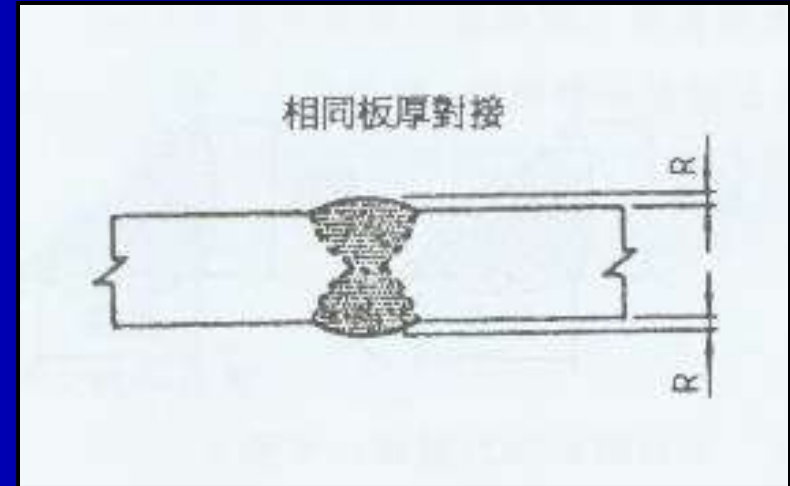




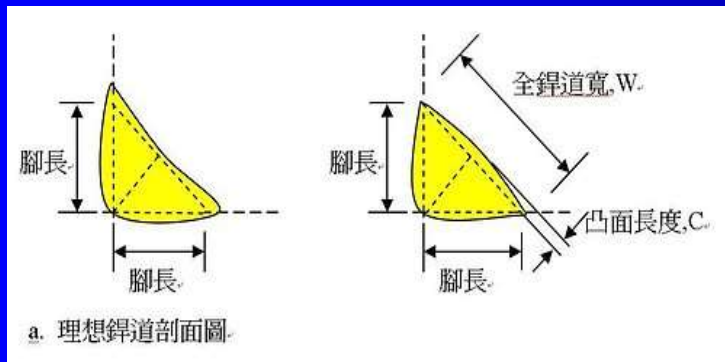
焊冠接受基準- 靜、動態力結構

➤ 對接焊道：

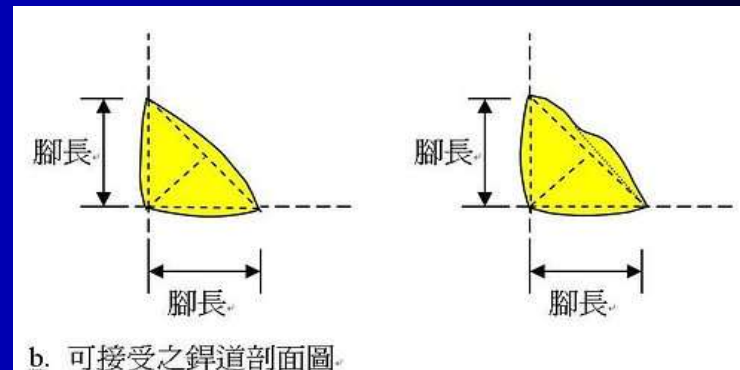
不得超過3mm，不同板厚之斜度，不得超過1：2.5。



焊冠接受基準- 靜、動態力結構



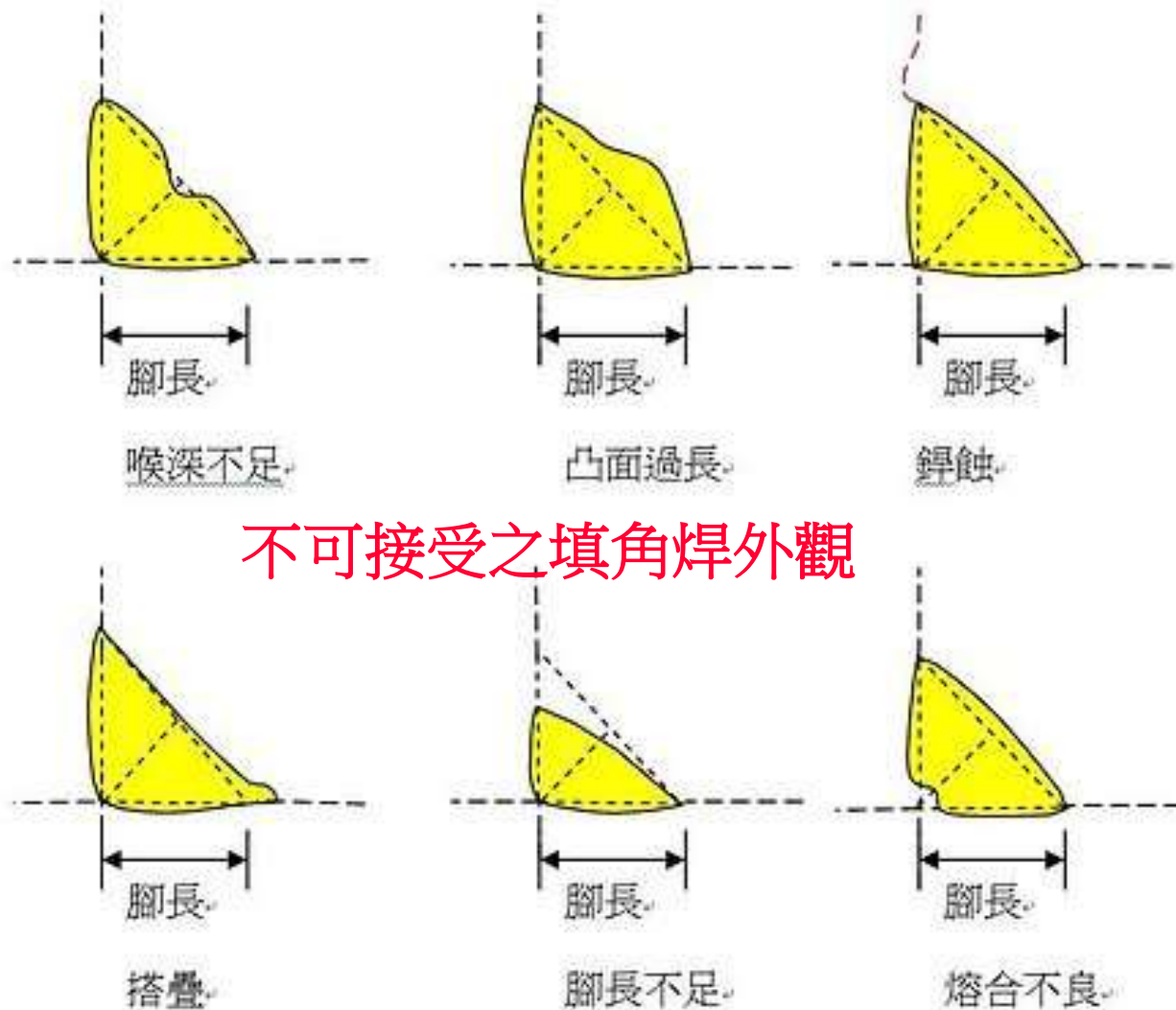
理想之填角焊外觀



可接受之填角焊外觀

填角焊接之全焊道寬 (W) mm	凸面厚度 (C) mm
$L \leq 8$	1.6
$8 < L \leq 25$	3
$25 < L$	5

焊冠接受基準- 靜、動態力結構



不可接受之填角焊外觀

c. 不可接受之鐸道剖面圖

焊蝕接受標準

- 靜態力結構

母材厚度	焊蝕深度容許尺度
< 25mm	焊蝕深度 $\leq 1\text{mm}$; 或 焊蝕深度 $\leq 1.6\text{mm}$ 時, 300mm長內 累積長度 $\leq 50\text{mm}$
$\geq 25\text{mm}$	焊蝕深度 $\leq 1.6\text{mm}$

- 動態力結構

焊道分類	焊蝕深度容許尺度
一般焊道	焊蝕深度 $\leq 1\text{mm}$
主要構件承受與張力垂直之焊道	焊蝕深度 $\leq 0.25\text{mm}$

氣孔接受標準——動、靜態力結構

焊接型式	氣孔(靜態)容許尺度
填角焊	1mm以上之表面氣孔， ➤25mm焊道內，氣孔總長 $\leq 10\text{mm}$ 。 ➤300mm焊道內，氣孔總長 $\leq 19\text{mm}$ 。
開槽對接焊	➤承受與張應力垂直之全滲透開槽焊接，不得有表面氣孔。 ➤其他開槽焊道。(同填角焊)

焊接型式	氣孔(動態)容許尺度
填角焊	100mm焊道，氣孔數量最多1個、且直徑 $\leq 2\text{mm}$ 。 連接加勁板與腹板之填角焊道： a) 25mm焊道內，氣孔總長 $\leq 10\text{mm}$ 。 b) 300mm焊道內，氣孔總長 $\leq 19\text{mm}$
開槽對接焊	承受與張應力垂直之全滲透開槽焊接，不得有表面氣孔。 其他開槽焊道，100mm焊道內，氣孔數量最多1個，且直徑 $\leq 2\text{mm}$ 。

鋼結構焊道超音波檢測法 (CNS 12618)

◎ **簡稱：** *UT - Ultrasonic Testing* ，

◎ **原理：** 以低能量高頻率的超音波，對物體內部瑕疵加以檢測。

◎ **檢測設備：**

(A)、超音波檢測儀：

(B)、換能器檢測儀：

(C)、接觸媒質：

(D)、校準規塊：



鋼結構焊道超音波檢測法 (CNS 12618)

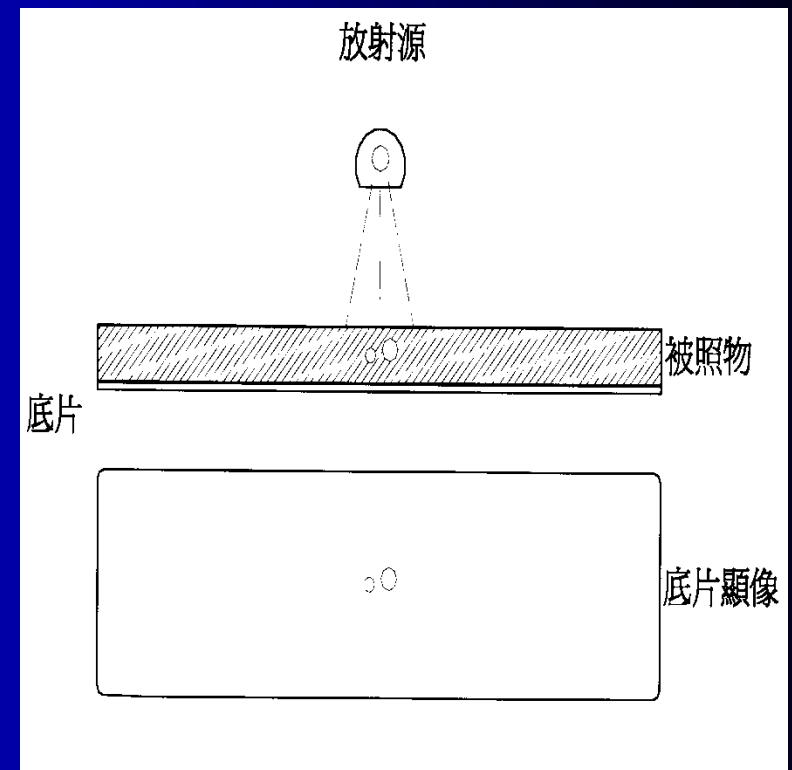


鋼結構焊道射線檢測法 (CNS 13020)

◎ **簡稱：** RT - Radiographic Testing

◎ **原理：** 以具有穿透能力之射線（如 χ 射線、或 γ 射線）穿透試體，於底片或螢幕等介質，以生成在影像之紀錄，然後判斷影像，以瞭解試體品質。

◎ **檢測設備：** 射線檢測常使用分為兩類：一為 γ 射線(伽碼射線)，另一類為 χ 射線；（通常稱 χ 光）

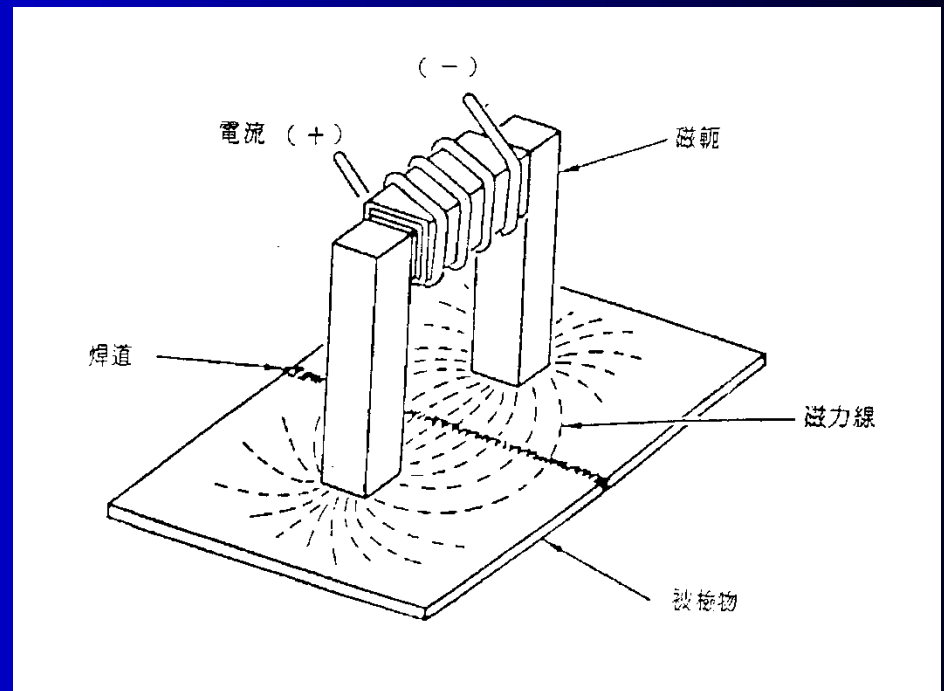


鋼結構焊道磁粒檢測法 (CNS 13341)

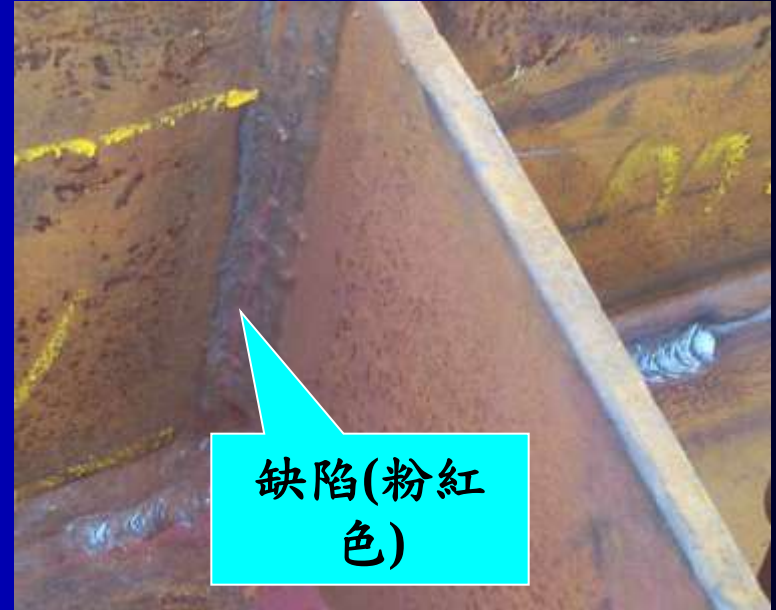
◎ 簡稱： MT - Magnetic Particle Testing ·

◎ 原理：將磁粒適當地施佈於經過磁化物件表面，以檢測物件表面附近之瑕疵。

◎ 檢測設備：將磁粒、產生磁場之設備為主要檢驗設備；又必須將物件適當地磁化後，方能實施，因此磁粒檢測只適用於鐵性材料之物件，如碳鋼等。操作簡便、迅速、善後清理容易。



鋼結構焊道磁粒檢測法 (CNS 13341) — 磁粉探傷



缺陷(粉紅色)



永久磁軛吸舉力測試



電磁軛八角規測試



磁粒檢測中(一)



磁粒檢測中(二)

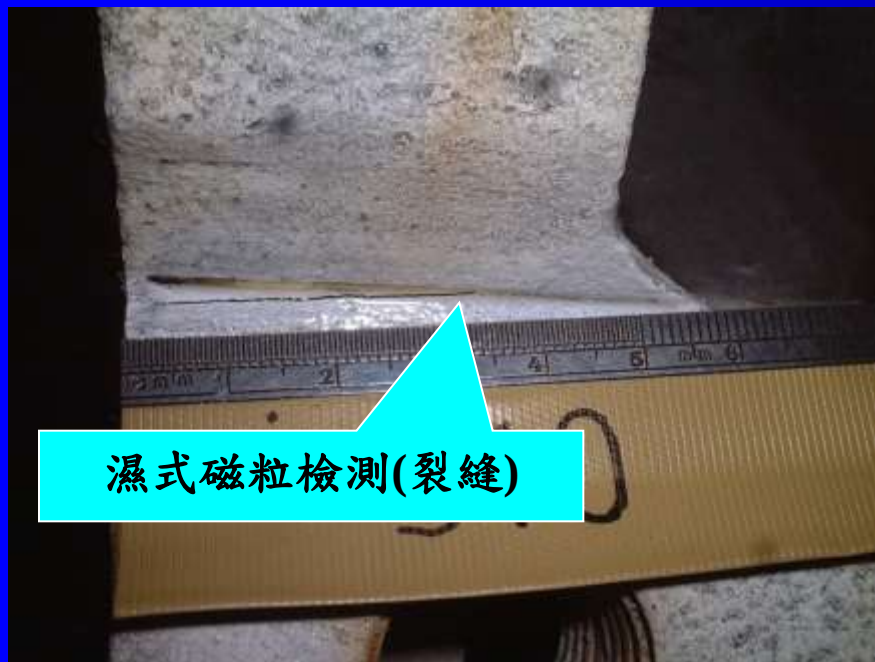




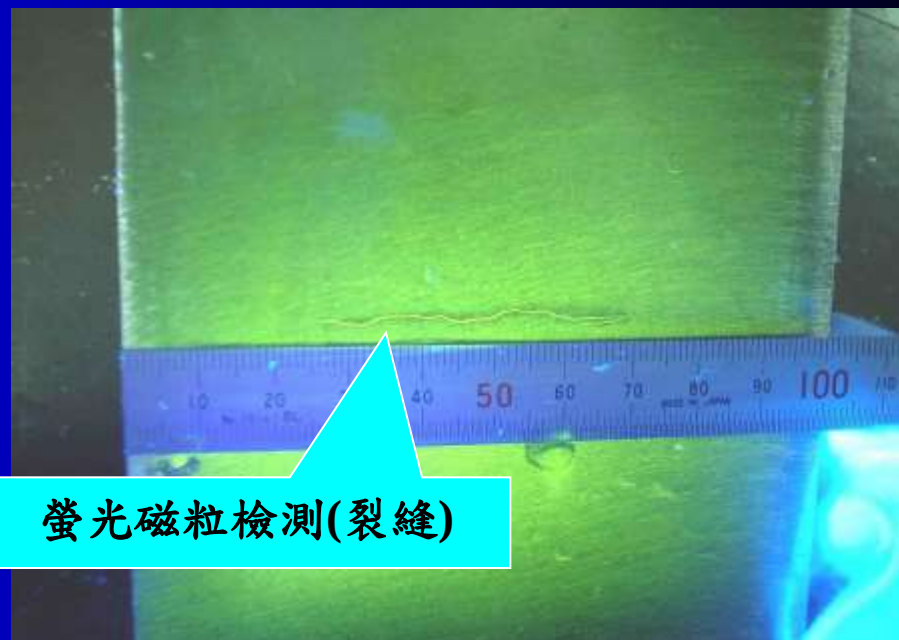
磁粒檢測橫向裂縫



磁粒檢測縱向裂縫



濕式磁粒檢測(裂縫)



螢光磁粒檢測(裂縫)

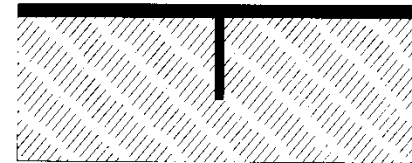
鋼結構焊道滲液檢測法 (CNS 13464) — 染色探傷

◎ 簡稱：PT - Dye Penetrate Testing

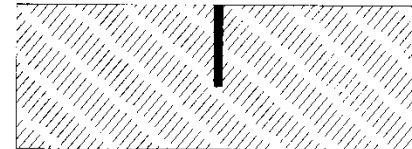
◎ 原理：以特定之滲液對物件表面瑕疵加以檢測。

◎ 檢測設備：將滲透液以毛細作用滲入物件表面空隙或裂縫，然後藉由染色或螢光等，以變別瑕疵。

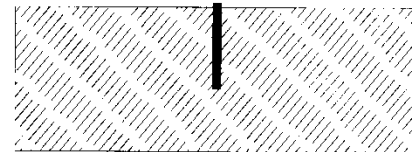
1. 施加滲透液



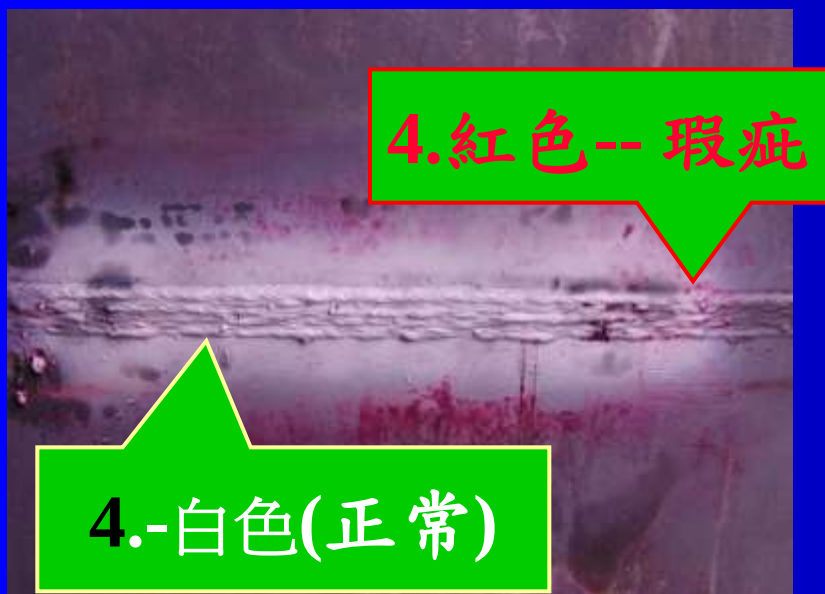
2. 清除滲透液



3. 施加顯像液



鋼結構焊道滲液檢測法 (CNS 13464)



預熱及電銲層間之最低溫度規定（參考）

母材種類	銲接方法	預熱及電銲層間溫度	
CNS2473 G3039 SS330 SS400 CNS2947 G3057 SM400A SM400B SM400C	除了低氫素以外之被覆電弧銲接	銲接處最厚板厚 (mm)	最低溫度 (°C)
		19以下	不規定
		19～38	66
		38～64	107
		64以上	150
CNS2947 G3057 SM400 ASM400 BSM400C	· 低氫素被覆電弧銲接 (SMAW) · 潛弧電銲(SAW) · 氣體遮護電弧銲接 (GMAW) · 包藥銲線電弧銲接 (FCAW)	19以下	不規定
		19～38	10
		38～64	66

焊接過程之檢查事項

- **施焊前：**
- 材料是否正確
- 背墊板與原鋼板之密接度及端板之固定是否妥當
- 開槽之角度及根部間隙尺寸是否正確
- 焊接面之清掃是否乾淨
- 是否必須預熱
- 銲條種類之選定是否正確

除有特別理由證明其安全性外，否則宜儘量避免焊接厚度大於30mm之構件

焊接過程之檢查事項

■ 施焊中：

- 電焊工之資格是否符合規定
- 電焊先後順序對否
- 採用焊條焊徑大小是否恰當
- 電流控制是否妥當
- 弧長控制是否正常
- 焊屑是否清除
- 電焊手法及角度控制是否恰當

銲接缺陷的移除

用非破壞檢驗方法確定位置，利用砂輪機、碳棒剷除、氣鑿剷除、瓦斯剷除等方法將缺陷移除。再利用目視、磁粉探傷或染色探傷試驗加以確認。

焊接過程之檢查事項

- **施焊後：**
- 焊肉測量
- 焊道表面目視檢查
- 非破壞檢驗。



目視反射鏡檢視



目視鉚道規量測

焊道之檢驗及試驗

- **檢驗時間規定：**
- 執行非破壞檢查工作應於**電焊完成後24小時以後**執行
- **檢驗設備之測試：**
- **非破壞檢測人員資格：**
- 非破壞性檢測人員須具有中華民國非破壞檢測協會（ROC SNT）考試及評審合格之資格
- 具有**初級檢測員**資格者方能執行**檢測**工作
- 具有**中級檢測師**以上資格者方能執行**判定**工作
- 檢測記錄須具有**中級檢測師**以上資格人**簽證**始能生效
- **檢驗數量：**
- 所有非破壞檢驗之檢驗數量等，依施工規範要求內容辦理。並應將檢驗結果提交業主及監造工程師審查核備。

非破壞檢驗與缺陷位置之比較

	表面開口之 缺陷	接近表面之 缺陷	內部缺陷	
射線檢測	◎	◎	◎	CNS 13020
超音波檢測	○或△	○或△	◎	CNS 12618
磁粒檢測	◎	○或△	×	CNS 13341
滲液檢測	◎	×	×	CNS 13464

註：◎：良好 ○：尚可 △：困難 ×：不可能

焊接對構件影響深遠，施工瑕疵直接影響力學行為，使整體結構產生無預期破壞

鐳道缺失如何修補？

1. 搭疊、鐳道過凸、鐳冠過高

多出的鐳道須予研磨

2. 鐳疤過凹、鐳道腳長不足、鐳蝕瑕疵

先清除鐳道表面再補鐳

3. 融合不良、氣孔、夾渣之鐳道

瑕疵前後各加20mm鏟除後補鐳

4. 鐳道龜裂時

a. 以非破壞檢測方法確認位置

★ b. 鐳道以研磨、鏟除方法除去龜裂前後
50mm之瑕疵

c. 補鐳

鋼板 - 鋼材常用規格 (參考)

(一)、大梁常用鋼材規格

(A)、ASTM： A572 Gr.50 、 A36 、 A992

(B)、JIS(/CNS)： SM490、SN490C

(二)、斜撐常用鋼材規格

(A)、ASTM： A572 Gr.50 、 A36 、 A992

(B)、JIS(/CNS)： SM490

(三)、H型柱 (梁上柱) 常用鋼材規格

(A)、ASTM： A572 Gr.50 、 A36 、 A992

(B)、JIS(/CNS)： SM490

(四)、H型柱 (與大梁相接) 常用鋼材規格

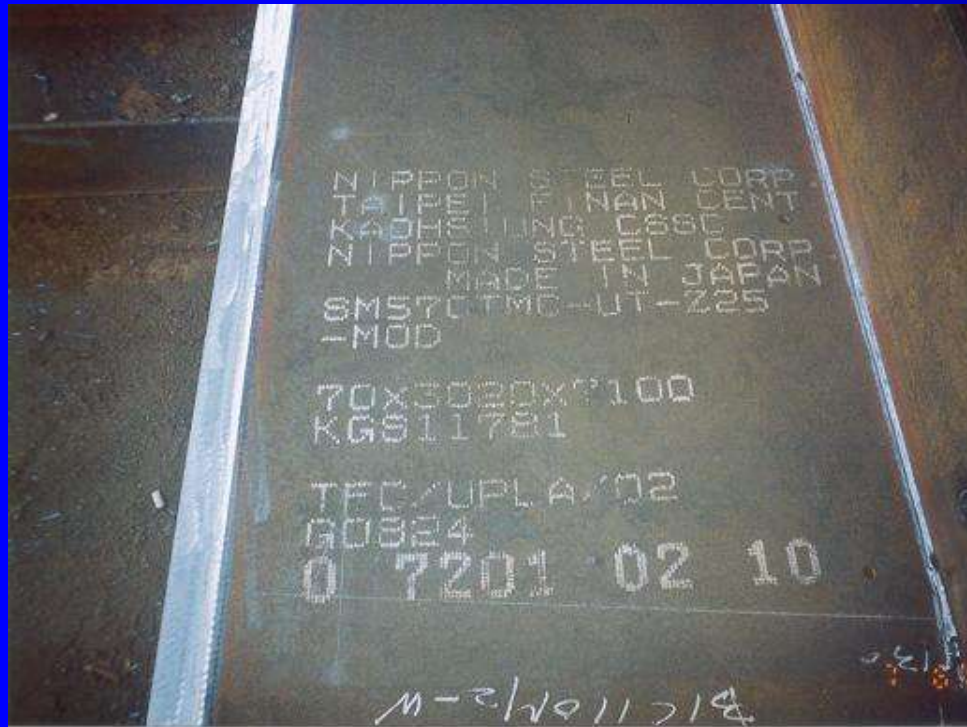
(A)、ASTM： A913

(B)、JIS(/CNS)： SN490B

鋼板材料

RH：型鋼熱軋成型的H型鋼

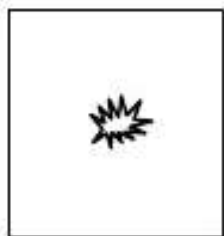
BH：組合成型的H型鋼



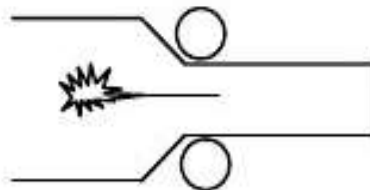
夾層檢測：主要的原因為鋼料內部的夾渣（Slag）、澆鑄粉（Casting Powder）或介在物（Inclusion）等存在於鋼胚內部，軋成鋼料後即成為扁平之夾渣

夾層形成原因

冷凝後產生空穴或夾渣等



經過滾壓



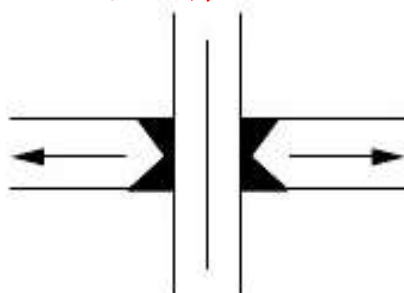
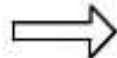
產生夾層



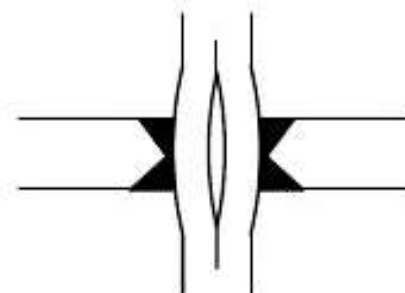
夾層之危險性



有夾層鋼板



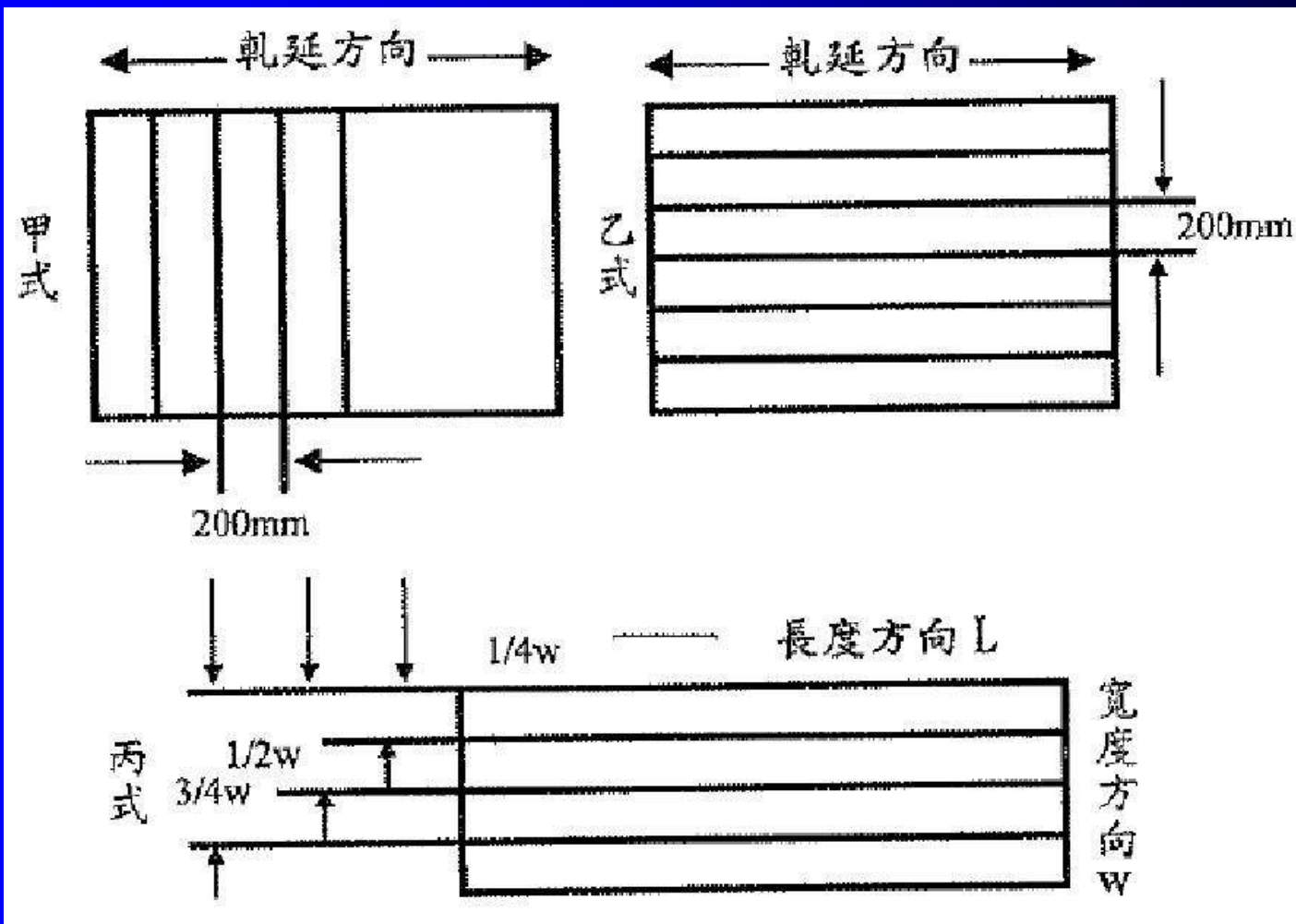
受力或焊接應力影響



產生層間撕裂

相關規範：ASTM A435、CNS 12845、JIS G0901

資料來源：劉澤山技師



CNS 12845夾層檢測掃描方式

適用鋼材一覽表-CNS系列鋼材

桿件型態	CNS 2473	CNS 2947	CNS 13812	CNS 2947	CNS 2947	CNS 13812	CNS 13812
桿件類別	SS系列	SM-A 系列	SN-A 系列	SM-B 系列	SM-C 系列	SN-B系 列	SN-C系 列
不需銲接且 不承受 拉應力之桿 件	O	O	O	O	O	O	O
需銲接但不 承受	X	O	O	O	O	O	O
拉應力之桿 件							
承受拉應力 之非FCM	X	O	O	O	O	O	O
承受拉應力 之FCM	X	X	X	O	O	O	O
板厚> 50 mm	X	X	X	X	X	X	O

FCM (Fracture-Critical Member : 承受拉應力之斷裂控制構件)

適用鋼材一覽表-ASTM系列鋼材

中華民國鋼結構協會。結構用鋼材之規格與性能手冊

桿件型態	ASTM A709	ASTM A709	ASTM	ASTM	ASTM
桿件類別	Gr.36	Gr.50, 50S, 50W	HP.50W	HP.70W	HP.100W
不承受拉應力之 桿件	O	O	O	O	O
承受拉應力之非 FCM	X (36)	X (50,50S)	X (50W)	X (70W)	X (100W)
	O (36T、 36F)	O (50T,50ST,50F, 50SF)	O (50WT、 50WF)	O (70WT、 70WF)	O (100WT、 100WF)
承受拉應力之 FCM	X (36,36T)	X (50,50T)	X (50W,50W T)	X (70W,70W T)	X (100W,100W T)
	O (36F)	O (50F)	O (50WF)	O (70WF)	O (100WF)
板厚> 50 mm ⁽²⁾	X	X	X (50W,50W T)	X (70W,70W T)	X (100W,100W T)
			O (50WF)	O (70WF)	O (100WF)

註：(1) 板厚65mm~100mm不適用。(2) 選用厚板之桿件當板厚方向受力時，應考慮鋼材硫含量、板厚方向斷面縮減率等，以確保板厚方向之韌性。

結構用鋼板適用範圍- 台灣 中國國家標準

種類		適用範圍
SS	一般結構用軋鋼料 CNS 2473 G3039-92	適用於橋樑、船舶、車輛及其他之結構物所用之一般結構用熱軋鋼料。
SM	焊接結構用軋鋼料 CNS 2947 G3057-92	適用於橋樑、船舶、車輛、儲油槽、容器及其他之結構物用焊接性良好之熱軋鋼料。
SN	建築結構用軋鋼料 CNS 13812 G3262-97	適用於 <u>建築結構用熱軋鋼料</u> 。

1995阪神地震，日本通產省公告SS、SM原適用之建築結構取消

A 類鋼材：

即 SN400A，僅適用於在不參與抗震而僅有強度需求的構件，如懸臂梁及小梁。

B 類鋼材：

即 SN400B 與 SN490B，因為有較可靠的強度品質及韌性規格並且限制最高降伏比 因此適用於耐震設計中需要提供強度與消能韌性的構材並降低強樑，弱柱等不預期破壞模式的發生機率。

C 類鋼材：

即 SN400C 與 SN490C，除具有穩定的強度特性及抗破壞韌性外，亦有更佳的抗銲接撕裂性質。

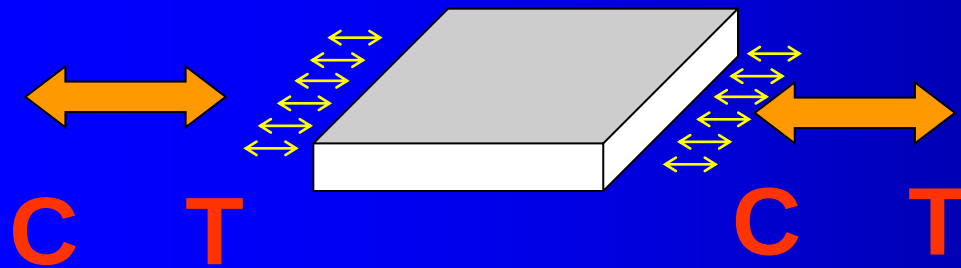
A級鋼：未規定衝擊值；B級鋼：規定0℃衝擊值為2.8kgf·m以上；C級鋼：規定0℃衝擊值為4.8kgf·m以上 (韌性最佳級)

- SS：一般結構用軋鋼料
- SM：焊接結構用軋鋼料
- SN：建築結構用軋鋼料
- A：適用不抗震結構物
如懸臂樑、小樑
- B：適用耐震結構物
- C：適用耐震結構物
更佳抗撕裂性質

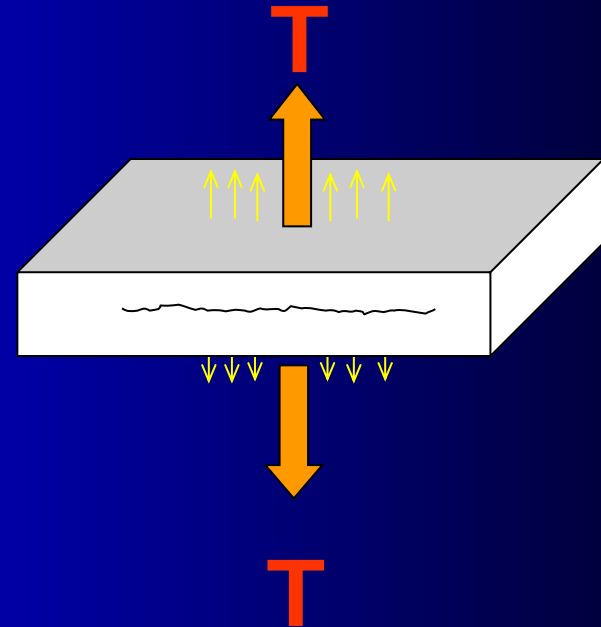
SM490B

- 焊接結構用軋鋼料，抗拉強度490mpa，適用耐震結構物
(或 $\div 4.9 \text{ Ton/cm}^2$)

受力與適用規格



(B)



(C)

★鋼結構SN之C級鋼材具有確保塑性變形能力、銲接性及鋼板厚度方向之機械性能

厚度許可差(CNS) SS/SM - SN

寬度 厚度		未滿1600	1600以上 未滿2000	2000以上 未滿2500	2500以上 未滿3150	3150以上 未滿4000
SS / SM 厚度 許可 差	6.30以上、未滿10.0	±0.55	±0.65	±0.65	±0.80	±0.80
	10.0以上、未滿16.0	±0.55	±0.65	±0.65	±0.80	±0.80
	16.0以上、未滿25.0	±0.65	±0.75	±0.75	±0.95	±0.95
	25.0以上、未滿40.0	±0.70	±0.80			
	40.0以上、未滿63.0	±0.80	±0.95			
	63.0以上、未滿100	±0.90	±1.1			
	100以上、未滿160	±1.3	±1.5			
SN 厚度 許可 差	6.00以上、未滿6.30	+0.70	+0.90			
	6.30以上、未滿10.0	+0.80	+1.00			
	10.0以上、未滿16.0	+0.80	+1.10			
	16.0以上、未滿25.0	+1.00	+1.20			
	25.0以上、未滿40.0	+1.10	+1.30			
	40.0以上、未滿63.0	+1.30	+1.60	+1.60	+1.90	+1.90
	63.0以上、未滿100	+1.50	+1.90	+1.90	+2.30	+2.30

差異:

1. SN鋼材取消負 值 (-)厚度許可差--只能大不能小。
2. SN鋼材之許可差範圍縮小--較嚴格。

阪神地震後「SN鋼材」，日本耐震建築首選指標



耐震首選 S N鋼材

強度	增加降伏強度上限管制，限縮鋼材降伏強度的變異性，落實“強柱弱梁”設計理念，避免非預期崩塌破壞。
韌性	規定降伏比上限，強化鋼材延展性，耐衝擊值提高，不易脆性斷裂。
銲接性能	降低化學元素磷、硫含量的允許值，全面執行碳當量及銲接冷裂敏感指數的管理，以提高鋼材的銲接性能。

結構用鋼板、棒鋼及型鋼-中國國家標準規定

CNS 2473 一般結構用軋鋼料

RH：型鋼熱軋成型的H型鋼

BH：組合成型的H型鋼

CNS 2947 熔接結構用軋鋼料

CNS 4269 耐大氣腐蝕熔接結構用軋鋼料

CNS 4620 高耐大氣腐蝕性軋製鋼料

CNS 6183 一般結構用輕型鋼

CNS 7993 一般結構用熔接型鋼

CNS 9704 鋼浪板（浪形鋼板）

高強度螺栓

(一)、常用規格

(A) JIS B 1186 F10T

(B) S10T



(二)、主要的國內供應商

春雨、久陽、晉禾、
聚亨、允大螺絲等。

螺栓係依序鎖緊，當第一顆鎖緊後第二顆再鎖緊時，第一顆的鎖緊值已改變，S10T在鎖緊(鎖斷)後，無法再調整扭力值。F10T是可以做再調整的工作。

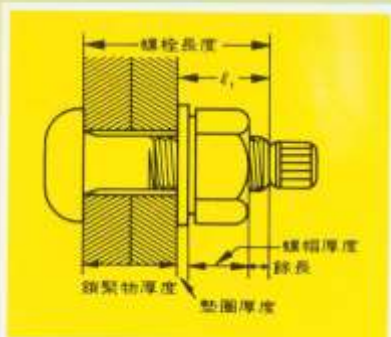
F10T & S10T之差異？

- **F10T**為日本工業規格**JIS B 1186**之產品，為摩擦型六角形高強度螺栓，由1個螺栓(Bolt)、1個螺帽(Nut)、2個墊片(Washer)組成。強度等級有F8T、**F10T**、F11T、F12T、F14等。(F10T有**扭矩控制螺栓**、**非扭矩控制螺栓**)
- **S10T**為經日本鋼結構協會**JSS**認定的產品(非JIS B 1186或CNS 11328規範內之產品)，**S10T**為圓頭型之扭矩控制螺栓(Torque Control Bolt)，強度與F10相當。

高強度螺栓選用

F10T (**非扭矩控制螺栓**)是可以做再調整的工作, 追求高品質的接頭建議使用F10T (**非扭矩控制螺栓**)

螺栓長度之選用方法

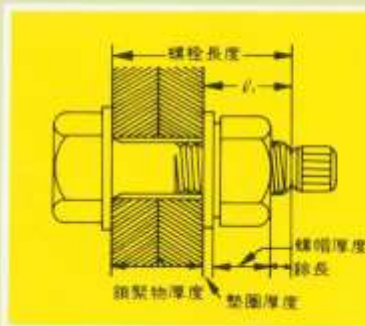


標稱直徑	ℓ_1 (mm)
M16	25
M20	30
M22	35
M24	40

S10T

F10T

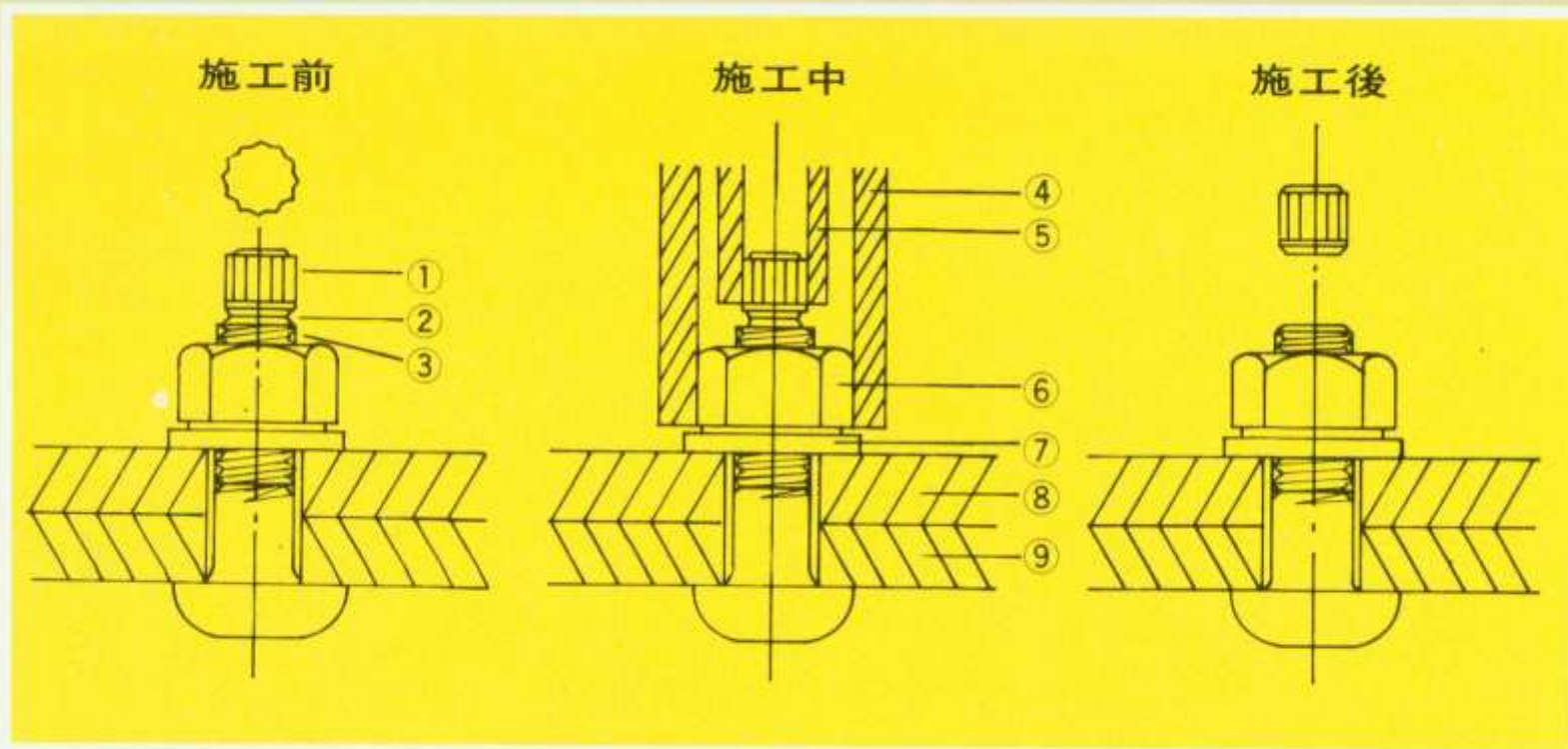
六角頭螺栓長度之選用方法



標稱直徑	ℓ_1 (mm)
M16	30
M20	35
M22	40
M24	45

扭力控制螺栓(TCB)鎖緊方式

T.C.螺栓之鎖緊方式，如下列圖解所示。



- | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|
| ①尾 端 | ③螺栓螺紋 | ⑤內套筒 | ⑦墊 圈 | ⑨被鎖緊物 |
| ②凹槽部 | ④外 套 筒 | ⑥螺 帽 | ⑧被鎖緊物 | |

鎖固後應先檢驗螺栓餘長，螺栓尾端螺紋應凸出螺帽 至少1個完整的螺牙，且不可超過6個螺牙。

表二 ASTM 高強度螺栓機械性質

螺栓規格	直徑 (in)	降伏強度 (tf/cm)	抗拉強度 (tf/cm)	
			Min	Max
A325	$\frac{1}{2} \sim 1$	6.44	8.40	-
	$1 \frac{1}{8} \sim 1 \frac{1}{2}$	5.67	7.35	-
A490	$\frac{1}{2} \sim 1 \frac{1}{2}$	9.10	10.5	11.9
A449	$\frac{1}{4} \sim 1$	6.44	8.40	-
	$1 \frac{1}{8} \sim 1 \frac{1}{2}$	5.67	7.35	-
	$1 \frac{5}{8} \sim 3$	4.06	6.30	-

常用

表三 JIS 高強度螺栓材料強度

螺栓規格	降伏 強度 (t/cm)	抗拉強度 (tf/cm)	
		Min	Max
F8T & S8T	6.4	8.0	10.0
F10T & S10T	9.0	10.0	12.0
F11T	9.5	11.0	13.0

常用

品質不穩定，罕用

ASTM高強度螺栓組

表四 ASTM 高強度螺栓組

螺栓種類	型別	標稱直徑 (in)	螺帽型式	墊圈型式
A325	TYPE 1	$\frac{1}{2} \sim 1 \frac{1}{2}$	A 563-C	F436 TYPE 1
	TYPE 1 (熱浸鍍 鋅)	$\frac{1}{2} \sim 1 \frac{1}{2}$	A 563-DH	F436 TYPE 1
	TYPE 3	$\frac{1}{2} \sim 1 \frac{1}{2}$	A 563-C3	F436 TYPE 3
A490	TYPE 1, 2	$\frac{1}{2} \sim 1 \frac{1}{2}$	A 563-DH	F436 TYPE 1
	TYPE 3	$\frac{1}{2} \sim 1 \frac{1}{2}$	A 563-DH3	F436 TYPE 3
A449	TYPE 1, 2	$\frac{1}{4} \sim 1 \frac{1}{2}$	A 563-B	F436 TYPE 1
		$1 \frac{5}{8} \sim 3$	A 563-A	F436 TYPE 1
	TYPE 1, 2 (熱浸鍍 鋅)	$\frac{1}{4} \sim 3$	A 563-DH	F436 TYPE 1

註：螺帽除 A563-B 外，其餘皆為重型六角形螺帽。

適合與耐侯
鋼一起使用

JIS、JSS高強度螺栓組

表五 JIS 高強度螺栓組

螺栓種類	螺帽型式	墊圈型式
F8T & S8T	F10 或 F8	F35
F10T & S10T	F10	F35

F10鍍鋅可能產生延遲破壞情形

A325		A490		
Type1	Type3	Type1	Type2	Type3
				

適合與耐侯
鋼一起使用

ASTM 高強度螺栓之標示

適合與耐侯
鋼一起使用

F8T	F10T
	

JIS規格F8T、F10T、
F11T（F11T品質不易控制）

JIS 高強度螺栓
之標示

表一 ASTM 高強度螺栓之適用情況

螺栓種類	型（級）別	特性與適用情況
A 325	TYPE 1	中碳量，碳硼或中碳合金鋼適用於一般鋼結構，可熱浸鍍鋅。
	TYPE 2	1991/11 起停用。
	TYPE 3	耐候鋼，耐候性抗蝕性能等同於 A 242 /A 588 /A 709 等鋼材。適合與耐候鋼材一起使用，可熱浸鍍鋅。
A 490	TYPE 1	螺栓以合金鋼製成，標稱直徑在 1/2"~1 1/2"(12.7~38.1mm)，適用於一般鋼結構，不可熱浸鍍鋅。
	TYPE 2	螺栓通常以低碳麻田散鐵鋼製成，標稱直徑在 1/2"~1 1/2"(12.7~38.1mm)，不可熱浸鍍鋅。
	TYPE 3	耐候鋼，耐候性抗蝕性能等同於 A 242 /A 588 /A 709 等鋼材。適合與耐候鋼材一起使用，不可熱浸鍍鋅。
A 449	TYPE 1	中碳鋼，標稱直徑在 1/4"~3"(6.4~76.2mm)。適用於一般鋼結構，可用於耐高溫，可熱浸鍍鋅。
	TYPE 2	低碳或中碳麻田散鐵鋼，標稱直徑在 1/4"~1" (6.4~25.4mm)，可熱浸鍍鋅。

1. 斷尾螺栓不建議鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻酸鹽皮膜處理
2. 對應ASTM A325及A490的斷尾螺栓分別為F1852及F2280

A325 Type3 六角有尾

A325 TC圓頭有尾

A325 Type1 六角無尾



不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻
酸鹽皮膜處理



不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻
酸鹽皮膜處理



可熱浸鍍鋅

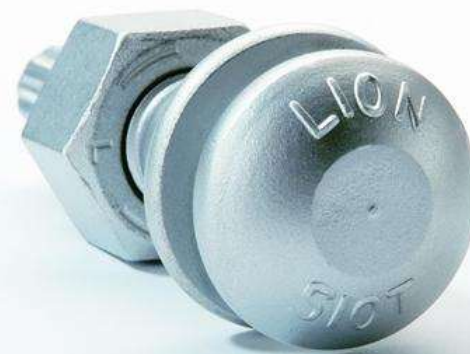
A325高強度螺栓(無尾)熱浸鍍鋅後搭配A563(或A194)螺帽與F436 墊圈

F10T六角有尾



不建議鍍鋅及鉻、磷、鋅
鉻酸鹽皮膜處理

S10T圓頭有尾



不建議鍍鋅及鉻、磷、鋅
鉻酸鹽皮膜處理

F8T六角無尾
可熱浸鍍鋅

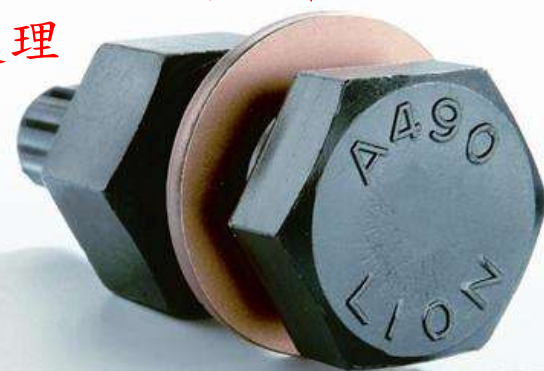


可熱浸鍍鋅

F8T 高強度螺栓熱浸鍍鋅後
搭配F10 螺帽與F35 墊圈

A490六角有尾

不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻酸
鹽皮膜處理

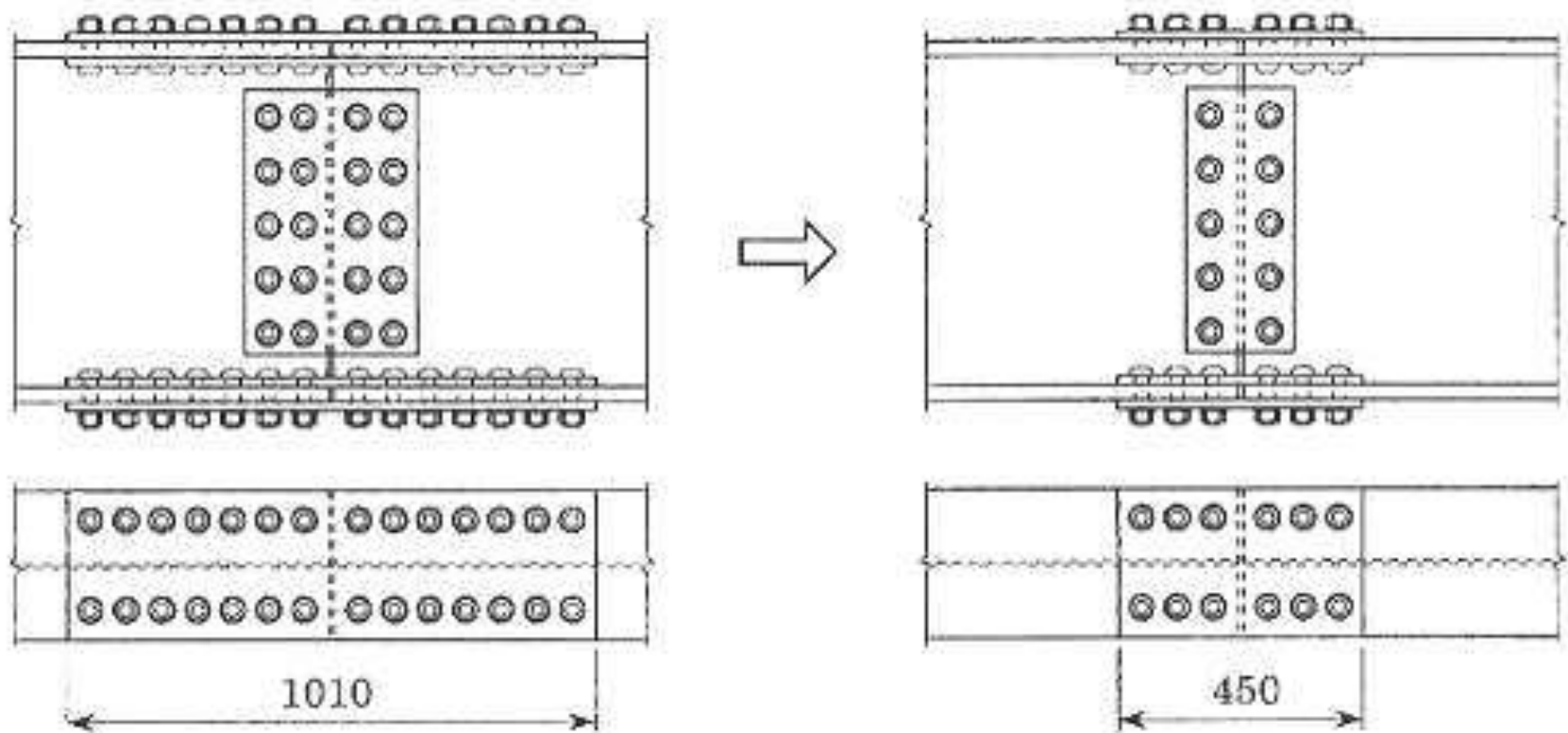


A490圓頭有尾

不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻酸
鹽皮膜處理



採用 F14T 超高強度螺栓 (SHTB) 可耐延遲破壞，接頭螺栓用量大幅降低，以 SN490 鋼材之 600×250×12×25H 型鋼比較，左圖需使用 76 支 M22F10T 螺栓，而右圖僅需 34 支 M22F14T 螺栓。





1. 銹蝕現象從斷裂面毛邊
先出現



2. 銹蝕現象向四周逐漸
擴大



3. 銹蝕現象從螺栓扭斷之斷裂面
毛邊先出現並逐漸向外擴大

扭矩控制斷尾螺栓尾端斷裂面防銹前
表面處理-交通部104.4.13頒佈實施



1. 研磨修整前



2. 研磨修整後

資料來源：陳正平技師



(4a) 紅殼研磨刀具



(4b) 藍色收集鐵粉屑

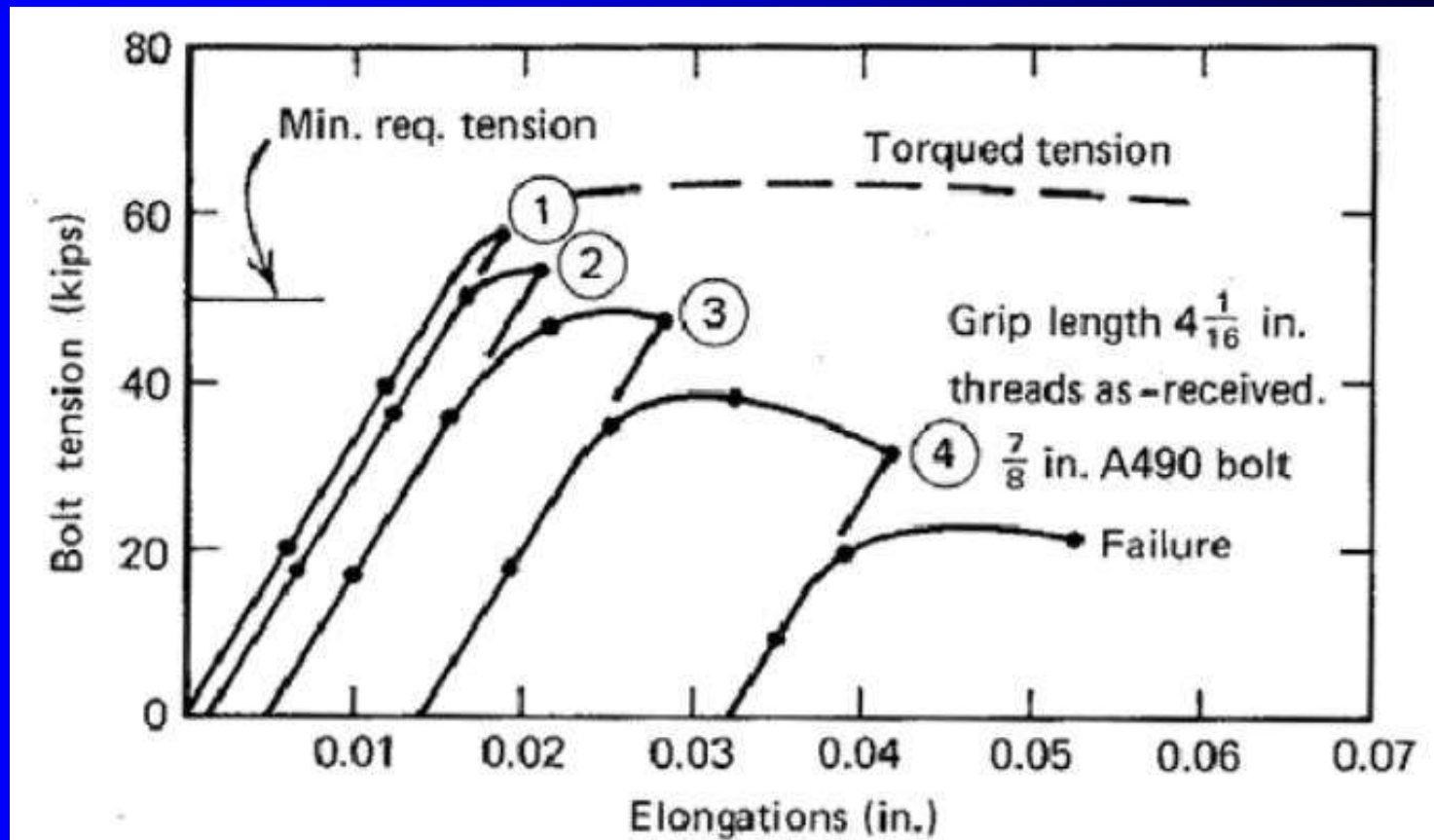


(5a) 磨平作業



(5b) 磨平處理後

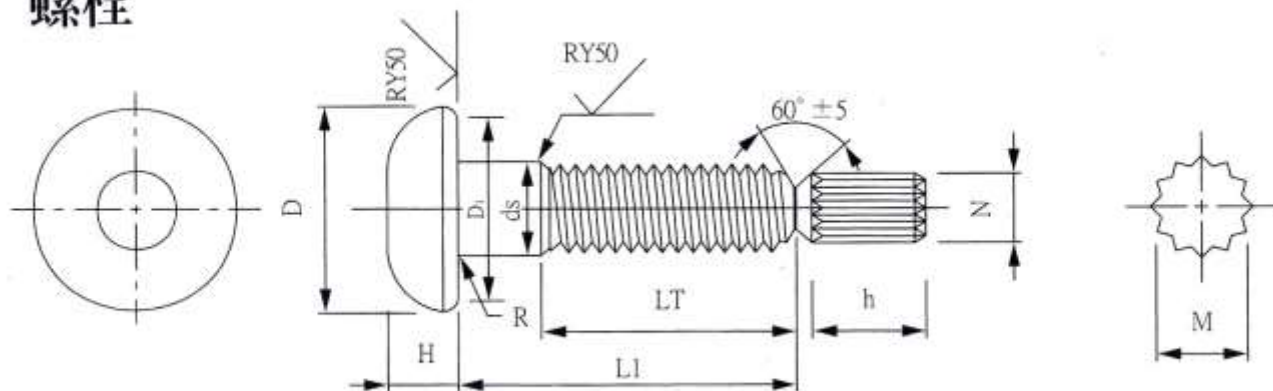
裂斷面處理狀況



A490高強度螺栓重複安裝之載重-變形曲線

高強度螺栓安裝過程所產生之螺栓張力，可能導致螺栓塑性變形能力降低，或在先前安裝或拆卸過程均會有受損之傷痕或螺牙變形，或因受載重致螺桿已有變形之情況，**使用過之高強度螺栓不宜再重複使用。**

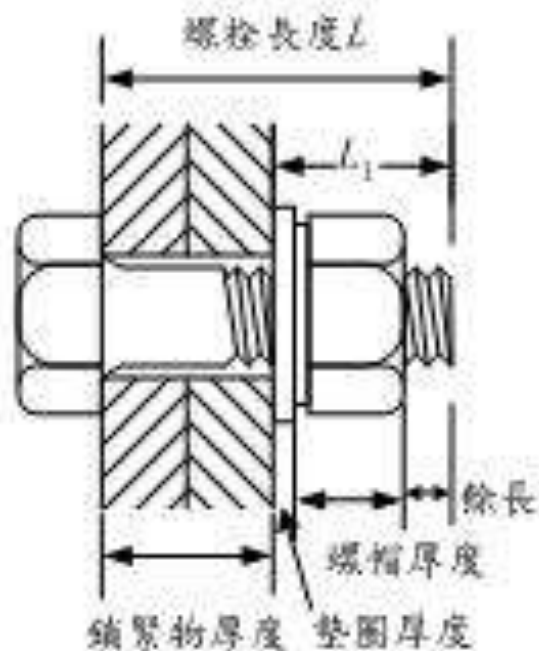
螺栓



單位：mm

標稱 直徑 (d)	ds		H		D		LT		h	M		N
	基準 尺度	公差	基準 尺度	公差	基準 尺度	公差	基準 尺度	公差	約	基準 尺度	公差	約
M16	16	+0.7 - 0.2	10	±0.8	30	+1.5 - 1.0	30	+5 - 0	13	11.3	±0.2	13.1
M20	20	+0.8 - 0.4	13	±0.8	37	+1.5 - 1.0	35	+6 - 0	15	14.2	±0.2	16.4
M22	22	+0.8 - 0.4	14	±0.8	41	+1.5 - 1.0	40	+6 - 0	16	15.4	±0.3	17.8
M24	24	+0.8 - 0.4	15	±0.8	45	+1.5 - 1.0	45	+6 - 0	17	16.9	±0.3	19.5

S10T高強度螺栓之螺牙長度及其他尺寸規格



圖五 螺栓長度需求

表六 L 長度

標稱 直徑	L (mm)
M12	25
M16	30
M20	35
M22	40
M24	45
M27	50
M30	55

鎖固後應先檢驗螺栓餘長，螺栓尾端螺紋應凸出螺帽至少1個完整的螺牙，且不可超過6個螺牙。

ASTM高強度螺栓之適用情況

表一 ASTM 高強度螺栓之適用情況

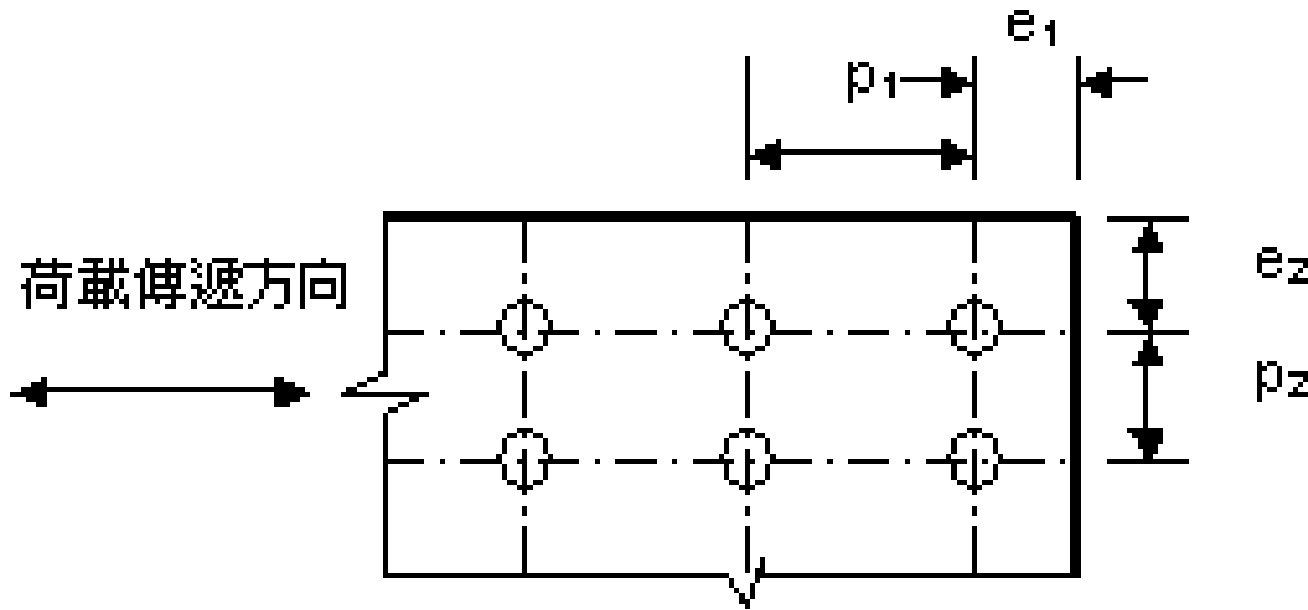
螺栓種類	型(級)別	特性與適用情況
A 325	TYPE 1	中碳量，碳硼或中碳合金鋼適用於一般鋼結構，可熱浸鍍鋅。
	TYPE 2	1991/11 起停用。
	TYPE 3	耐候鋼，耐候性抗蝕性能等同於 A 242 /A 588 /A 709 等鋼材。適合與耐候鋼材一起使用，可熱浸鍍鋅。
A 490	TYPE 1	螺栓以合金鋼製成，標稱直徑在 1/2"~1 1/2"(12.7~38.1mm)，適用於一般鋼結構，不可熱浸鍍鋅。
	TYPE 2	螺栓通常以低碳麻田散鐵鋼製成，標稱直徑在 1/2"~1 1/2"(12.7~38.1mm)，不可熱浸鍍鋅。
	TYPE 3	耐候鋼，耐候性抗蝕性能等同於 A 242 /A 588 /A 709 等鋼材。適合與耐候鋼材一起使用，不可熱浸鍍鋅。
A 449	TYPE 1	中碳鋼，標稱直徑在 1/4"~3"(6.4~76.2mm)。適用於一般鋼結構，可用於耐高溫，可熱浸鍍鋅。
	TYPE 2	低碳或中碳麻田散鐵鋼，標稱直徑在 1/4"~1" (6.4~25.4mm)，可熱浸鍍鋅。

但斷尾螺栓不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻酸鹽皮膜處理

螺栓孔的佈置（參考，如下圖）

- 一、螺栓孔之佈置應盡量避免銹蝕、局部挫曲及應使螺栓容易安裝
- 二、螺栓孔之佈置亦應符合在計算螺栓承載力時規定之限制。
- 三、螺栓佈孔之最大及最小距離應採用以下提供之限值。此限值不適用於外露結構及高腐蝕環境，當有需要時以下之限值可適當提高。

端部距離 e_1 及邊緣距離 e_2 螺栓距 p_1 及 p_2



螺栓距 p_1 及 p_2

$$p_1 \geq 2.2 d_o, p_2 \geq 3.0 d_o$$

$$1.2 d_o \leq e_1 \leq \max(12t, 150 \text{ mm})$$

$$1.5 d_o \leq e_2 \leq \max(12t, 150 \text{ mm})$$

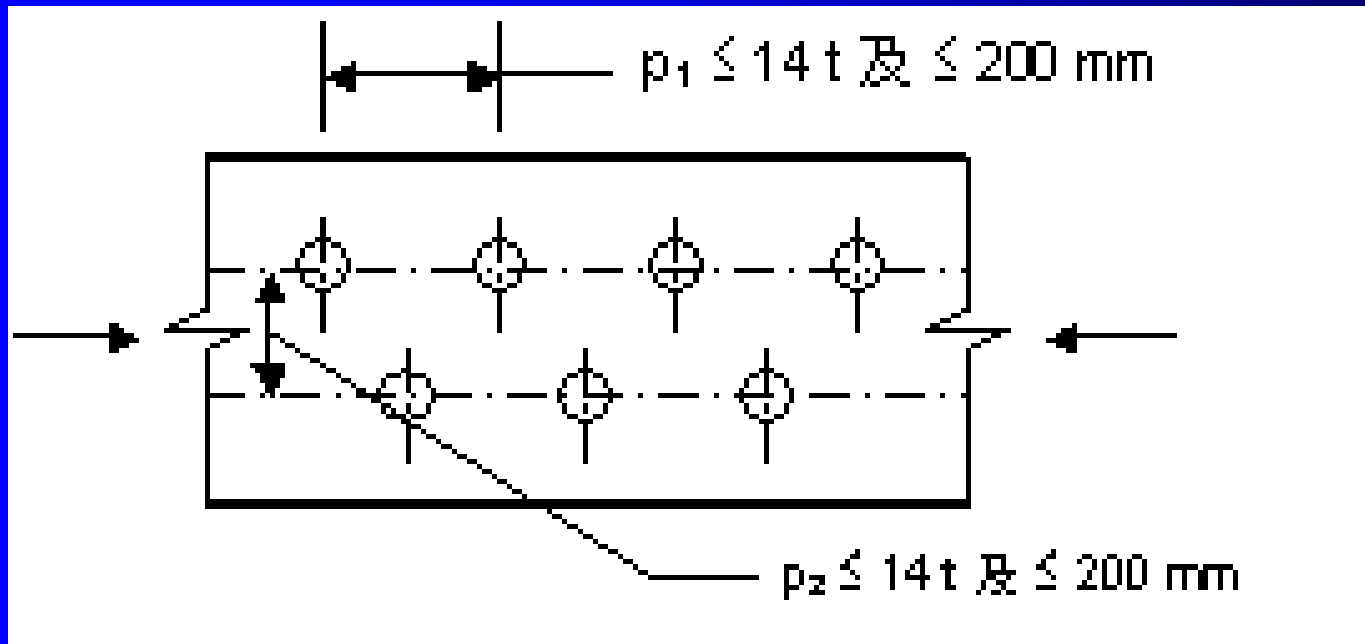
註:

t = 向外較薄連接板之厚度

d_o = 孔或長圓孔直徑

螺栓孔的佈置 (參考)

受壓構件



$$p_1, p_2 \leq \min(14t, 200 \text{ mm})$$

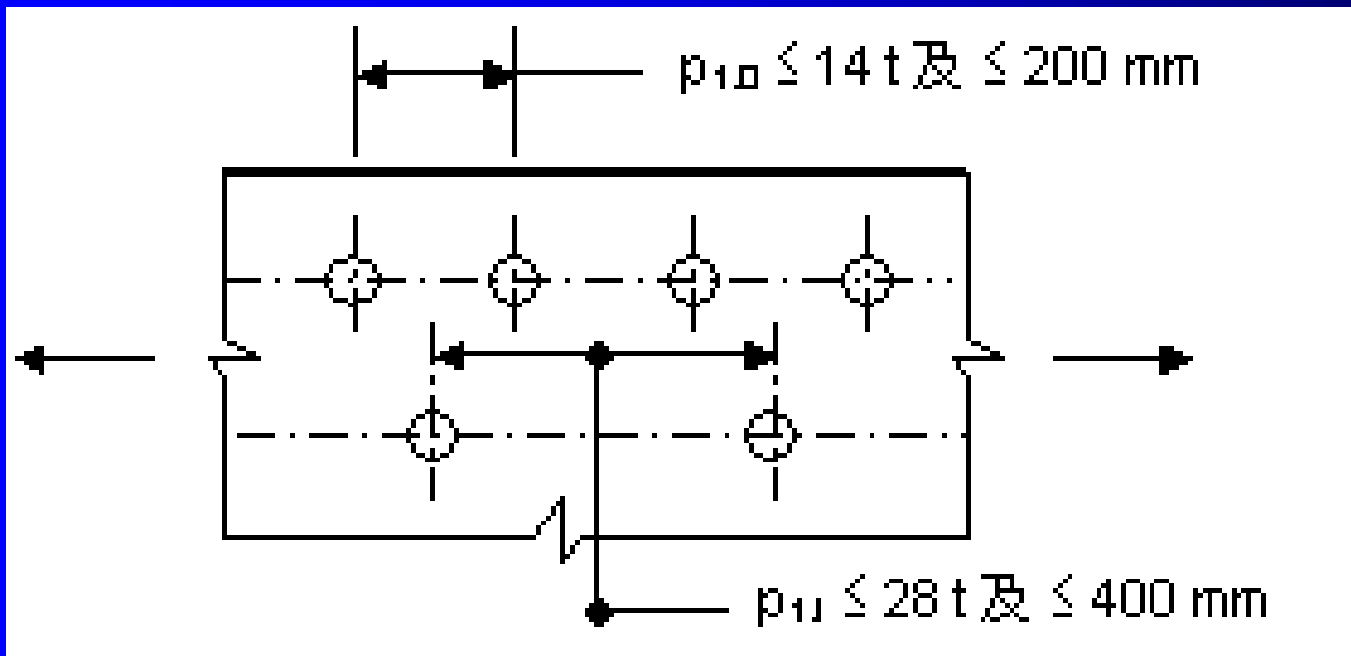
註:

t = 向外較薄連接板之厚度

d_o = 孔或長圓孔直徑

螺栓孔的佈置 (參考)

受拉構件



$$p_{1,o} \leq \min(14t, 200 \text{ mm})$$

$$p_{1,i} \leq \min(28t, 400 \text{ mm})$$

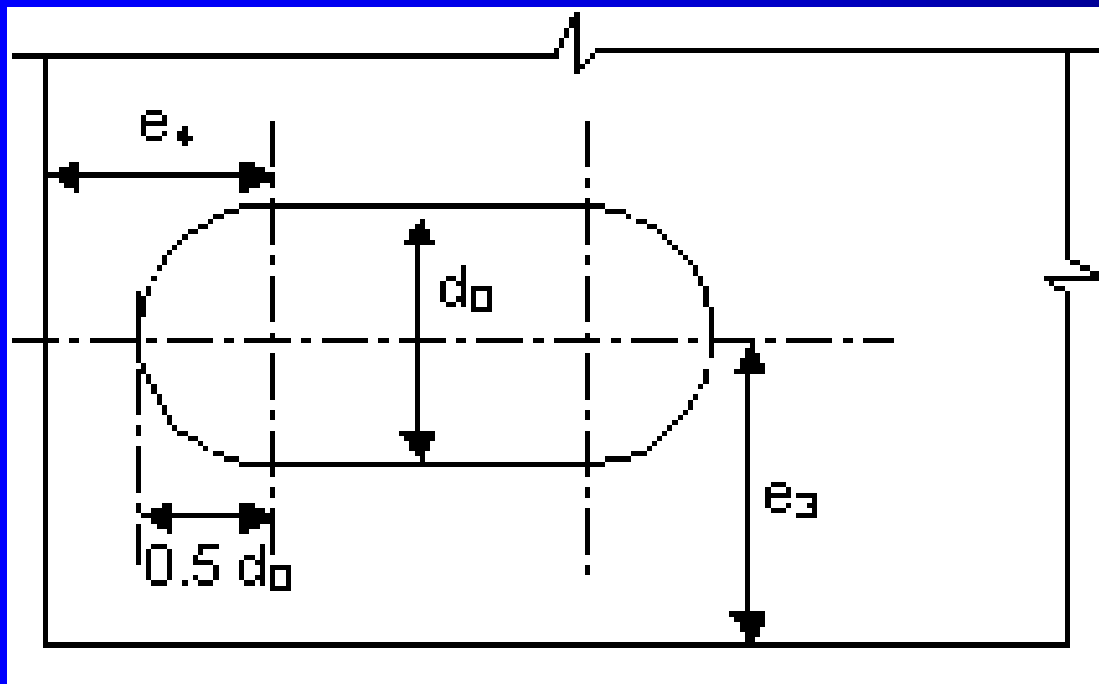
註:

t = 向外較薄連接板之厚度

d_o = 孔或長圓孔直徑

螺栓孔的佈置 (參考)

長圓孔



$$e_3, e_4 \geq 1.5 d_o$$

註:

t = 向外較薄連接板之厚度

d_o = 孔或長圓孔直徑

螺栓孔的佈置 (參考)

高強度螺栓的檢驗

➤ **製品檢查** 形狀尺寸的檢查 螺紋精度的檢查
外觀檢查

➤ **機械性質的檢查** 螺栓試驗片的拉張試驗
螺栓製品的拉張試驗
螺母的保證荷重試驗
硬度試驗

基礎螺栓：錨定基礎螺栓之材質應符合JIS G3101-SS41或SS50，ASTM A36或同等品之規定。

結合螺栓：採用之高張力螺栓應符合ASTM A325或JIS B-1186之規定外，其他一般螺栓材應符合ASTM A307或同等品。

螺栓鑽孔

■ 鑽孔方法：

- 火焰鑽孔方法
- 沖孔方法
- 鎚孔方法
- 焰切割孔

■ 孔徑標準如下

種 別	孔 徑	允許差 mm
高強度螺栓	螺栓直徑加 1.5mm	+0.5 ~ 0
普通螺栓	螺栓直徑加 1.5mm	+0.5 ~ 0
基礎螺栓	螺栓直徑 $\phi 19 \sim \phi 25$ 時加5mm	+0.5 ~ 0
	螺栓直徑 $\phi 25 \sim \phi 50$ 時加10mm	
	螺栓直徑 $\phi 50$ 以上時加16mm	
鋼筋穿孔	特別註明外依鋼筋標稱直徑加12mm	+3 ~ 0
管線穿孔	依圖示開孔	+3 ~ 0

製品検査- JIS B 1186高強度螺栓標示

螺栓

F8T	F10T	F11T	F8T	F10T	F11T
					

螺帽



墊圈



機械試驗- 螺栓製品的拉張試驗



高強度螺栓作業

- 高強度螺栓之購入管理：
- 高強度螺栓組合之操作與保管、管理：
- 接合部摩擦面狀態的管理：
- 高強度螺栓栓固之栓固前試驗：
 - 轉矩係數值試驗
 - 栓固機器的測定
 - 轉矩扳手的檢定
 - 軸力計的校正

轉矩係數值試驗

軸力計



軸力計+扭力扳手



栓固電鎖



轉矩係數值試驗

●轉矩係數

$$K=(T/dN)\times 1000$$

- K**：轉矩係數值
- T**：轉矩（Kgf.M）
- d**：螺栓標稱直徑(mm)
- N**：螺栓張力（Kgf）

區分	表面處理狀況	
	A	B
轉矩係數值K平均值	0.11~0.15	0.15~0.19
A類係指螺栓表面經潤滑處理，B類則為螺栓表面無潤滑處理		

高強度螺栓正式栓固施工流程及檢查

■ 接合面狀態的檢核

- 高強度螺栓在栓固之前，應檢查是否有滿足接合面狀態。對於會產生降低接觸面的摩擦效果原因的異常物質，應予以除去。組立應以臨時栓固用的螺栓，使螺栓接合部完全密著。構材間3mm以上縫隙的場合應以墊片插入。

■ 手栓固

- 臨時螺栓以外的螺栓孔塞入螺栓後，以板手全力以手栓固之。此時應注意墊片的位置不可使其偏於一邊。

■ 中期栓固(70%~80% 栓固)

- 整個螺栓群固的場合，由於已栓固好的螺栓的張力，會因其他螺栓的栓固所引起的構材反力等原因而受到影響，因此宜對全體螺栓分兩次予以栓固，以賦予全體螺栓均等的張力。
- 螺栓的栓固順序由中央部分向端部栓固以減少軸力之間的偏差，中間栓固完成後應做確認記號，以防止因疏忽導致某些螺栓忘了栓固。

■ 第2次100% 栓固作業

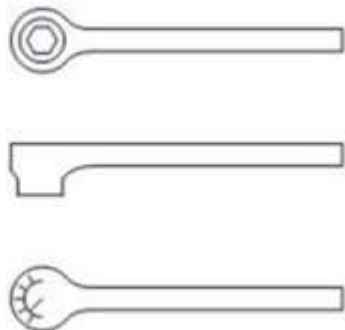
高強度螺栓正式栓固施工流程及檢查

■ 栓固轉矩檢查

- 栓固作業完成後緊接著要以轉矩板手進行檢查
- 檢查方法以轉矩板手套於螺帽上栓固之，於螺帽開始迴轉之瞬間讀取轉矩值。檢查的數量，以視實際情況的需要、在允許的情況下可以增減檢查的數量
- 檢查合格之依據以所訂的栓固轉矩扭力值之範圍間為合格標準

機械性質	N-軸力值 kgf			
	M16	M20	M22	M24
JIS B 1186 F10T	9870~13400	15400~20900	19100~25900	22200~30100
	T-轉矩扭力值 kgf-M ($T = (KdN) * 1000$)			
	M16	M20	M22	M24
K=0.11	17.4 ~ 23.6	33.9 ~ 46.0	46.2 ~ 62.7	58.6 ~ 79.5
K=0.13	20.5 ~ 27.9	40.0 ~ 54.3	54.6 ~ 74.1	69.3 ~ 93.9
K=0.15	23.7 ~ 32.2	46.2 ~ 62.7	63.0 ~ 85.5	79.9 ~ 108.4

校正扭力板手法



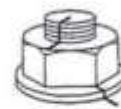
螺帽旋轉法



沒鎖緊
在補鎖緊



超鎖緊
更換螺組重鎖



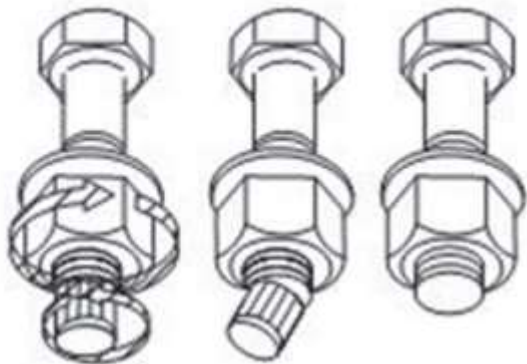
螺栓同轉
更換螺組重鎖



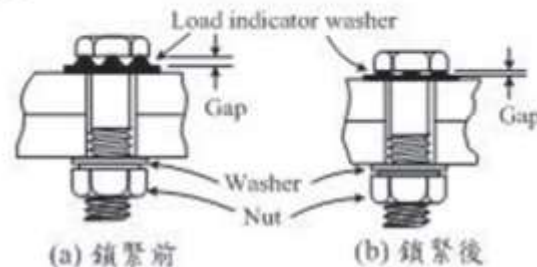
$120^{\circ} \pm 30^{\circ}$

正常

扭矩控制螺栓(斷尾螺栓)



可壓縮式墊圈-直接張力指示器



資料來源：台化公司工務部

扭力板手法

使用校正過、可顯示所施加扭力大小的扳手，鎖緊至預定扭力值。

螺帽旋轉法

1. 先將螺栓鎖至密接 (snug tight) 狀態，並做一記號劃過螺頭、墊圈及鋼板以為基準。
2. 使用扳手旋緊螺帽達到 $120 \pm 30^\circ$ ，藉以控制密合度。

斷尾螺栓法

1. 初栓後以專用電動螺絲旋緊槍，將螺栓旋緊至特殊設計之螺栓尾端扭斷為止。
2. 扭斷後斷面補以表面防鏽處理。

直接張力指示器法

1. 使用低於螺栓硬度、具有局部突起的墊圈，鎖緊過程中遭擠壓逐漸變形，以變形量判斷螺栓達所需之預拉力。
2. 需配合縫隙寬度規 (feeler gage) 使用，判定密合度。

高強度螺栓之安裝與檢驗 — 鋼結構規範

「扭力扳手法」安裝前之驗證試驗

1. 試驗應於**當日**螺栓鎖固工作安裝前執行。
2. 試驗取樣以**每一直徑、強度及批號**之螺栓組進行分類，每一類試體**至少取3個螺栓組**進行試驗。
3. 試驗結果應確認此鎖緊方法，可發展出驗證試驗所需之應力，且建立施工時之扭力標準並據以施工。



「扭力扳手法」高強度螺栓螺栓鎖固後之檢驗

1. 完成鎖固後，應由第一次鎖緊後標記之參考線進行目視檢驗，檢查墊圈是否旋轉、螺帽旋轉量是否異常。
2. 目視檢驗如發現螺栓組旋轉量明顯不足時，可採扭力扳手再次鎖固，鎖固完成後並應確認其扭力值是否合乎標準。
3. 除目視檢驗外，另應以扭力扳手確認螺栓組鎖固後之扭力值是否合乎要求，無法符合則應更換該螺栓組。
4. 針對每一螺栓組群，若有任一螺栓組須更換，於該螺栓組更換並鎖固完成後，該群所有的螺栓組，均應再次檢查並確認其扭力值。



「扭力扳手法」高強度螺栓鎖固方法抽驗

1. 採扭力扳手法時進行目視檢驗。
2. 進行扭力確認檢驗，扭力確認檢驗之檢驗頻率至少為螺栓組數量之10%，且每五個梁柱接頭至少抽檢一處，每處則至少抽驗三個螺栓組。
3. 扭力確認檢驗，應於螺栓鎖固後三日內及接頭電鍍前完成。



「螺帽旋轉法」安裝前之驗證試驗

1. 試驗應於**每節(區)次**螺栓安裝前執行。
2. 試驗取樣以**每一長度、直徑及強度之螺栓組**進行分類，**每一類試體至少取3個螺栓組**進行試驗。
3. 試驗結果應確認此鎖緊方法可發展出驗證所需之應力。
試驗應包含建立施工時之扭力標準，包含鎖至緊貼狀態及鎖至需要之旋轉角度時對應之扭力值。
4. 未達驗證試驗所需之應力，必須在現場安裝前，找出原因及解決方法後，重新進行試驗。



「螺帽旋轉法」高強度螺栓螺栓鎖固後之檢驗

1. 完成鎖固後，應由第一次鎖緊後標記之參考線，進行日視檢驗，檢查墊圈是否旋轉、螺帽旋轉量是否異常。
2. 螺栓鎖固後，應檢查螺帽之旋轉量是否符合要求，若旋轉量過大應更換該螺栓組；若旋轉量不足時，則應鎖至要求之旋轉量，若無法鎖至要求之旋轉量時，應更換該螺栓組。



「螺帽旋轉法」高強度螺栓鎖固方法抽驗

1. 應進行目視檢驗，確認螺帽之旋轉量符合要求，其檢驗頻率至少為螺栓組數量之10%。
2. 每五個梁柱接頭至少抽檢一處，每處則至少抽驗三個螺栓組。上述檢驗應於接頭電鍍前完成。



「斷尾螺栓法」安裝前之驗證試驗

1. 試驗應於**每節(區)次**螺栓安裝前執行。
2. 試驗取樣以**每一直徑及強度之螺栓組**進行分類，**每一類試體至少取3個螺栓組試驗**。
3. 試驗結果應確認此鎖緊方法，可發展出驗證試驗所需之應力，若試驗結果螺栓斷尾時之預拉力無法滿足要求，則該分類表面狀況相似之螺栓組均不得使用。



「斷尾螺栓法」高強度螺栓螺栓鎖固後之檢驗

1. 進行**目視檢驗**，確認螺栓尾端已被扭斷，且螺栓必須垂直，螺帽或墊片則須緊貼接合面。
2. 發現未斷尾之螺栓，確認其仍保持垂直、無彎曲變形後，再次鎖緊，如仍無法鎖緊則應更換該螺栓組。
3. **另以扭力扳手**，**確認螺栓組鎖固後之扭力值是否合乎要求**，若無法符合則應更換該螺栓組。
4. 針對每一螺栓組群，若有任一螺栓組須更換，於該螺栓組更換並鎖固完成後，該群所有的螺栓組，均應再次檢查，並確認其扭力值。



「斷尾螺栓法」高強度螺栓鎖固方法抽驗

1. 應進行目視檢驗外，須另進行扭力確認檢驗，扭力確認檢驗之檢驗頻率，至少為螺栓組數量之2%。
2. 每十個梁柱接頭至少抽檢一處，每處則至少抽驗二個螺栓組。
3. 扭力確認檢驗，應於螺栓鎖固後三日內及接頭電銲前完成。



剪力釘

(一)、常用規格

(A)、ASTM A108

- 剪力釘日本也有規格JIS B 1189 ($f_y=235\text{Mpa}$)，但國內常用ASTM A108 ($f_y=345\text{Mpa}$)。

(二)、主要的國內供應商

春雨、高鋒螺絲、縉鼎螺絲、允大螺絲、高旺螺絲等。

剪力釘試驗

- (1)施工前，先試焊2只剪力釘，並將試焊完成之剪力釘彎曲 30° 後檢查有無焊接破裂。
- (2)施工後經目視檢查，並以1% 做錘擊彎曲試驗。若發現有焊接缺陷時，將與缺陷反向彎成 15° ，若該剪力釘檢驗合格，即將其留於彎後現狀。





tw.myblog.yahoo.com/drccc-jennyflower



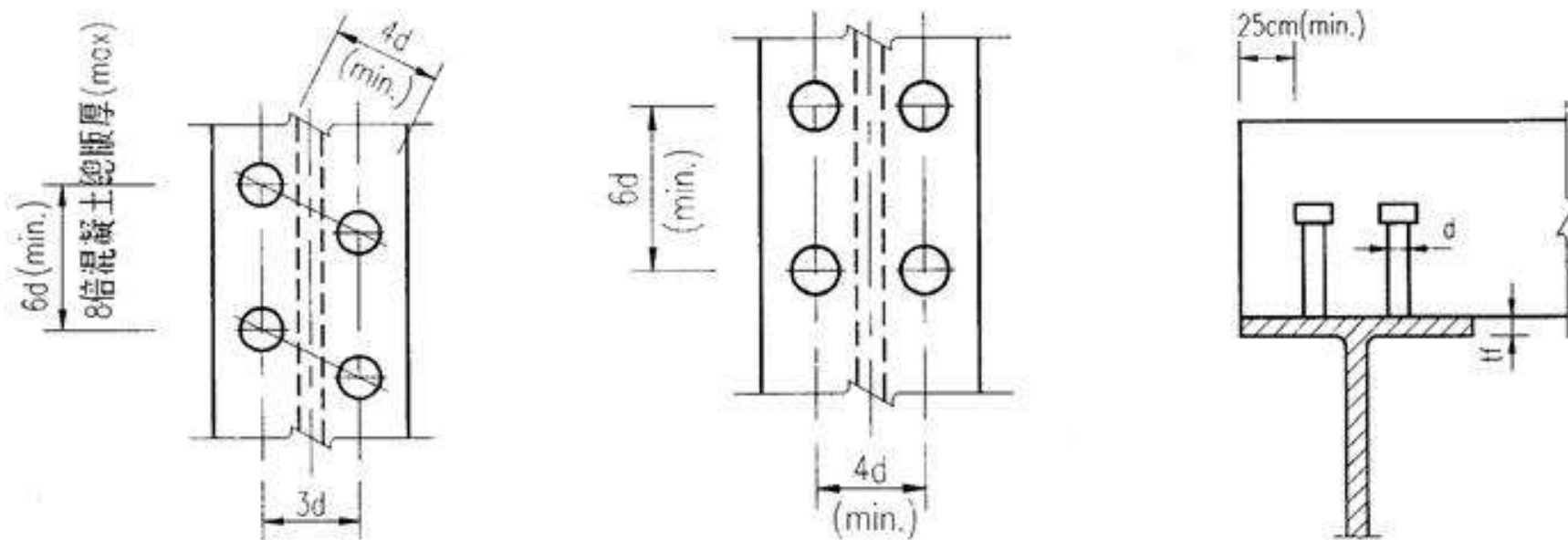
tw.myblog.yahoo.com/drccc-jennyflower



tw.myblog.yahoo.com/drccc-jennyflower



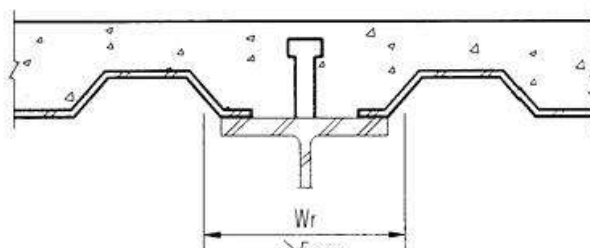
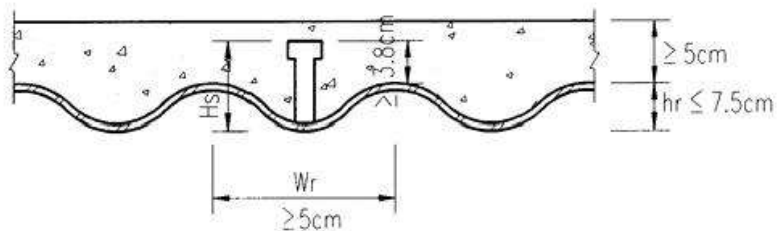
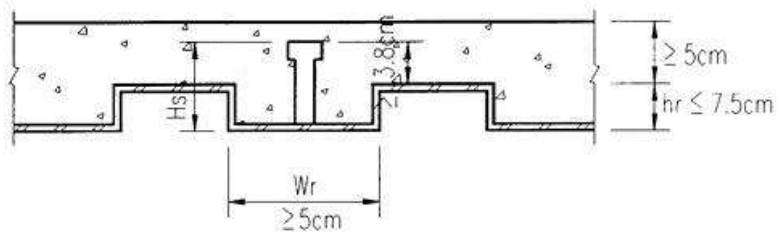
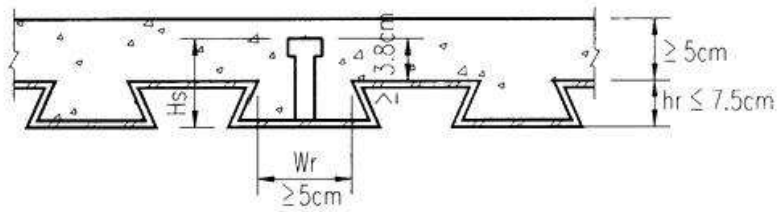
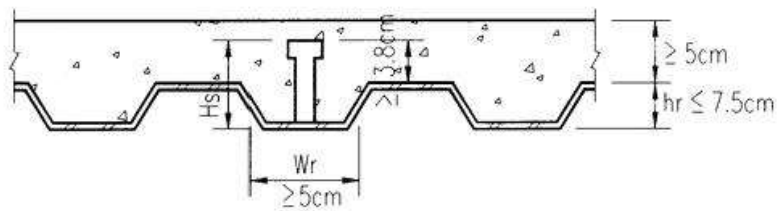
剪力釘安裝之間距



連接物配置圖



鋼承版與剪力釘間之尺寸限制



剪力釘



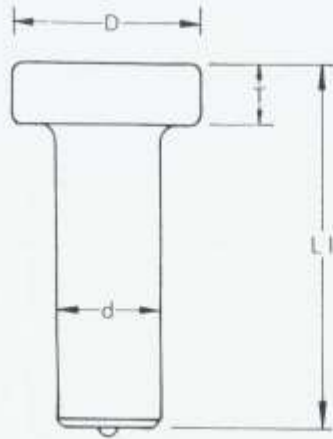
剪力釘標準施工程序

- (1) 將剪力釘裝入植鉚槍中再插入熔接處之熔接藥座陶瓷護罩內。
- (2) 扣下植鉚槍之扳機，剪力釘於放電之同時被提高。
- (3) 植鉚槍之壓縮氣體將剪力釘壓下，使其鑽入熔融之鋼液水中。
- (4) 待鋼液凝固後，取下植鉚槍並敲除陶瓷護罩。

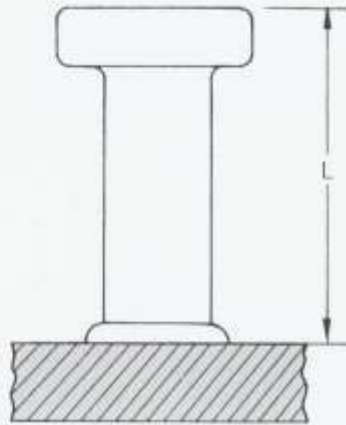


剪力釘

steel bolt

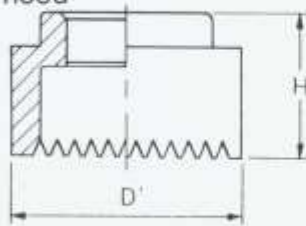


before welding

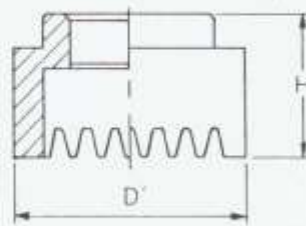


after welding

Protection hood



standard type



through type

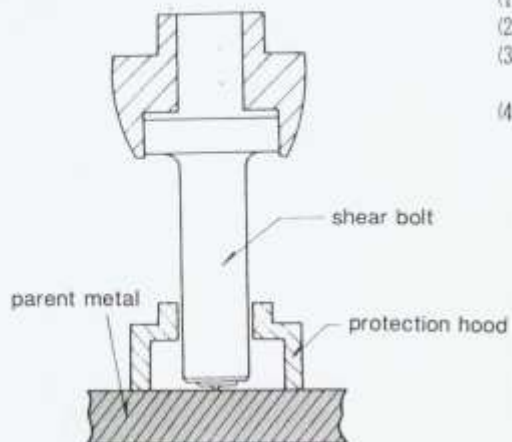


圖一 剪力釘植釘鉚

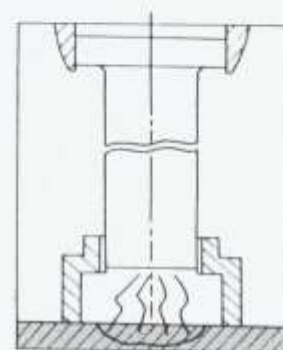
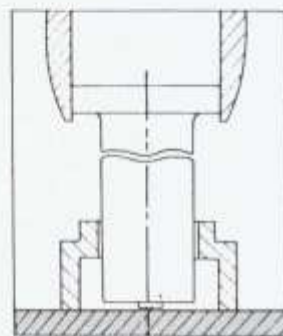
剪力釘

(一) Standard type

剪力釘植鐸標準型 — 直接將剪力釘鐸在母材上

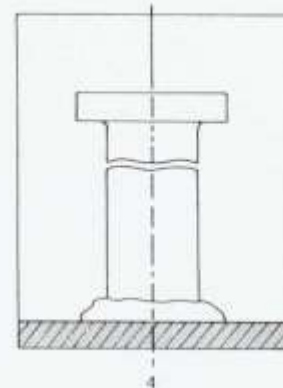
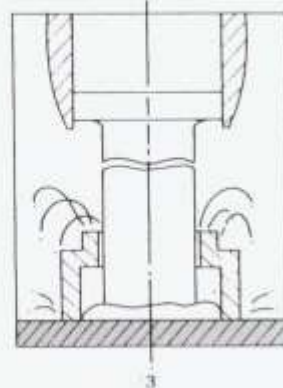
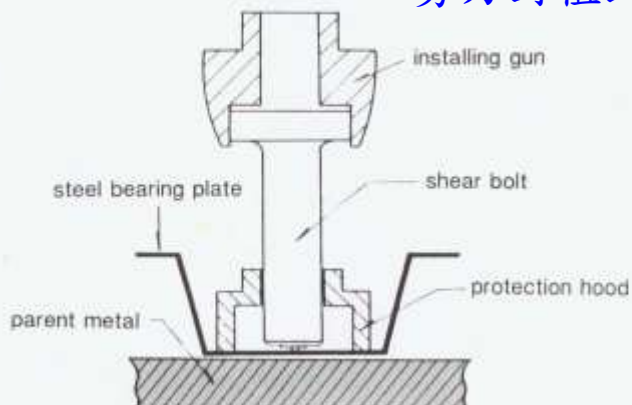


- (1) Load installing gun with shear bolt and put the gun into ceramic protection hood.
- (2) Pull the trigger and elevate the shear bolt with electric current applying simultaneously.
- (3) Compressing spring inside the installing gun will press shear bolt tightly downward to the molten steel fluid.
- (4) After the molten steel fluid cooling down, take out the installing gun, remove ceramic protection hood and complete the welding job.



(二) Through type

剪力釘植鐸貫穿型 — 穿過鋼承板將剪力釘鐸在母材

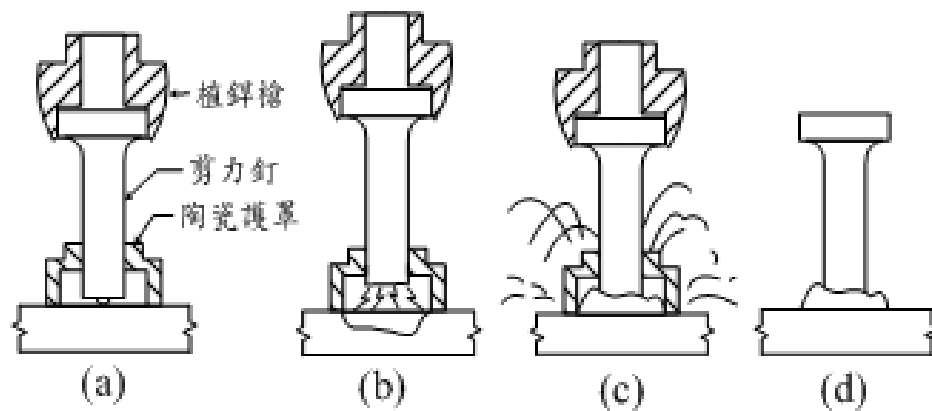


剪力釘施工前

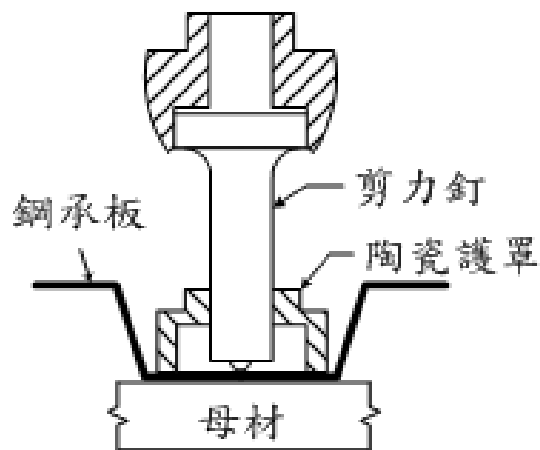
剪力釘放電之
同時被提高

壓下，使其鑽入
熔融之鋼液水中

取下植鉚槍並
敲除陶瓷護罩



圖二 標準型植釘鉚接步驟



圖三 貫穿型植釘鉚接



圖四 植釘完成後擴座狀況



鋼結構塗裝作業－鋼結構腐蝕照片



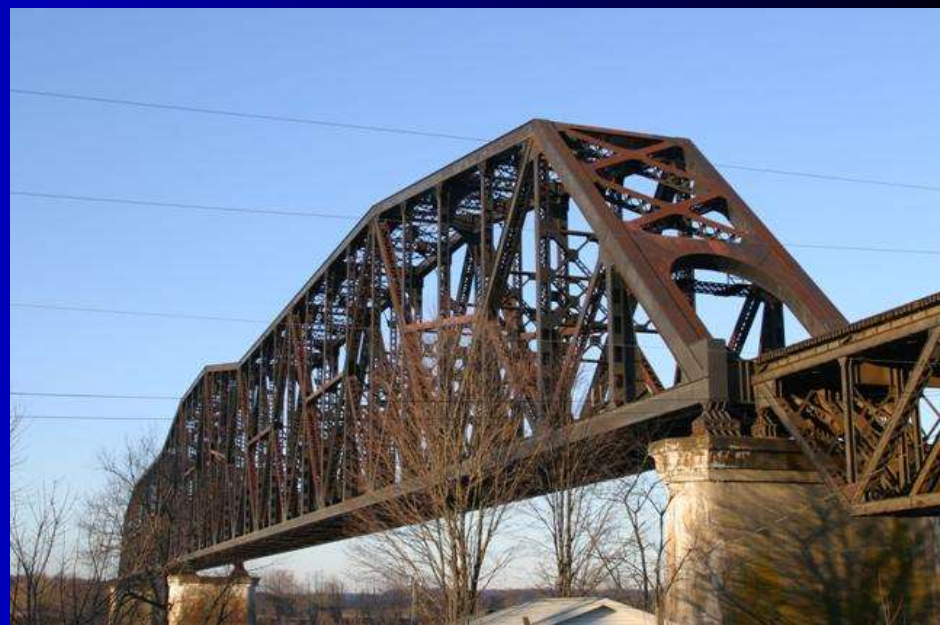
鋼梁表面塗膜劣化，孔蝕



螺栓腐蝕



鋼板嚴重腐蝕



鋼橋腐蝕

圖片來源：林曜滄技師

未表面處理前鋼材表面生銹程度分類

- **A級**：鋼材表面完全為氧化層所覆蓋，看不出有紅色鐵銹或出現極少量紅銹情況。
- **B級**：鋼材表面開始銹蝕，開始呈現鱗片形狀紅銹。
- **C級**：鋼材表面全面銹蝕，已完全看不出氧化層，以肉眼可以看出少量之孔蝕。
- **D級**：鋼材表面全面生銹，以肉眼可以看出大量之孔蝕



無生銹情況



鱗片形狀紅銹



少量之孔蝕



大量之孔蝕

未表面處理前鋼材表面生銹程度分類



Rust Grade A



Rust Grade B

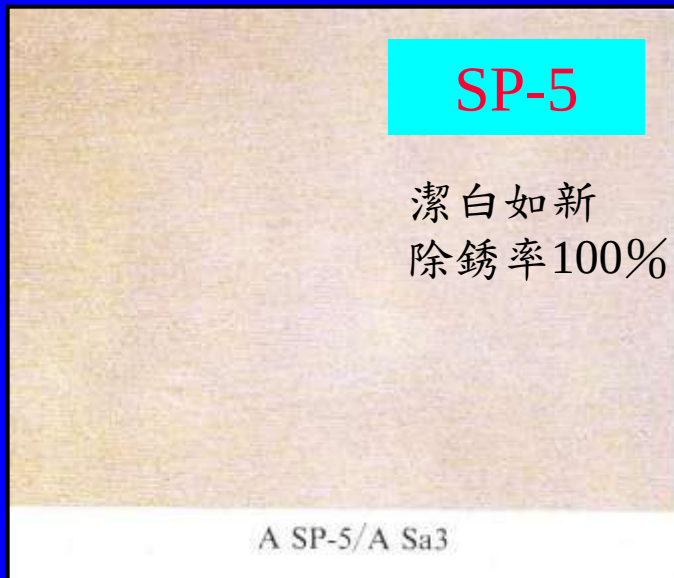
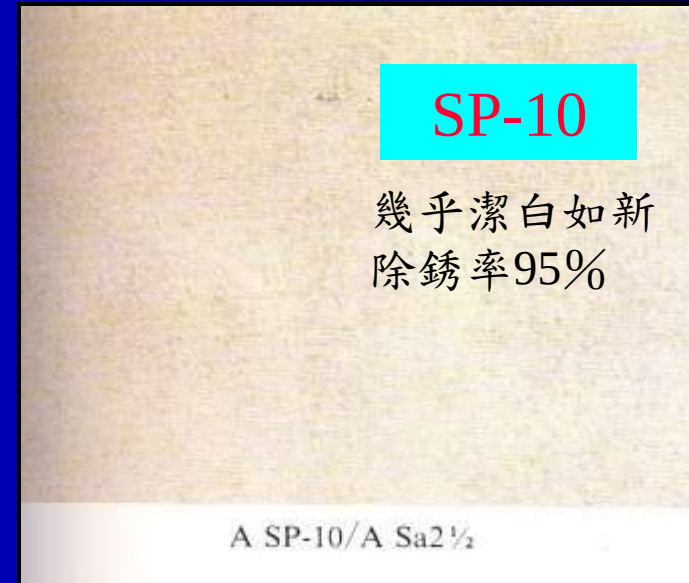


Rust Grade C

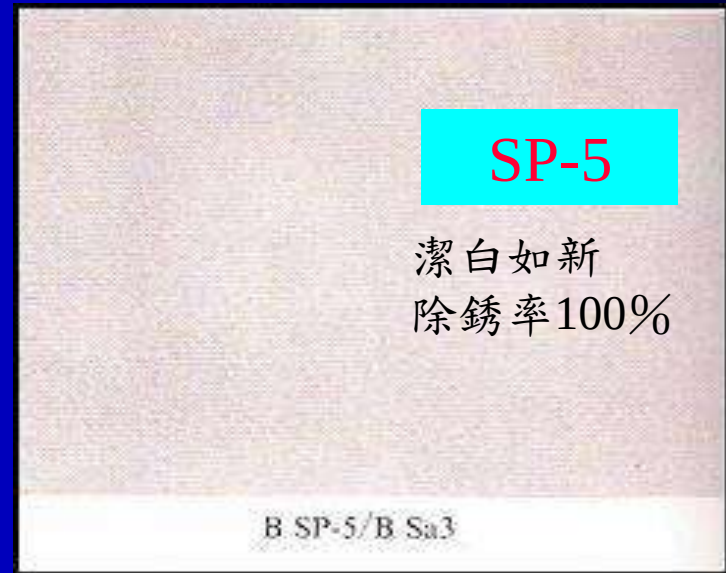
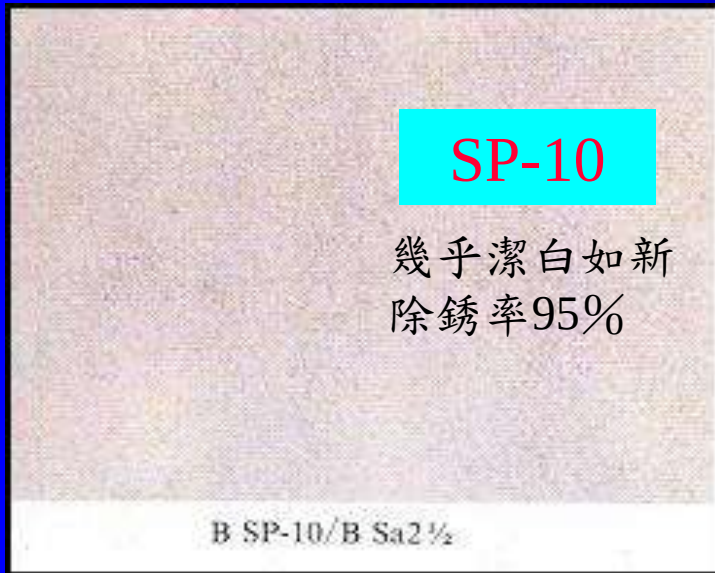
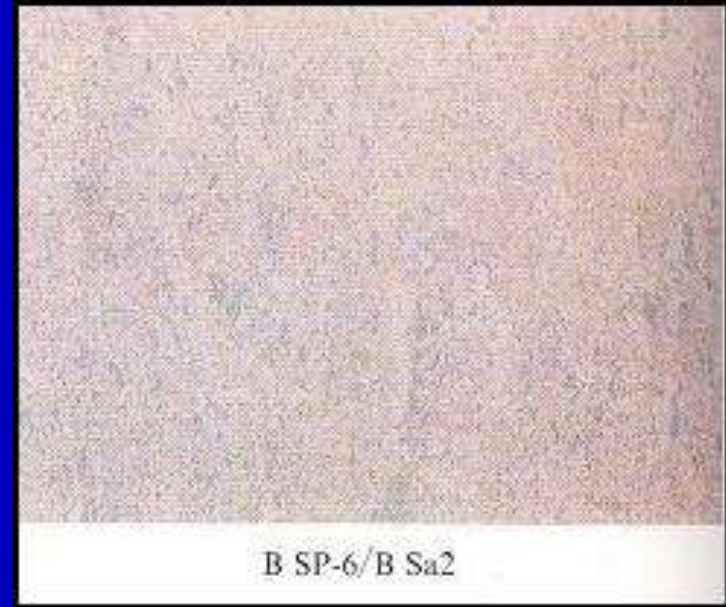
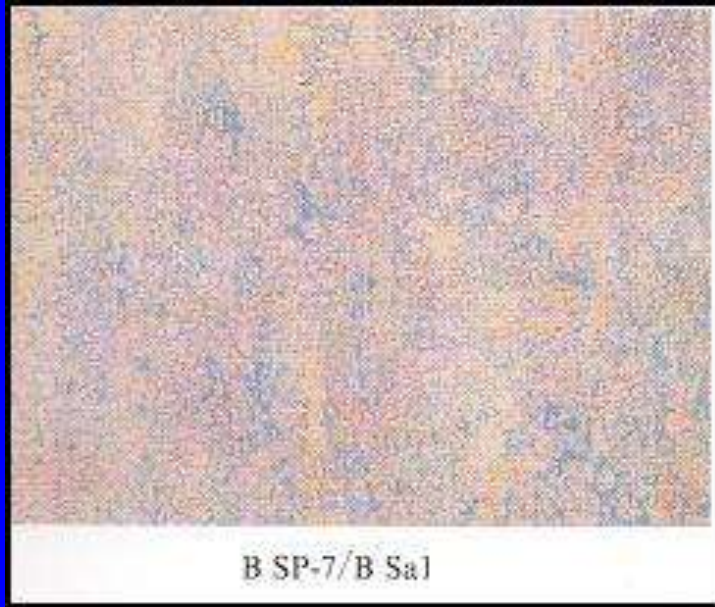


Rust Grade D

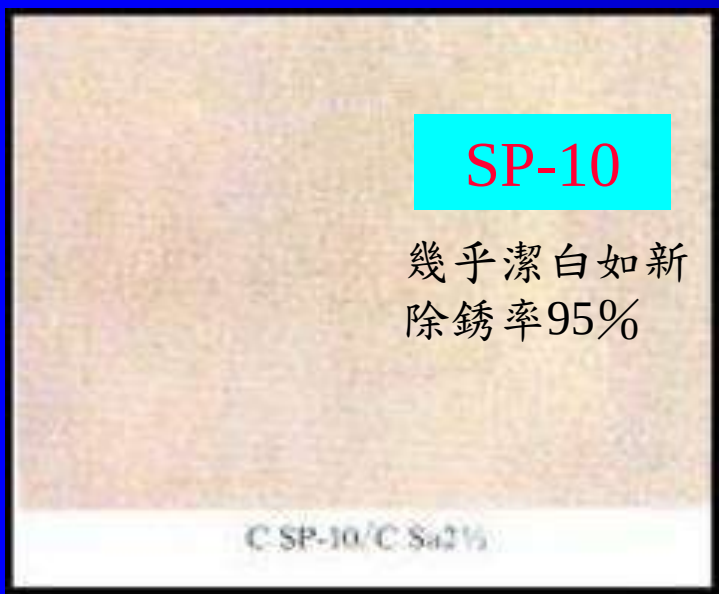
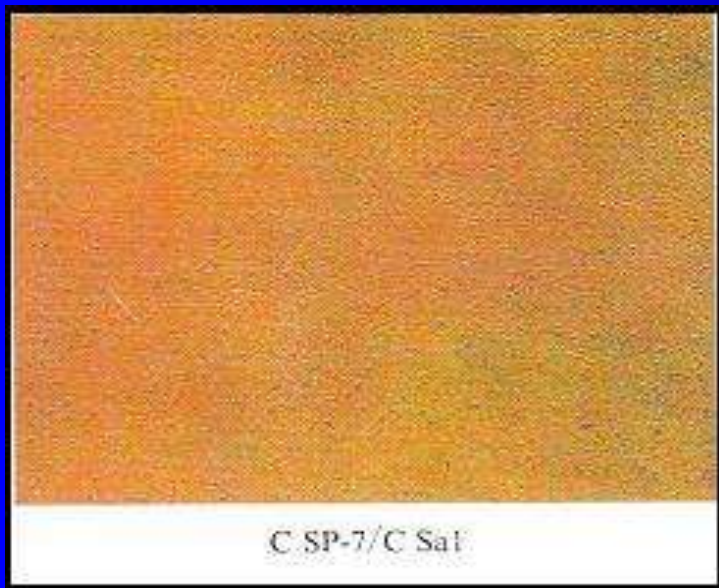
生銹程度A級- 噴砂處理後之標準



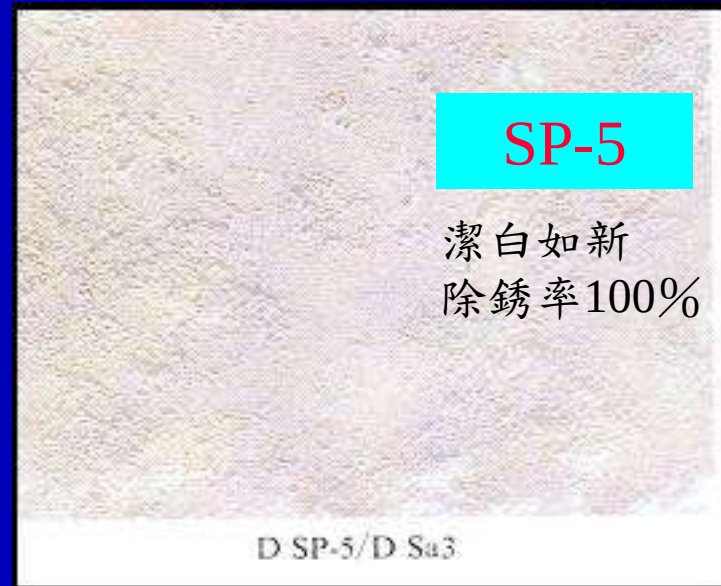
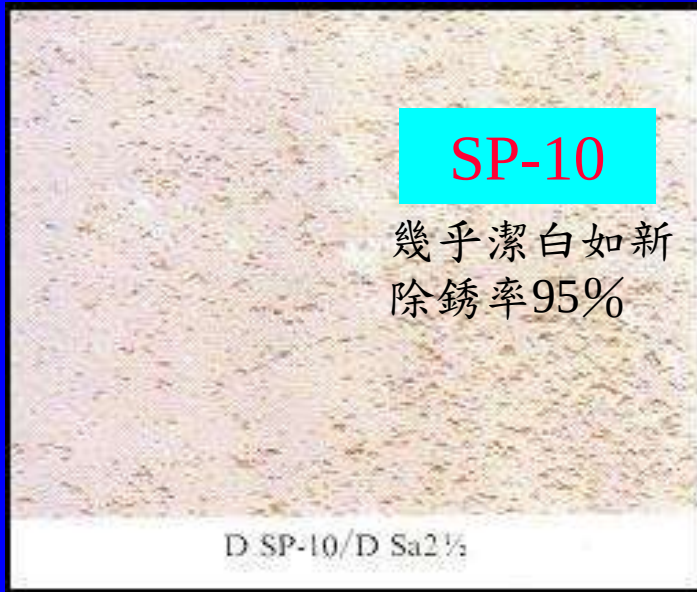
生銹程度B級- 噴砂處理後之標準



生銹程度C級- 噴砂處理後之標準



生銹程度D級- 噴砂處理後之標準



表面處理之影響

圖 1-影響漆膜壽命因素



表 1-表面處理度與塗膜壽命

表面處理方法與處理度			平均塗膜壽命
噴砂	Sa 2½		6.3 年
酸洗			4.6 年
手工具除鏽	St 2		1.2 年

表 3-表面處理方法與研材對表面粗度之影響

處理方法與研材種類		最大粒度	最大表面粗度 (Rmax)
噴	鋼砂(Grit) G-50	25 mesh	80 μm
	G-40	18 mesh	90 μm
	G-25	16 mesh	100 μm
	G-16	12 mesh	200 μm
	鋼珠(Shot) S-230	18 mesh	70 μm
	S-330	16 mesh	80 μm
砂	S-990	14 mesh	90 μm
	矽砂(Sand) 小	40 mesh	50 μm
	中	18 mesh	60 μm
	大	12 mesh	70 μm
電動砂輪(Disc Sander)			15 μm
酸洗(Pickling)			10 μm
黑皮鋼板面			5 μm

噴射壓力：80psi

噴射口徑：5/16

一般表面處理常用30~70 μm

表面處理標準分法：SSPC（美國）、SIS（瑞典）、NACE（美國）、BS、ISO（英國）、Australia（澳洲）

資料來源：蔡永岳 博士

塗裝－表面噴砂處理標準關係

★：常用

處理方法 Method	瑞典標準 SIS055900	美國標準 SSPC ★	英國標準 BS 4232	澳洲規範 Australia	附註
Hand Tool Cleaning	St 2	SP-2 ★		ASCK 9.7	手工具清潔
Power Tool Cleaning	St 3	SP-3 ★		ASCK 9.2	動力工具清潔
Brush-off blast Cleaning	Sa 1	SP-7		ASCK 9.4 1 st	(一般用在熱浸鍍 鋅後之表面處理 時)
Commercial blast Cleaning	Sa 2	SP-6	3 rd Quality	ASCK 9.4 2 nd	將鋼材表面之mill scale、銹與異物， 以噴砂除去2/3
Near White Metal blast Cleaning	Sa 2-1/2	SP-10 ★	2 nd Quality	ASCK 9.4 2-1/2	幾乎潔白如新 除銹率95%
White Metal blast Cleaning	Sa 3	SP-5 ★	1 st Quality	ASCK 9.4 3 rd	潔白如新 除銹率100%
Flame Cleaning		SP-4		ASCK 9.3	將鋼材表面之mill scale及銹以火焰完 全除去之
Pickling		SP-8		ASCK 9.5	將鋼材表面之mill scale及銹以酸洗完 全除去之
Weathering followed by blast Cleaning		SP-9			



環境腐蝕分類

資料來源：林曜滄技師

ISO環境分類：(量測碳鋼第一年腐蝕率 $\mu\text{m/y}$ ，作為腐蝕環境區分)

C1(輕微腐蝕環境)： $r_{\text{corr}} \leq 1.3$

C2(低度腐蝕環境)： $1.3 < r_{\text{corr}} \leq 25$

★ C3(中度腐蝕環境)： $25 < r_{\text{corr}} \leq 50$

★ C4(高度腐蝕環境)： $50 < r_{\text{corr}} \leq 80$

★ C5(嚴重腐蝕環境)： $80 < r_{\text{corr}} \leq 200$

★ C5+(惡劣腐蝕環境)： $200 < r_{\text{corr}}$

工業區或火力發電廠方圓10公里，環境分類應提高一個等級。

鋼材塗裝時，若鋼材表面溫度在 50°C 以上（氣溫約 32°C ）時，則不得進行塗裝作業



鋼構造物塗裝系統選用（參考）

資料來源：林曜滄技師

C1及C2(輕微及低度腐蝕環境) 塗裝系統(Total 110 μ m)

- 1.表面處理:高度噴砂處理至呈現近似白色金屬光澤達SSPC-SP-10。
- 2.底漆:環氧樹脂鋅粉底漆50 μ m，塗裝間隔8小時~12天。
- 3.第一道面漆:聚氨基甲酸脂面漆30 μ m，塗裝間隔6小時~5天。
- 4.第二道面漆:聚氨基甲酸脂面漆30 μ m。



鋼構造物塗裝系統選用（參考）

資料來源：林曜滄技師

C3(中度腐蝕環境)之塗裝系統(Total 135 μ m)

- 1.表面處理:高度噴砂處理至呈現近似白色金屬光澤達SSPC-SP-10。
- 2.底漆:無機鋅粉底漆75 μ m，塗裝間隔8小時~6個月。
- 3.中間粘層:伐銹底漆10 μ m，塗裝間隔2小時~1天。
- 4.第一道面漆:氟樹脂系面漆25 μ m，塗裝間隔6小時~5天。
- 5.第二道面漆:氟樹脂系面漆，25 μ m。



鋼構造物塗裝系統選用（參考）

資料來源：林曜滄技師

C4(高度腐蝕環境)之塗裝系統 (Total 220 μ m)

- 1.表面處理:高度噴砂處理至呈現近似白色金屬光澤達SSPC-SP-10。
- 2.底漆:無機鋅粉底漆75 μ m，塗裝間隔8小時~6個月。
- 3.中間粘層:伐銹底漆10 μ m，塗裝間隔2小時~1天
- 4.中塗漆:環氧樹脂MIO中塗漆75 μ m，塗裝間隔8小時~6個月。
- 5.第一道面漆:聚氨基甲酸脂面漆30 μ m，塗裝間隔6小時~5天。
- 6.第二道面漆:聚氨基甲酸脂面漆30 μ m。



鋼構造物塗裝系統選用（參考）

資料來源：林曜滄技師

C5& C5+(嚴重&惡劣腐蝕環境)之塗裝系統

(Total 210 μ m)

- 1.表面處理:高度噴砂處理至呈現近似白色金屬光澤達SSPC-SP-10。
- 2.底漆:無機鋅粉底漆75 μ m，塗裝間隔8小時~6個月
- 3.中間粘層 :伐銹底漆10 μ m，塗裝間隔2小時~1天。
- 4.中塗漆:環氧樹脂MIO底漆75 μ m，塗裝間隔8小時~6個月。
- 5.第一道面漆:氟樹脂系面漆25 μ m，塗裝間隔6小時~5天。
- 6.第二道面漆:氟樹脂系面漆25 μ m。



塗裝工程實例（參考）

資料來源：林曜滄技師

- 1.組立前處理:表面處理，噴砂除銹至SSPC-PC-10，
表面粗度 $25\sim 75\mu\text{m}$ 。
- 2.防銹底漆(預塗)：無機鋅粉底漆 $15\mu\text{m}$ 。
- 3.表面處理:噴砂除銹至SSPC-PC-10。
- 4.底漆:厚塗型無機鋅粉底漆 $75\mu\text{m}$ 。
- 5.中間粘層：(封孔)
- 6.底漆:環氧樹脂底漆 $50\mu\text{m}$ 。
- 7.中塗漆：環氧樹脂MIO中塗漆 $60\mu\text{m}$ 。
- 8.局部損壞補漆(依工廠塗裝步驟進行)。
- 9.第一道面漆:聚氨基甲酸脂面漆 $30\mu\text{m}$ 。
- 10.第二道面漆:聚氨基甲酸脂面漆 $30\mu\text{m}$ 。

表面處理



無機鋅粉底漆噴塗



中間粘層及環氧樹脂底漆噴塗



環氧樹脂MIO中塗漆噴塗



二道PU面漆噴塗



圖片來源：林曜滄技師

塗料及表面處理之適用性

表面處理方法與處理度 塗料區別	噴 砂			酸 洗	電 動 工 具		手工具
	SIS Sa2	SIS Sa21/2	SIS Sa3		SIS St2	SIS St3	SIS St1
	SSPC SP-6	SSPC SP-10	SSPC SP-5	SSPC SP-8	SSPC SP-2	SSPC SP-3	SSPC SP-2
油性樹脂塗料	○	○	○	○	○－△	○	△
氯化橡膠塗料	○	○	○	○	△	○	×
聚氯乙烯塗料	○	○	○	○	×	△－×	×
環氧樹脂塗料	○	○	○	○	×	△	×
聚氨基甲酸酯塗料	○	○	○	○	×	△	×
伐銹底漆	○	○	○	○	×	△	×
有機鋅粉底漆	○－△	○	○	○－△	△	△	△
無機矽鋅粉底漆	×	△－○	○	×	×	×	×
苯酚樹脂塗料素	○	○	○	○	○	○	△
氟素樹脂塗料	○	○	○	○	△	○	×

防銹底漆之種類與適用環境

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 K 2059 第1種	○	—	—	—
紅丹底漆	CNS K 2020 第1種	○	—	—	—
一氧化二鉛防銹底漆	CNS K 2060 第1種，第2種	○	—	—	—
氯化橡膠鋅鉻黃鉛紅防銹漆	CNS K 2068 第1種，第2種	○	—	—	—
氰氨化鉛防銹底漆	JIS K 5625 第1種，第2種	○	—	—	—
鋅鉻黃防銹底漆	CNS K 2021 A, B	—	—	—	—
紅丹底漆	CNS K 2020 第2種	○	—	—	—
氯化橡膠防銹底漆	CNS K 2066			○	○
環氧樹脂底漆	CNS K 2089 第1種	—	—	○	○
環氧樹脂底漆厚塗型	參考JASS 18M-106	—	—	○	○
有機鋅粉底漆	CNS K 2087	—	—	○	—
無機鋅粉底漆	CNS K 2088	—	—	○	—
	CNS K 2085 長曝型	—	—	○	—
	CNS K 2085 短曝型	—	○	—	○

各種塗料之性能評鑑（不含底漆）

塗料系統	施工性	乾燥性	耐候性	耐酸性	耐鹼性	耐水性	厚塗性	價格	評鑑
油性樹脂塗料	◎	×	○	×	×	○	×	◎	○
氯化橡膠塗料	◎	◎	○	◎	○	○	◎	○	◎(推荐)
聚氯乙烯塗料	○	◎	○	◎	◎	○	△	△	○
環氧樹脂塗料	○	○	△	◎	◎	◎	◎	△	◎(推荐)
聚氨基甲酯脂樹脂塗料	○	○	◎	○	○	◎	△	○	◎(推荐)
苯酚樹脂塗料	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○
硝化纖維塗料	×	◎	○	△	△	○	×	○	△
伐銹底漆	採用時機參考「塗料及表面處理之適用性」								不評鑑
有機鋅粉底漆									不評鑑
無機矽鋅粉底漆									不評鑑
氟素樹脂塗料	○	○	◎	○	○	◎	△	×	◎

不同塗料間之相合性

上塗塗料 底塗塗料	油性樹脂塗料	氯化橡膠塗料	聚氯乙烯塗料	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	○	○	△	×	×	○	×	×
聚氯乙烯塗料	○	○	○	×	×	△	×	×
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	×	△-○	△-○	○	×	△-○	×	○



鍍鋅表面塗裝系統選用（參考）

資料來源：林曜滄技師

C1及C2(輕微及低度腐蝕環境) 塗裝系統

1. 表面處理: 附著於表面之塵埃、污泥、油漬以溶劑或清潔劑擦淨，並採SSPC-SP-7輕度噴砂處理。
2. 底漆: 環氧樹脂合金底漆 $20\mu\text{m}$ ，塗裝間隔8小時~7天。
3. 面漆: 聚氨基甲酸脂面漆 $35\mu\text{m}$ 。



鍍鋅表面塗裝系統選用（參考）

資料來源：林曜滄技師

C3(中度腐蝕環境)之塗裝系統

- 1.表面處理：附著於表面之塵埃、污泥、油漬以溶劑或清潔劑擦淨，並採SSPC-SP-7輕度噴砂處理。
- 2.底漆：環氧樹脂合金底漆 $20\mu\text{m}$ ，塗裝間隔8小時~7天。
- 3.面漆：氟樹脂系面漆 $25\mu\text{m}$ 。



鍍鋅表面塗裝系統選用（參考）

資料來源：林曜滄技師

C4(高度腐蝕環境)之塗裝系統

- 1.表面處理：附著於表面之塵埃、污泥、油漬以溶劑或清潔劑擦淨，並採SSPC-SP-7輕度噴砂處理。
- 2.底漆：環氧樹脂合金底漆20 μm ，塗裝間隔8小時~7天。
- 3.第一道面漆：氟樹脂系面漆25 μm ，塗裝間隔6小時~5天。
4. 第二道面漆：氟樹脂系面漆25 μm 。



鍍鋅表面塗裝系統選用（參考）

資料來源：林曜滄技師

C5& C5+(嚴重&惡劣腐蝕環境)之塗裝系統

- 1.表面處理：附著於表面之塵埃、污泥、油漬以溶劑或清潔劑擦淨，並採SSPC-SP-7輕度噴砂處理
- 2.底漆：環氧樹脂合金底漆 $20\mu\text{m}$ ，塗裝間隔8小時~7天。
- 3.中塗漆：環氧樹脂MIO中塗漆 $50\mu\text{m}$ ，塗裝間隔8小時~6個月。
- 4.第一道面漆：氟樹脂系面漆 $25\mu\text{m}$ ，塗裝間隔6小時~5天。
- 5.第二道面漆：氟樹脂系面漆 $25\mu\text{m}$ 。

鋼結構看不見的可怕危害

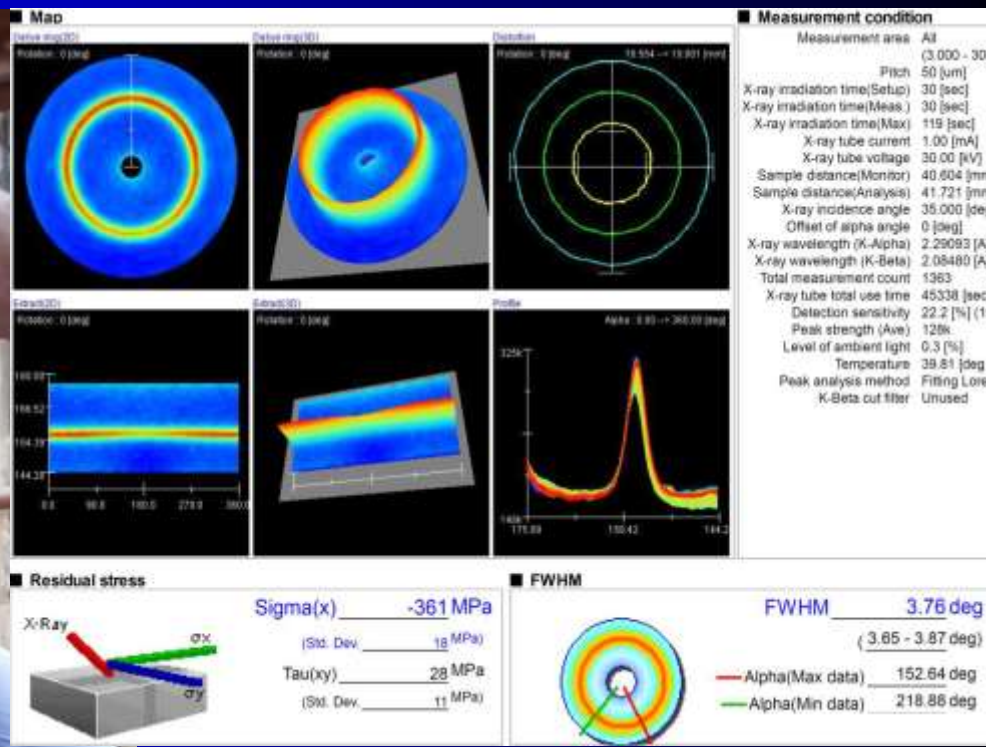
鋼板施工過程的熱軋、熱軋後的空冷、切割、銲接、鑽孔、矯直、熱整、噴砂、組裝等製程。導入不一樣型態的殘留應力，包括熱應力、收縮應力、加工應力...等。對鋼結構產生程度不同的傷害。最可怕看不見的危害是：

- ①組立後發生的變形(殘留應力)
- ②銲接變形與龜裂
- ③構件腐蝕行為
- ④延展性、抗拉強度與耐疲勞性的降低而導致的意外。

鋼結構看不見的危害

無法有效的追蹤與控管 — ①殘留應力

殘留應力的量測與分析 — X光應力量測儀



以X光進行現場之殘留應力量測

X光量測殘留應力之結果

資料來源：吳威德教授

鋼結構看不見的危害

無法有效的追蹤與控管－ ①殘留應力



以振動方式消除鋼結構件之殘留應力

資料來源：吳威德教授

鋼結構看不見的危害

無法有效的追蹤與控管－②銲接變形

1. 「減少過量之銲接」：在銲接接合強度滿足之條件下，不做過量之銲接。
2. 「減少銲道之層數」：銲道之收縮變形隨銲道之層數而累積，必要時採用號數較大銲條。
3. 「平衡銲道之收縮」：銲接前採用夾具固定母材，再採用對稱銲接以平衡銲道之收縮量。
4. 「銲接預熱與後熱」：預熱母材緩和母材熱影響區與其周圍金屬間之溫差，並加以後熱，減低冷卻速率。
5. 「縮短銲接時間」：縮短銲接時間，減低母材受熱膨脹之影響。

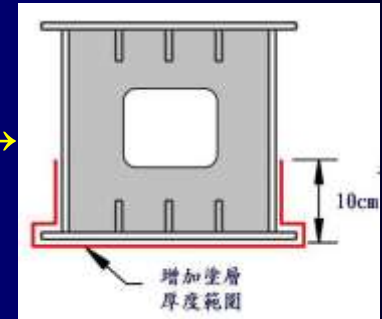
鋼結構看不見的危害

無法有效的追蹤與控管－ ③構件腐蝕行為

缺失態樣：橋下設計淨高不足



補救措施→



預防方法：設計時宜

- (1)採用高耐候性軋鋼料或
- (2)塗裝前鍍鋅可減緩腐蝕速率
(如CNS 4269、CNS 4620...)

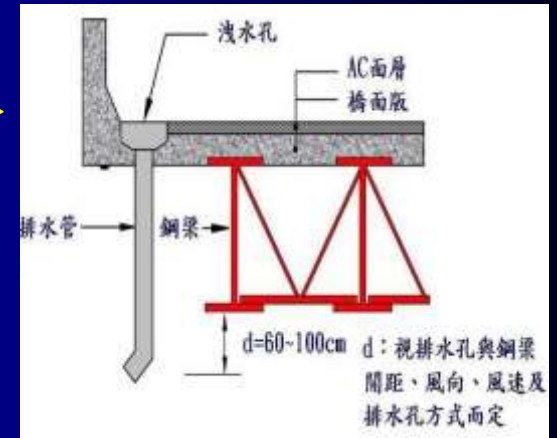


參考來源：李家順、延允中



缺失態樣：橋梁外側懸臂版洩水孔於設計時未適當延伸

補救措施→



預防方法：設計時宜考量

- (1)懸臂版延伸或
- (2)縮小翼板寬度



參考來源：李家順、延允中

缺失態樣：翼腹角隅為銳緣，油漆附著不易銹至母材 補救措施→電動工具表面處理至 SP3，塗裝手刷有機鋅粉底漆、環氧樹脂中塗漆、PU或氟素樹脂系面漆



預防方法：(1)無機鋅粉底漆宜留設1mm截角、(2)環氧鋅粉底漆宜留設2mm截角、(3)高汙染區宜留設3~4mm截(圓)角



缺失態樣：梁底通風不良，造成銹蝕問題 補救措施→改善通風條件，依規定除銹及補漆外，補漆時應增加梁底處中塗漆厚度，定期高壓水清洗維護。



預防方法：設計時盡量

- (1)提高梁底高度或，
- (2)鋼梁下翼板底面與外側腹板下緣部份及支承可增加塗膜厚度，或
- (3)採高耐大氣腐蝕鋼料。



參考來源：李家順、延允中

定期高壓水清洗維護

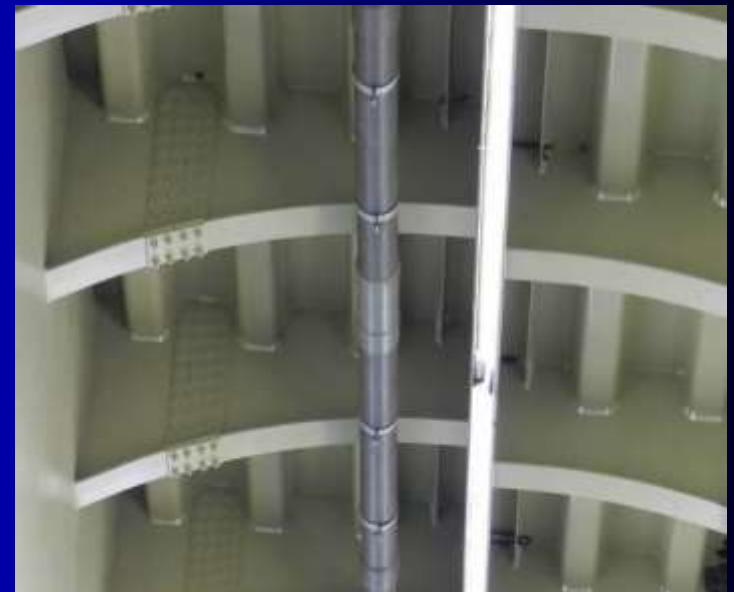
缺失態樣：任意附掛，電位差造成銹蝕（迦凡尼腐蝕） 補救措施→禁止附掛或可採高膜厚之PU 塗料產生高電阻方式阻絕，或是更換與鋼橋同成分之鋼料。



預防方法：

- (1)相連之金屬設施可採用與鋼橋相同化學組成之鋼料外，亦可
- (2)採用可避免不同金屬會直接接觸之設置方式，如塗裝或不導電材料隔開

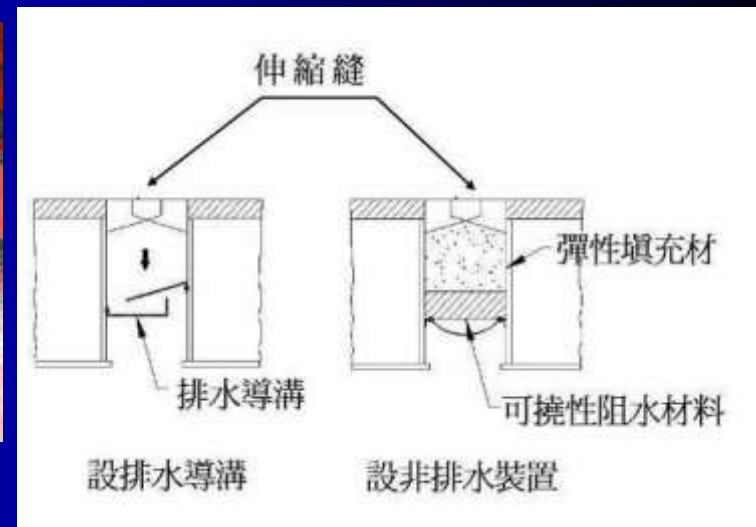
參考來源：李家順、延允中



缺失態樣：伸縮縫處洩水不當，造成支承銹蝕 補救措施→注意填縫料
是否有擠出掉落或缺損。



預防方法：伸縮縫應具有合適的排水設施，可(1)採用排水導溝方式，以
避免雨水會自伸縮縫滲流到鋼梁，(2)支承墊加裝防塵套。



缺失態樣：螺栓表面未確實去油脂，膜厚不足，扭斷型螺栓銳角未研磨



補救措施→螺栓以溶劑除油或電動鋼刷除銹後，塗裝方式除最後一道面漆外均須採人工塗刷



預防方法：螺栓表面確實去油脂，塗膜厚度符合，扭斷型螺栓研磨銳角

缺失態樣：吊耳切除處未確實除銹塗裝 補救措施→電動工具研磨，使之平順圓滑。除銹度為SP3，手刷有機鋅粉底漆 $1 \times 75 \mu\text{m}$ ，手刷環氧樹脂中塗漆 $3 \times 60 \mu\text{m}$ ，氟素樹脂面漆 $30 \mu\text{m} + 25 \mu\text{m}$ 。



預防方法：採氧氣乙炔切割，切斷位置不得損及構件表面，可預留距母材面3~5mm 高度後採電動砂輪機磨平，經研磨後逐道補漆。

參考來源：李家順、延允中



缺失態樣：人孔蓋導水設計不當 補救措施→於人孔周邊外側增設銲接截水環，並於截水環上方設外掀式蓋板，讓雨水無法滲入人孔



預防方法：人孔位置(1)改設於下翼板或腹板時，(2)除應考量對結構影響外，人孔開啟方式應採外掀式



缺失態樣：臨時支承與下翼板接觸點未設緩衝墊 補救措施→表面處理採電動工具，除銹度為SP3，塗裝系統第一道漆為有機鋅粉底漆 $1 \times 75 \mu\text{m}$ ，除最後一道面漆外，中塗漆及面漆分道以人工塗刷。



預防方法：鋼梁於鋼構廠完成塗裝後，所有吊運、存放、安裝與支撐應採不損及塗膜施工方式，支撐與構件間採非鋼質材料墊放，例如橡膠墊。

參考來源：李家順、延允中



缺失態樣：植物附著鋼構面使鋼構面經常為潮溼狀態，塗膜劣化致鋼材銹蝕 補救措施→依規定除銹及補漆外，補漆時應增加梁底處中塗漆厚度，橋梁定期做高壓水清洗維護。



預防方法：每年定期以低壓水清洗，至少於冬季（東北季風）結束後儘速辦理

參考來源：李家順、延允中



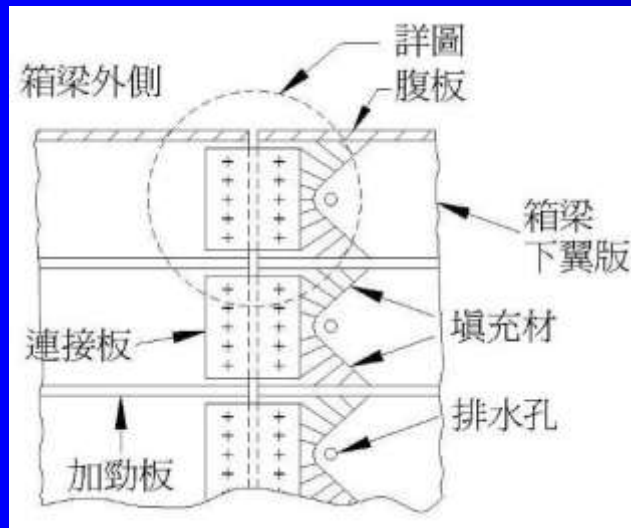
缺失態樣：構件與構件或構件與連接板間之縫隙所產生之間隙腐蝕



補救措施→銹蝕部份表面處理採電動工具，除銹度為SP3，塗裝系統為有機高鋅量鋅粉底漆 $1 \times 75 \mu\text{m}$ ，環氧樹脂中塗漆 $3 \times 60 \mu\text{m}$ ，氟素樹脂面漆 $55 \mu\text{m}$ ($30 \mu\text{m} + 25 \mu\text{m}$)，除最後一道面漆外，各道之塗膜均須採人工手刷

預防方法：

1. 構件塗裝系統應相同，且於鋼構廠內完成塗裝，連接板外露之端部考慮增加塗膜厚度。（右下圖）
2. 螺栓接合之各鋼板間應要充分平整與密接。箱梁下翼連接板邊緣設置止水填充材、前方設置排水孔。（左下圖）
3. 構件間隙以止水材料填縫阻絕水份，構件與連接板間隙於手工塗刷中塗漆及面漆時將間隙填滿。（右下圖）



箱梁下翼連接板邊緣設置止水填充材，並於前方設置排水孔



螺栓接合之各鋼板間應要充分平整與密接

缺失態樣：構件銲接處，特別是現場銲接位置，因採用手銲，銲道外觀不平整及周邊塗膜因銲接高溫劣化，施工時未依規定表面處理及補漆。



補救措施→銹蝕部份表面處理採電動工具，除銹度為SP3，不平整之銲道須磨順，塗裝系統為有機高鋅量鋅粉底漆 $1 \times 75 \mu\text{m}$ ，環氧樹脂中塗漆 $3 \times 60 \mu\text{m}$ ，氟素樹脂面漆 $55 \mu\text{m}(30 \mu\text{m} + 25 \mu\text{m})$ ，除最後一道面漆外，各道之塗膜均須採人工手刷。

預防方法：

銲道應符合目視檢查規定，工地銲接為達到平順之外觀，宜(1)採包藥銲FCAW，銲工具全姿勢銲接資格，銲接時應有防風設備，(2)構件噴砂後銲道位置除最後一道面漆外，均應採人工手刷才能達到均勻之膜厚。



缺失態樣：鋼構外面包覆造型建材，通風不易。裏面水氣不易消散，內部鋼構所產生之銹蝕無法檢視與維護 補救措施→(1)將外覆造型建材移除並辦理全面性塗膜劣化檢測或，(2)內部塗柏油漆350 μm 。



預防方法：

(1)設計時宜考量通風問題或，

(2)採用高耐候性軋鋼料。

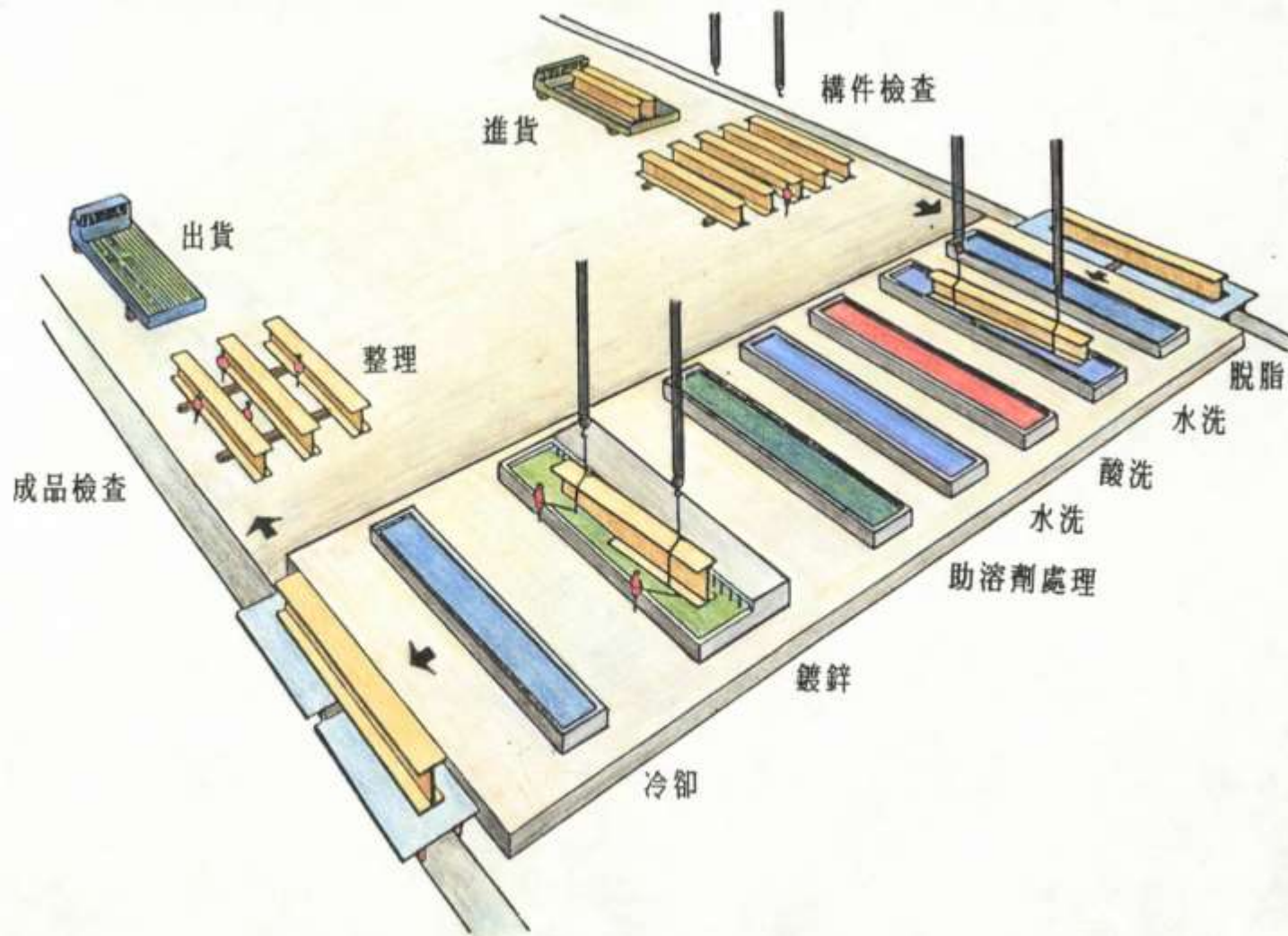


缺失態樣：鋼構面污損，未定期清洗：諸多附著物

預防方法：每年定期以低壓水清洗，至少於冬季（東北季風）結束後儘速辦理



參考來源：李家順、延允中



熱浸鍍鋅製程圖

熱浸鍍鋅的原理，將已清洗潔淨的鐵件，經由Flux 的潤濕作用，浸入鋅浴中，使鋼鐵與熔融鋅反應生成一合金化的皮膜。

熱浸鍍鋅鋼橋案例



放入鍍鋅槽角度 3° 取出鍍鋅槽角度 10° 液滴角度 25°





ASTM A123鋼鋅層厚度等級與附著量對應

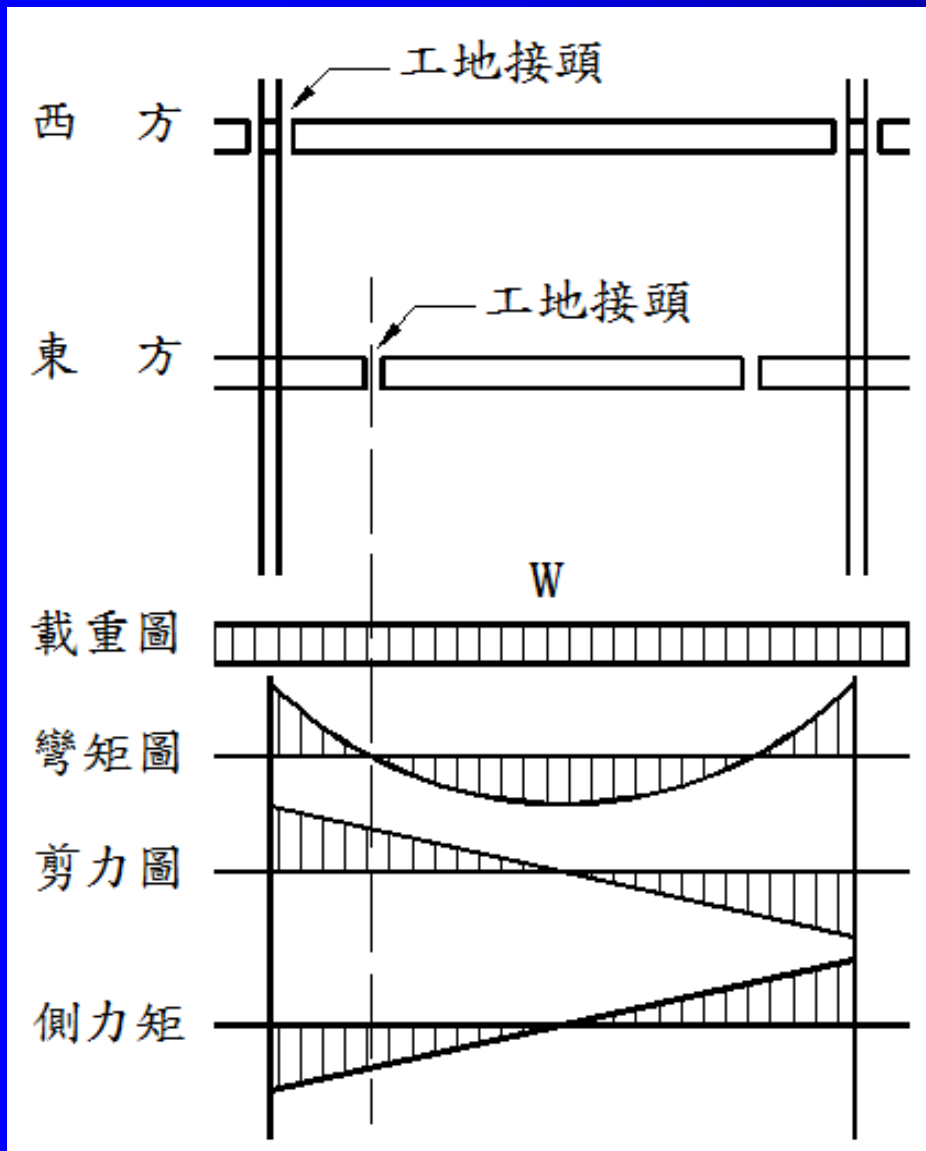
厚度等級	mils	oz/ft ²	μm	g/m ²
35	1.4	0.8	35	245
45	1.8	1.0	45	320
50	2.0	1.2	50	355
55	2.2	1.3	55	390
60	2.4	1.4	60	425
65	2.6	1.5	65	460
75	3.0	1.7	75	530
80	3.1	1.9	80	565
85	3.3	2.0	85	600
100	3.9	2.3	100	705







樑柱結合型式－東方與西方不同



資料來源：陳純森技師

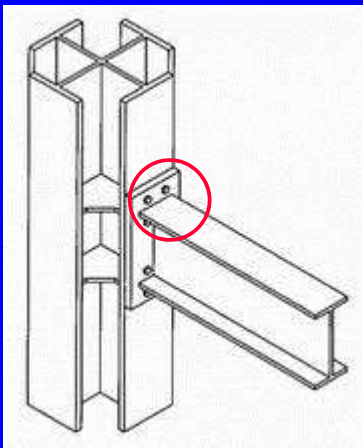
樑柱結合型式－東方



降低接頭處應力集中的現象，可有效改善傳統鋼結構常因地震力所導致在梁柱接頭內斷裂的情形，可提高結構物之安全性

資料來源：陳純森技師

樑柱結合型式－西方



資料來源：陳純森技師



East or West ?

你選東方或西方？

西方樑柱結合型式特點：

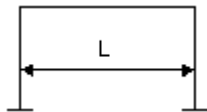
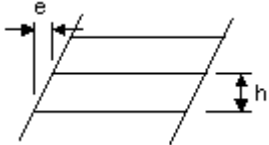
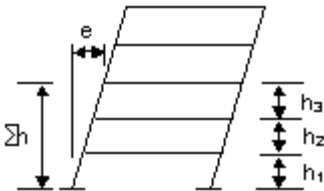
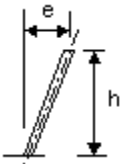
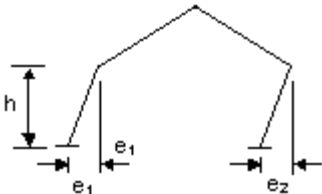
1. 樑一體成型，施工精度需求高。
2. 比較不符合力學原理。

東方樑柱結合型式特點：

1. 樑未能一體成型，施工精度需求較低。
2. 符合力學原理。

東方與西方樑柱結合型式，各有優缺點。

鋼結構安裝後的一般容許偏差

情況	簡圖	容許偏差
a. 鄰柱間距之偏差		$\pm 5 \text{ mm}$
b. 相鄰樓層間，柱之傾斜度		$e \leq 0.002h$
c. 多樓層柱之偏移度，由柱基面作垂直線至欲評估之樓層得柱之偏移度		$n = \text{樓層數目}$ $e \leq \frac{0.0035 \Sigma h}{n^{1/2}}$
d. 非門式框架之單層結構，柱之傾斜度(無吊機情況)		$e \leq 0.0035h$
e. 門式框架結構，柱之傾斜度(無吊機情況)		柱之傾斜度 $e_1, e_2 \leq 0.010h$ 框架之傾斜度 $\frac{e_1 + e_2}{2} \leq 0.002h$

註： 以上所規定之偏差值應以下列參考點考慮：

- 柱：考慮基面至任一樓面間柱之中心點時，不含任何之柱底板及頂板。
- 梁：考慮梁端上緣之中心點時，不含任何之端板。

防火被覆

防火被覆材可分為以下幾類：

防火板

如矽酸鈣板依型鋼尺寸裁製成形包覆，以達其隔熱之目的。

優點：其施工快速，並可直接取代部份隔間版材，無污染。

缺點：價格高昂，設計彈性很小。

防火塗料

利用塗料遇熱產生化學變化而膨脹至一定厚度，形成隔熱層。

優點：施工時污染性較小。

缺點：價格高昂。

噴覆式防火材料

以質地輕，隔熱性佳材料直接噴塗於鋼材表面，形成隔熱層。

優點：價格低、施工快、設計彈性大。

缺點：施工時污染性高。

防火毯

石棉、礦纖等毯狀成品包覆型鋼，以達其隔熱之效應。但是因為石棉纖維有害呼吸器官，此類材料已逐漸被淘汰了。

噴覆式防火材料主要組成成份如下：

隔熱材

如岩棉、礦纖、珍珠石、蛭石、人工合成輕骨材等隔熱性良好的材料。

黏著材

如水泥、石膏、膠水等，其用途在將隔熱材黏著於型鋼表面。

抗裂材

如玻纖、木纖等，其目的在防止防火材料的龜裂、脫落。一般以岩棉、礦纖為基底的材料不須此項；但是以蛭石、珍珠石為基底的材質，因抗裂性差，都必須添加；否則必須加鋼絲網以加強其抗裂性。

噴覆式防火材料依施工方式不同，可分為下列幾種：

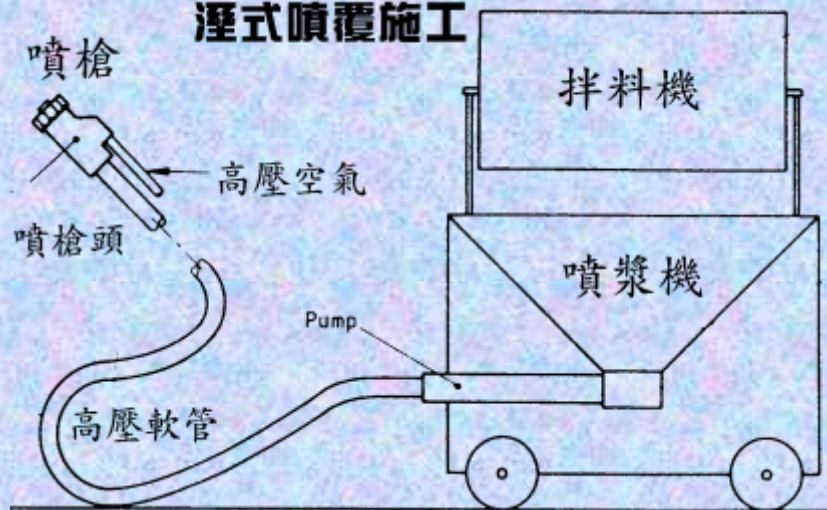
乾式〔已逐漸淘汰〕

材料至施工現場，直接倒入鼓風機中，經管線吹至噴槍口，會同另一高壓管線來的黏膠或水份混合後，噴覆至鋼材面。

濕式

單一包裝材料至工地現場，先在攪拌機中加水拌合均勻後，經由管線至噴槍噴出。

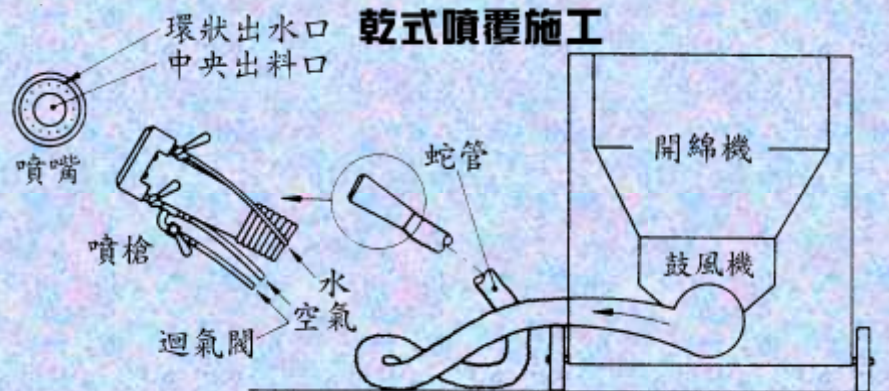
溼式噴覆施工

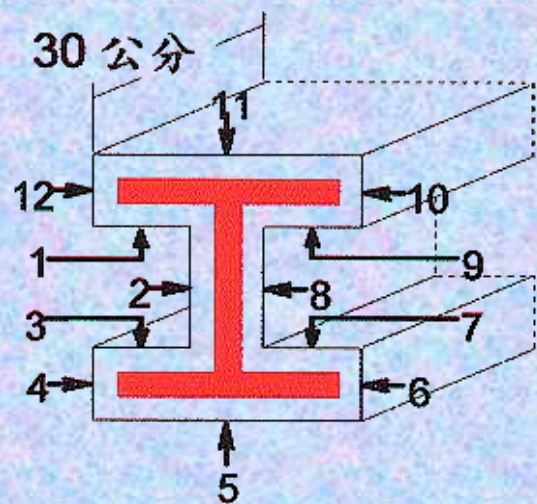
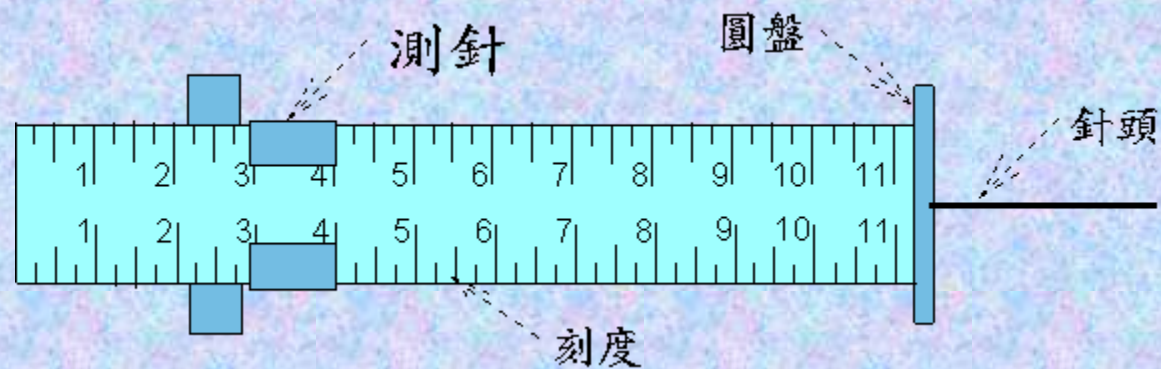


噴覆式防火機械



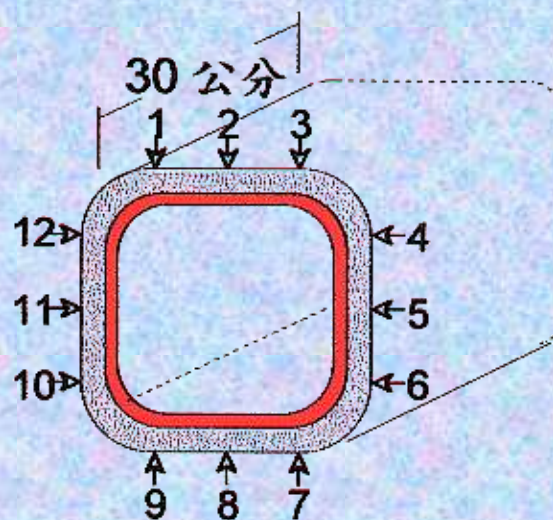
乾式噴覆施工



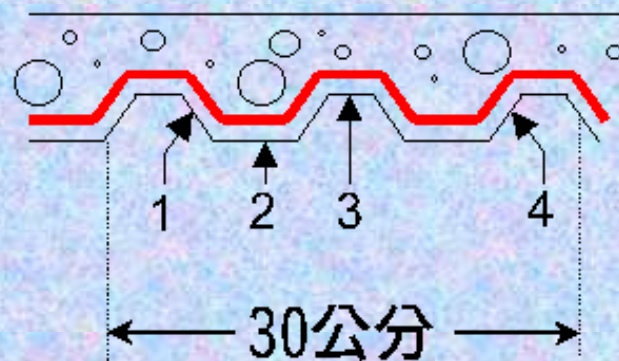


柱：1~12點

樑：1~9點

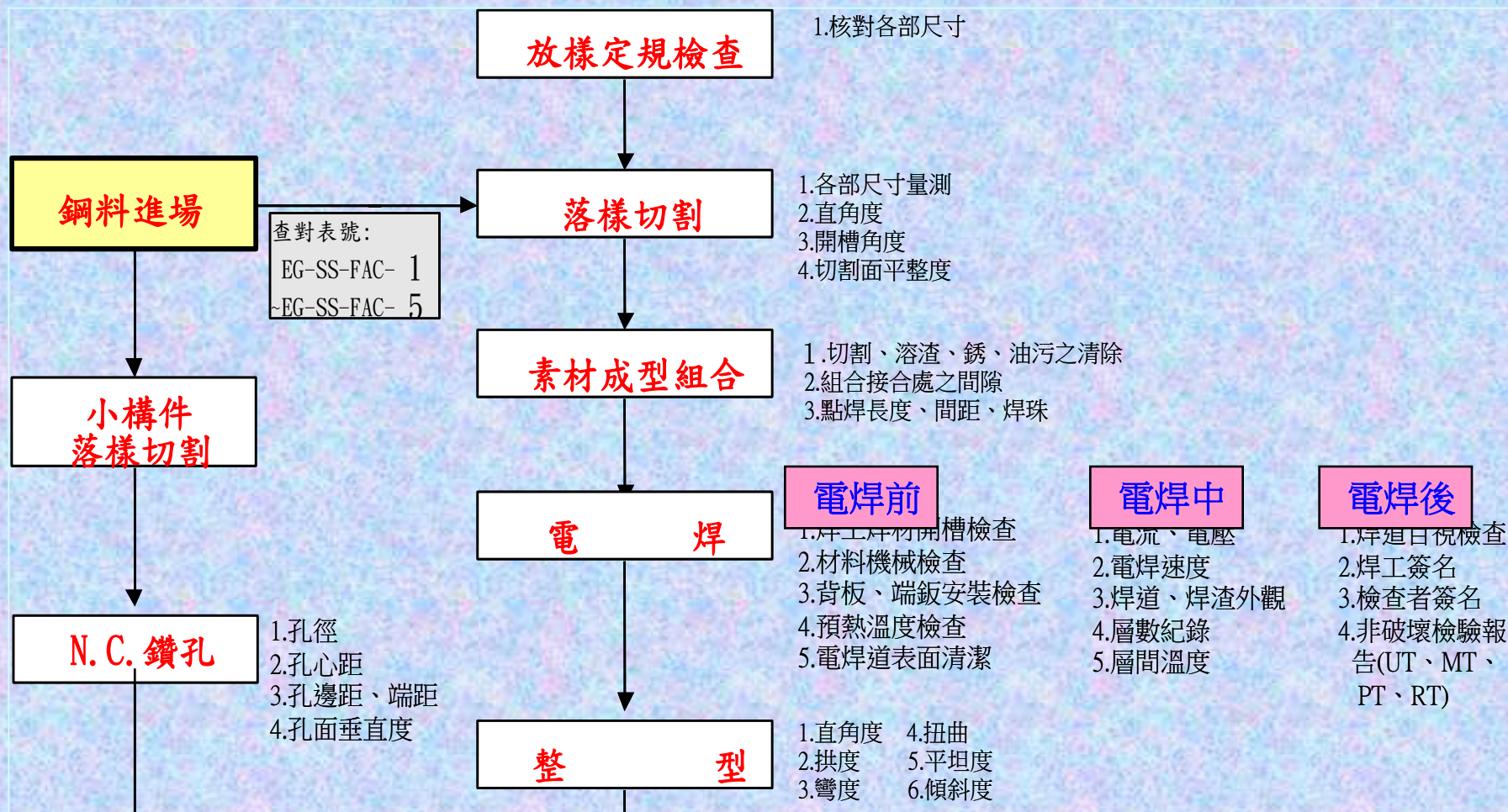


噴覆式防火材料檢驗
ASTM E605-93



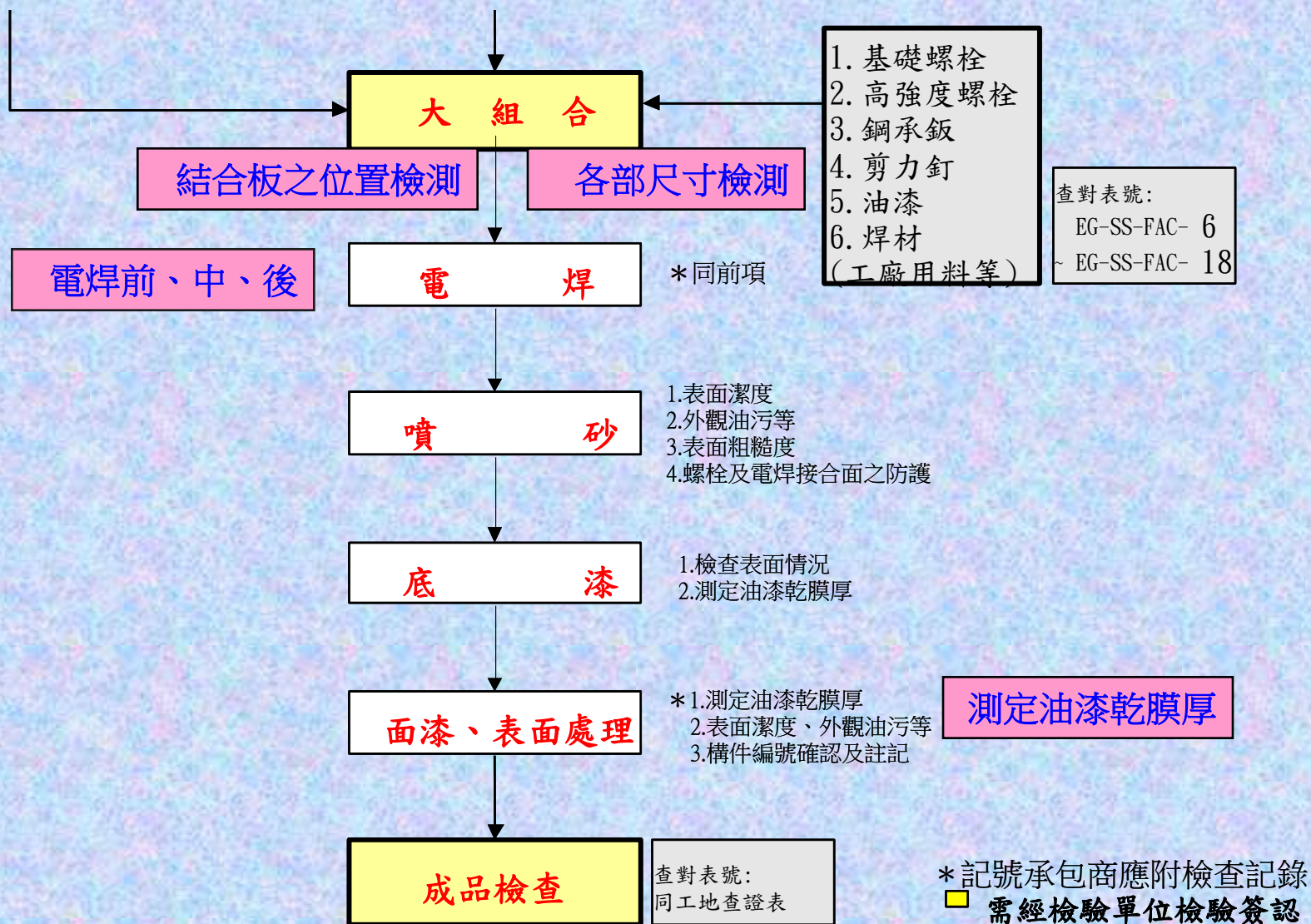


工廠製造流程圖 (1/2)





工廠製造流程圖 (2/2)



規範規定驗收應提交之文件

鋼結構施工規範

13.3.2 驗收時應提交之文件

鋼結構工程之驗收，一般須提交下列文件

- (1) 鋼結構竣工圖、製造圖、安裝圖與變更設計文件。
- (2) 施工過程中所達成之協議文件。
- (3) 施工所用的鋼材和其他材料的品質證明書或試驗報告。
- (4) 隱蔽部位之中間驗收記錄、構件調整後之測量資料、整體鋼結構工程或單元的安裝、品質評定資料。
- (5) 銲道品質檢驗資料，及銲工之施工記錄。
- (6) 高強度螺栓之檢查紀錄。
- (7) 表面處理及塗裝之檢查紀錄。
- (8) 依設計者要求所作之鋼結構工程試驗記錄。

解說：鋼結構之施工應依本規範相關章節辦理，品質評定合格之工程項目應按合約規定驗收。若有品質評定不合格情況發生，可辦理更精確檢驗或加倍抽樣複驗，進一步確認其品質情況。若確認不合格者應依合約規定辦理。



「焊接」施工中常見缺失：

- 焊工資格不符、焊工操作項目與核准項目不同、採用未經認可的焊接方法。
- 焊道檢測結果及評估未由ROC-SNT授權之中級、高級檢測師辦理。
- 焊道未依CNS 13021規定做100% 目視檢測。
- 目視檢測後之後續檢測方法不當（建議以UT為主）
- 施工中鋼材未依規定預熱。
- 焊道出現裂縫、搭疊、焊蝕、氣孔等現象。



「螺栓」施工中常見缺失：

- 3mm以上縫隙未以墊片插入，螺栓未密接。
- 栓固次序未由中央向端部栓固，產生軸力偏差。
- 栓固機械、轉矩把手、軸力計未經校正合格。
- 栓固作業疏忽，部份螺栓未栓固（或漏栓）。
- 螺栓材質未配合鋼材規格。



「塗裝」施工中常見缺失：

- 表面噴砂後未在規定時間內進行塗裝。
- 「表面處理方法與處理等級」，在選用塗料時未考量塗料的適用性。
- 防銹底漆未考量使用環境（一般環境、腐朽環境）及表面（鋼鐵面、鍍鋅面）。
- 防銹底漆與面漆、中塗漆未考量相容性。
- 鋼材塗裝時，若鋼材表面溫度在 50°C 以上時（氣溫約 32°C ），則不得進行塗裝作業。

結論

- 一、鋼結構施工品質主要關鍵在第一線負責加工及安裝之鋼構廠；慎選鋼構廠、慎選材料及加強廠控為成功第一步。
- 二、鋼結構工程由鋼構廠製作之工作圖繪製至工地安裝，經歷18項作業流程，品質控管環環相扣精密度亦高，與傳統營建工程不同。
- 三、鋼材規格日新月異（耐腐蝕、高耐大氣腐蝕...）來源亦不同（俄羅斯、日本...），材料若選用不當增加未來維修困難。
- 四、鋼結構施工引用規範紛雜（AISC、JIS AWS、JSS、ASTM...），設計或施工宜詳閱各項規範及表格，可避免不必要的錯誤。



簡報完畢



fred1126c@yahoo.com.tw

簡俊明

0931495310



鋼結構工程施工實務重點複習A

講員：簡俊明 2018.09.21

高鐵公司顧問
行政院921重建委員會
內政部營建署
住宅及都市發展局



國立交通大學
National Chiao Tung University



1. 鋼結構中何謂RH？何謂BH？
2. 鋼材規格（如ASTM A709）強度與特性代表符號為50W、50WT、50WF、50ST等，以上特性英文字母W、T、F、S代表何種特性？
3. 美國SSPC鋼材表面處理等級常用SSPC-SP2，SSPC-SP3，SSPC-SP5，SSPC-SP10 等表示，以上四種那一種除銹率等級最高？
4. ASTM 高強度螺栓通常採用A325、A490、A449三種，那二種可熱浸鍍鋅？
A325、A490 有Type 1、Type 2、Type 3三型，那一型是耐侯鋼？工地怎麼看出是耐侯鋼？

5. 鋼材易因製造過程中含有夾層（Laminator），鋼材厚度在多少以上要檢驗是否有夾層？
6. 日系高強度螺栓通常採用F10T、S10T，上述兩種有何不同？（至少提出兩點）
F10T、S10T可熱浸鍍鋅？ F10T、S10T可重複使用？
7. 銲道檢測常用方法包括PT（滲液檢測），MT（磁粒檢測），UT（超音波檢測），RT（射線檢測），VT（目視檢測）等五種，以上那兩種方法可以偵測銲道內部瑕疵？
8. 這是什麼銲接符號？



9. 影響鋼結構塗膜壽命主要因素為①表面處理品質約占50% ②塗膜厚度約占20% ③塗料種類約占5% ④其他（如塗膜時溫度、濕度）約占25% ？
10. 影響鋼結構塗膜壽命主要因素為表面處理品質，表面處理方法最好為噴砂，次好為酸洗，其次為動力工具除銹，最差為手工工具除銹？
11. 鋼結構塗膜厚度檢測應於塗膜完全乾燥後實施，取樣標準為每10M² 取任意五點，其五點平均值不小於規定值，且任意一測定點之值，不小於規定值80% ？

12. 鋼結構使用之鋼材，由國外進口者，應具備原裝製造廠家之品質證明書，並經公立檢驗機關，依國家標準或國際通行檢驗規則，檢驗合格證明達到設計規範之設計標準？
13. 鋼結構使用之斷尾螺栓斷裂面及尖銳處宜予以研磨滑順，鋼結構若鍍鋅應搭配鍍鋅螺栓，不應使用斷尾螺栓？
（交通部104.4.13頒佈實施）
14. 熱浸鍍鋅鋼結構塗裝，由於台灣地區為海島型氣候，底漆以採用環氧樹脂合金（如鋅粉）底漆為宜。不銹鋼材料，底漆以採用伐銹底漆為宜。溫泉地區有硫磺氣，不宜使用含鉛材質之塗料？

15. 影響鋼結構塗膜壽命主要因素為表面處理品質，應在表面處理完成後四小時內進行防銹底漆之塗裝。塗刷時下層塗裝未完成乾燥不得進行上層塗裝，塗料之乾燥應採自然乾燥法？
16. 塗膜厚度不宜太厚，塗刷間隔依塗料特性。除預塗底漆外，同一噴塗面應使用同一廠牌之塗料？
17. 焊接計畫書至少應包括那些項目？
何謂WPS（焊接製程規範，Welding Procedure Specification）？
何謂PQR（焊接程序認可記錄，Procedure Qualification Record）？

1. RH：型鋼熱軋成型的H型鋼
BH：組成型的H型鋼
2. W：Weather T：Tensile F：Fracture S：Shape
W：耐候鋼 T：拉力鋼 F：斷裂控制 S：型鋼
註：ASTM A709 50W，50為降伏強度50ksi
3. SSPC-SP5，除銹率達到100 %
SSPC-SP10，除銹率達到95 %
SSPC-SP3，動力工具清潔
SSPC-SP2，手工具清潔
4. A325可熱浸鍍鋅，A490不可熱浸鍍鋅，A449可熱浸鍍鋅
A325、A490 第三型(Type 3)是耐候鋼
但斷尾A325不可鍍鋅
5. 19mm以上（或3/4英吋）



6. F10T：日本工業規格，可重複鎖緊，不好塗裝

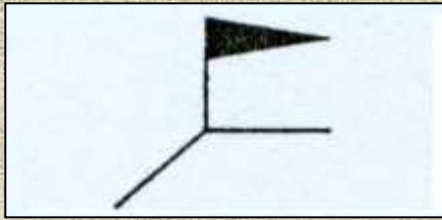
S10T：日本鋼結構規格，不可重複鎖緊，好塗裝

F10T可熱浸鍍鋅，F10T工程師同意可重複用

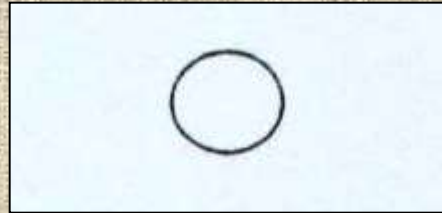
但斷尾螺栓不可熱浸鍍鋅

7. UT（超音波檢測），RT（射線檢測）兩種

8.



工地鐸



全周鐸

9.—16 正確

17. 焊接計畫書至少應包括那些項目？

焊條種類、焊接設備、焊接程序、接頭開槽形狀
焊接變形對策、焊接暇疵修復、焊接材料實驗計畫。

WPS（焊接製程規範）：符合AWS規範規定之各項規定時，依AWS規範填寫焊接製程規範書，做為施工依據，**無須進程序試驗**。

PQR（焊接程序認可記錄）：AWS規範認可以外之焊接程序，依規定做**焊接程序試驗**並檢驗符合，制定焊接程序認可記錄PQR，做為施工依據。



鋼結構工程施工實務重點複習B

講員：簡俊明 2018.09.21

高鐵公司顧問
行政院921重建委員會
內政部營建署
住宅及都市發展局



國立交通大學
National Chiao Tung University



(1). 鋼材塗裝時，若鋼材表面溫度在多少℃以上時，則不得進行塗裝作業？

- ①40℃ ②50℃ ③60℃ ④70℃。

(2). 若銲道發現有龜裂，其龜裂的範圍應以適當之非破壞檢測方法確認，且其兩端應磨除剷修超過多少尺寸再行補銲

- ①30mm ②40mm ③50mm ④60mm。

(3). 鋼結構用SN鋼材下列何種鋼種具有確保塑性變形能力、銲接性及鋼板厚度方向之機械性能

- ①A級 ②B級 ③C級 ④以上皆是。

(4). 影響鋼結構塗裝壽命最重要的因素

- ①表面處理品質 ②塗膜厚度 ③塗料種類 ④其他。

(5). 鋼結構鋼材塗裝時，氣候在何種條件下則不宜進行表面塗膜作業？

- ①溫度攝氏0度以下 ②相對濕度80% 以上 ③風速達8km/hr以上 ④雨天 ⑤以上皆是。

(6). 非破壞性檢測人員須具有「非破壞檢測協會」考試合格之資格方能執行檢測、判定工作，檢測記錄須具有中級檢驗師以上資格人簽證始生效？

(7). 高強度螺栓(A325、A490、A449)安裝過程所產生之螺栓張力，可能使螺栓塑性變形能力降低，或在先前安裝或拆卸過程會有受損之傷痕或螺牙變形，或因受載重致螺桿已變形之情況，使用過之高強度螺栓不宜重複使用？

(8). 鋼結構塗裝「底漆塗料」與「上漆塗料」應考慮塗料間之相合性？

(9). 鋼結構樑柱結合型式，東方與西方明顯不同。西方樑柱結合型式特點為「樑一體成型，施工精度需求高」、「比較不符合力學原理」。東方樑柱結合型式特點為「樑未能一體成型，施工精度需求較低」、「符合力學原理」？

(10). 鋼結構熱浸鍍鋅後常不易塗裝，在塗裝時宜在鋼結構表面塗以「環氧樹脂合金底漆」做為底漆。高汙染區上漆塗料以「氟樹脂系面漆」為主、低汙染區上漆塗料以「聚氨基甲酸酯面漆」為主？

- (11). 所有焊道應依CNS 13021規定做100% 目視檢測（VT）。目視檢測後之後續檢測方法應儘量以UT（超音波檢測）為主？
- (12). 耐候鋼材應配合採用耐候型高強度螺栓如ASTM A325 TYPE 3、ASTM A490 TYPE 3。非耐候鋼材亦可採用耐候型高強度螺栓？
- (13). 鋼材邊角銳緣未作截角易產生銹蝕。於廠內製造時若使用無機鋅粉底漆，鋼板邊角處宜施設1mm截角，若使用環氧鋅粉底漆或其他底漆宜施設2mm截角。若鋼結構位處腐蝕環境惡劣之重工業區或濱海地區，圓截角處理宜加大至3~4mm？