

鋼結構工程施工實務



One vital component could cause the whole structure to collapse.



講員:簡俊明
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

5



鋼結構工程施工實務

150分鐘

休息

鋼結構工程施工實務重點補充A

15分鐘

鋼結構工程施工實務重點補充B

15分鐘

主要資料來源：

1. CNS、ASTM、JIS、AWS、鋼結構施工規範...
2. 永峻顧問公司
3. 陳純森技師
4. 劉澤山技師
5. 台鍍公司
6. 陳正平技師
7. 林曜滄技師
8. 蔡永岳博士
9. 吳威德教授
10. 楊國珍教授
11. 李家順、延允中工程師

鋼結構工程簡報大綱

- (一) 鋼結構工程概述 P.4~8
- (二) 鋼結構工程施工流程實例 P.9~12
- (三) 鋼結構銲接方法 P.13~33
- (四) 鋼結構非破壞檢驗 (NDT) P.34~62
- (五) 鋼板 - 鋼材常用規格 P.63~73
- (六) 高強度螺栓 (含剪力釘) P.74~86
- (七) 鋼結構塗裝作業 (含表面處理) P.109~117
- (八) 鋼構造物塗裝系統選用 P.183~123
- (九) 鍍鋅表面塗裝系統選用 P.124
- (十) 鋼結構看不見的可怕危害 P.125~142
- (十一) 熱浸鍍鋅 P.143~155
- (十二) 樑柱結合型式 P.146~150
- (十三) 防火被覆 P.151~153
- (十四) 鋼橋施工作業流程及檢驗計畫 P.154~155
- (十五) 鋼結構施工中常見缺失 P.156~158
- (十六) 結論 P.159

(一) 鋼結構工程概述



巴黎艾菲爾鐵塔

(*Eiffel Tower*)

1889年4月25日 (光緒
15年) 完工 , 高度300
公尺

鋼鐵7000噸 , 2000
個金屬部件 , 250萬
隻鉚釘



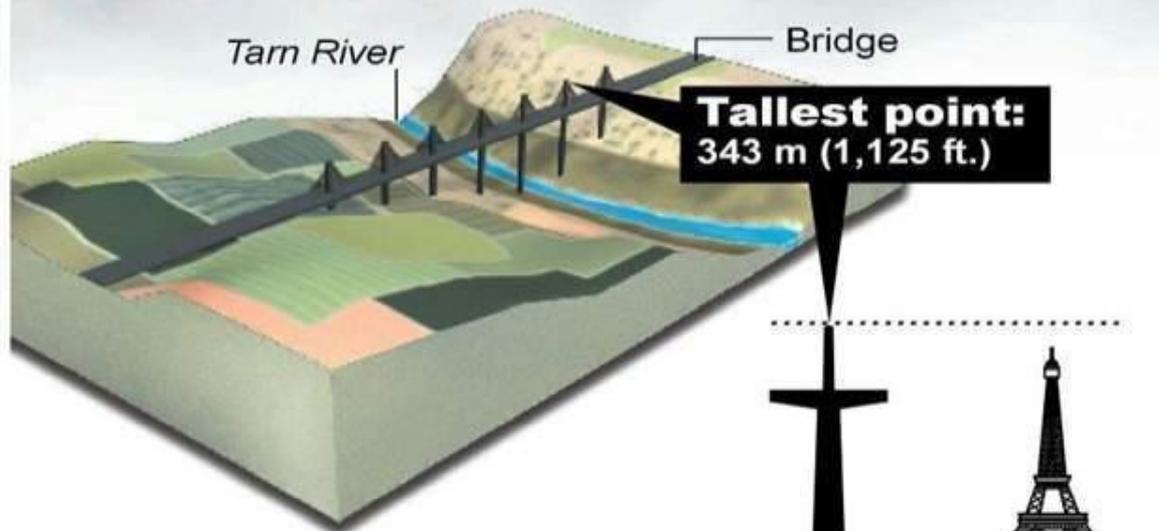
明石海峽大橋於1988年開始建造，施工10年是當時世界上最長吊橋。全長3.9公里，高289公尺，中間跨長1991公尺





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.



Length: 2,460 m (1.53 mi.)

Cost: 320 mil. euros (\$377 mil.)

Construction time: 39 months

Road: Two-lane dual highway; suspended almost 250 m (820 ft.) above Tarn River

Completion: Jan. 2005

250 km
250 miles



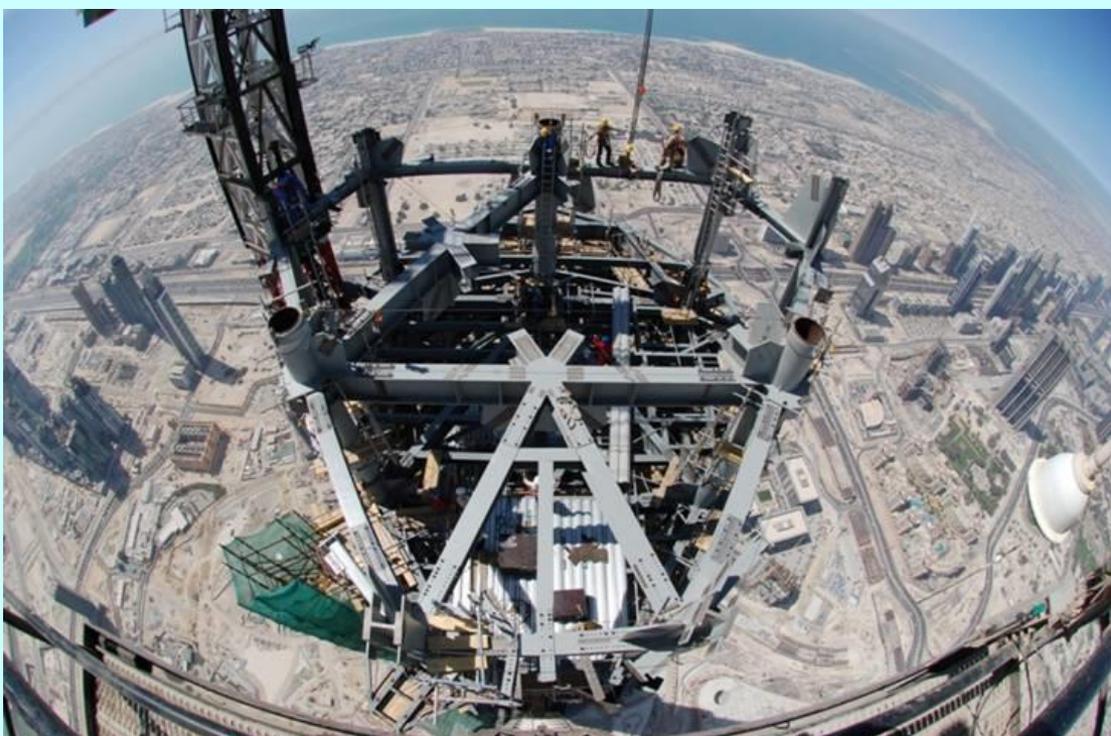
Pillars: Seven; the tallest is 240 m (787 ft.)



Steel used: 36,000 metric tons (39,700 tons)



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



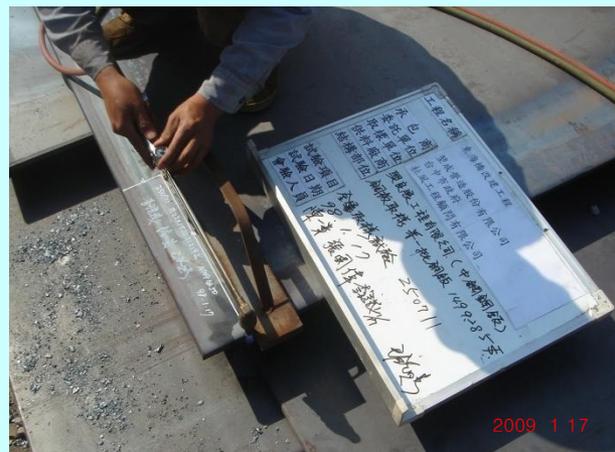
哈里發塔高度828公尺，樓層169層，2010年1月正式完工啟用



台北101，樓高508公尺，地上101層、地下5層，2004年12月正式完工啟用

(二) 鋼結構工程施工流程實例

台中市東海橋為例 (鋼材)



2009 1 17



2009 5 7



2009 2 2

鋼板材料查驗、取樣

鋼板材料夾層檢測

鋼板材料預塗



2009 2 26



2009 1 17



2009 1 17

瓦斯切割

落樣鑽孔

鋼材組合

台中市東海橋為例（焊接）



電銲作業



組合後尺寸檢測



NDT（VT銲道目視檢測）



NDT（MT、RT或UT銲道檢測）



假組立查驗

台中市東海橋為例（噴、塗裝）



→ 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
(中塗漆)



→ 面漆塗裝完成



→ 塗裝膜厚檢測

台中市東海橋為例（鎖定及裝配）



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

(三) 鋼結構銲接方法

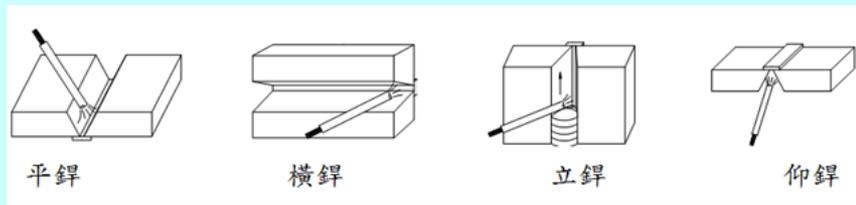
- 被覆金屬電弧銲接 (*SMAW*) (手銲)
- 氣體遮護金屬電弧銲接 (*GMAW*)
- 包藥焊線電弧銲 (*FCAW*)
- 潛弧銲接 (*SAW*)
- 電熱熔渣銲接 (*ESW*)
- 電氣熔渣銲接 (*EGW*)

銲接計畫書至少應包括：

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

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

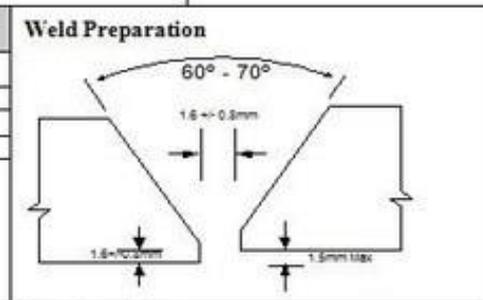
罕用 PQR（**銲接程序認可記錄**）：AWS規範認可以外之銲接程序，依規定做**銲接程序試驗並檢驗符合**，制定銲接程序認可記錄PQR，做為施工依據。



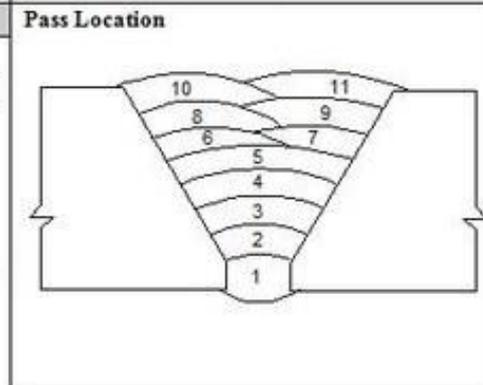
Welding Procedure Specification

Client: Mobil	Project: 221010Goatee	REF No. WPS 6 R1	
Procedure Description: 12" Heavy Wall Offshore Tie-in		0290/1/WPS5	
Material: AS3679.1 Grade 250API 5L X65	Diameter: 168.3	Thickness: 18.3	
Position: 6G	Clamp Type: Internal		
Preheat °C (Min): 100	Interpass °C (Max): 300		
ROOT		HOT PASS	
SMAW		SMAW	
SMAW		SMAW	
Welding Direction: Vertical Down		Vertical Down	
Filler: Lincoln SA70+		Bohler BVD90M	
Polarity: DC +ve		DC +ve	
Shielding Gas: N/A		N/A	
Purge Gas: N/A		N/A	

Pass No	Filler Size (mm)	Amps	Volts	Speed (mm/sec)	Heat Input (kJ/mm)
1	3.2mm	70-130	18-33	3.3-6.6	0.4-0.8
2	4.0mm	110-210	18-35	2.9-6.8	0.6-1.3
FILL	4.0mm	145-260	16-27	1.6-7.0	0.6-2.2
CAP	4.0mm	130-230	16-26	1.8-5.3	0.6-1.7

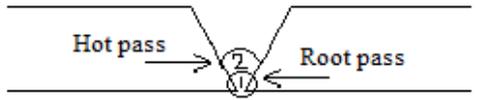
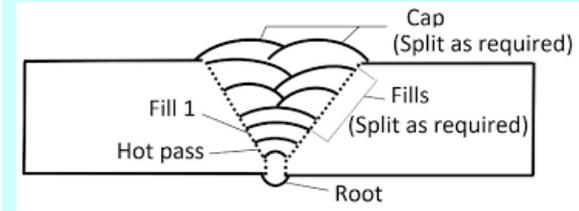


- NOTES**
1. API Std 1104BP3094-SP-PL-3010R1
 2. Clamp removal stage: 100% completion of root (external clamp may be used in the event of a breakdown – removed after 50% minimum completion of the root.)
 3. Time lapse between root and second pass : 16 Minutes
 4. Time lapse between second pass and 1st fill : 12 Minutes
 5. Minimum number of passes before pipe movement : 2 passes
 6. Minimum number of passes before break in welding : 3 passes
 7. Minimum Number of welders- Root & second pass : 2 , Fill & Cap : 1
 8. Method of cleaning : Grinder / Wire brush
 9. Method of Preheat : Gas Torch
 10. Qualification reference number : 48280/PP/WP6 R1



Company Welding Engineer Approved Approved for Client

Root, Hot pass , Fills & Cap

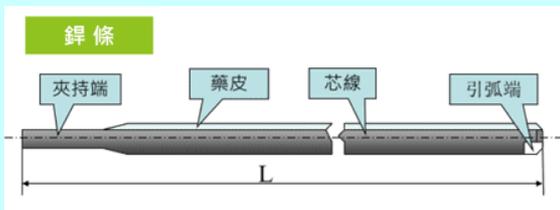
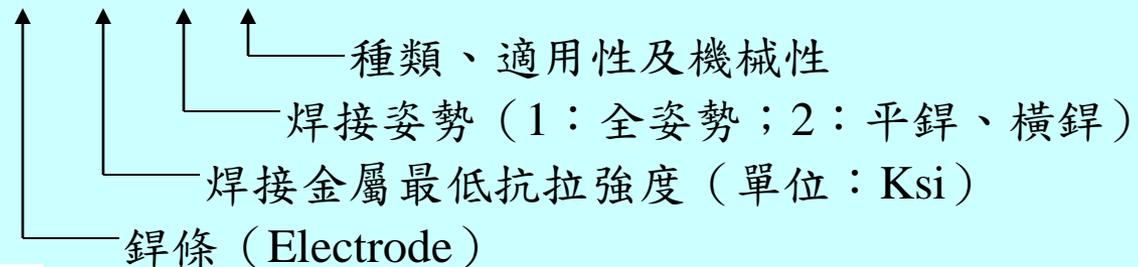


Root, Hot pass
(根部鐸,繞鐸)

被覆金屬電弧銲接 (SMAW)

入熱量約35KJ/cm

- ◎ 簡稱：**SMAW** - *Shielded Metal Arc Welding* (台語：趴電龜)
- ◎ 銲接原理：藉由被覆銲條與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。
- ◎ 被覆銲條：使用低碳鋼為心線，外圍包覆銲藥。
- ◎ 參考銲條：E 70 1 6

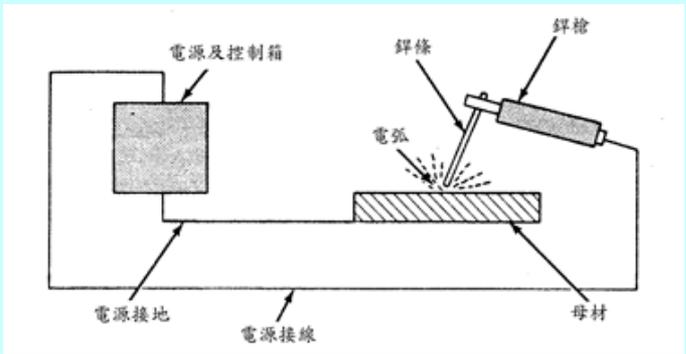


參考來源：永峻顧問

被覆金屬電弧銲接 (SMAW) (手銲)

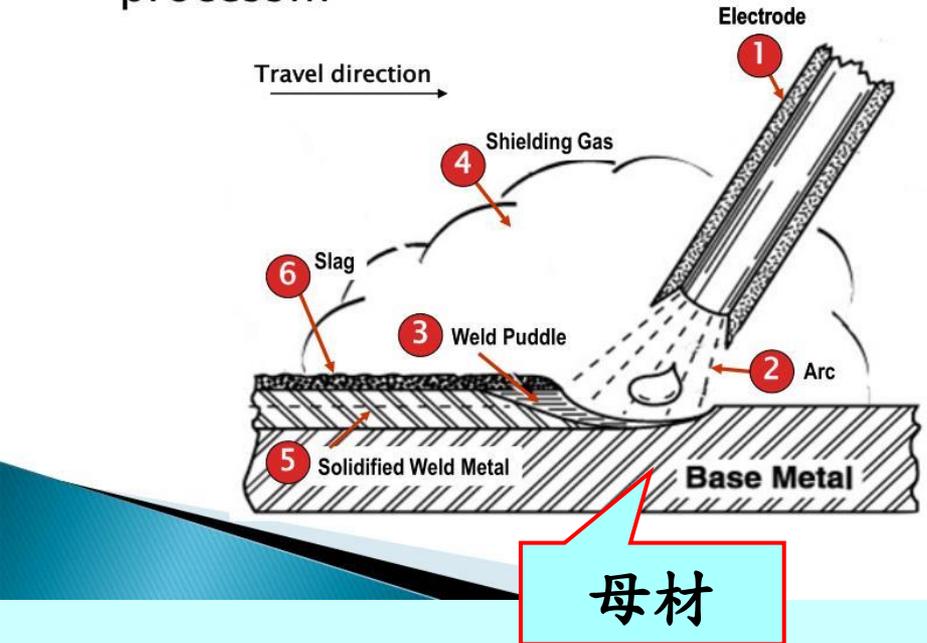
入熱量約35KJ/cm

◎ 銲接原理及設備：



SMAW Process

Let's take a little closer look at the SMAW process...

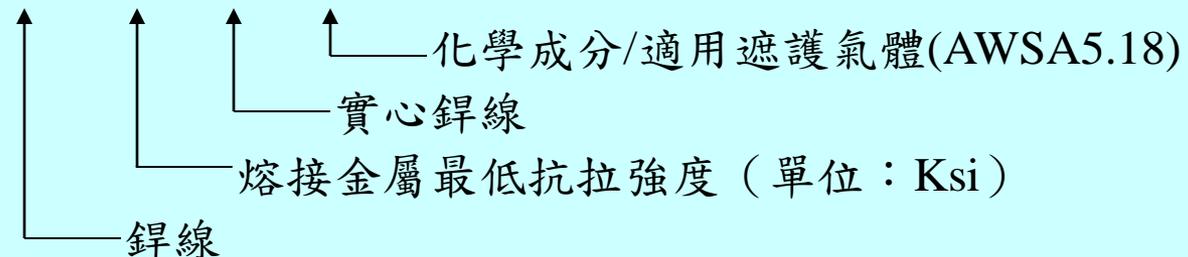


家用220V電源即可

氣體遮護金屬電弧銲接 (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：由焊槍噴管吹出保護電弧及銲池不受環境影響，含惰性（Ar、He）及活性（CO₂）氣體。
- ◎ 參考銲條：ER 70 S - X

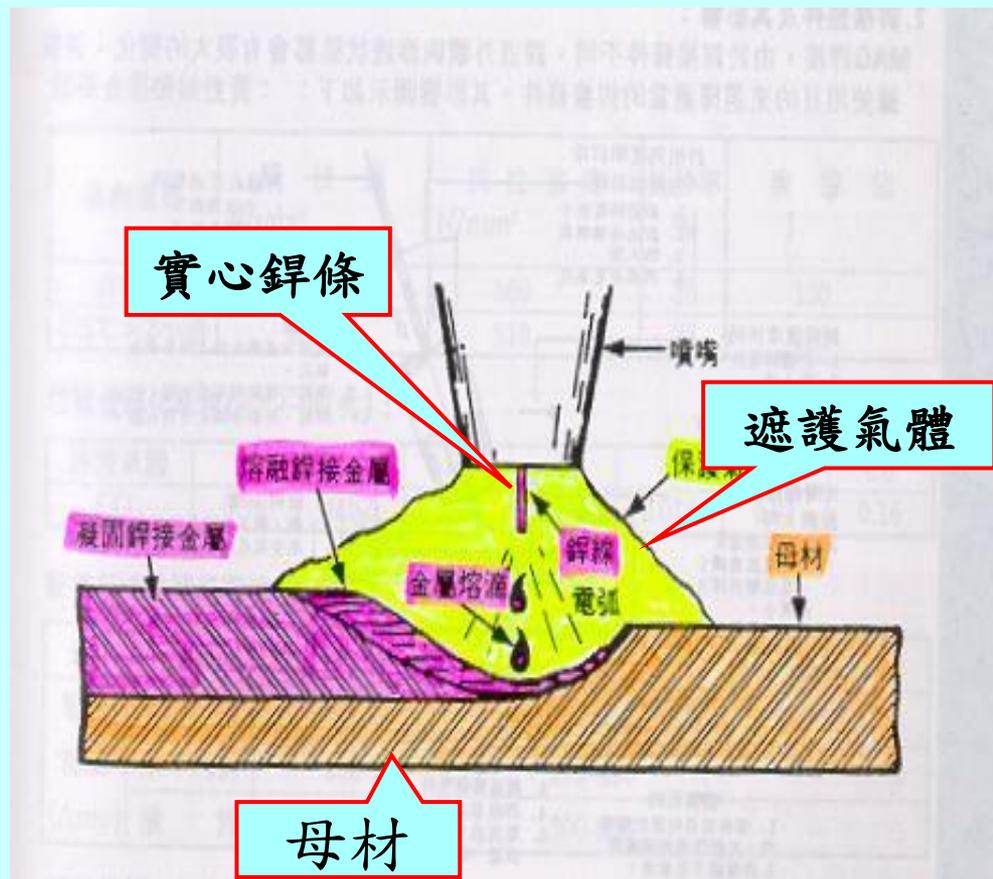
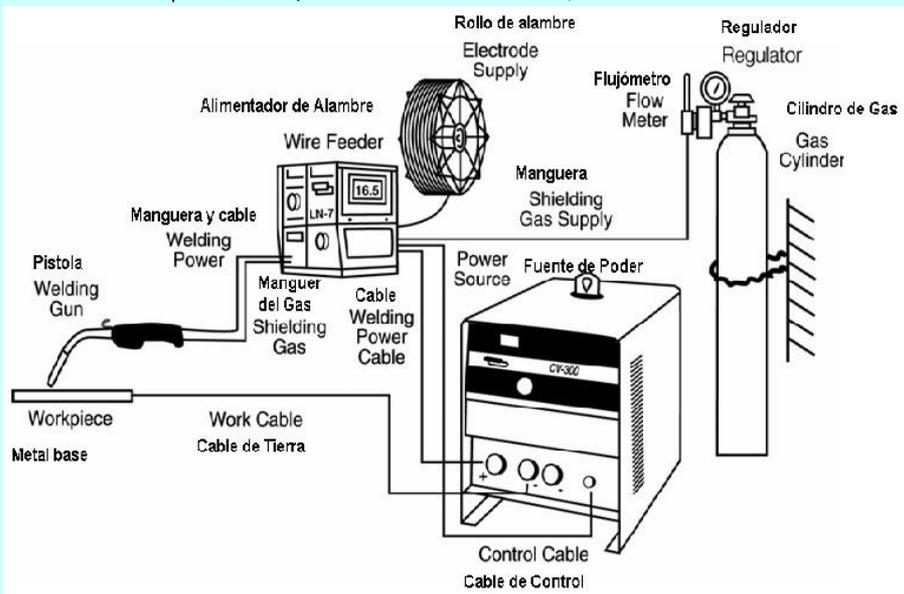


參考來源：永峻顧問

氣體遮護金屬電弧銲接 (GMAW)

入熱量約25-30 KJ/cm

◎ 銲接原理及設備：



包藥銲線電弧銲接 (FCAW)

入熱量約25-30 KJ/cm

- ◎ 簡稱：*FCAW - Flux Cored Arc Welding*
- ◎ 銲接原理：使與氣體遮護金屬銲接雷同，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銲接雷同。

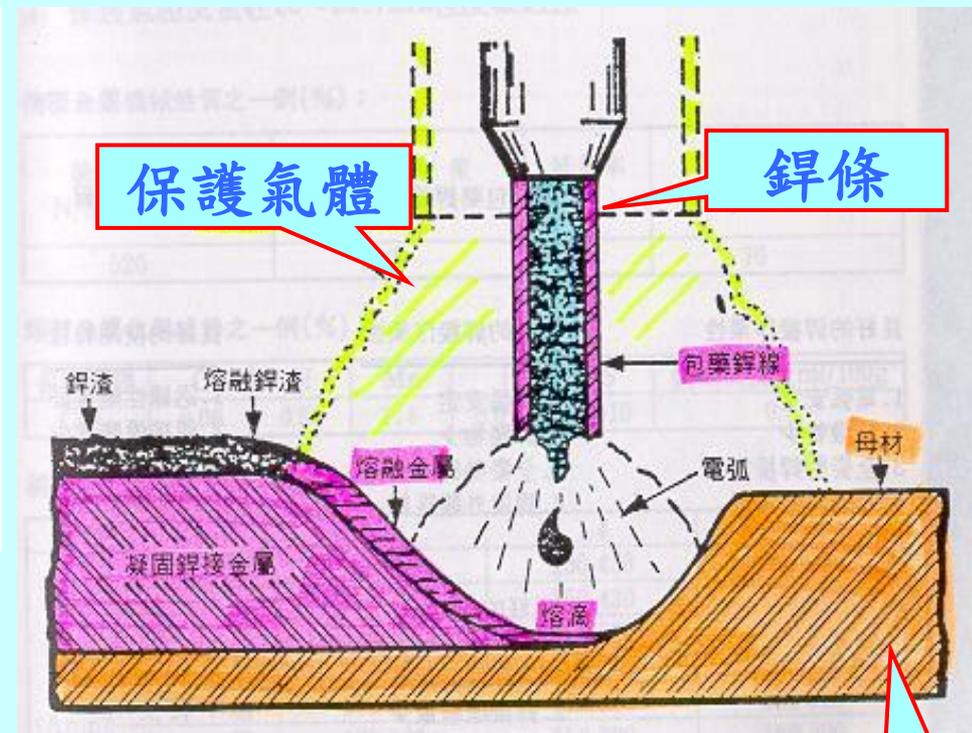
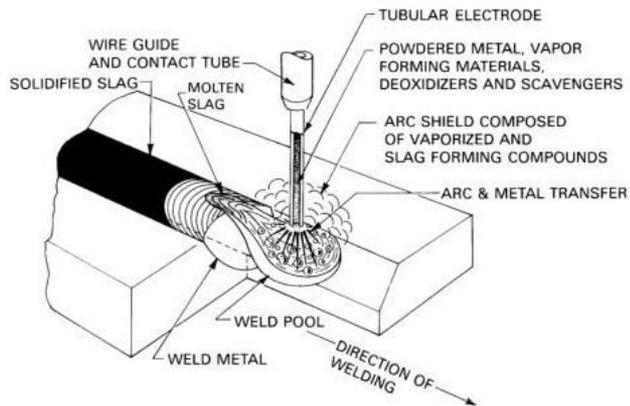
- ◎ 參考銲條：E 7 1 T - X
 - 化學成分/作業性(AWSA5.20)
 - 管狀銲線
 - 銲接姿勢 (1：全姿勢；2：平銲、橫)
 - 熔接金屬最低抗拉強度 (單位：10 Ksi)

包藥鋁線電弧鋁接 (FCAW)

入熱量約25-30 KJ/cm

◎ 鋁接原理及設備：

Flux Cored Arc Welding (FCAW)



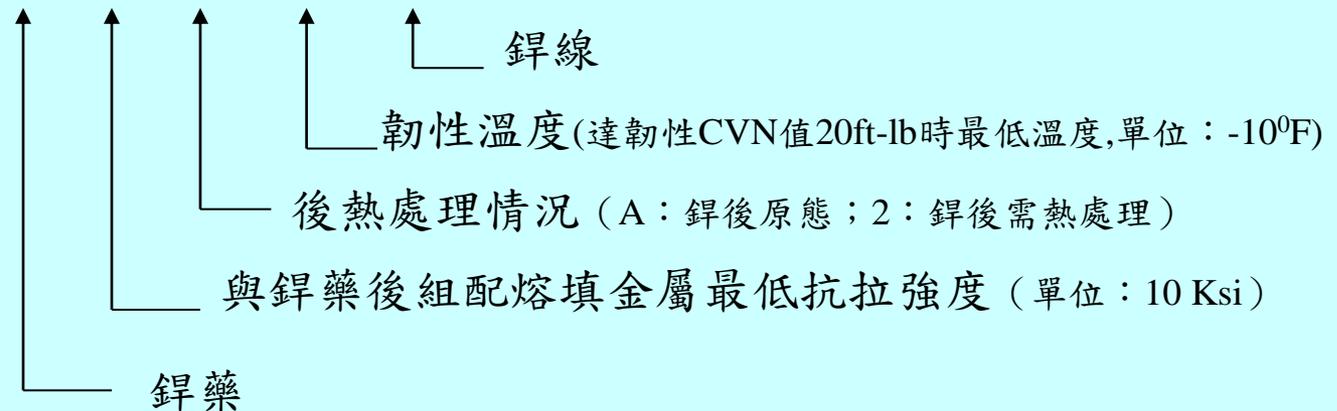
潛弧銲接 (SAW)

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。

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



參考來源：永峻顧問

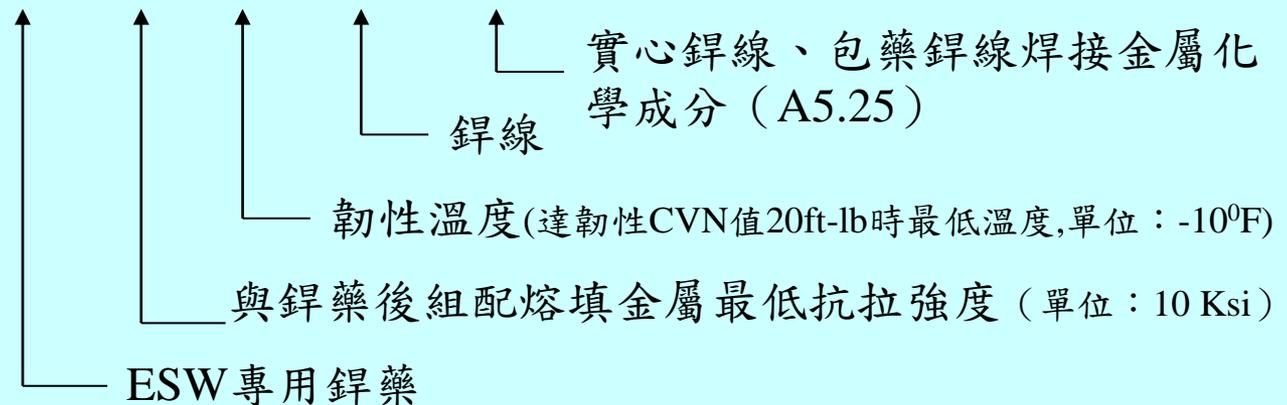
電熱熔渣銲接 (ESW)

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。

◎ 參考銲條：FES X X - E XXX EW

← 電熱熔渣銲專用銲線



常用於BOX內隔板之直立式銲接。

電氣熔渣銲接 (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。
- ◎ 銲接材料：實心銲線GMAW-EG、與包藥銲線FCAW-EG，其中以包藥銲線應用較普遍。

- ◎ 參考銲條：EG 7 0 T 2

實心銲線、包藥銲線銲接金屬化學成分 (A5.25)

銲線

韌性溫度(衝擊值20ft-lb時，最低溫度-10⁰F)

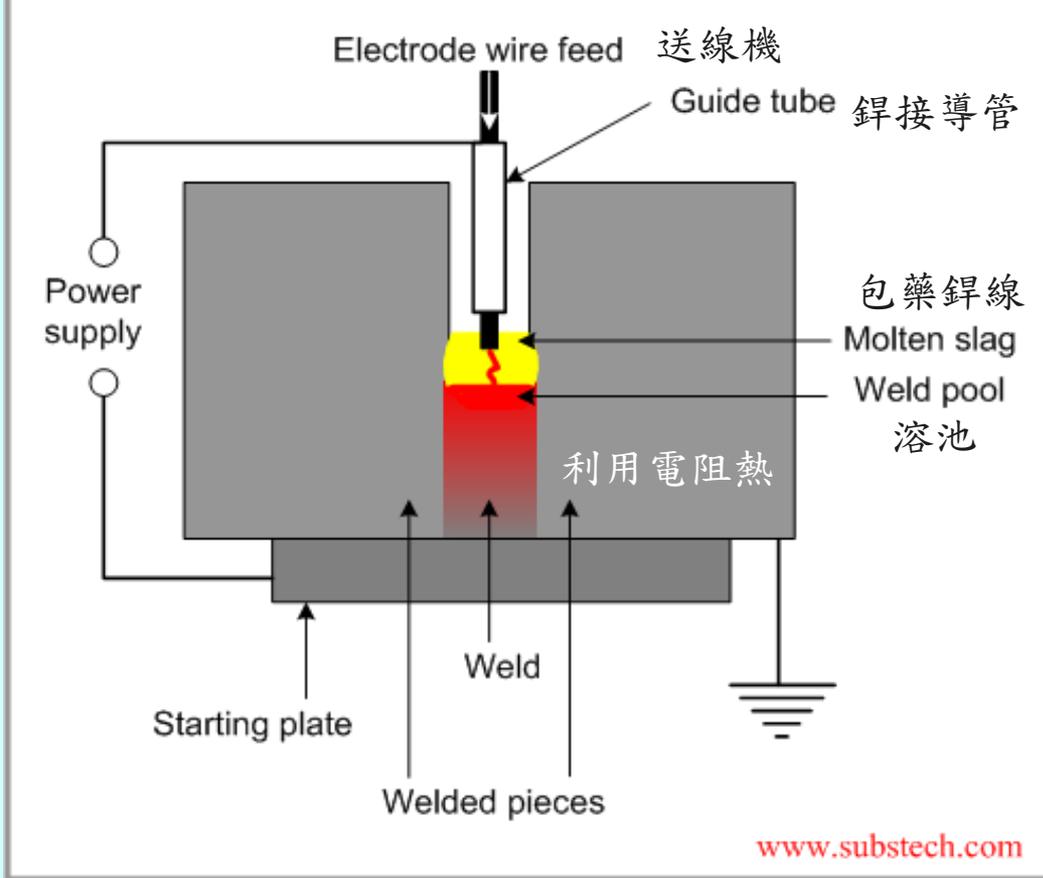
與銲藥後組配熔填金屬最低抗拉強度 (單位：10 Ksi)

EGW專用銲藥

常用於BOX內隔板之直立式銲接。

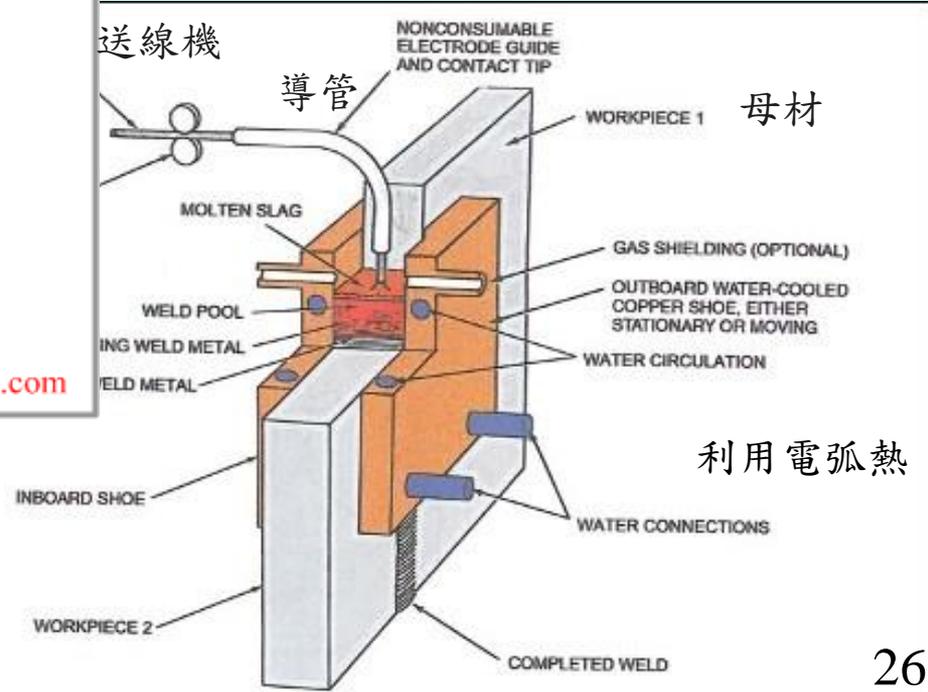
電熱熔渣銲接 (ESW)

Electroslag Welding



垂直施焊，由下向上

電氣熔渣銲接 (ESW)



常用鐸條參考廠牌

A：鐸接結構用鋼材應使用**低氫系**(鹼性)鐸條。

B：被覆金屬電弧鐸接(**SMAW**：手鐸)鐸條參考廠牌：
天泰、廣泰、中鋼鐸材(環球...)、*Sorex*、中一、中亞

C：潛弧鐸接(**SAW**)鐸條參考廠牌：
天泰、廣泰、中鋼鐸材(環球...)、*Sorex*

D：氣體遮護金屬電弧鐸接(**GMAW**)鐸條參考廠牌：
天泰、廣泰、中鋼鐸材(環球...)、泉萬、*Sorex*

E：包藥焊線電弧鐸接(**FCAW**)鐸條參考廠牌：
天泰、廣泰、中鋼鐸材(環球...)、*Sorex*

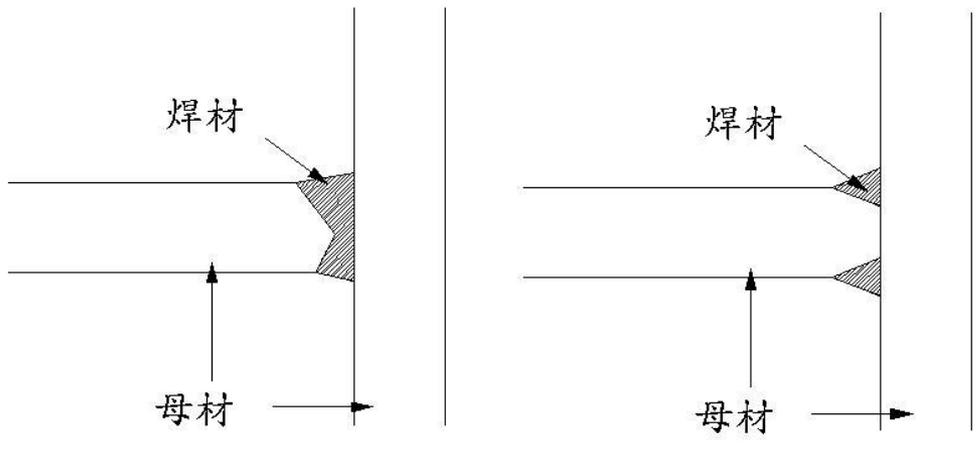
F：**EGW**、**ESW**：中鋼鐸材、*Sorex*



★**低氫系鐳條**又稱**鹼性鐳條**(含 K_2O , Na_2O , CaO , MgO , MnO , FeO ...) ,有較高塑性和韌性及較好的抗冷裂效能

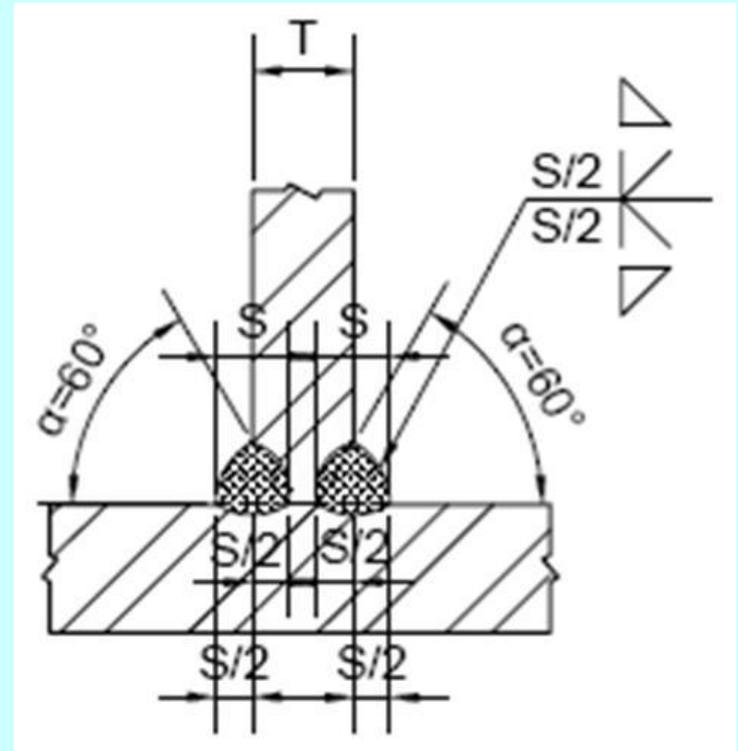
非低氫系鐳條又稱**酸性鐳條**含有**酸性氧化物**(含 SiO_2 , TiO_2 , P_2O_3 ...) ,適用於低碳鋼和強度較低合金結構鋼的鐳接

全滲透鐳與半滲透鐳

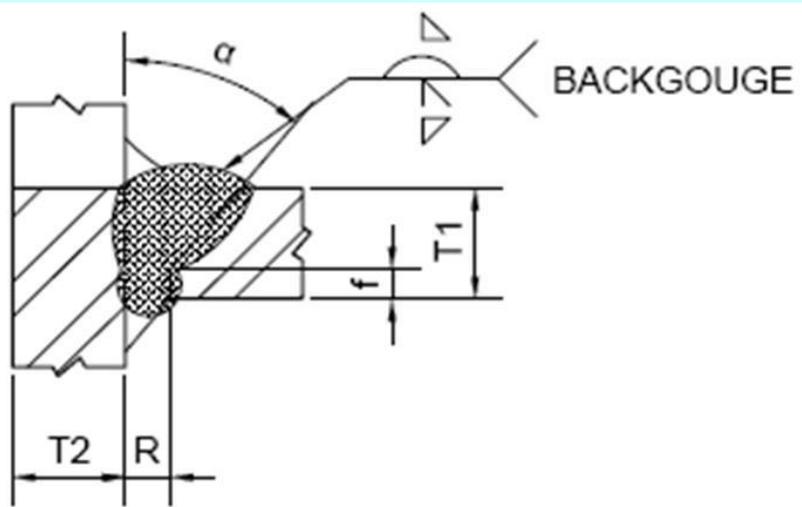


(*UT*, 100 %)

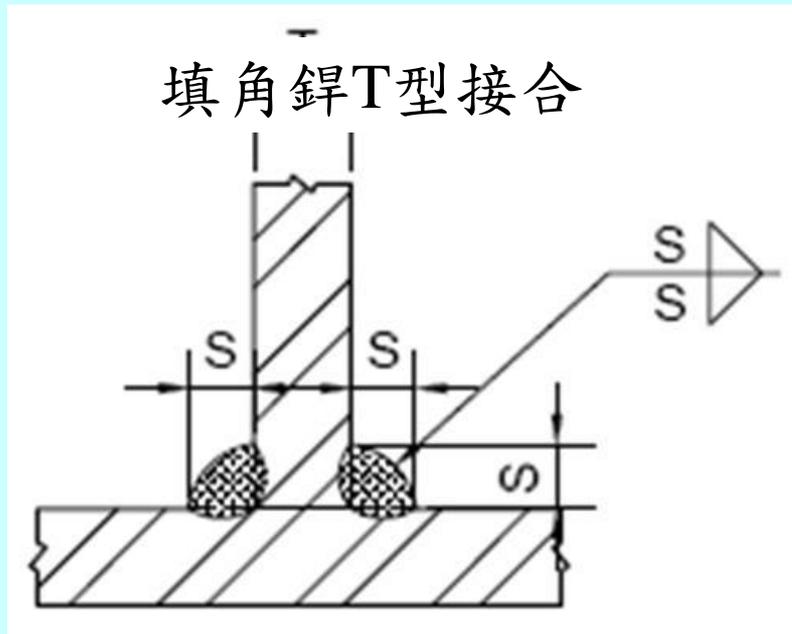
(*MT*, 5 %)



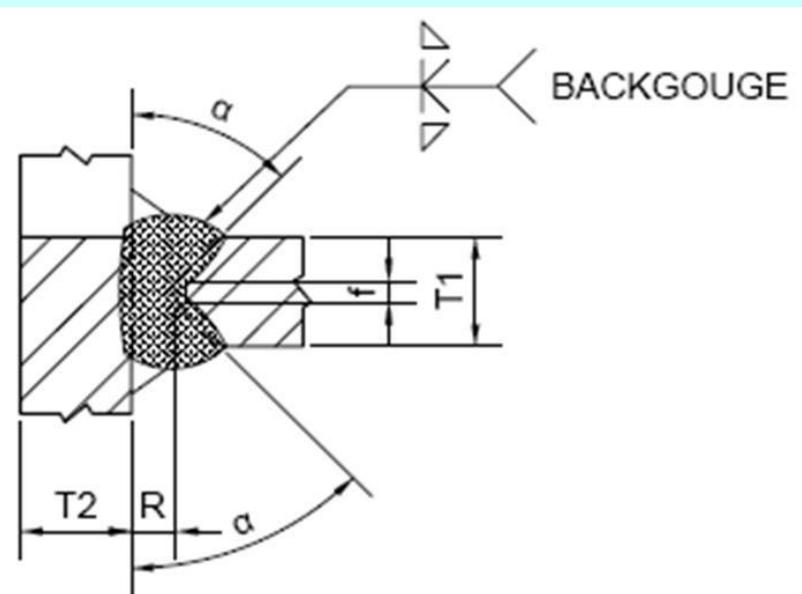
部分滲透開槽鐳 + 填角
鐳之T型接合



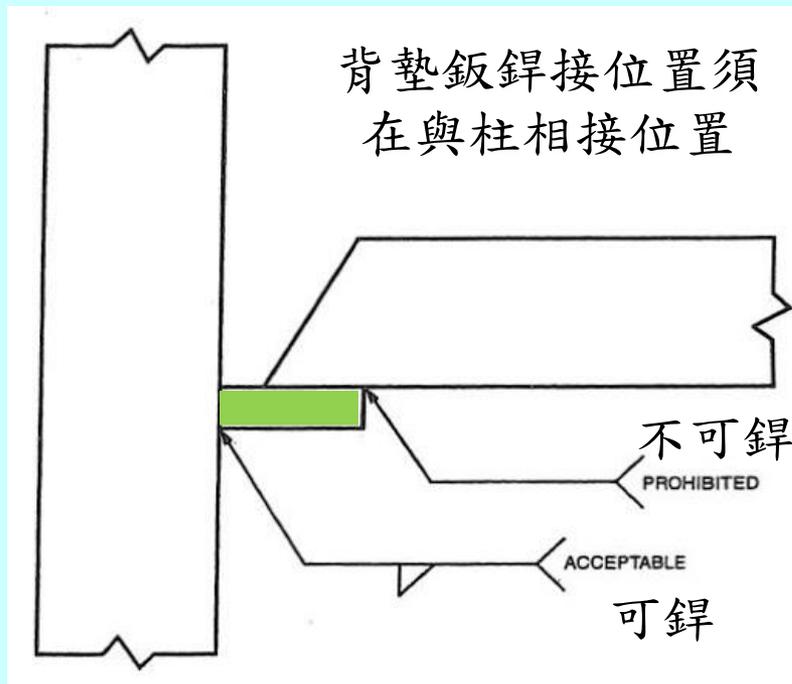
單邊全滲透開槽銲T型接合



填角銲T型接合



雙邊全滲透開槽銲T型接合



背墊板銲接位置須在與柱相接位置

不可銲
PROHIBITED

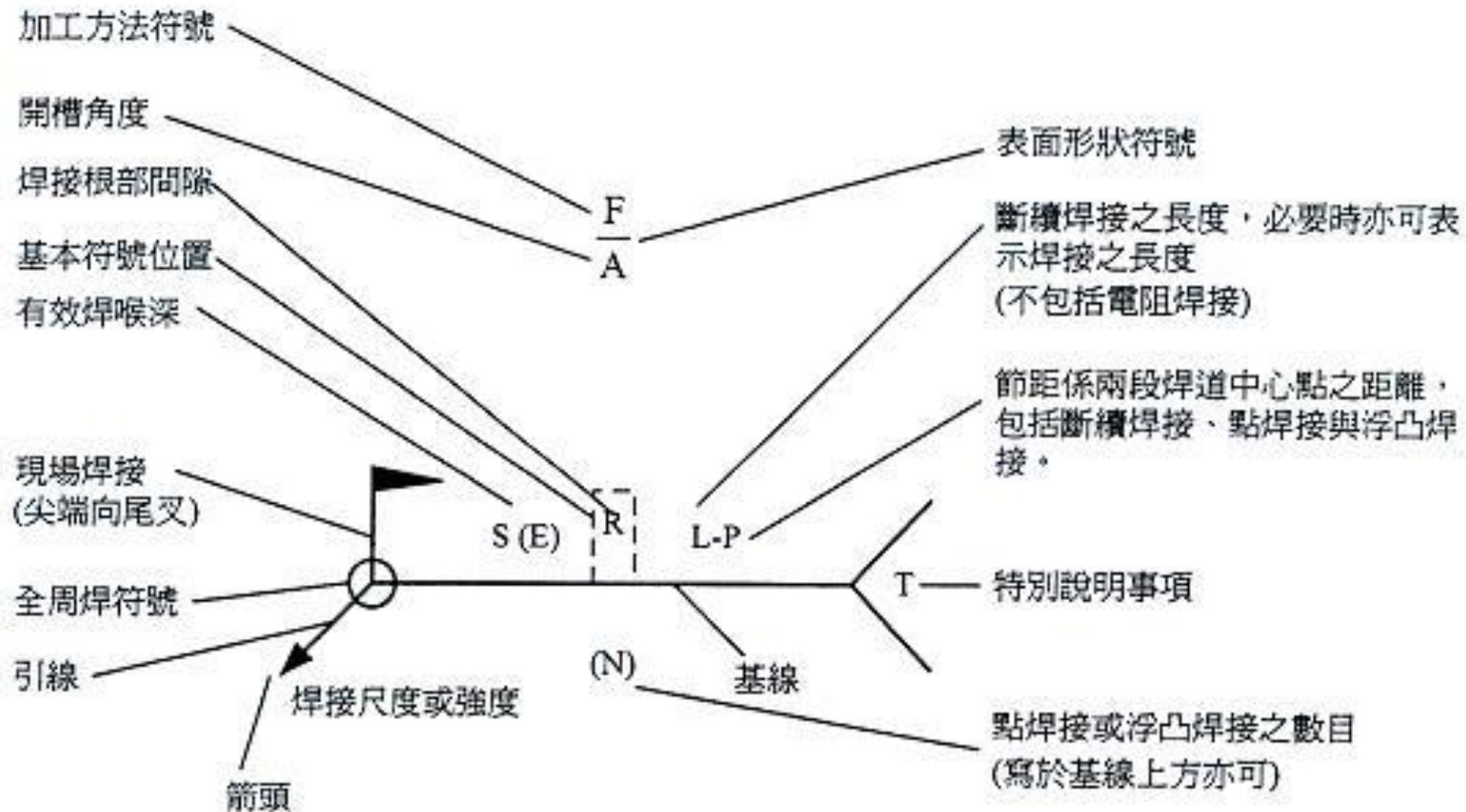
ACCEPTABLE

可銲

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。	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。	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。	25 ~30 KJ/cm
潛弧銲接 (SAW)	適用組合型鋼(BH、BOX)之自動銲接。	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。	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。	450 ~900 KJ/cm

銲接符號標示位置



- 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。

銲接基本符號

分類		符號	分類	符號
開	方 形	單邊	填角銲接	單邊
		雙邊		雙邊
V 形	單邊	塞孔或塞槽銲接	□	
	雙邊			
槽	單斜形	單邊	背後銲接	D
		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			

銲接輔助符號

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
				不指定加工方法	F
銲道表面形狀	平 面	—			
	凸 面				
	凹 面				

註：輔助符號必須配合基本符號使用。

(四) 鋼結構非破壞檢驗 (NDT)

Non-Destructive Testing

- 鋼結構非破壞檢驗國家標準
- CNS 12618 鋼結構銲道超音波檢測法 (**UT**)
- ✓ CNS 12845 鋼結構用鋼板超音波直束檢測法 (**UT**)
- ✓ CNS 13020 鋼結構銲道射線檢測法 (**RT**)
- ✓ CNS 13021 鋼結構銲道目視檢測法 (**VT**)
- ✓ CNS 13341 鋼結構銲道磁粒檢測法 (**MT**)
- ✓ CNS 13464 鋼結構銲道液滲檢測法 (**PT**)
- ✓ 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*)

◎ 資格檢定機構：

財團法人台灣非破壞檢測協會



證書號碼(Certificate Number): CQ1-020-0082
身分證號碼(ID Number): P122297331

財團法人台灣非破壞檢測協會
The Society for Nondestructive Testing
& Certification of Taiwan

茲證明
Be it known that
業已符合協會非破壞檢測人員資格檢定與授證準則
has met heretofore established and published requirements for

CNS 13588 : 2019
SNTCT-CQ-001(依據ISO 9712:2012)之規定
Qualification and certification of NDT personnel(in accordance with ISO 9712:2012) certification as

應授予 初級檢測員 資格證書
NDT LEVEL I

合格授證之檢測方法暨有效期限詳列如下
In the Nondestructive Testing Methods as specified in the Endorsements

方法 Methods	授證日期 Issue Date	有效日期 Expiration Date	應用領域 Sector(s)
PT 滲透檢測	Jul-2020	Jul-2025	焊件 Welds(w)

授證管理委員會
主任委員
Chairman of
The Certification Management Committee
江文弘
Chia-Hyung Chang

考試委員會
召集人
Chairman of
The Examination Affairs
廖啟偉
Liao-Kwei-Lai

TAF
Certification of Persons
PE002

©2017年8月3日取得全國認證基金會(TAF) ISO 17024:2012 認證◎
◎2018年10月 TAF 人員驗證納入國際認證論壇(IAF) 多邊相互認證協議(MLA)◎

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。



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、標準或規範解釋與評估檢測
4. 結果。
3. 執行所有初級檢測員之職責或查驗初級檢測員之
3. 檢測是否正確。
4. 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、擬定書面指引。
5. 整理與撰寫檢測結果及評估、在職訓練與指導。

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。解說非破壞檢測法規、標準、規範焊接程序書。
3. **選定**特殊之檢測方法、技術和操作方法。依據現有法規、標準、規範與解釋與評估檢測結果。
4. 對檢測之材料、製造方法、生產技術有足夠實務經驗與知識選用適當檢測方法及建立檢測技術。
5. 在無標準規範可巡時，協助制定合格基準。訓練初級檢測員和中級檢測師。



鋼結構銲道目視檢測法(*CNS 13021*)

- ◎ 定義：目視檢測(*Visual Test*，VT)，利用眼睛或加上輔助工具、儀器等來進行偵查及檢視物件表面瑕疵之非破壞檢測方法。
- ◎ 範圍：檢視物件表面的腐蝕、裂紋、瑕疵或損傷情況、物件組合狀況、焊接施工後銲道品質與銲接物件外觀變化。
- ◎ 所有銲道應做100%目視檢測。
- ◎ 優點：簡單、迅速、經濟。檢查位置不受限。表面瑕疵檢出能力強。
- ◎ 限制：僅限於表面瑕疵的檢測。視力影響結果。易受人為因素影響。

檢測主要裝備- 鐸道規 *Weld gauge*

Cambridge Gauge

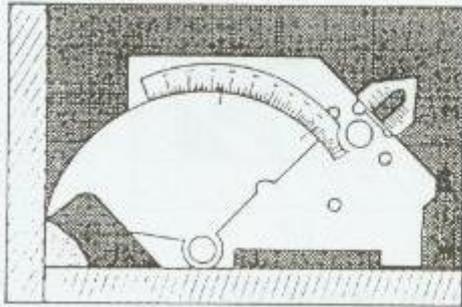


AWS Weld Gauge

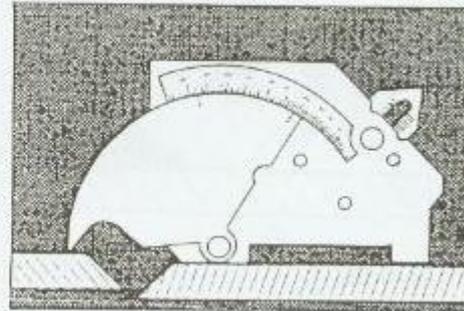


其他工具包括望遠鏡、放大鏡、光度卡、照度卡...

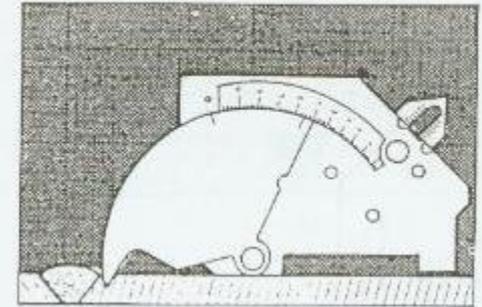
檢測裝備- 銲道規 *Weld gauge*



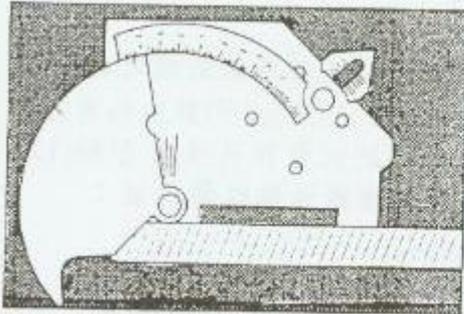
量測-腳長



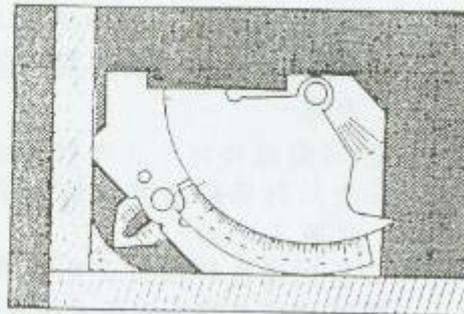
量測-板位差



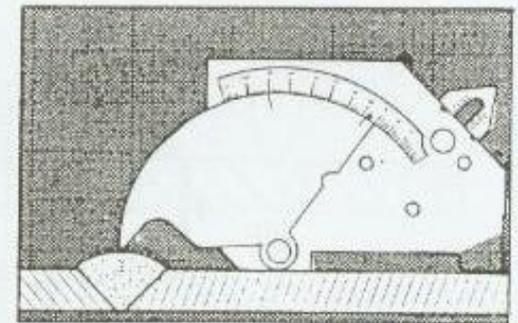
量測-銲蝕



量測-開槽角度



量測-喉深

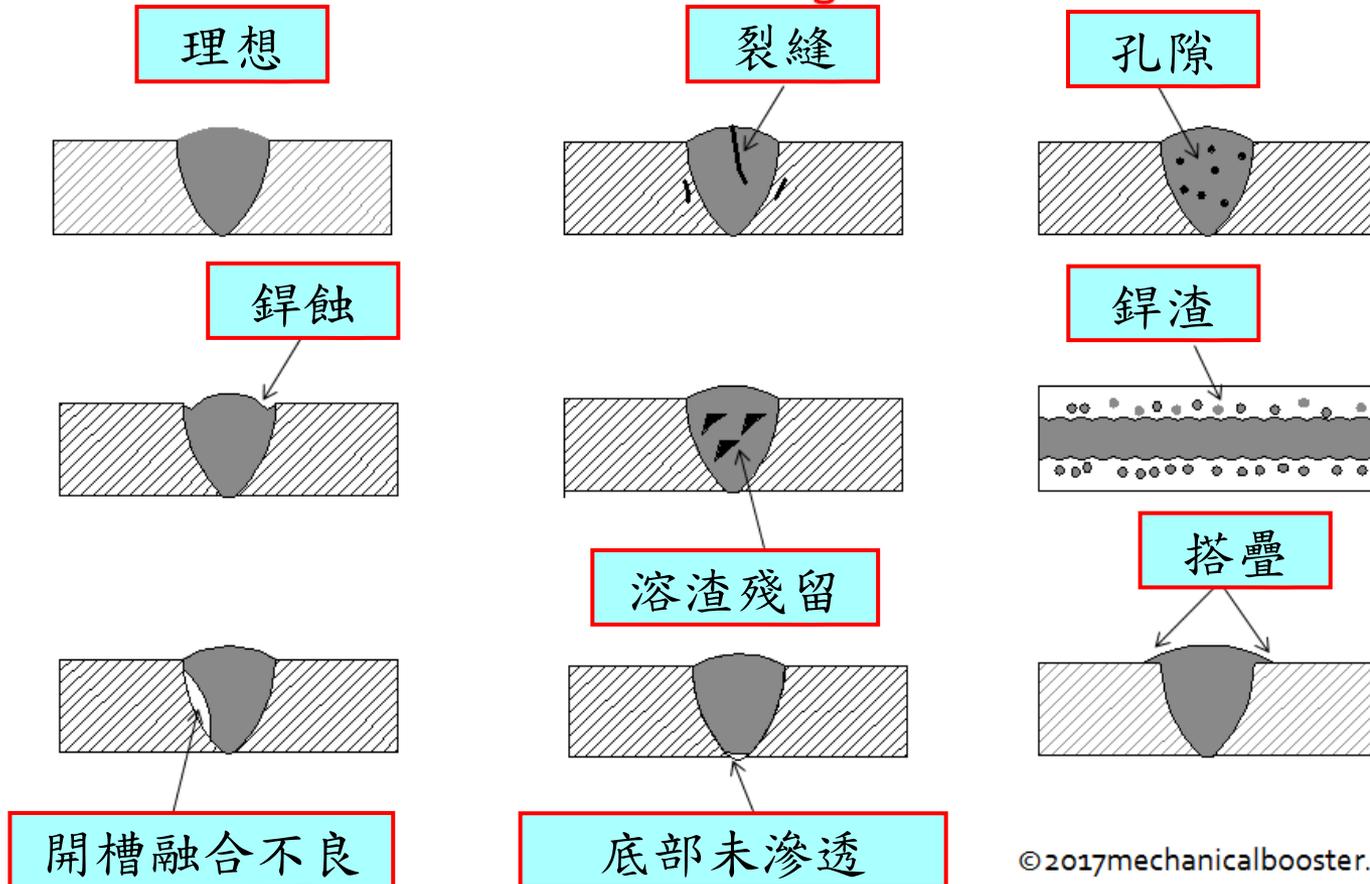


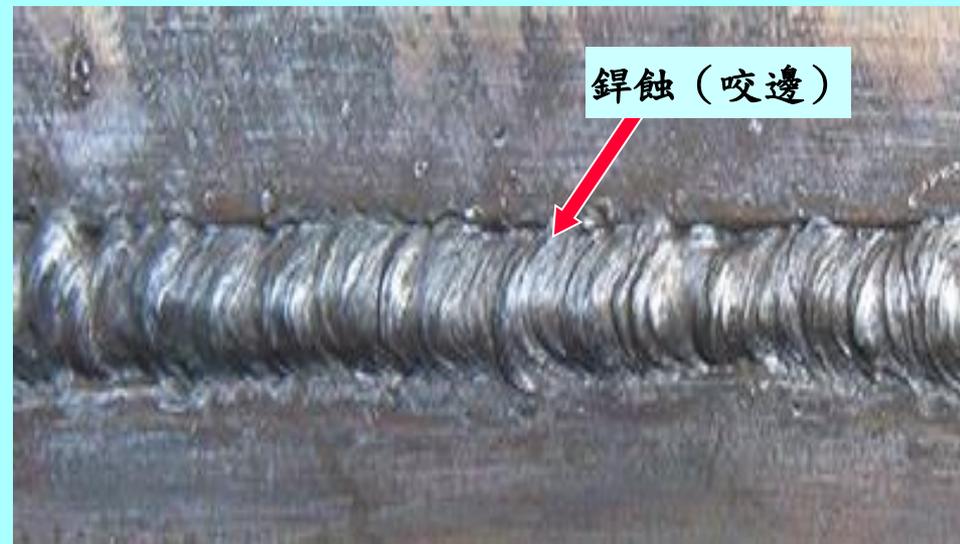
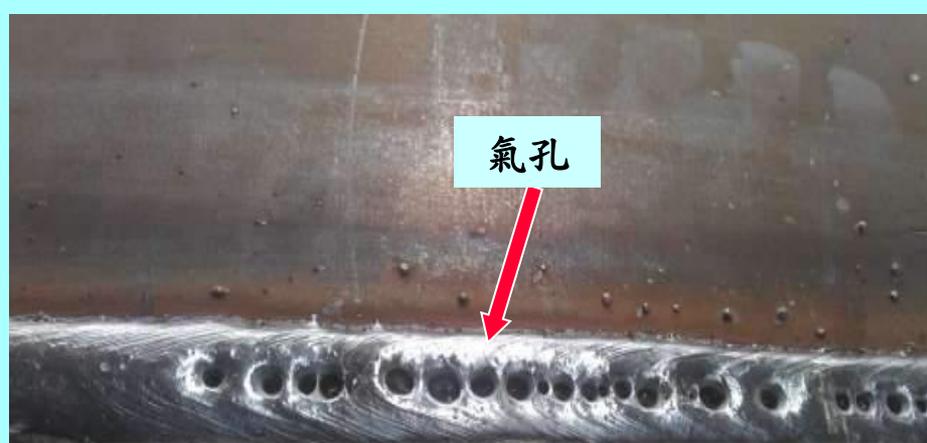
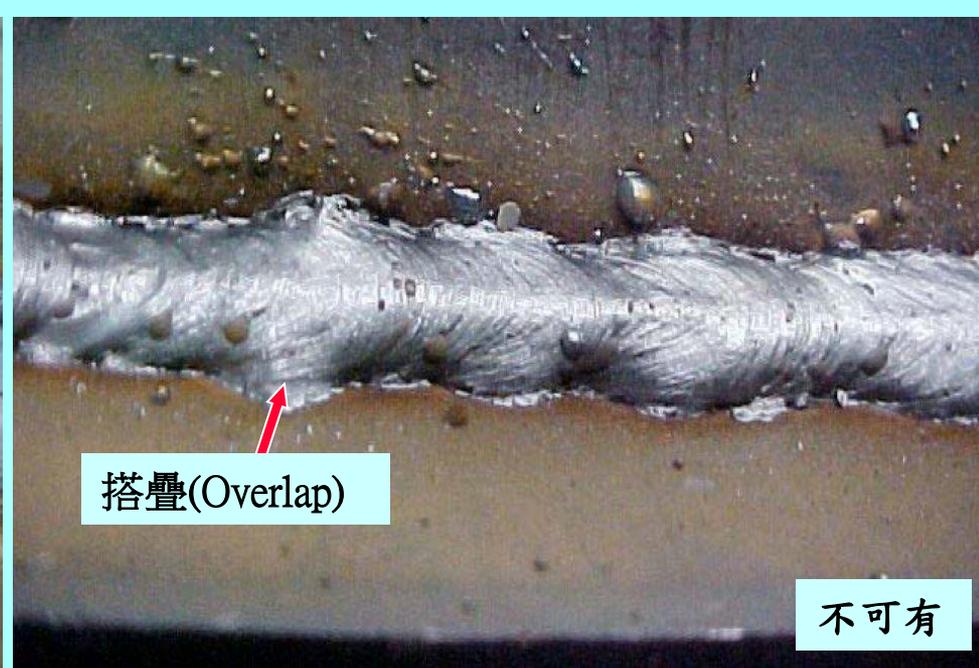
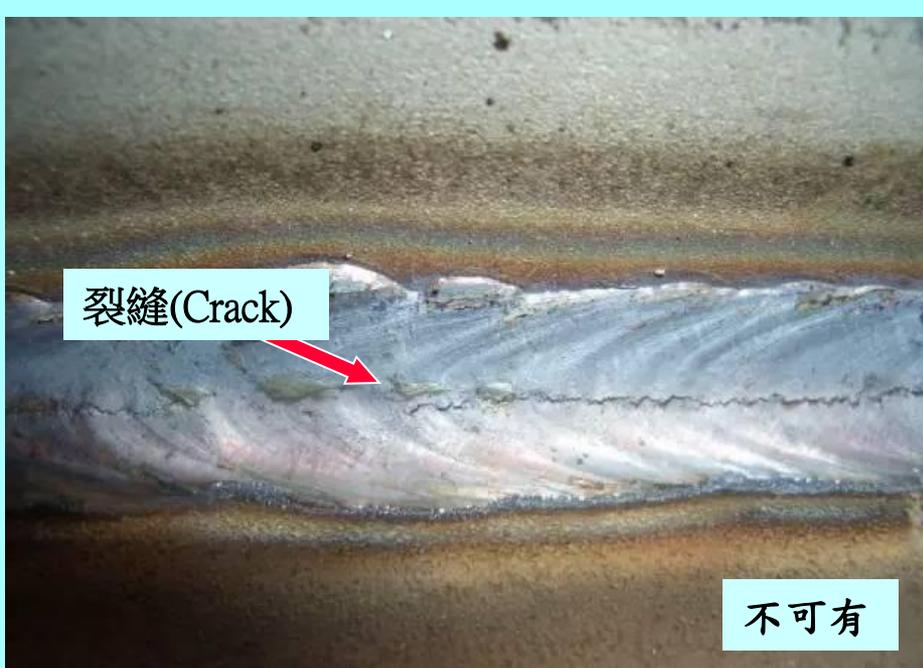
量測-銲冠

銲道接受標準

1. 銲道不得有裂縫(Crack)或搭疊(Overlap)
2. 銲接金屬間及銲道與母材必須完全融合
3. 整個銲道斷面之銲道必須填滿

Different Welding Defects





(動態) 10cm 銲道，氣孔 ≤ 1 個且 $D \leq 2\text{mm}$

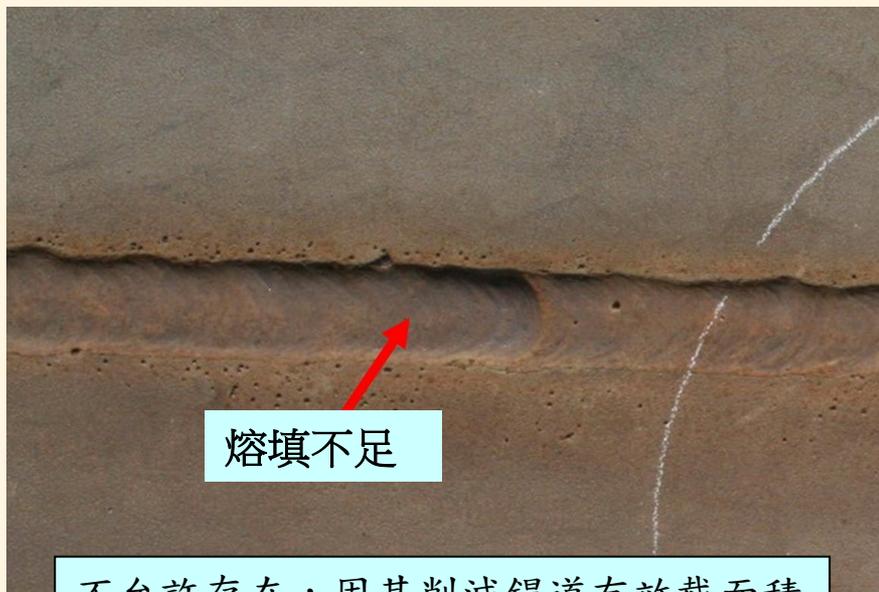
連接加勁板與腹板之填角銲道：

(1) 2.5cm 銲道內，氣孔總長 $\leq 1\text{cm}$

(2) 30cm 銲道內，氣孔總長 $\leq 1.9\text{cm}$

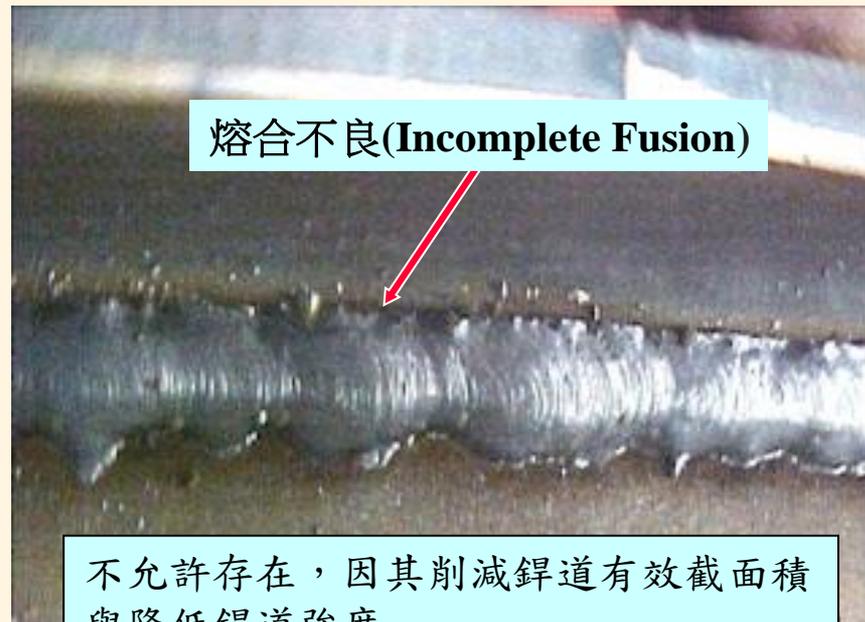
(動態) 一般焊道 $\leq 1\text{mm}$

主要構件承受與張力垂直焊道 $\leq 0.25\text{mm}$



熔填不足

不允許存在，因其削減銲道有效截面積與降低銲道強度

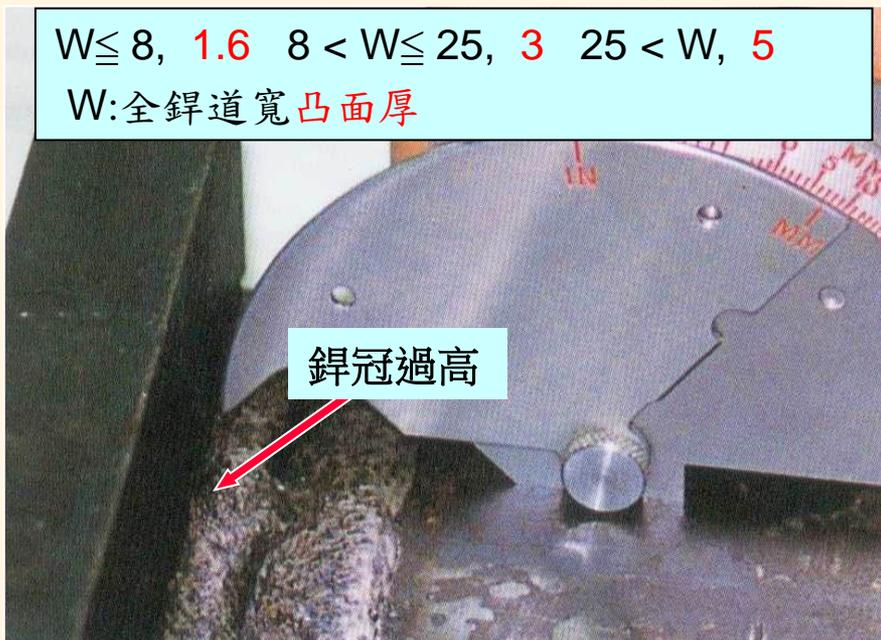


熔合不良(Incomplete Fusion)

不允許存在，因其削減銲道有效截面積與降低銲道強度

$W \leq 8$, 1.6 $8 < W \leq 25$, 3 $25 < W$, 5

W:全銲道寬凸面厚



銲冠過高



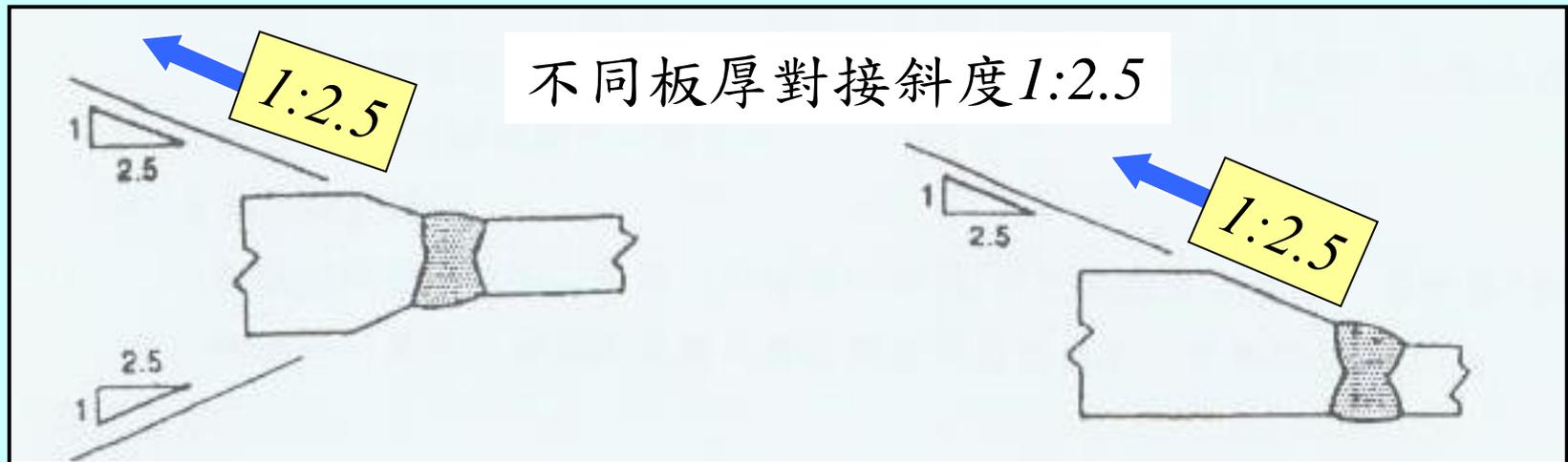
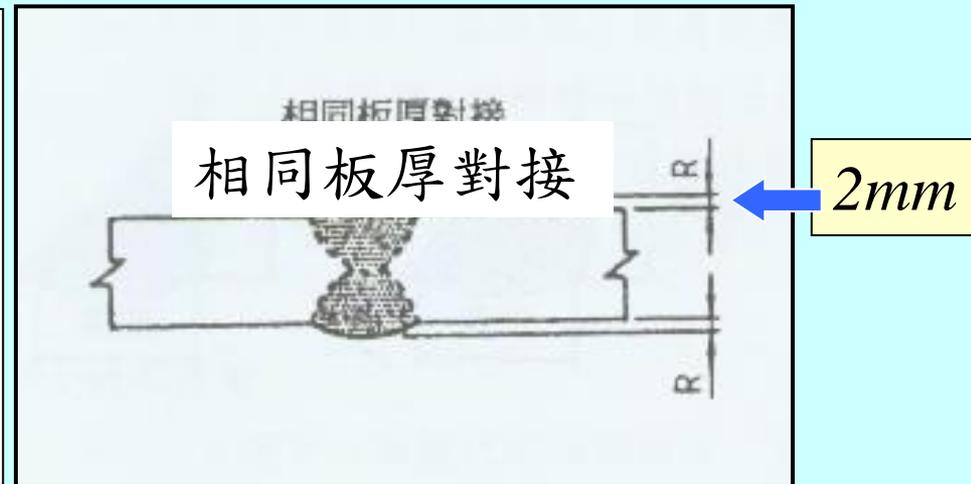
銲蝕

(動態) 一般焊道 $\leq 1\text{mm}$
主要構件承受與張力垂直焊道 $\leq 0.25\text{mm}$

對接銲道接受基準

▶ 對接銲道：

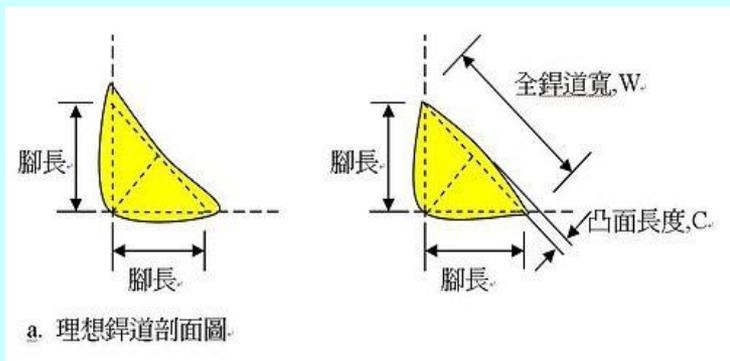
不得超過**2mm**，不同板厚之斜度，不得超過**1:2.5**。



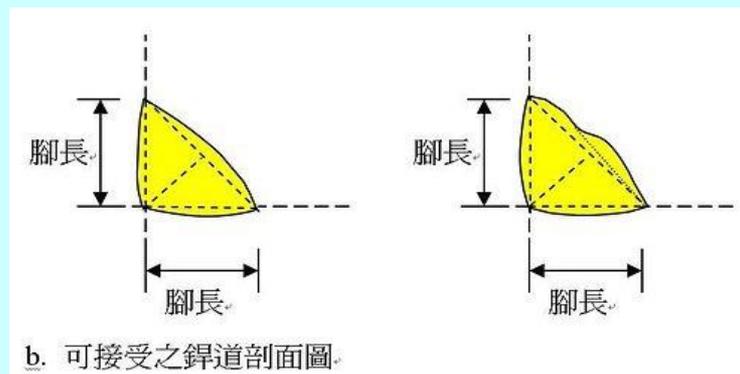
(鋼板對接一般做RT)

參考來源：永峻顧問

填角銲接受基準



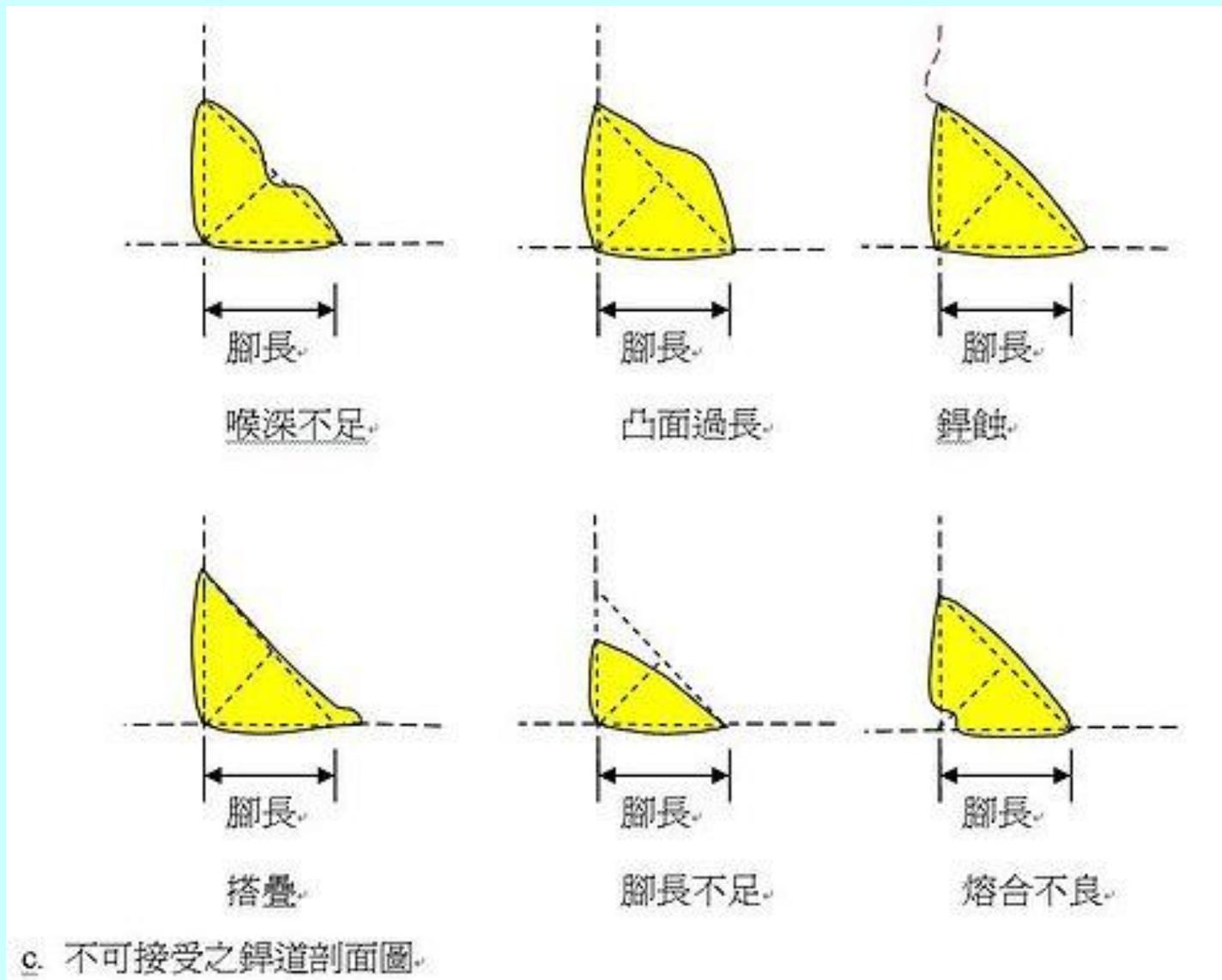
理想之填角銲外觀



可接受之填角銲外觀

<u>填角銲接</u> 之全銲道寬 (W) mm	凸面厚度 (C) mm
$W \leq 8$	1.6
$8 < W \leq 25$	3
$25 < W$	5

填角銲不可接受情形



銲蝕接受標準

- 靜態力結構(建築)

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

- 動態力結構(橋梁)

銲道分類	銲蝕深度容許尺度
★ 一般銲道	銲蝕深度 $\leq 1\text{mm}$ (常用)
★ 主要構件承受與張力垂直之銲道	銲蝕深度 $\leq 0.25\text{mm}$ (常用)

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

焊接型式	氣孔(動態)容許尺度
填角銲 ★	100mm銲道，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銲道： 1. 25mm銲道內，氣孔總長 $\leq 10\text{mm}$ 。 2. 300mm銲道內，氣孔總長 $\leq 19\text{mm}$
開槽對接銲	承受與張應力垂直之全滲透開槽銲接，不得有表面氣孔。 其他開槽銲道，100mm銲道內，氣孔數量最多1個，且直徑 $\leq 2\text{mm}$ 。

鋼結構銲道超音波檢測法 (CNS 12618)

- ◎ 簡稱：**UT - Ultrasonic Testing** 用於厚度60mm內均質鋼件
- ◎ 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：

THSR



參考來源：永峻顧問

鋼結構鉚道超音波檢測法 (CNS 12618)



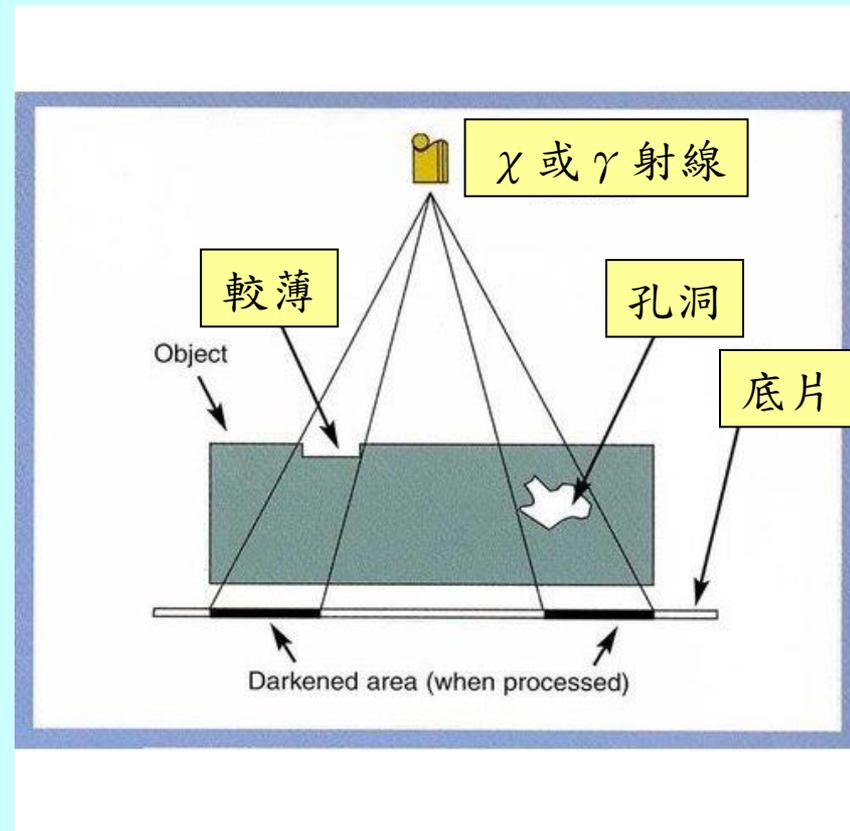
鋼結構銲道射線檢測法 (*CNS 13020*)

◎ 簡稱：*RT - Radiographic Testing*

用於25mm以下之鋼件

◎ 原理：以穿透能力之射線（如 χ 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，判斷影像以檢測試體瑕疵。

◎ 檢測設備：主要分為兩類：一為 γ 射線，另一為 χ 射線。



基於射線對於人體危害
考量，檢測人員須列管

鋼結構銲道磁粒檢測法 (*CNS 13341*)

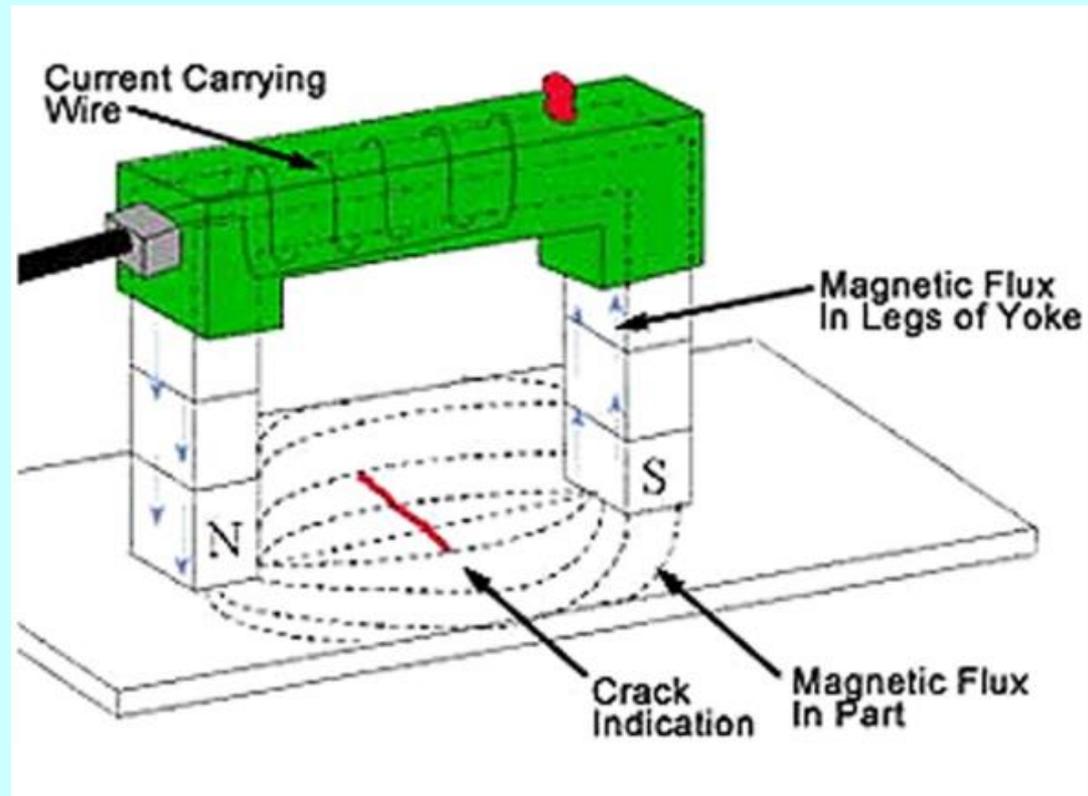
◎ 簡稱：*MT - Magnetic Particle Testing*

用於可磁化鋼件

◎ **原理**：將磁粒適當地撒佈於經過磁化物件表面，以檢測物件表面之瑕疵。

◎ **檢測設備**：產生磁場之磁軛及磁粒；將構件適當地磁化，方能進行，磁粒檢測適用於鐵性材料之物件，如碳鋼等。

◎ 操作簡便、迅速、清理容易。

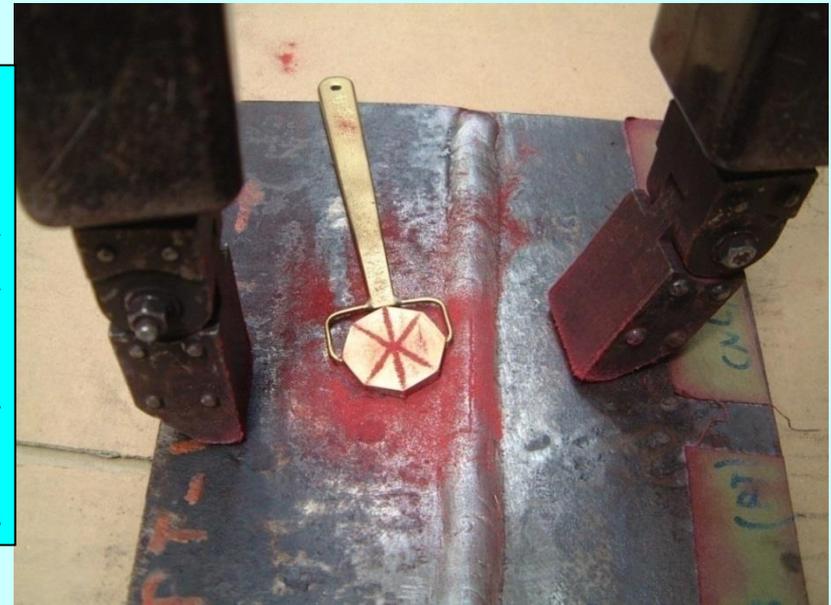


鋼結構鉚道磁粒檢測法 (CNS 13341) — 磁粉探傷

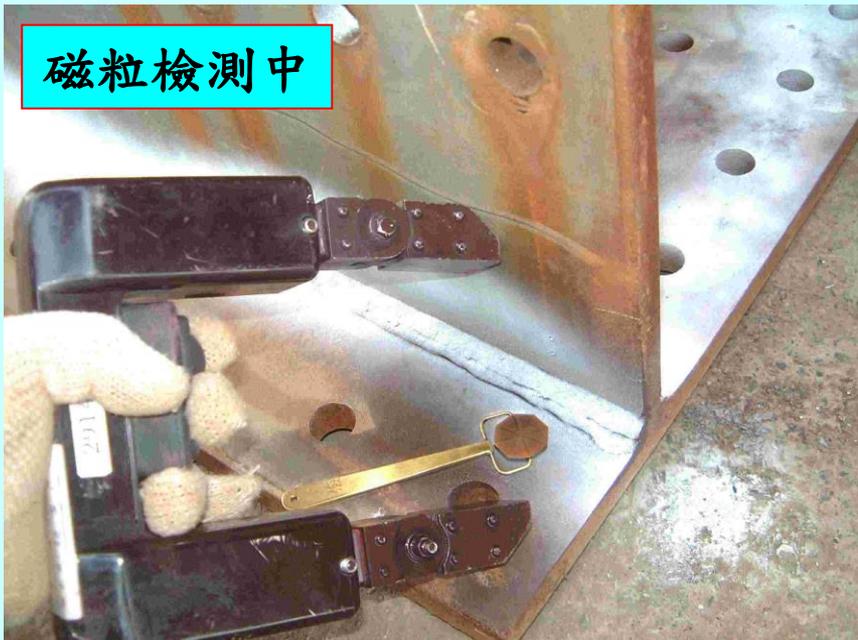
永久磁軛吸舉力測試



電磁軛八角規測試

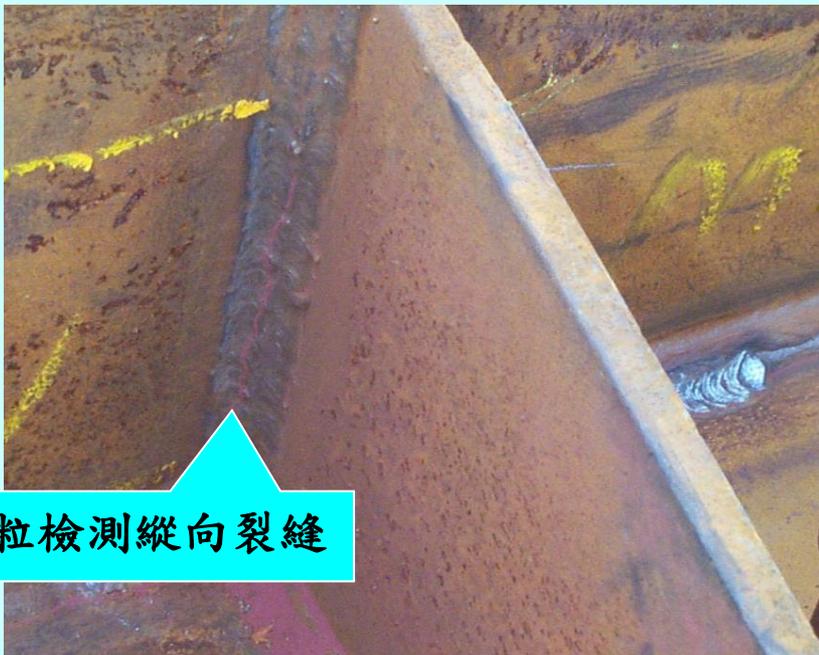


磁粒檢測中



磁粒檢測中





磁粒檢測縱向裂縫



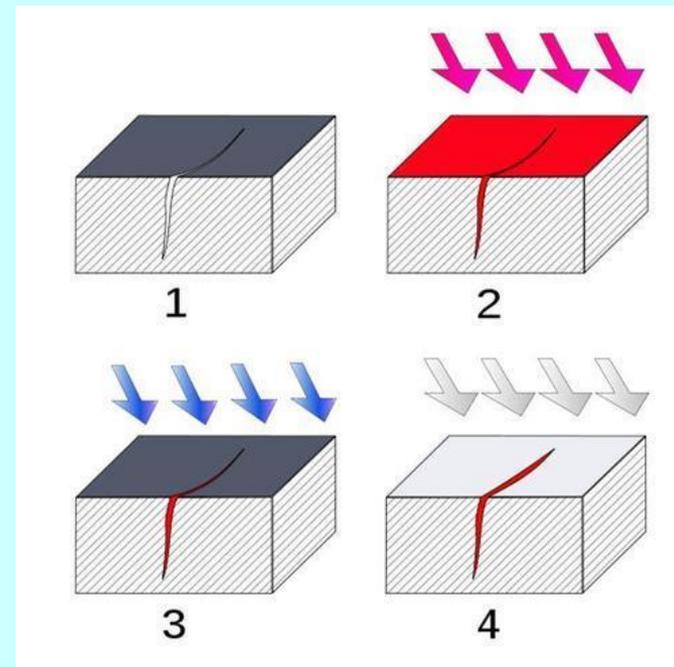
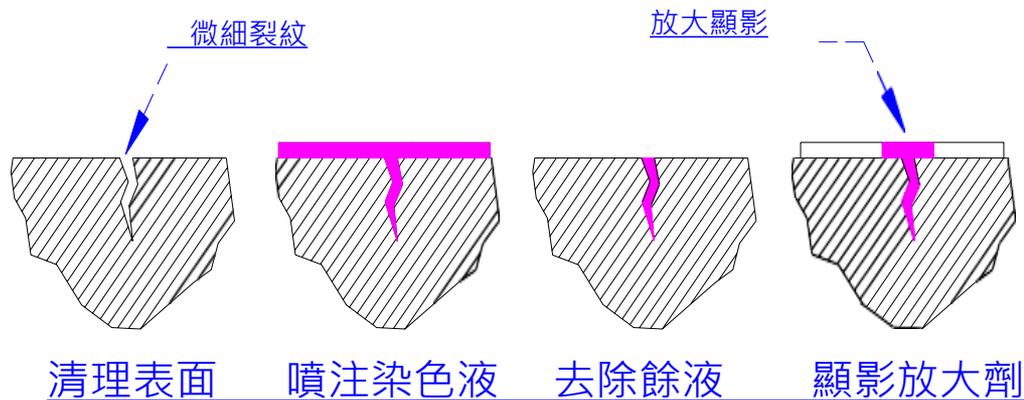
磁粒檢測縱向裂縫



磁粒檢測橫向裂縫

鋼結構銲道滲液檢測法 (CNS 13464) — 染色探傷

- ◎ **簡稱**： *PT - Dye Penetrate Testing* 用於非多孔性材質鋼件
- ◎ **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孔隙或裂縫，然後藉由染色或螢光等，以辨別瑕疵。



參考來源：天恩結構技師事務所

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		
		銲接處最厚板厚(mm)	最低溫度(°C)	
CNS2473 G3039 SS330 SS400 CNS2947 G3057 SM400A SM400B SM400C	除了低氫素以外(酸性銲條)之被覆電弧銲接 (銲條含SiO ₂ , TiO ₂ , P ₂ O ₃ ...等成分)	19以下	不規定	非低氫素 (酸性銲條)
		19~38	66	
		38~64	107	
		64以上	150	
		19以下	不規定	
19~38	10			
38~64	66			
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)			

銲接過程之檢查事項(1/3)

施銲前：

(核對「焊接製程規範」WPS，P15)

材料是否正確

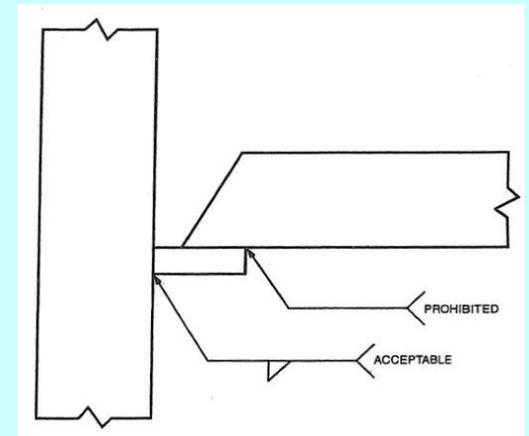
背墊板與原鋼板之密接度及端板之固定是否妥當

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(銲接後是否必須後熱)

銲條種類之選定是否正確



除有證明其安全性，否則宜儘量避免銲接厚度大於30mm之構件

銲接過程之檢查事項(2/3)

施銲中：

- 電銲工之資格是否符合規定
- 電銲先後順序對否
- 採用銲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
- 電銲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(VT)、磁粉探傷(MT)或染色探傷(PT)試驗加以確認。

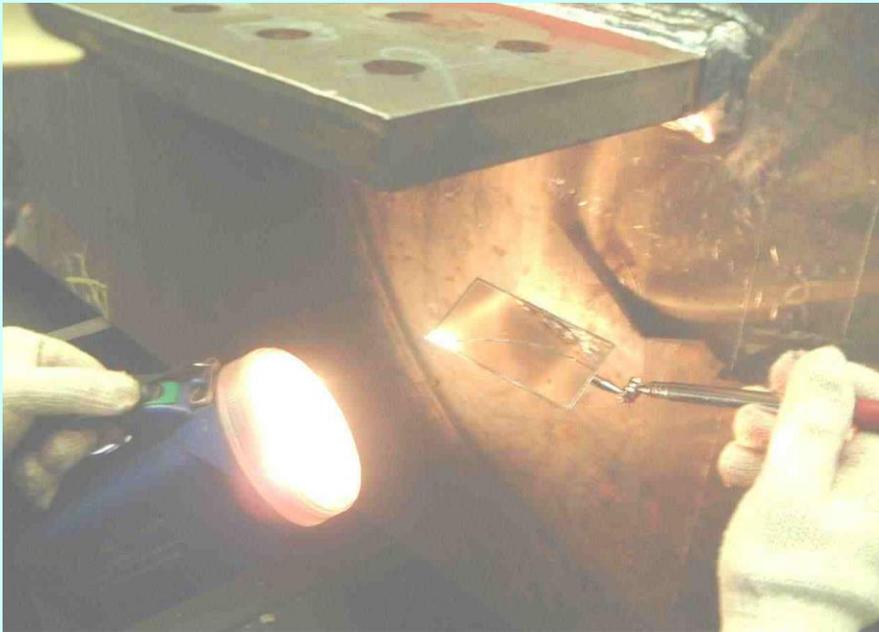
銲接過程之檢查事項(3/3)

施銲後：

銲肉測量

銲道表面目視檢查

非破壞檢驗。



目視反射鏡檢視



目視銲道規量測

銲道之檢驗及試驗

檢驗時間規定：

執行非破壞檢查工作應於銲接完成後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考試及格資格

非破壞性檢測人員執行工作：

具初級檢測員 *Level 1* 資格者方能執行檢測工作

具中級檢測師 *Level 2* 以上資格者方能執行判定工作

具中級檢測師 *Level 2* 以上資格人簽證檢測紀錄始能生效

檢驗數量：

非破壞檢驗之檢驗數量，依圖說或施工規範辦理。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

	表面開口缺陷	接近表面缺陷	內部缺陷
射線檢測 <i>RT, CNS 13020</i>	◎	◎	◎
超音波檢測 <i>UT, CNS 12618</i>	○或△	○或△	◎
磁粒檢測 <i>MT, CNS 13341</i>	◎	○或△	×
滲液檢測 <i>PT, CNS 13464</i>	◎	×	×

適用條件

25mm以下鋼件

60mm內均質鋼件

可磁化鋼件

非多孔性材質鋼件

◎：優良 ○：尚可 △：困難 ×：不可能

銲接對構件影響深遠，施工瑕疵直接影響力

學行為，使整體結構產生無法預期之破壞

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

(五) 鋼板 - 鋼材常用規格

(一)、大梁常用鋼材規格

(A)、ASTM： A572 Gr.50 、 A36 、 A992

(B)、JIS(/CNS)： SM490B 、 SM400B 、 SN490C

(二)、斜撐常用鋼材規格

(A)、ASTM： A572 Gr.50 、 A36 、 A992

(B)、JIS(/CNS)： SM490B 、 SM400B



(三)、H型柱 (梁上柱) 常用鋼材規格

(A)、ASTM： A572 Gr.50 、 A36 、 A992

(B)、JIS(/CNS)： SM490B 、 SM400B 、 SN490C

(四)、H型柱 (與大梁相接) 常用鋼材規格

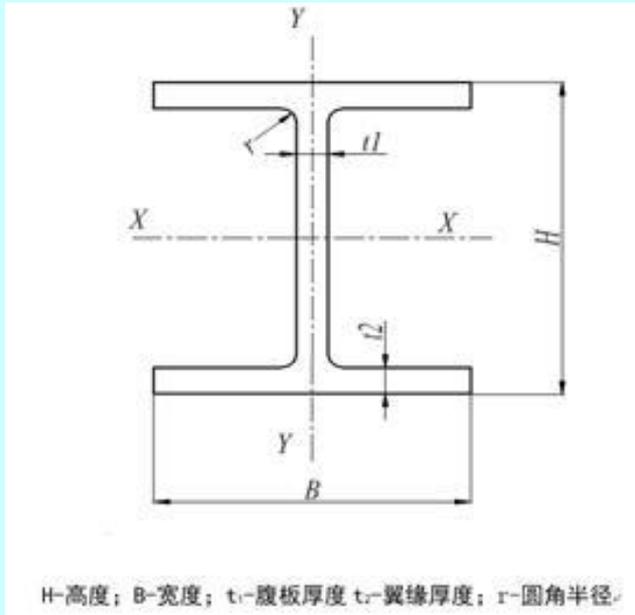
(A)、ASTM： A913

(B)、JIS(/CNS)： SN490B 、 SM400B 、 SM490B

鋼板尺寸與標記

RH：型鋼熱軋成型的H型鋼

BH：組合成型的H型鋼



鋼板尺寸
(厚*寬*長)

供應商 &
製造日期

材質規格

H高度 × B寬度 × t1腹板厚度 × t2翼緣厚度

超音波檢測完成

含碳量0.6%~2%稱為高碳鋼

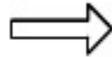
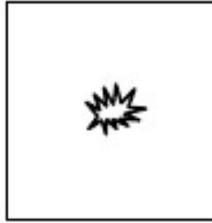
含碳量0.3%~0.6%稱為中碳鋼

含碳量0.02%~0.3%稱為低碳鋼

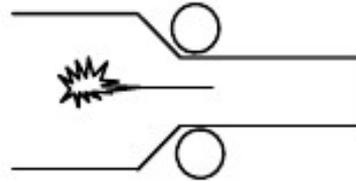
每塊鋼板都有標記:快速了解
這塊鋼板的材料資訊

鋼板夾層形成原因

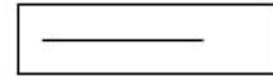
冷凝後產生空穴或夾渣等



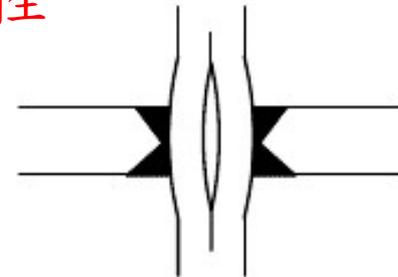
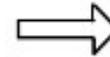
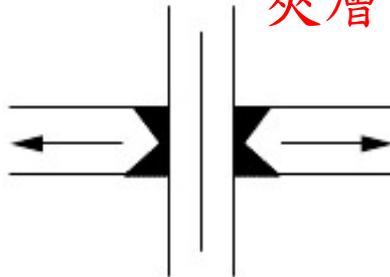
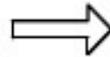
經過滾壓



產生夾層



夾層之危險性



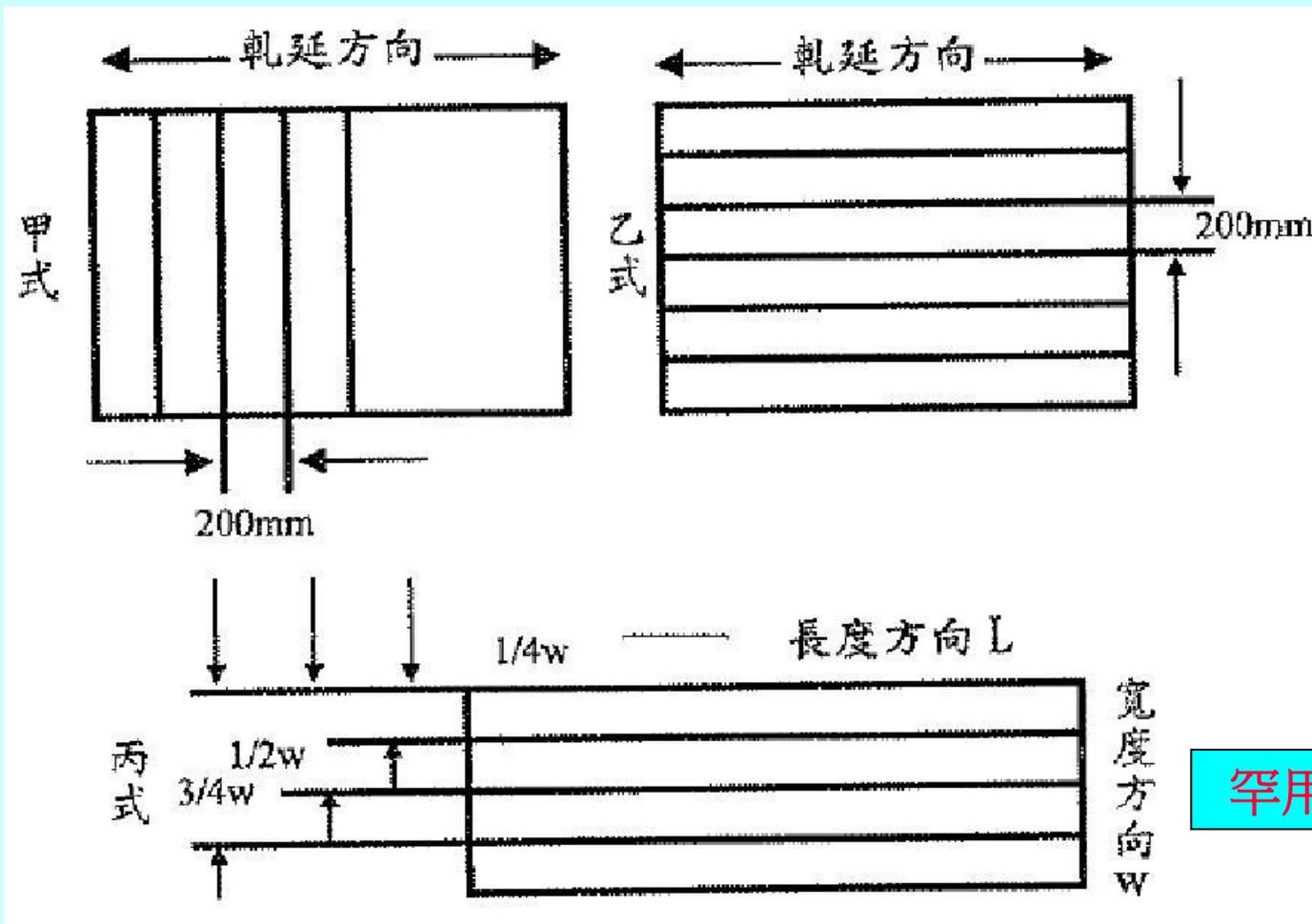
有夾層鋼板

受力或焊接應力影響

產生層間撕裂

夾層檢測：鋼料內部的夾渣、澆鑄粉或介在物等存在於鋼胚內，軋成鋼料後即成為扁平夾層。公共工程在鋼板厚度達到19mm時應做夾層檢測。

參考來源：劉澤山技師



CNS 12845鋼板夾層檢測掃描方式

鋼板Plate夾層檢測相關規範：*ASTMA435*、*CNS 12845*、*JIS G0901*

型鋼RH夾層檢測相關規範：*ASTMA898*

適用鋼材一覽表-CNS系列鋼材

桿件型態	CNS 2473 SS系列	CNS 2947 SM-A 系列	CNS 13812 SN-A 系列	CNS 2947 SM-B 系列	CNS 2947 SM-C 系列	CNS 13812 SN-B系 列	CNS 13812 SN-C系 列
桿件類別							
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 拉應力之桿 件	X	O	O	O	O	O	O
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

	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM
桿件型態	A709	A709			
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 厚度許可差規定	適用範圍
SS	CNS 2473 G3030-92 一般結構用軋鋼料 SS厚度許可差(可大 <u>可小</u> ，P.197)	一般結構用熱軋鋼料 (橋樑、船舶、車輛及其他結構物等)
SM	CNS 2947 G3057-92 銲接結構用軋鋼料 SM厚度許可差(可大 <u>可小</u> ，P.197)	銲接性良好之熱軋鋼料 (橋樑、船舶、車輛、儲油槽、容器及其他結構物等)
SN	CNS 13812 G3262-97 建築結構用軋鋼料 SN厚度許可差(可大 <u>不可小</u> ，P.197)	建築結構用軋鋼料

★SS 系列鋼材因其材質未包括碳含量之限制，並不適於需銲接之主要結構使用(鋼構造建築物鋼結構施工規範2.2節)

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，因強度品質較可靠及韌性規格並且限制最高降伏比，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°C衝擊值為2.8kgf·m以上；C級鋼：規定0°C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

如 SM400B 性能如下：

焊接結構用軋鋼料，抗拉強度400mpa，適耐震結構物

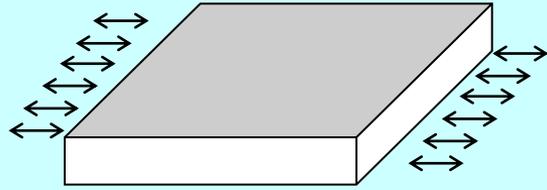
(抗拉強度 \doteq 4.0 Ton/cm²)

如 SN490C 性能如下：

建築結構用軋鋼料，抗拉強度490mpa，適耐震結構物 更佳抗撕裂性質

(抗拉強度 \doteq 4.9 Ton/cm²)

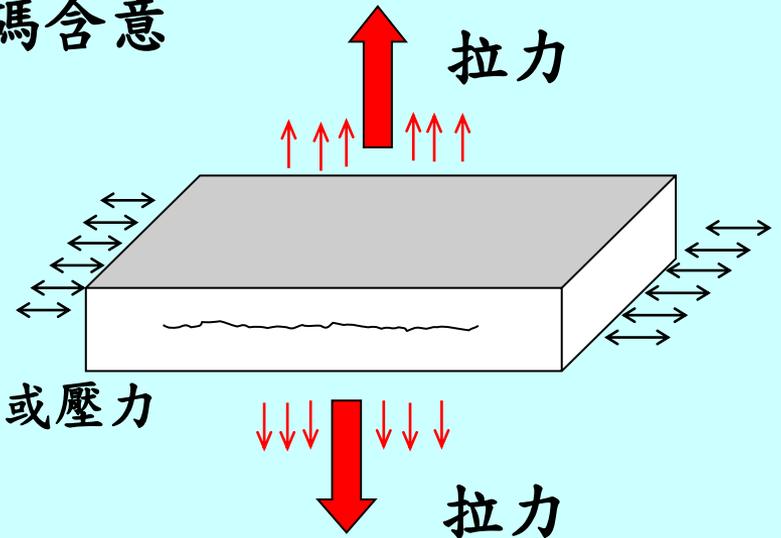
鋼板B 代碼含意



受拉力或壓力

SN490B

鋼板C代碼含意



受拉力或壓力

SN490C(抗撕裂)

阪神地震後「SN鋼材」成為日本耐震建築首選鋼材

耐震首選 SN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。

常用結構用鋼板、棒鋼及型鋼-中國國家標準規定

CNS 2473 一般結構用軋鋼料

代號SS

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

代號SM

CNS 13812 建築結構用軋鋼料

代號SN

CNS 4269 銲接結構用耐候性熱軋鋼料

代號SMA

CNS 4620 高耐候性軋鋼料

代號SPA-H

CNS 6183 一般結構用輕型鋼

代號SSC

CNS 7993 一般結構用銲接 H 型鋼

代號WH

CNS 9704 鋼浪板（浪形鋼板）

代號SDP3

(六) 高強度螺栓 (含剪力釘)

(一)、常用規格

(A) JIS B 1186 F10T

(B) JSS II S10T



S10T

S10T扭斷控制螺栓



F10T

(有扭斷控制螺栓、非扭斷控制螺栓)

(二)、國內主要供應商

春雨(Lion)、晉禾(JH)

聚亨(TY)、久陽(OF)

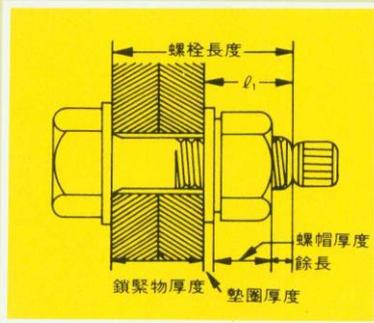
扭斷型螺栓在鎖緊(鎖斷)後,無法再調整扭力值。F10T(非扭斷型螺栓)

才可以做再調整的工作。

F10T & S10T之差異？

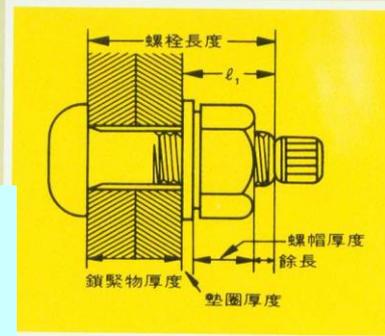
- ◎ F10T為日本工業規格**JIS**產品，六角形，由螺栓、螺帽與2個墊片組成。其他等級尚有F8T、F11T、F12T、F14有**扭斷控制**、**非扭斷控制**兩種（**非扭斷控制螺栓**，是可再調整）
- ◎ S10T為日本鋼結構協會**JSS**認定產品，圓頭型，只有**扭斷控制螺栓**，強度與F10T相當（**S10T屬扭斷控制螺栓**，無法調整）

六角頭螺栓長度之選用方法 F10T



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

螺栓長度之選用方法 S10T



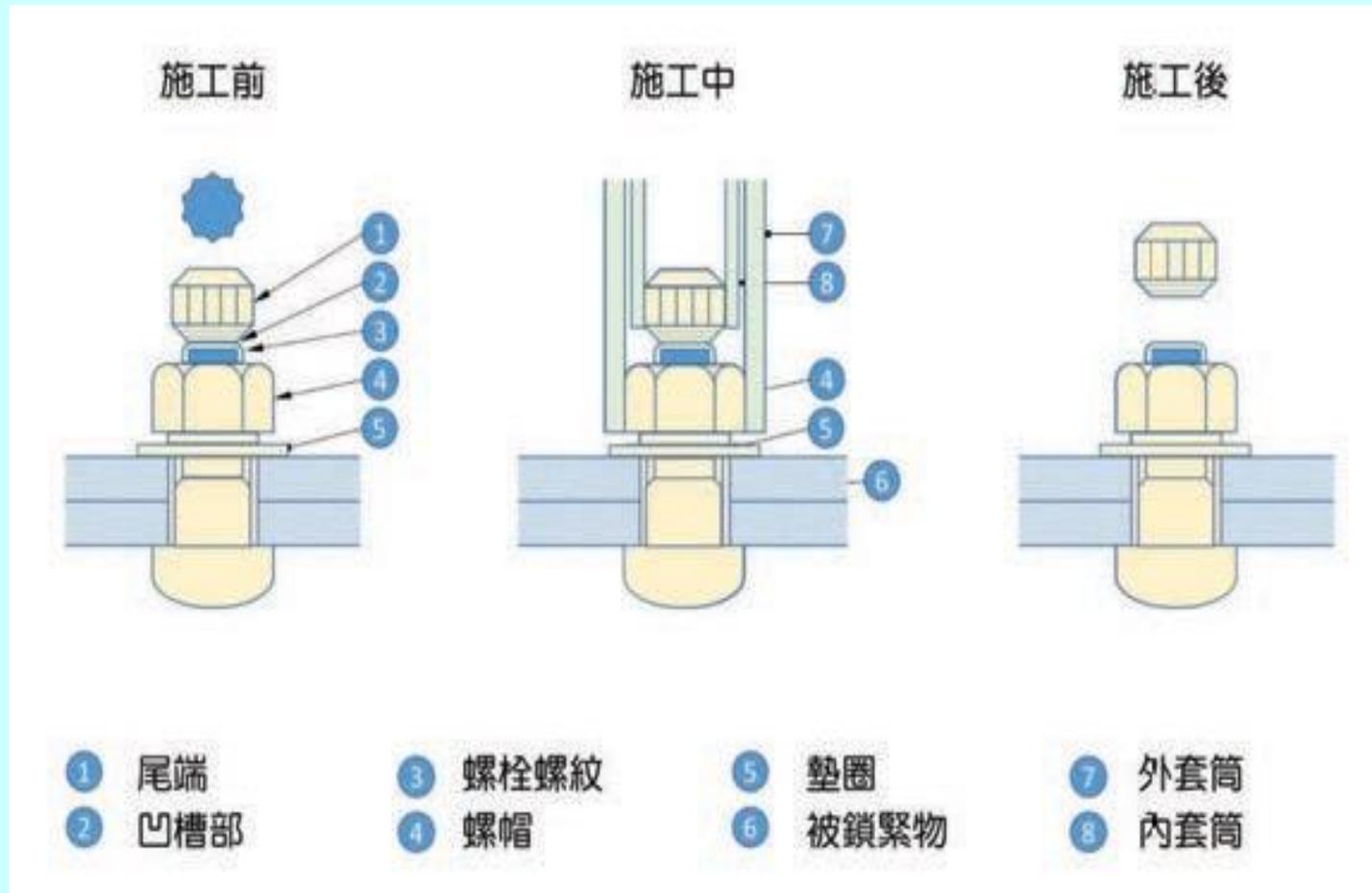
標稱直徑	l_1 (mm)
M16	25
M20	30
M22	35
M24	40

(F10T正式全名為JIS B 1186 F10T)

(S10T正式全名為JSS II S10T)

扭斷控制螺栓(TCB)鎖緊方式

臺灣公路工程第 45 卷第 6 期



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 高強度螺絲機械性質

螺絲規格	直徑 (in)	降伏強度 (tf/cm)	抗拉強度 (tf/cm)	
			Min	Max
★ A325	1/2~1	6.44	8.40	-
	1 1/8~1 1/2	5.67	7.35	-
A490	1/2~1 1/2	9.10	10.5	11.9
A449	1/4~1	6.44	8.40	-
	1 1/8~1 1/2	5.67	7.35	-
	1 5/8~3	4.06	6.30	-

★常用之螺絲規格

ASTM 高強度螺絲組

螺絲種類	型別	標稱直徑 (in)	螺帽型式	墊圈型式
★ A325	TYPE 1	1/2~1 1/2	A 563-C	F436 TYPE 1
	TYPE 1 (熱浸鍍鋅)	1/2~1 1/2	A 563-DH	F436 TYPE 1
	TYPE 3	1/2~1 1/2	A 563-C3	F436 TYPE 3
A490	TYPE 1, 2	1/2~1 1/2	A 563-DH	F436 TYPE 1
	TYPE 3	1/2~1 1/2	A 563-DH3	F436 TYPE 3
A449	TYPE 1, 2	1/4~1 1/2	A 563-B	F436 TYPE 1
		1 5/8~3	A 563-A	F436 TYPE 1
	TYPE 1, 2 (熱浸鍍鋅)	1/4~3	A 563-DH	F436 TYPE 1

註：螺帽除 A563-B 外，其餘皆為重型六角形螺帽。

高強度螺絲材料強度

螺絲規格	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

高強度螺絲組

螺絲種類	螺帽型式	墊圈型式
F8T & S8T	F10 或 F8	F35
★ F10T & S10T	F10	F35

A325		A490		
Type1	Type3	Type1	Type2	Type3
				

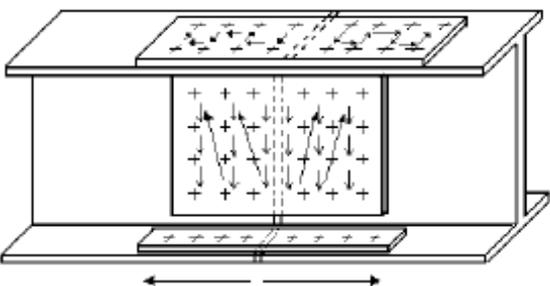
部份廠商
取消Type 1
表面符號



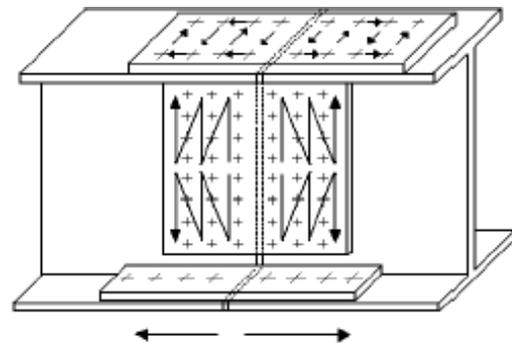
耐候型螺栓

ASTM 高強度螺柱之標示

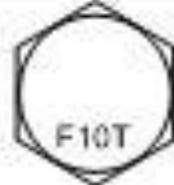
耐候鋼螺栓



(a) 腹板螺栓數量較少時由上向下依序鎖緊



(b) 腹板螺栓數量較多時由中央向上下兩端依序鎖緊

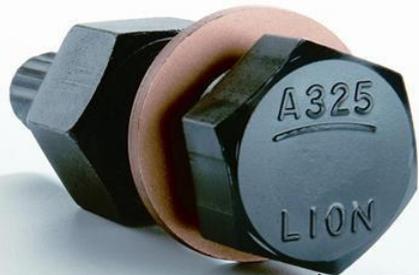
F8T	F10T
	

JIS 高強度螺柱
之標示

高強度螺栓鎖緊次序

JIS規格F8T、F10T

A325 Type3 六角有尾



不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻
酸鹽皮膜處理



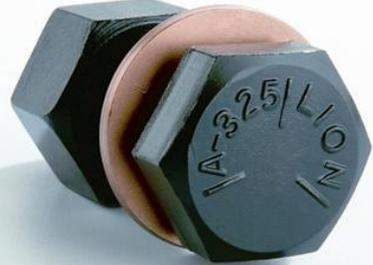
A325 TC圓頭有尾



不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻
酸鹽皮膜處理



A325 Type1 六角無尾



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

A490TC六角有尾

不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻酸
鹽皮膜處理



A490TC圓頭有尾

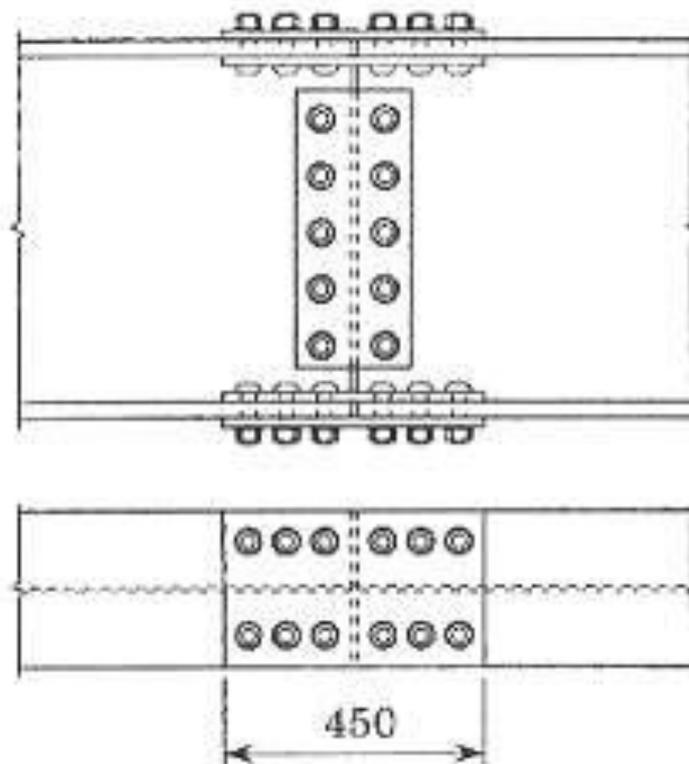
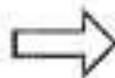
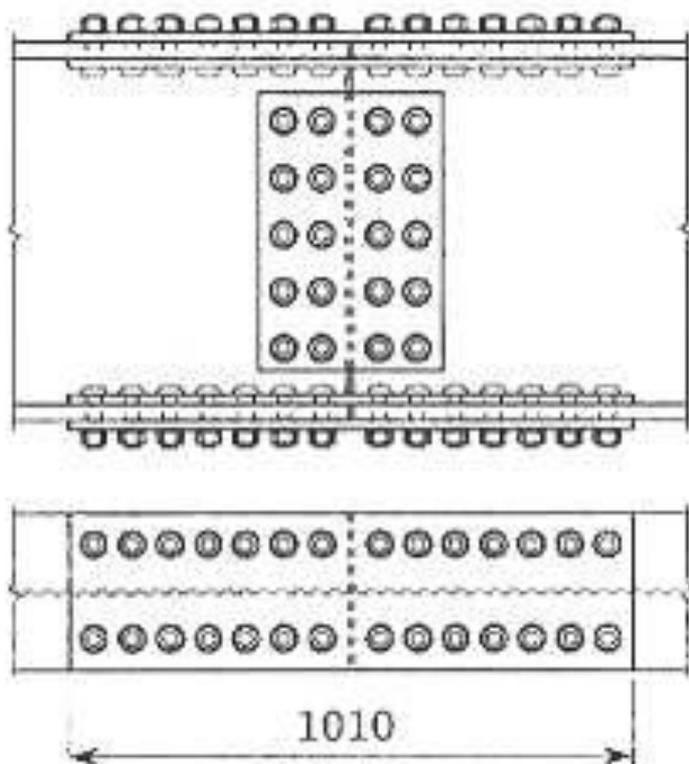
不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻酸
鹽皮膜處理



採用 F 14T 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 M22 F10T 螺栓，而右圖僅需 34 支 M22 F14T 螺栓。

76支F10T

34支F14T



資料來源：臺鍍科技公司



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. 從螺栓扭斷之斷裂面毛邊先出現並逐漸向外擴散



1. 研磨修整前



2. 研磨修整後

扭斷控制螺栓尾端斷裂面防銹前
研磨-修整，交通部104.4.13（交技
字第1045004678號）頒佈實施

參考來源：陳正平技師



研磨器具(紅色)



收集鐵屑裝置(藍色)

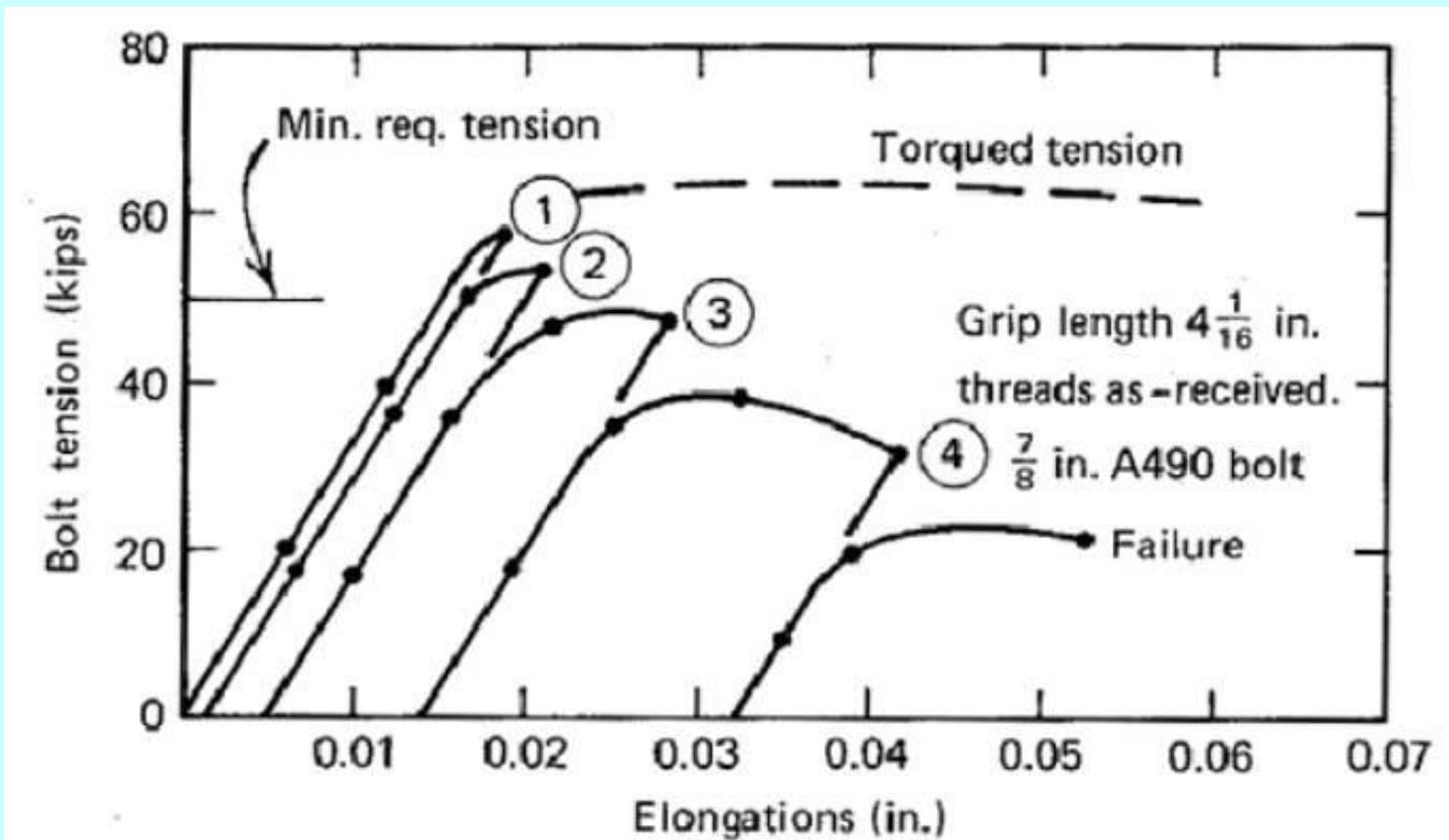


研磨修整



研磨修整後(相當平順)

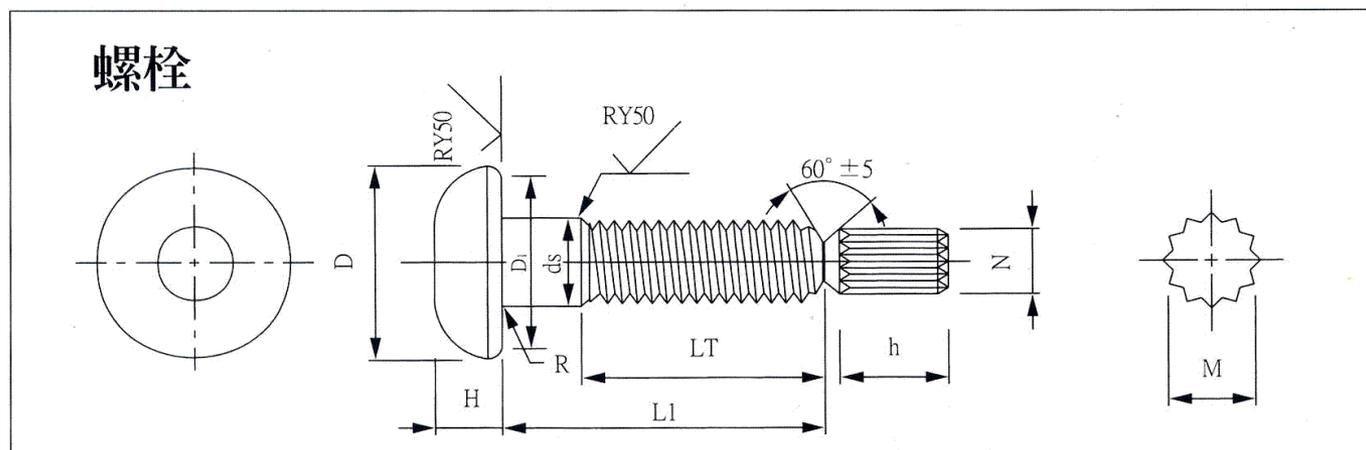
斷裂面研磨修整



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導致螺栓塑性變形能力降低，或安裝或拆卸過程有傷痕或螺牙、螺桿變形，**使用過之高強度螺栓不宜重複使用。**

S10T高強度螺栓之螺牙長度及其他尺寸規格

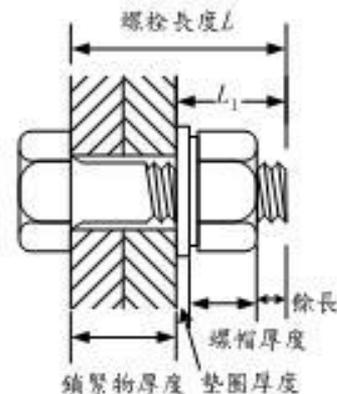


單位：mm

標稱直徑 (d)	ds		H		D		LT		h	M		N
	基準尺	公差	基準尺	公差	基準尺	公差	基準尺	公差	約	基準尺	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

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



圖五 螺栓長度需求

鎖固後螺栓尾端螺紋應凸出螺帽至少1個完整的螺牙，
不超過6個螺牙。

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
可熱浸 鍍鋅	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。
不可熱浸 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。
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。

耐候鋼

耐候鋼

1. 斷尾螺栓不可鍍鋅及鉻、磷、鋅鉻酸鹽皮膜處理

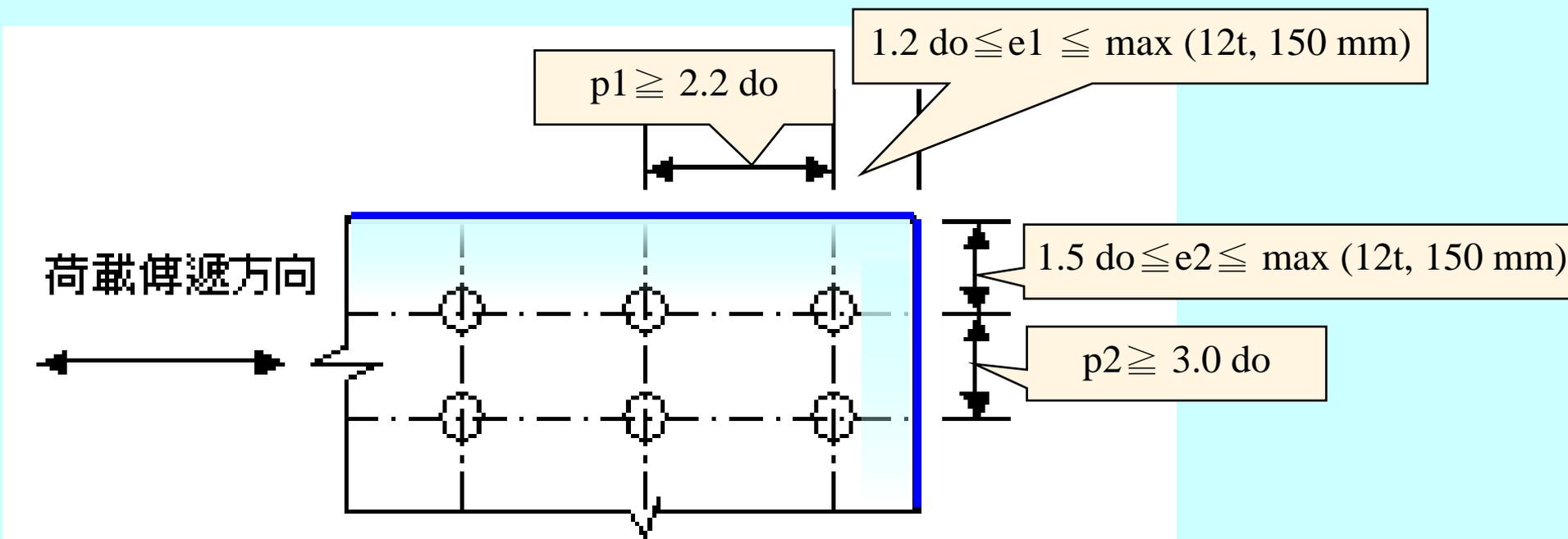
2. TYPE 3屬耐候鋼



螺栓孔的佈置（參考，如下圖）

- 一、螺栓孔之佈置應盡量避免造成銹蝕、局部挫曲及應使螺栓容易安裝。
- 二、螺栓孔之佈置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。
- 四、外露結構及高腐蝕環境，當有需要時以下之限值可適當調整。

端部距離e1及邊緣距離e2 螺絲距p1及p2



螺絲距p1及p2

$$p1 \geq 2.2 do, p2 \geq 3.0 do$$

$$1.2 do \leq e1 \leq \text{取大值}(12t, 150 \text{ mm})$$

$$1.5 do \leq e2 \leq \text{取大值}(12t, 150 \text{ mm})$$

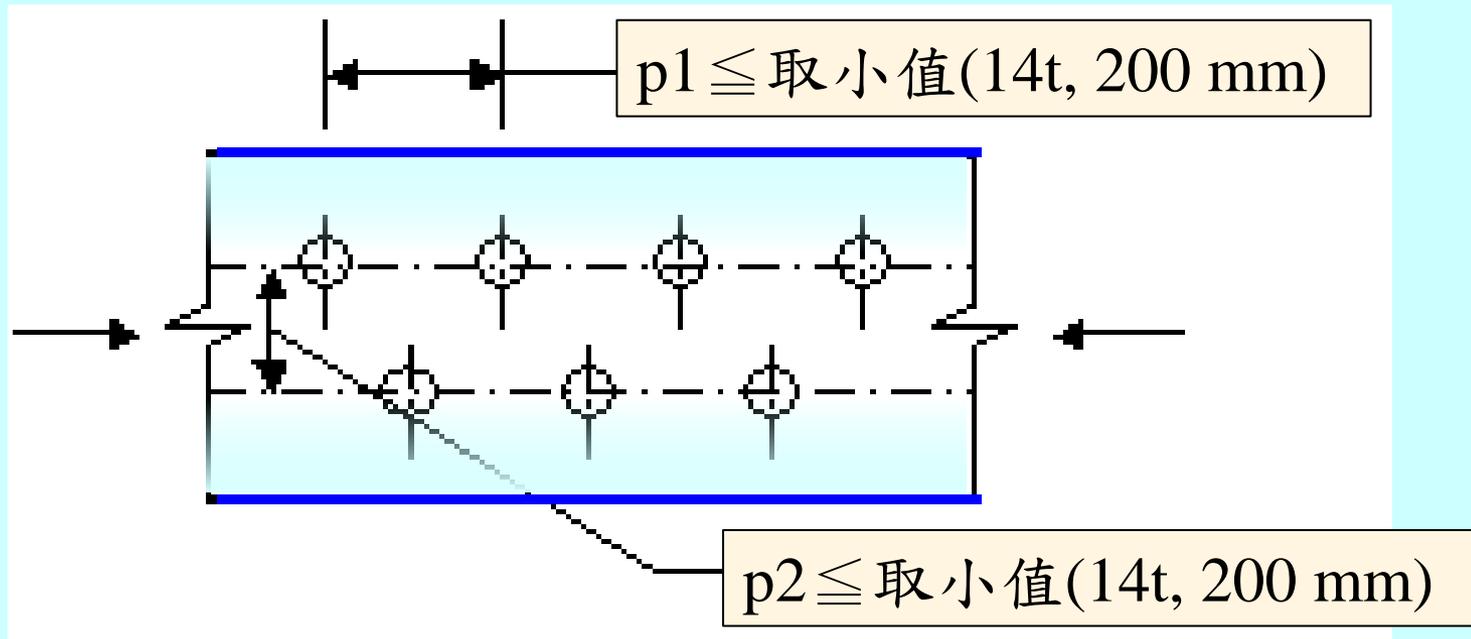
註:

t = 向外較薄連接板之厚度

do = 孔或長圓孔直徑

端部螺絲孔的佈置 (參考)

受壓構件



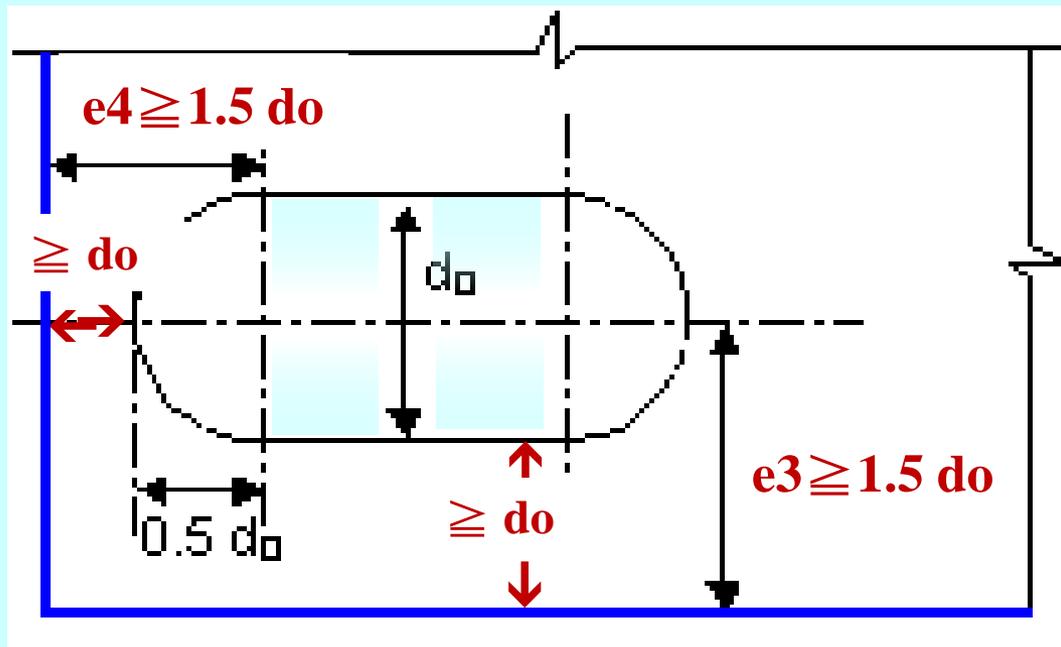
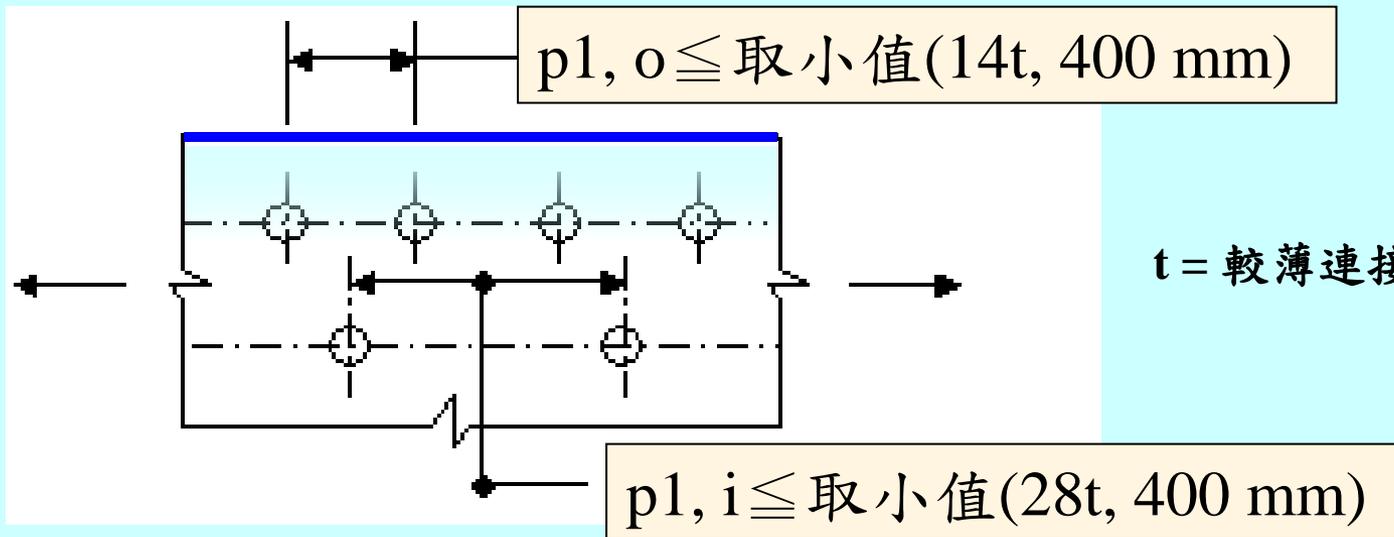
註:

t = 向外較薄連接板之厚度

d_o = 孔或長圓孔直徑

受壓桿件螺栓孔的佈置 (參考)

受拉桿件螺栓孔的佈置



長圓孔螺栓孔的佈置

$$e3, e4 \geq 1.5 d_o$$

$d_o = \text{孔或長圓孔直徑}$

為確保構材間穿孔可順利接合，
螺栓孔需作貫通率及阻塞率之
檢查

貫通率 $D+0.5\text{mm}$ 100%

阻塞率 $D+2.0\text{mm}$ 80% 以上



衝梢 Drift Pin

高強度螺栓的檢驗

➤ **製品檢查** 檢查形狀尺寸、螺紋精度、外觀

➤ **機械性質檢查依序** ①螺栓拉伸試驗(螺栓)
➤ ②保證負載或安全荷重試驗(螺栓+螺母+墊片)
➤ ③硬度試驗(螺栓、螺母、墊片)

高拉力螺栓的檢驗頻率
(有出廠證明)

測試項目	同批產品數量	測試數量	可接受之不合格數量
硬度、拉伸及安全負荷	≤ 3200	1	0
	3201~32000	2	0
	32000~150000	3	0
	≥ 150001	5	0

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。

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

基礎螺栓ASTM A307規範正確編號應為ASTM F1554(A307是螺桿)

螺栓鑽孔

鑽孔方法：

火焰鑽孔方法

沖孔方法

鏜孔方法

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

JIS B 1186 高強度螺栓標示

螺栓

F8T	F10T	F11T	F8T	F10T	F11T



機械試驗- 螺栓製品的拉張試驗



高強度螺栓作業

栓固機器

- (一)高強度螺栓之購入管理：
- (二)高強度螺栓組合之操作與保管、管理：
- (三)高強度螺栓栓固之栓固前試驗：



- ①轉矩栓固機器的測定
- ②轉矩扳手的檢定
- ③軸力計的校正
- ④轉矩係數值試驗 (**K**)

軸力計



扭力扳手



轉矩係數值試驗

進行接合鎖緊作業之前，須先檢驗轉矩係數**K**值（鋼構廠）

$$\text{轉矩係數 } K = (T/dN) \times 1000$$

K：轉矩係數值（Constant）

K值未知

★ **T**：轉矩扭力值（Kgf.M）

已知(扭力扳手)

d：螺栓標稱直徑(mm)

已知螺栓直徑

N：螺栓張力（Kgf）

已知(軸力計)

區分	表面處理狀況	
	A	B(罕見)
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

■ 栓固之前接合面狀態的檢查

- 檢查接合面狀態。降低摩擦效果的異物去除。組立應以臨時栓固用的
- 螺栓，使螺栓接合部完全密著。

■

■ 手栓固

- 臨時螺栓以外的螺栓孔塞入螺栓後，以板手栓固之。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)

- 螺栓分兩次予以栓固，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，栓固完成後做確認記號，以防某些螺栓忘了栓固。

■

■ 第2次100% 栓固作業

高強度螺栓正式栓固施工流程及檢查

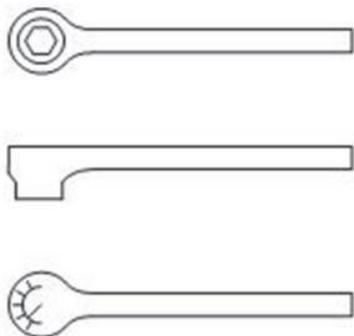
■ 栓固轉矩檢查

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

- 栓固作業完成後要以轉矩扳手進行檢查。
- 檢查方法以轉矩板手套於螺帽上栓固之，讀取**轉矩扭力值**。
- 檢查的數量依合約規定、在允許的情況可酌予增減。
- 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

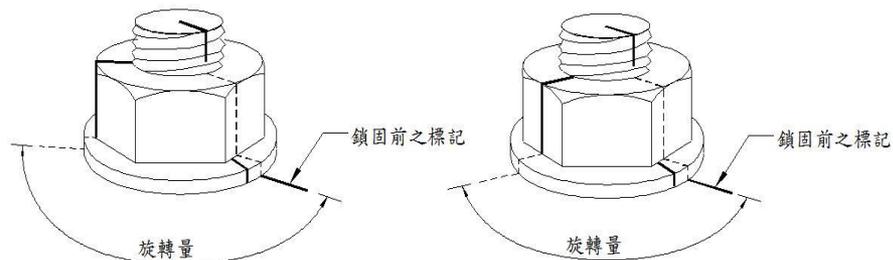
機械性質	N-軸力值 kgf			
	★ M16	★ M20	★ M22	M24
JIS B 1186 F10T	9870~13400	15400~20900	19100~25900	22200~30100
	T-轉矩扭力值 kgf-M (T=(KdN)*1000)			
	M16	M20	M22	M24
K=0.11	17.4 ~ 23.6	33.9 ~ 46.0	46.2 ~ 62.7	58.6 ~ 79.5
K=0.13	★ 20.5 ~ 27.9	★ 40.0 ~ 54.3	★ 54.6 ~ 74.1	69.3 ~ 93.9
K=0.15	23.7 ~ 32.2	46.2 ~ 62.7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

校正扭力板手法

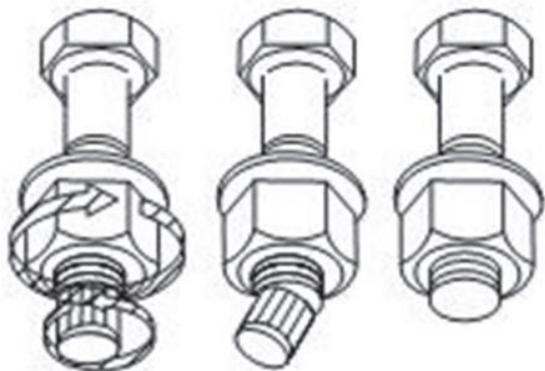


螺帽旋轉法

旋轉量 $90^{\circ} \sim 150^{\circ}$

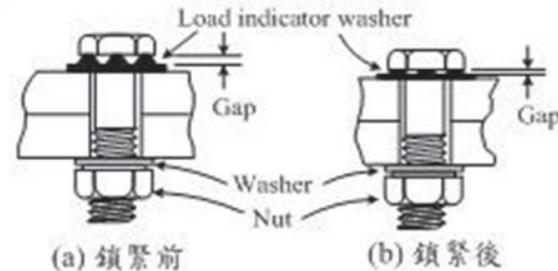


扭矩控制螺栓(斷尾螺栓)

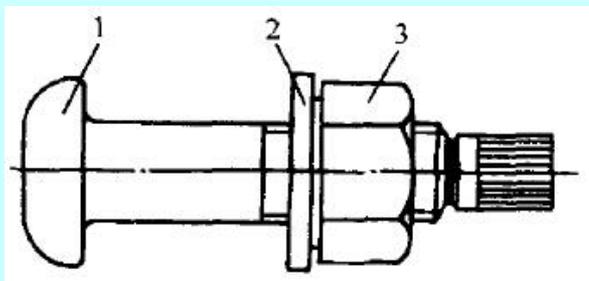


可壓縮式墊圈-直接張力指示器

Feeler gage (吃質,有專利)



斷尾螺栓



1—螺栓，2—墊圈，3—螺母

<p>校正扭力扳手法</p>	<p>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。</p>
<p>螺帽旋轉法</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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 90°~150°，藉以控制密合度。
<p>扭矩控制螺栓 (斷尾螺栓)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 初栓後以專用電動螺絲旋緊槍，將扭矩控制螺栓旋緊至螺栓尾端扭斷為止。 2. 扭斷後斷面表面宜研磨平順(交通部104.4.13頒佈實施)及補以防銹處理。
<p>可壓縮式墊圈 - 直接張力指示器</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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。

扭力扳手法

安裝前之驗證試驗

1. 當日每一直徑、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**。
2. 驗證試驗所需之應力，且**建立扭力標準**並據以施工。

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

螺栓鎖固後之檢驗

1. 鎖固由鎖緊後之參考線進行**目視檢驗**。
2. 目視檢驗如發現**旋轉量不足**時，再次**鎖固並確認其扭力值**。
3. 另以**扭力扳手**確認螺栓組鎖固後之**扭力值**。
4. 任一螺栓組須更換，更換並鎖固完成後，該群所有螺栓組，應再確認其扭力值。

螺栓鎖固方法抽驗

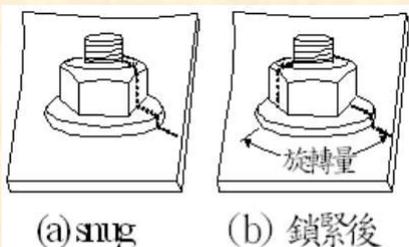
1. **目視檢驗**。
2. 進行**扭力確認檢驗**，頻率為**螺栓組之10%以上**，且**每五個梁柱接頭至少抽檢一處**，每處抽驗三個螺栓組。
3. **扭力確認檢驗**，於**螺栓鎖固後三日內及接頭電鍍前完成**。

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. 確認此鎖緊方法可發展出驗證所需之應力，包含鎖至**緊貼狀態**及鎖至**需要之旋轉角度**時對應**扭力值**

螺栓鎖固後之檢驗



1. 應由第一次**緊貼狀態**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. 螺栓鎖固後，**檢查螺帽之旋轉量**，旋轉量過大應更換該螺栓組；旋轉量不足應鎖至要求之旋轉量，若無法鎖至要求之旋轉量應更換該螺栓組

螺栓鎖固方法抽驗

1. **目視檢驗**，確認螺帽之旋轉量，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
3. 螺帽旋轉法檢驗確認，於螺栓**鎖固後三日內及接頭電銲前完成**

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. 確認此鎖緊方法，可發展出**驗證試驗所需之應力**，若試驗結果無法滿足要求，則該螺栓組不得使用

螺栓鎖固後之檢驗

1. 鎖固後進行**目視檢驗**，確認螺栓**尾端扭斷**，螺栓必須**垂直**，螺帽或墊片則須**緊貼接合面**
2. 發現未斷尾螺栓，確認仍保持垂直、無彎曲變形後，再次鎖緊，如仍無法鎖緊則更換該螺栓組
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，否則應更換該螺栓組
4. 若有任一螺栓組須更換，於更換並鎖固完成後，該群所有螺栓組應再次檢查，並確認其扭力值

螺栓鎖固方法抽驗

1. **目視檢驗**外，須另進行扭力確認檢驗，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。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

- 日本規格JIS B 1189 ($f_y=235\text{Mpa}$)，
- 美國規格ASTM A108 ($f_y=345\text{Mpa}$)。

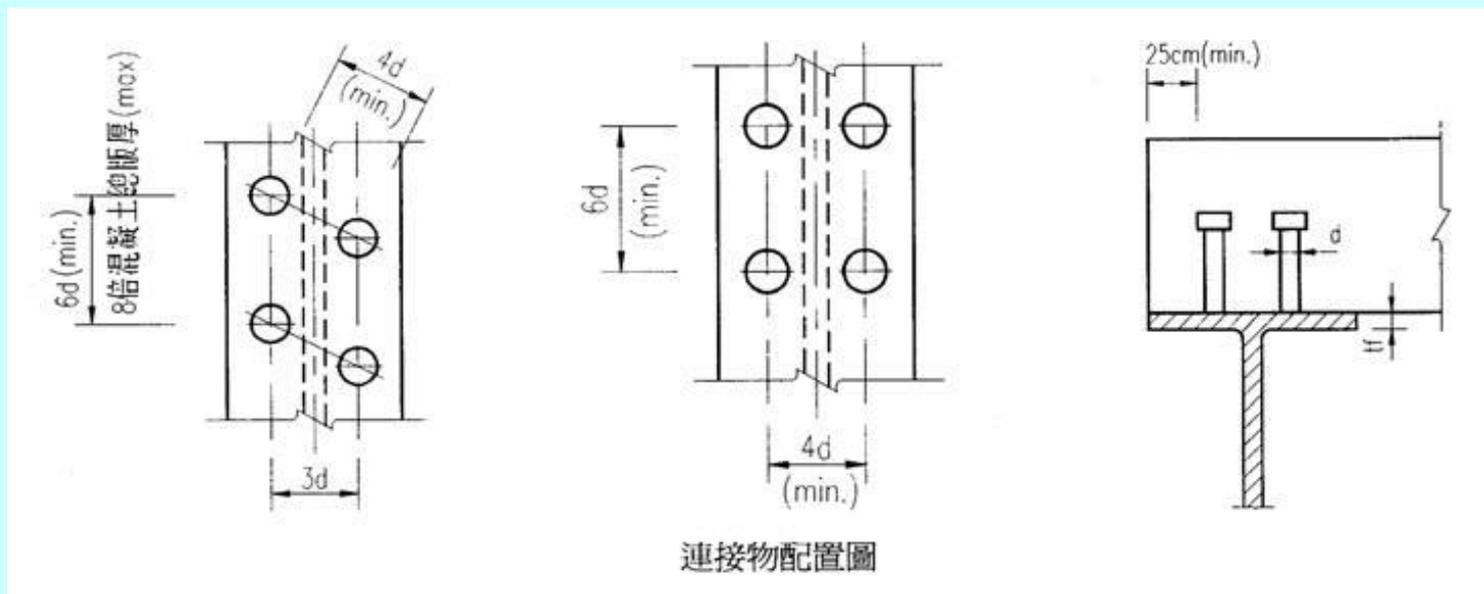
(二)、國內主要供應商

春雨(L)、晉禾(JH)、聚亨(TY)、允大等。

剪力釘試驗

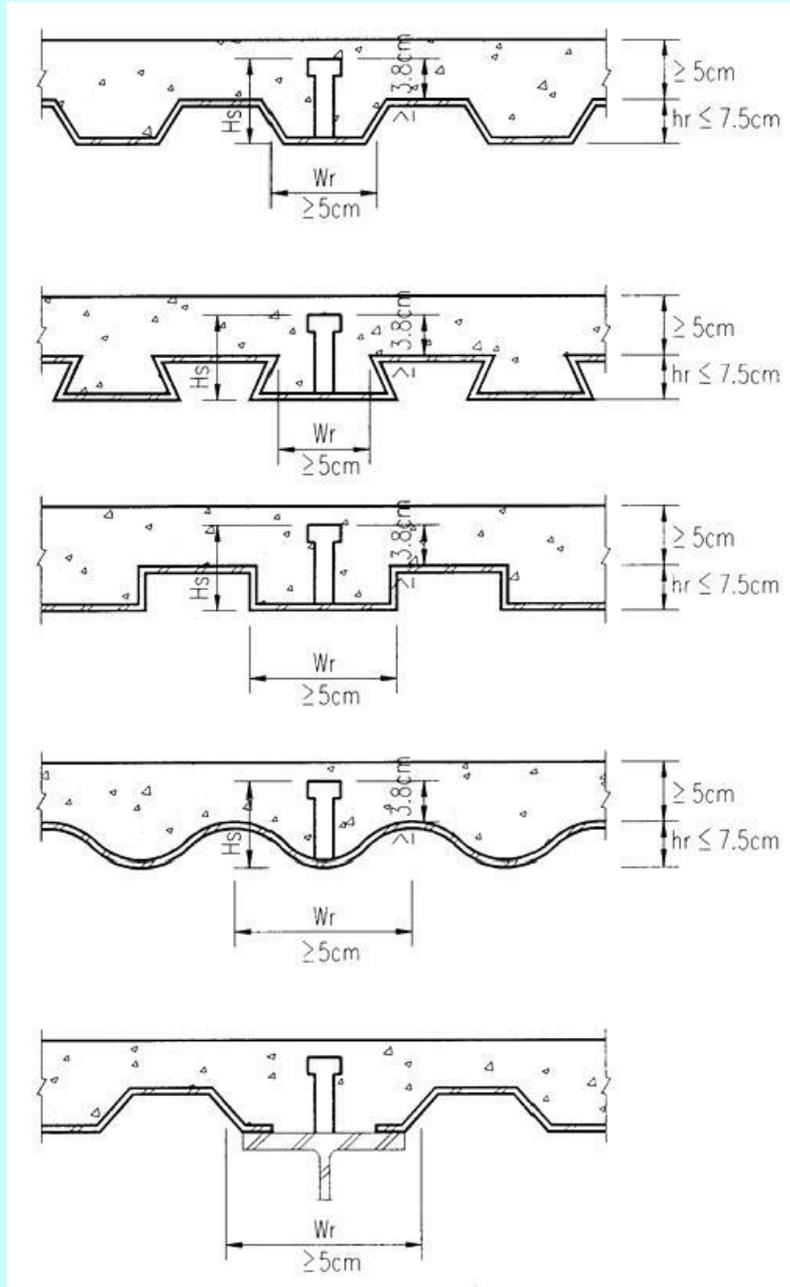
- (1)施工前，先試錫2只剪力釘，並將試焊完成之剪力釘彎曲 30° 後檢查有無錫接破裂。
- (2)施工後經目視檢查，並以1%做錘擊彎曲試驗。若發現有錫接缺陷時，將與缺陷反向彎成 15° ，若該剪力釘檢驗合格，即將其留於彎後現狀。

剪力釘安裝之間距



鋼承版與剪力釘間之尺寸

剪力釘

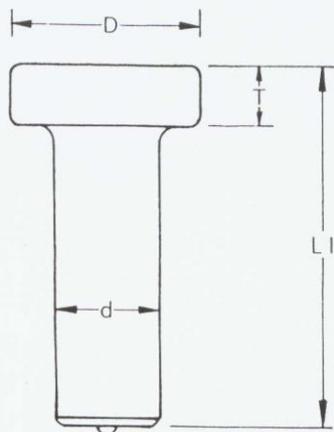


剪力釘標準施工程序

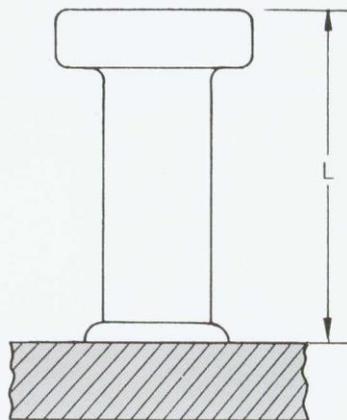
- (1) 將剪力釘裝入植錐槍中再插入熔接處之熔接藥座陶瓷護罩內。
- (2) 扣下植錐槍之扳機，剪力釘於放電之同時被提高。
- (3) 植錐槍之壓縮氣體將剪力釘壓下，使其鑽入熔融之鋼液水中。
- (4) 鋼液凝固後，取下植錐槍敲除陶瓷護罩。

剪力釘

steel bolt

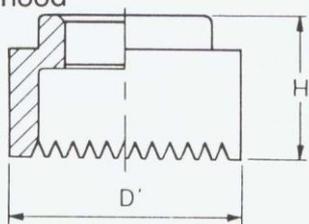


before welding

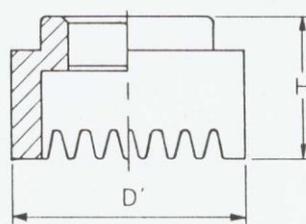


after welding

Protection hood



陶瓷護罩標準型



陶瓷護罩貫穿型



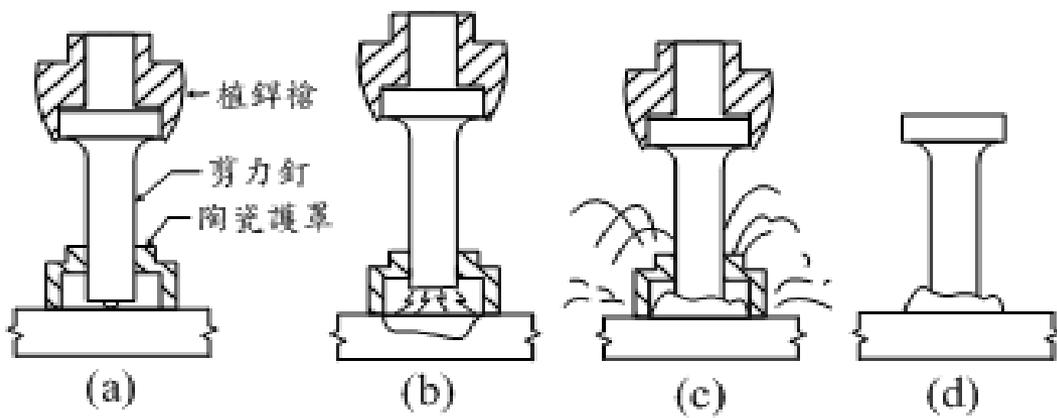
剪力釘植釘鐸

剪力釘施工前

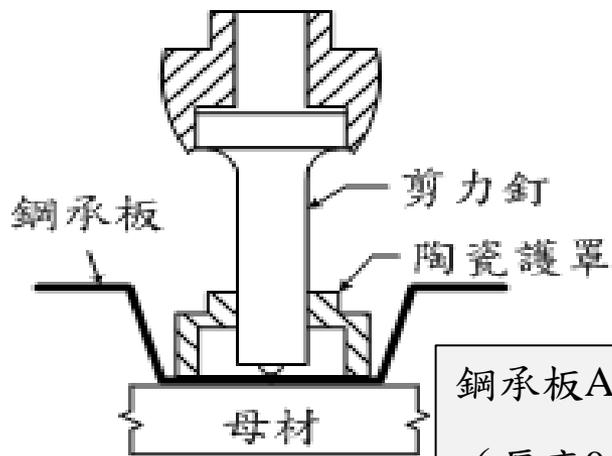
剪力釘放電
同時被提高

壓下使其鑽入
熔融鋼液水中

取下植鋁槍並
敲除陶瓷護罩



圖二 標準型植釘鋁接步驟



鋼承板ASTM A653
(厚度0.586~1.09mm)



圖三 穿型植釘鋁接

(七) 鋼結構塗裝作業 (含表面處理)

鋼結構腐蝕情形



鋼梁表面塗膜劣化，孔蝕



螺栓腐蝕



連接處腐蝕

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，肉眼可以看出少量孔蝕

D級：鋼材表面全面生銹，肉眼可以看出大量孔蝕



Rust Grade A

無生銹情況

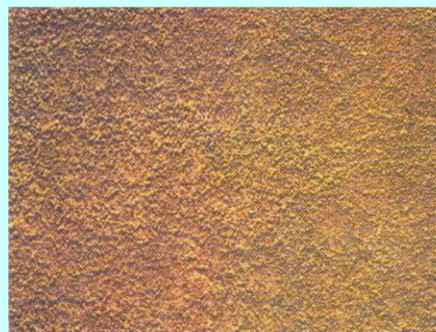
A級



Rust Grade B

鱗片形狀紅銹

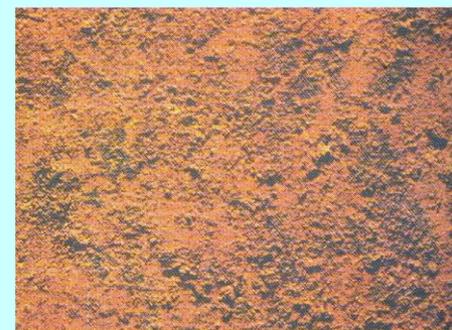
B級



Rust Grade C

少量孔蝕

C級



Rust Grade D

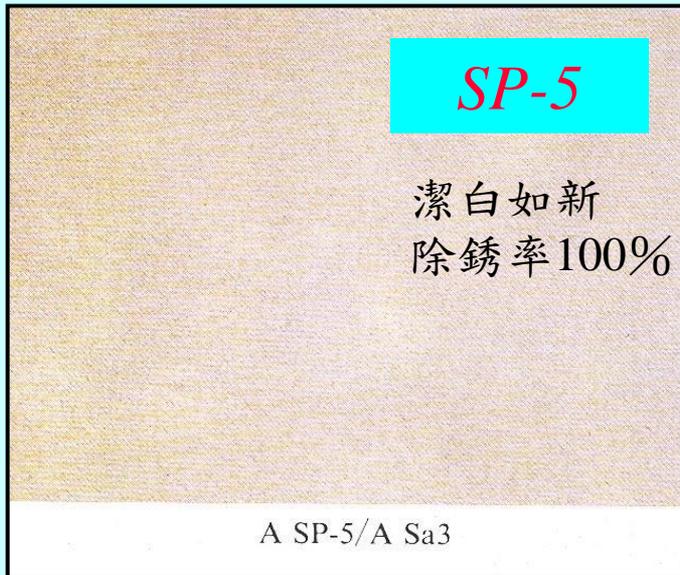
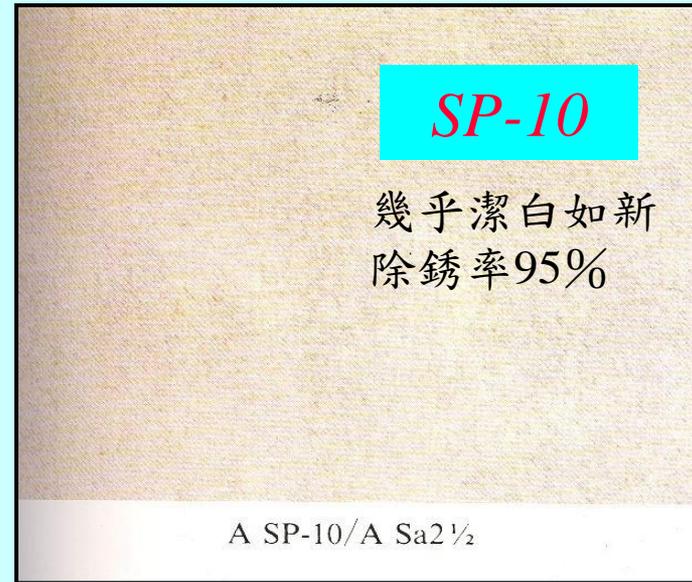
大量孔蝕

D級

生銹程度A級- 噴砂處理後之SSPC標準



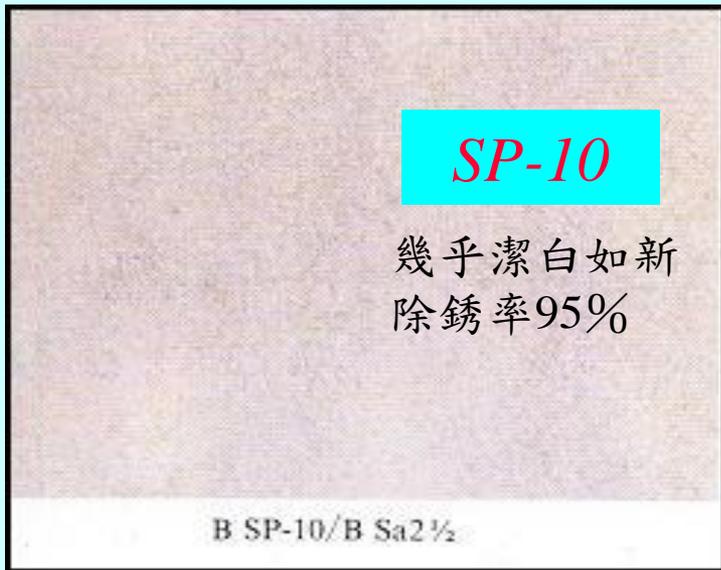
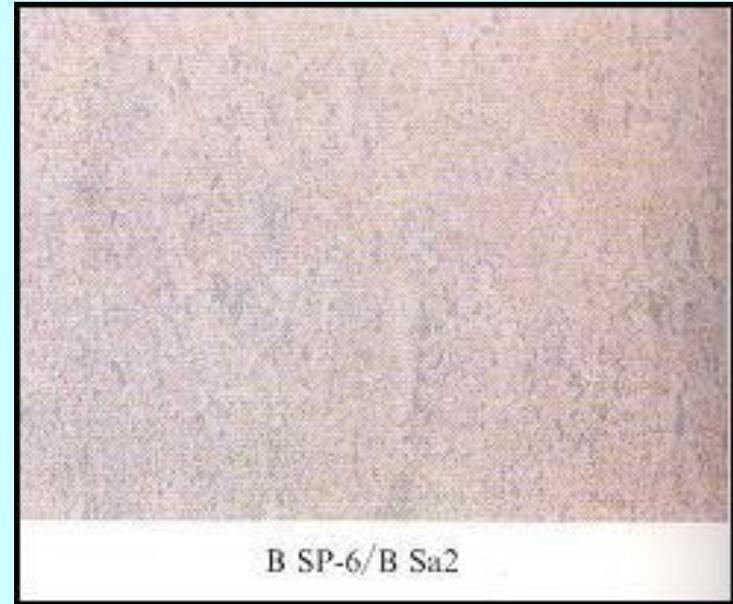
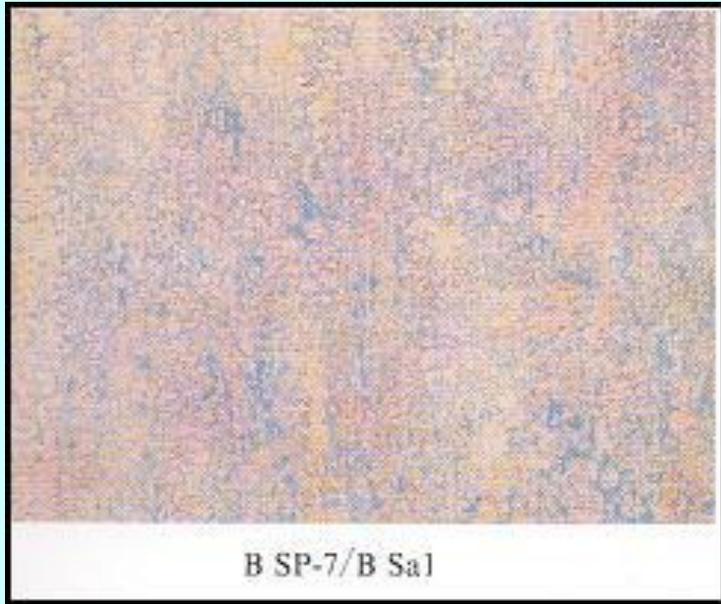
Rust Grade A



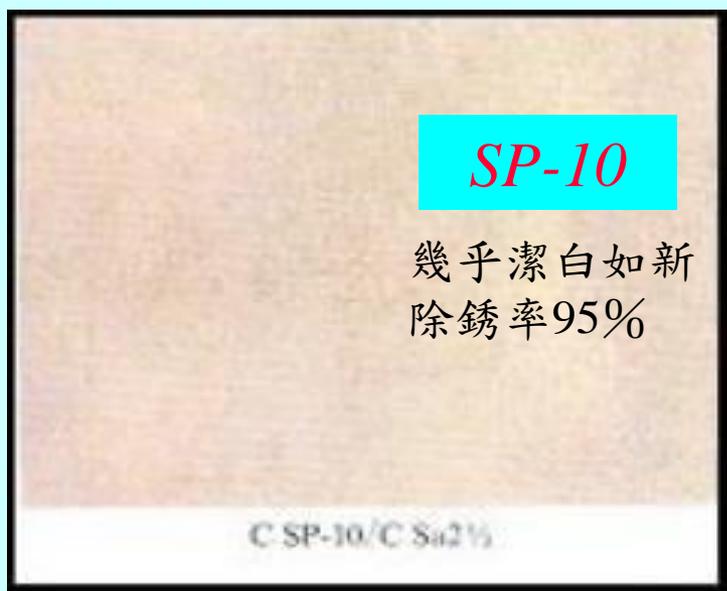
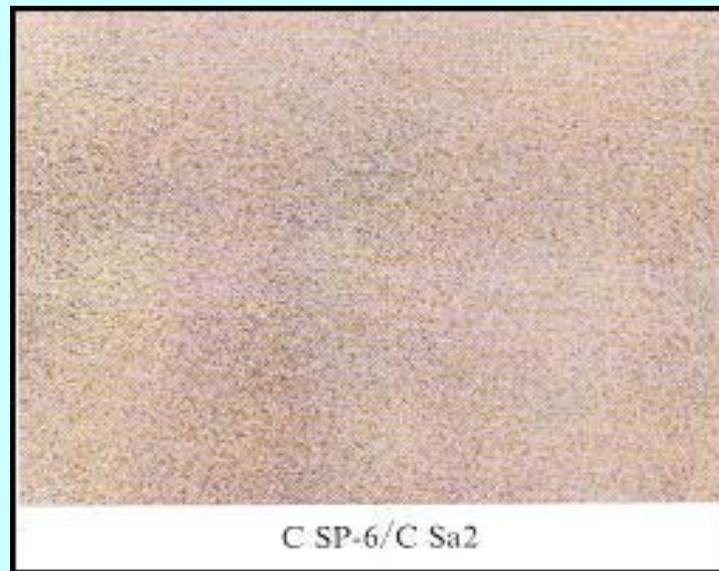
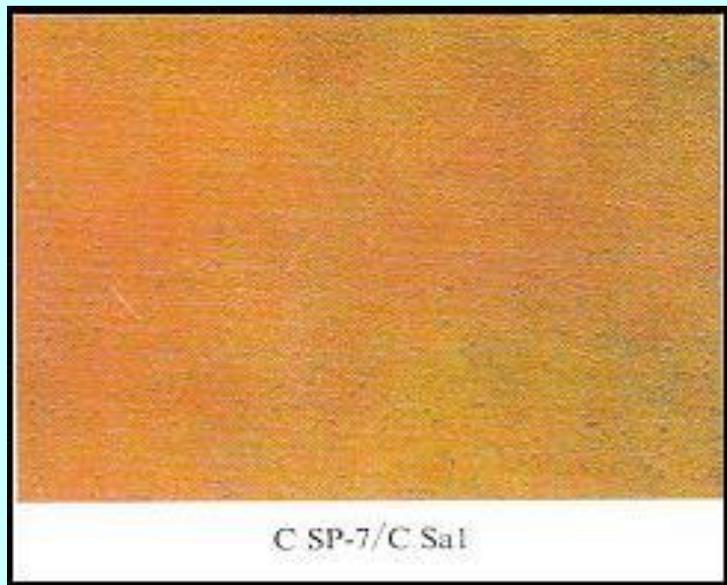
*SSPC : Steel Structures
Painting Council*

參考來源：永峻顧問

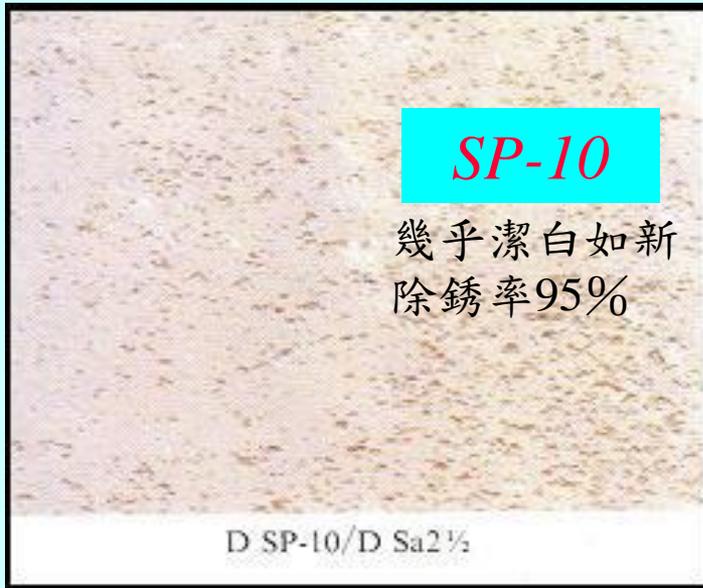
生銹程度B級- 噴砂處理後之 **SSPC**標準



生銹程度C級- 噴砂處理後之 **SSPC**標準

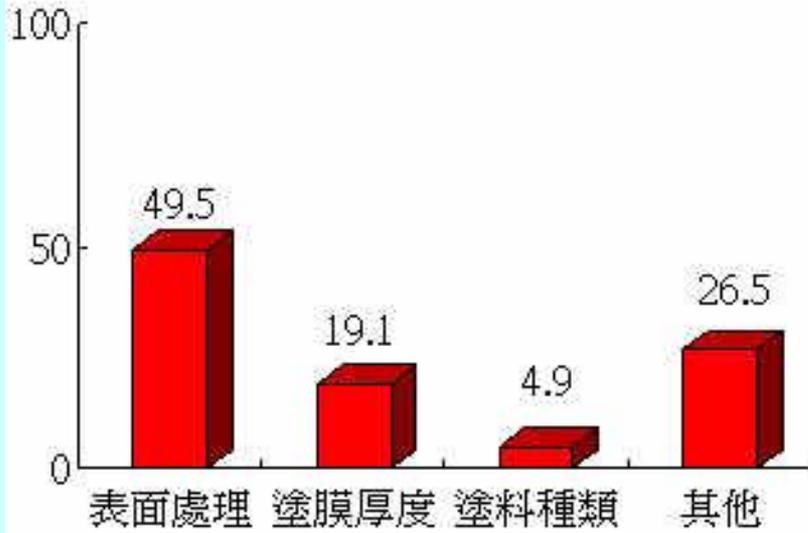


生銹程度D級- 噴砂處理後之 **SSPC**標準



表面處理之影響

影響漆膜壽命因素



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
	S-990	14 mesh	90 μm
砂	砂砂(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30~70μm

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

★：最常用

處理方法 Method	瑞典標準 SIS★	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

ISO環境分類：(量測第一年腐蝕率 $\mu\text{m}/\text{y}$ ，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，環境分類提高一個等級。

鋼材塗裝時，若氣溫約 32°C （鋼材表面溫度在 50°C 以上）

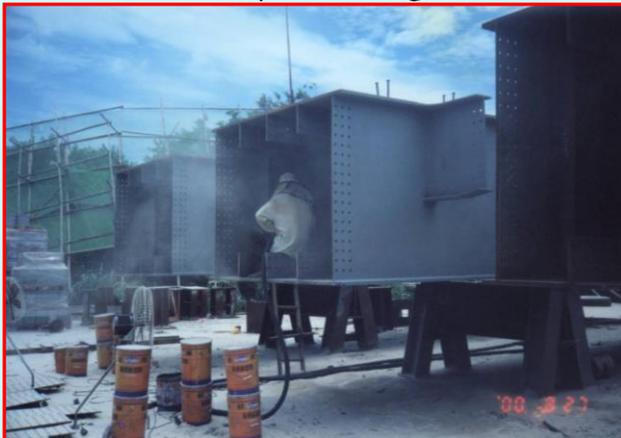
或氣溫低於 10°C 時，則不建議進行塗裝作業。塗料製造

商另有建議者除外。
參考來源：林曜滄技師，BS EN ISO

(八) 鋼構造物塗裝系統選用

C3(中度腐蝕環境)之塗裝系統	<ol style="list-style-type: none">1.表面處理:噴砂處理至SSPC-SP-102.底漆:無機鋅粉底漆75μm, 間隔8hr~6個月3.中間粘層:伐銹底漆10μm, 間隔2hr~1天4.第一道面漆:氟樹脂系面漆25μm, 間隔6hr~5天5.第二道面漆:氟樹脂系面漆25μm	135 μ m
C4(高度腐蝕環境)之塗裝系統	<ol style="list-style-type: none">1.表面處理:噴砂處理至SSPC-SP-102.底漆:無機鋅粉底漆75μm, 間隔8hr~6個月3.中間粘層:伐銹底漆10μm, 間隔2hr~1天4.中塗漆:環氧樹脂MIO中塗漆75μm, 間隔8hr~6個月5.第一道面漆:PU漆30μm, 間隔6hr~5天6.第二道面漆:PU漆30μm	220 μ m
C5& C5+(嚴重&惡劣腐蝕環境)之塗裝系統	<ol style="list-style-type: none">1.表面處理:噴砂處理至SSPC-SP-102.底漆:無機鋅粉底漆75μm, 間隔8hr~6個月3.中間粘層:伐銹底漆10μm, 間隔2hr~1天4.中塗漆:環氧樹脂MIO底漆75μm, 間隔8hr~6個月5.第一道面漆:氟樹脂系面漆25μm, 間隔6hr~5天6.第二道面漆:氟樹脂系面漆25μm	210 μ m

表面處理 → 無機鋅粉底漆噴塗 → 中間粘層



→ 環氧樹脂底漆 → 環氧樹脂MIO中塗漆 → 二道PU面漆噴塗



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	○	○	○	○	○-△	○	△	壓克力
氯化橡膠塗料	○	○	○	○	△	○	×	橡膠漆
聚氯乙烯塗料	○	○	○	○	×	△-×	×	PVC
環氧樹脂塗料	○	○	○	○	×	△	×	EPOXY
聚氨酯甲酸酯塗料	○	○	○	○	×	△	×	PU
伐銹底漆	○	○	○	○	×	△	×	
有機鋅粉底漆	○-△	○	○	○-△	△	△	△	
無機鋅粉底漆	×	△-○	○	×	×	×	×	
苯酚樹脂塗料素	○	○	○	○	○	○	△	PF
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, 第2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	—	—	—	—
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	—	—	○	—
伐銹底漆	CNS K 2085 長曝型	—	—	○	—
伐銹底漆	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	◎	×	○	×	×	○	×	◎	○	壓克力
氯化橡膠塗料	◎	◎	○	◎	○	○	◎	○	◎	橡膠漆
聚氯乙烯塗料	○	◎	○	◎	◎	○	△	△	○	PVC
環氧樹脂塗料	○	○	△	◎	◎	◎	◎	△	◎	Epoxy
聚氨基甲酯樹脂塗料	○	○	◎	○	○	◎	△	○	◎	PU
苯酚樹脂塗料	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	PF
硝化纖維塗料	×	◎	○	△	△	○	×	○	△	NC
氟素樹脂塗料	○	○	◎	○	○	◎	△	×	◎	PVDF or PVF

伐銹底漆有機鋅粉底漆無機矽鋅粉底漆採用時機參考「塗料及表面處理之適用性」

不同塗料間之相合性

上塗塗料 底塗塗料	油性樹脂塗料 (壓克力)	氯化橡膠塗料 (橡膠漆)	聚氯乙 烯塗料 (PVC)	環氧樹 脂塗料 (Epoxy)	無機鋅 粉底漆	苯酚樹 脂塗料 (PF)	硝化纖 維塗料 (NC)	聚氨基 甲酸酯 塗料 (PU)
油性樹脂塗料 (壓克力)	○	○-△	×	×	×	○-△	×	×
氯化橡膠塗料 (橡膠漆)	○	○	△	×	×-△	○	×	×
聚氯乙 烯塗料 (PVC)	○	○	○	×	×	△	×	×
環氧樹脂塗料 (Epoxy)	○	○	○	○	×	○	△-×	○
無機鋅粉底漆	×	○	○	○	×	△	△-×	○
苯酚樹脂塗料 (PF)	○	○	×	×	×	○	×	×
硝化纖維塗料 (NC)	△	△	△	△	×	△	○	×
聚氨基甲酸酯 塗料 (PU)	×	△-○	△-○	○	×	△-○	×	○

(九) 鍍鋅表面塗裝系統選用

C3(中度腐蝕環境)之塗裝系統	<ol style="list-style-type: none">1.熱浸鍍鋅：乾膜厚一般85μm (鋅層附著量600g/m²)2.表面處理：以溶劑或清潔劑擦淨，輕度噴砂處理至SSPC-SP73.底漆：環氧樹脂合金底漆20μm，塗裝間隔8hr~7天4.面漆：氟樹脂系面漆25μm。
C4(高度腐蝕環境)之塗裝系統	<ol style="list-style-type: none">1.熱浸鍍鋅：乾膜厚一般85μm (鋅層附著量600g/m²)2.表面處理：以溶劑或清潔劑擦淨，輕度噴砂處理至SSPC-SP73.底漆：環氧樹脂合金底漆20 μm，塗裝間隔8hr~7天4.第一道面漆：氟樹脂系面漆25μm，塗裝間隔6hr~5天5.第二道面漆：氟樹脂系面漆25μm
C5& C5+(嚴重&惡劣腐蝕環境)之塗裝系統	<ol style="list-style-type: none">1.熱浸鍍鋅：乾膜厚一般85μm (鋅層附著量600g/m²)2.表面處理：以溶劑或清潔劑擦淨，輕度噴砂處理至SSPC-SP73.底漆：環氧樹脂合金底漆20μm，塗裝間隔8hr~7天。4.中塗漆：環氧樹脂MIO中塗漆50μm，塗裝間隔8hr~6個月5.第一道面漆：氟樹脂系面漆25μm，塗裝間隔6hr~5天6.第二道面漆：氟樹脂系面漆25μm

130 μm

155 μm

205 μm

(十) 鋼結構看不見的可怕危害

鋼板施工過程的熱軋、空冷、切割、銲接、鑽孔、矯直、熱整、噴砂、組裝等製程。產生不同型態的殘留應力，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。

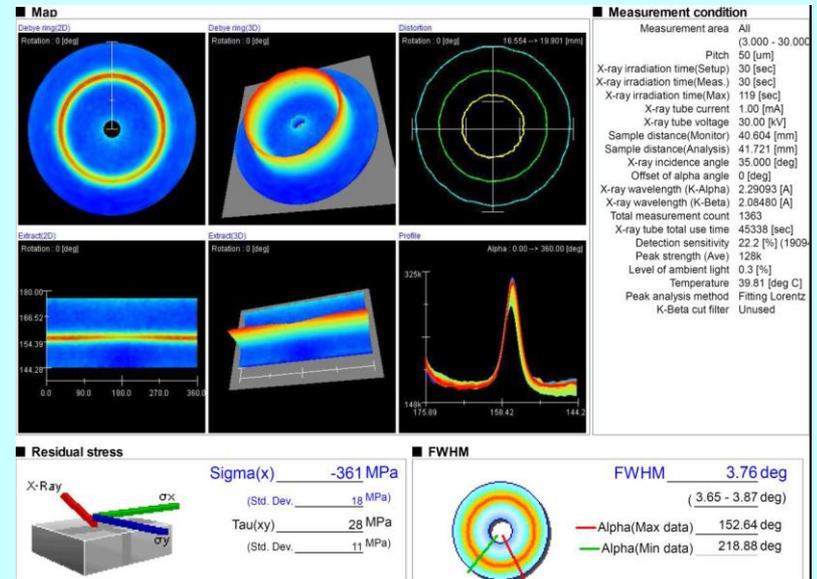


參考來源：吳威德教授

無法有效的追蹤與控管 — ① 殘留應力



以X光進行現場之殘留應力量測



X光應力量測儀量測殘留應力



以振動方式消除鋼結構件殘留應力

資料來源：吳威德教授

無法有效的追蹤與控管－②銲接變形與龜裂

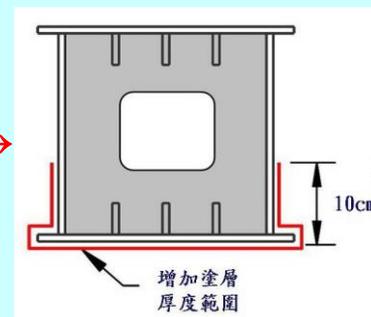
1. 「減少過量之銲接」：在銲接接合強度滿足之條件下，
，不做過量之銲接。
2. 「減少銲道之層數」：銲道之收縮變形隨銲道之層數而
累積，必要時採用號數較大銲條。
3. 「平衡銲道之收縮」：銲接前採用夾具固定母材，再採用
對稱銲接以平衡銲道之收縮量。
4. 「銲接預熱與後熱」：預熱母材緩和母材熱影響區與其周
圍金屬間之溫差，並加以後熱，減低冷卻速率。
5. 「縮短銲接時間」：縮短銲接時間，減低母材受熱膨脹之
影響。

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，宜考慮

- 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...)

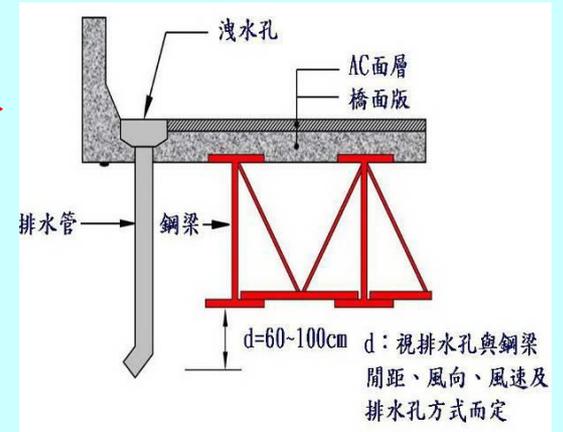
參考來源：李家順、延允中





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 縮小下翼板寬度



參考來源：李家順、延允中

缺失態樣：翼板、腹板角隅為銳緣，塗裝（油漆）附著不易，銹蝕母材

補救措施→ ①電動工具表面處理至 SP3，塗裝有機鋅粉底漆，

②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2mm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→①改善通風條件，依規定除銹及補漆，

②補漆時應增加梁底處中塗漆厚度。

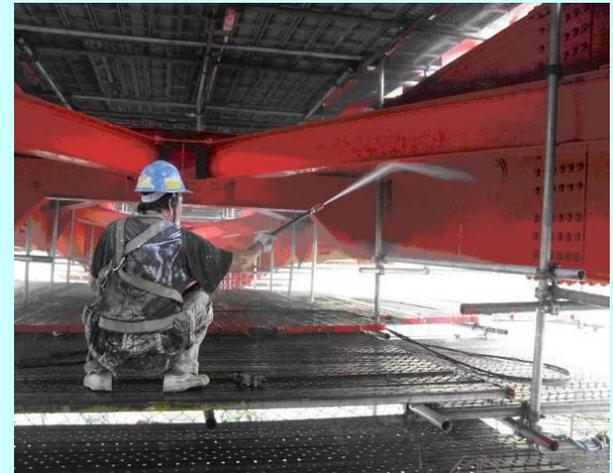


預防方法：設計時，宜儘量

①提高梁底高度，或

②鋼梁下翼板底面與外側腹板下緣
及支承增加塗膜厚度，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）

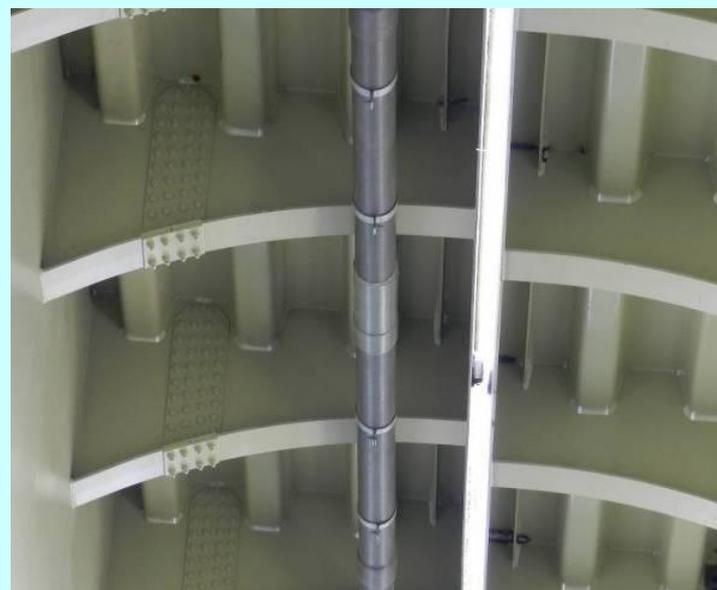
補救措施→ ①禁止附掛或可採高膜厚之PU塗料產生高電阻方式阻絕，
②更換與鋼橋同成分之鋼料。



預防方法：

- ①相連之金屬設施採與鋼橋相同之鋼料外，
- ②避免不同金屬直接接觸，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，造成鋼梁與支承銹蝕 補救措施→查驗
填縫料是否有擠出掉落或缺損。



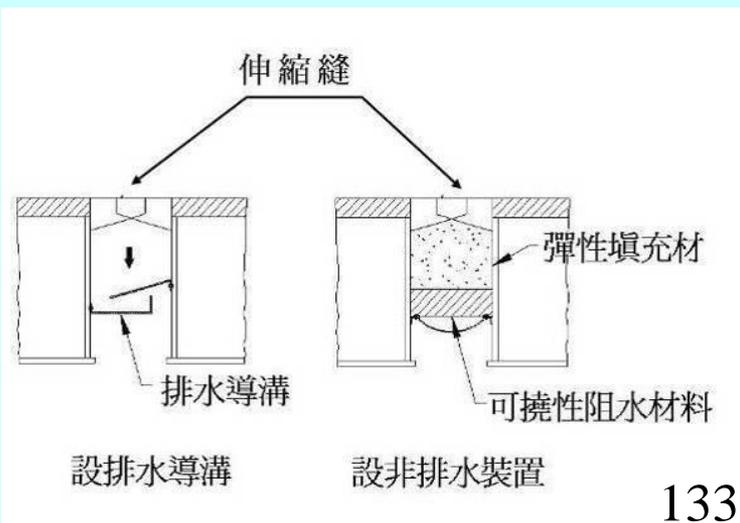
預防方法：伸縮縫應有排水設施，可①採用排水導溝方式，避免雨水伸縮縫滲入鋼梁，②支承墊加裝防（雨）塵套。



已裝防塵套



台一公路橋未裝防塵套



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：吊耳切除處未切除乾淨或未確實除銹塗裝

補救措施→ ① 電動工具研磨，使之平順圓滑，除銹度為SP3，

② 有機鋅粉底漆 $1 \times 75 \mu\text{m}$ ，

③ 環氧樹脂中塗漆 $3 \times 60 \mu\text{m}$ ，

④ 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，預留距母材面 $3 \sim 5 \text{mm}$ 高度，再採電動砂輪機磨平，經研磨後補漆。



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



預防方法：人孔位置①改設於下翼板或腹板時，②設計時考慮，
人孔開啟方式採外掀式，③箱型梁底部酌留排水孔



缺失態樣：臨時支承與下翼板接觸點未設緩衝墊



補救措施→

- ①表面處理採電動工具，除銹度為SP3，
- ②塗裝第一道有機鋅粉底漆75 μm ，
- ③除最後一道面漆外，中塗漆及面漆以人工塗刷。

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

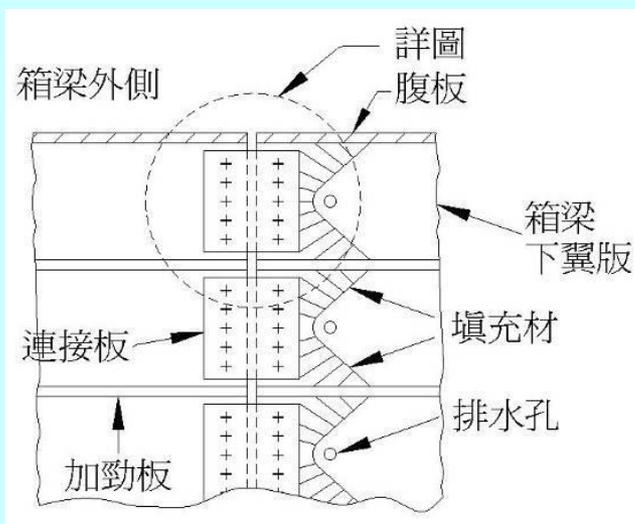


補救措施→

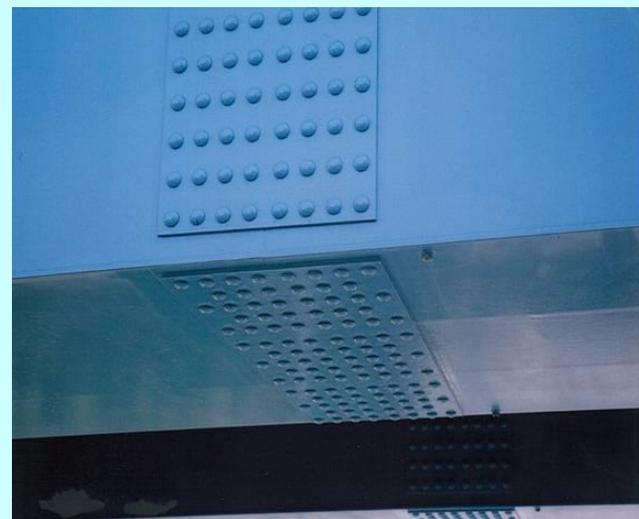
- ①表面處理採電動工具，除銹度為SP3，
- ②塗裝系統為有機鋅粉底漆 $75\mu\text{m}$ ，
- ③環氧樹脂中塗漆 $3\times 60\mu\text{m}$ ，
- ④氟素樹脂面漆 $55\mu\text{m}(30\mu\text{m}+25\mu\text{m})$ ，除最後一道面漆外，各道之塗膜均須採人工手刷

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：構件現場銲接處，因採用手銲，銲道外觀不平整及周邊塗膜因銲接劣化，施工後未表面處理及補漆。



- 補救措施→
- ①表面處理採電動工具，除銹度為SP3，銲道磨順，
 - ②塗裝系統為有機鋅粉底漆 $1 \times 75 \mu\text{m}$ ，
 - ③環氧樹脂中塗漆 $3 \times 60 \mu\text{m}$ ，
 - ④氟素樹脂面漆 $55 \mu\text{m}(30 \mu\text{m} + 25 \mu\text{m})$ 。

缺失態樣：包覆型鋼構，通風不易，水氣無法消散，內部銹蝕無法檢視與維護

王功景觀橋



拆開後內部

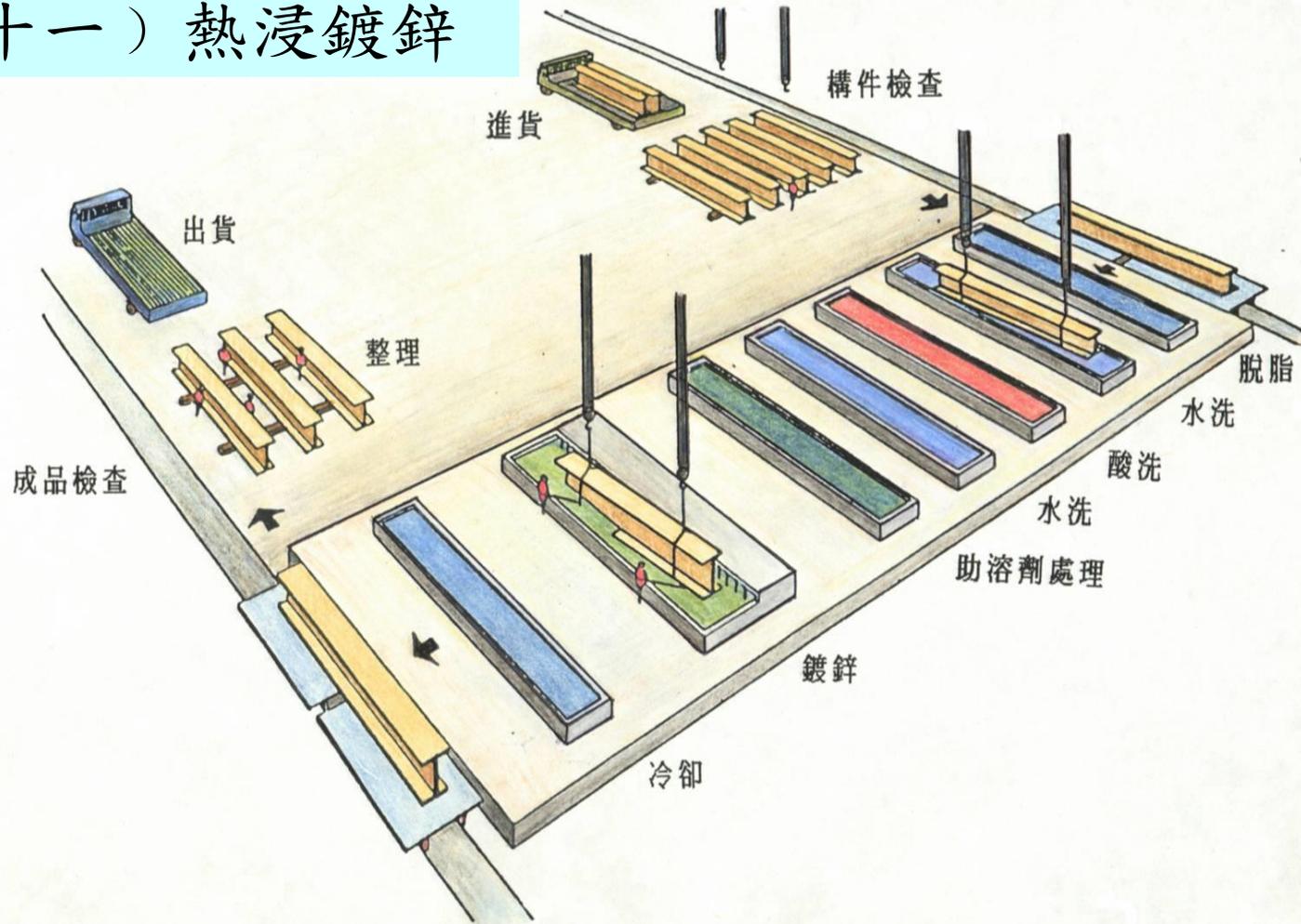


- 補救措施→
- ①將外覆建材移除，
 - ②更換內部銹蝕鋼構並塗抹柏油漆 $350\mu\text{m}$ ，
 - ③外覆建材考慮改採非鐵建材，並留檢修孔

誰是臨海橋梁「最大殺手」？（臨海橋梁如何防蝕）

- (1)採用高耐候性軋鋼料或塗裝前熱浸鍍鋅可減緩腐蝕速率。
- (2)鋼橋外側懸臂版延伸或縮小翼板寬度，避免長期雨水或水氣加速鋼構腐蝕。
- (3)鋼橋梁翼腹角隅不應為銳緣，宜視地區特性留設1~3mm截（圓）角。
- (4)應儘量禁止任意附掛，避免電位差（迦凡尼）腐蝕。相連設施採與鋼橋相同之鋼料。
- (5)高強度螺栓（HSB）不採用扭斷型螺栓S10T，改用非扭斷控制螺栓F10T或ASTM A325 Type3、ASTM A449 Type3。

(十一) 熱浸鍍鋅



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，浸入鋅液中，使鋼鐵與熔融鋅反應生成合金化皮膜。

熱浸鍍鋅鋼橋案例

資料來源：林曜滄技師



放入鍍鋅槽角度 3°

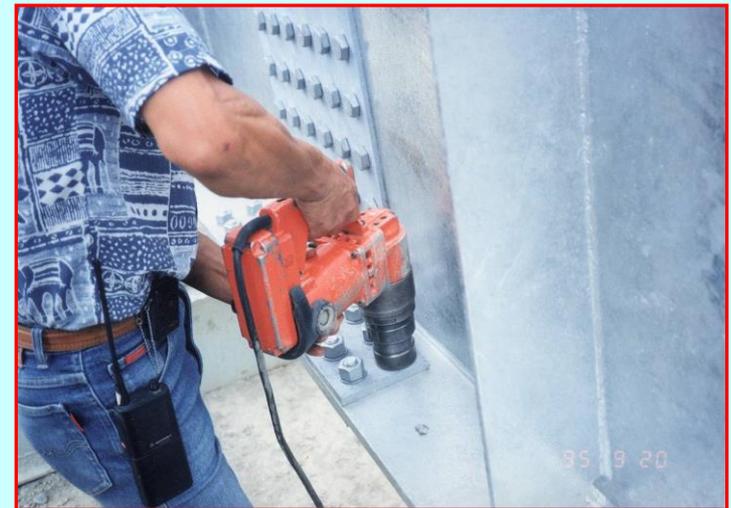
取出鍍鋅槽角度 10°

液滴角度 25°



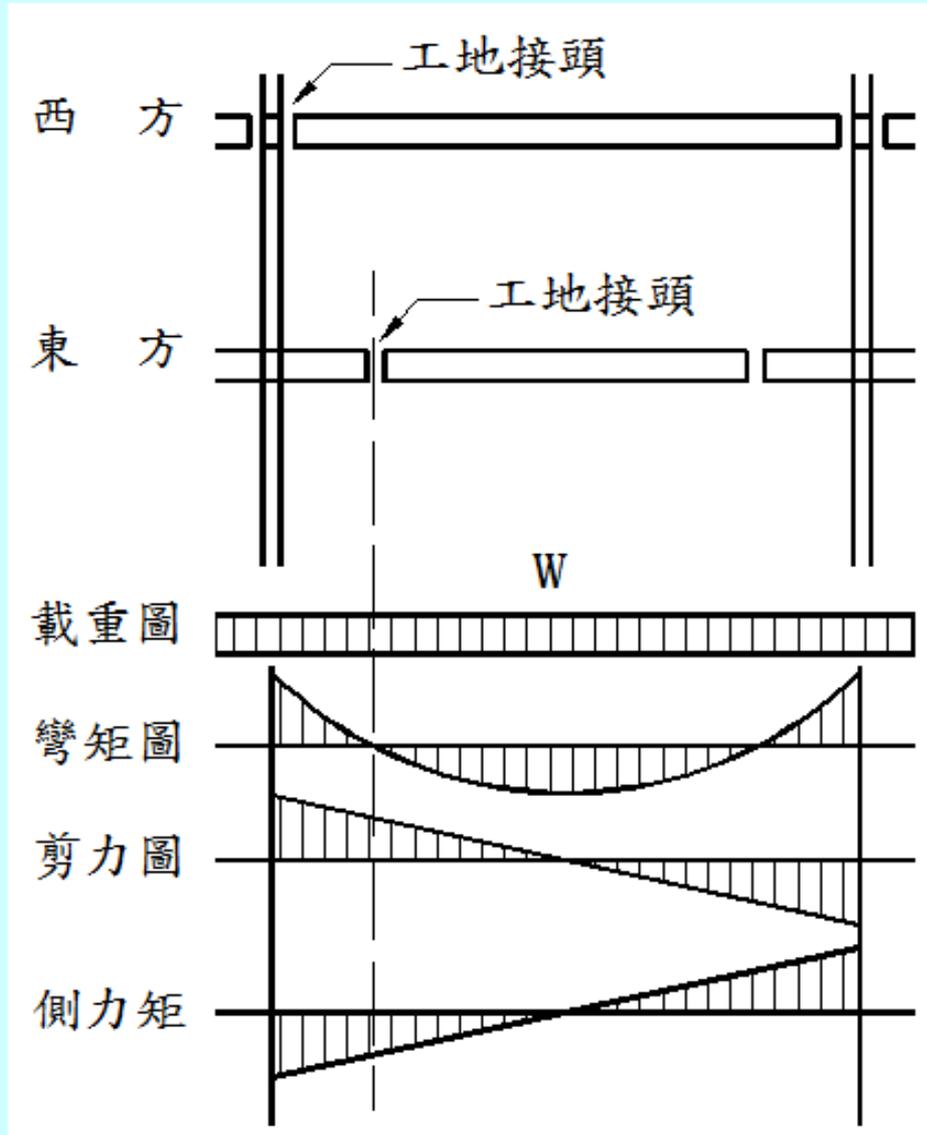
註：ASTM A123鋼鋅層厚度等級與附著量對應表詳附錄（see P.191）

- 1.脫脂：利用**氫氧化鈉**溶液在60~100°C的溫度下，去除鋼構件之油脂或防鏽油等。
- 2.酸洗：鋼構件用水洗淨後，利用10~15%的**鹽酸**(常溫)或**硫酸**(50~60°C)去除工件表面銹皮。
- 3.助鍍劑：洗淨工件表面殘留之酸液後，浸入**氯化鋅**及**氯化銨**的混合溶液中，可避免水氣附著，生成皮膜暫時防銹，並利於鍍鋅。
- 4.熱浸鍍鋅：以一般含量**98.5%**的鋅，在**450°C**左右，將鋼構件浸入。





(十二) 樑柱結合型式



參考來源：陳純森技師

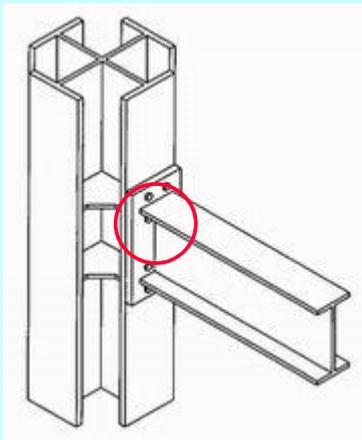
樑柱結合型式一東方



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

參考來源：陳純森技師

樑柱結合型式－西方



參考來源：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：

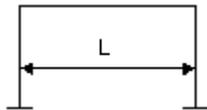
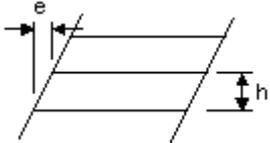
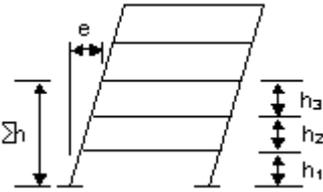
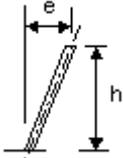
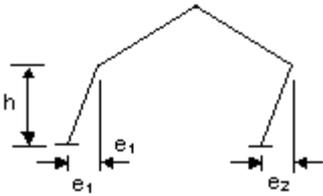
1. 樑一體成型，施工精度需求高。
2. 比較不符合力學原理。

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		±5 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。

(十三) 防火被覆

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。

噴覆式防火材料主要組成成份如下：

隔熱材

(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

(水泥、石膏、膠水等，其用途在將隔熱材黏著於鋼構表面)

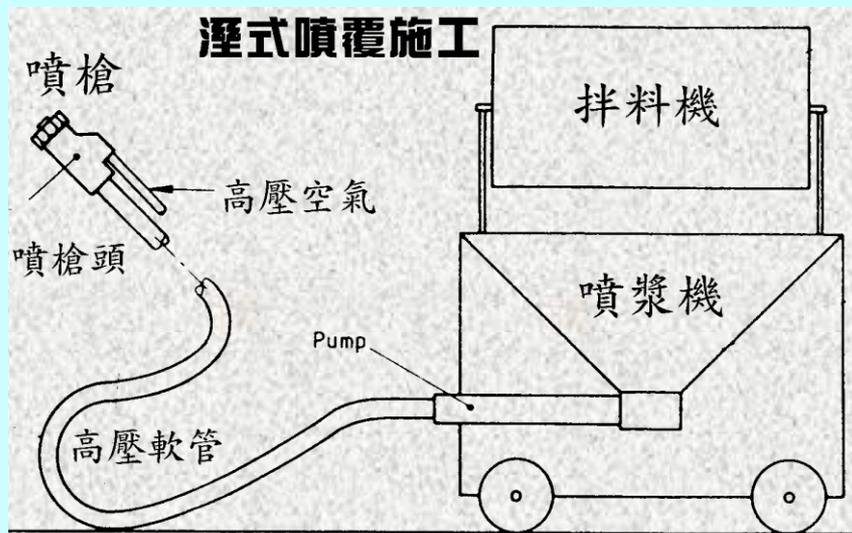
抗裂材

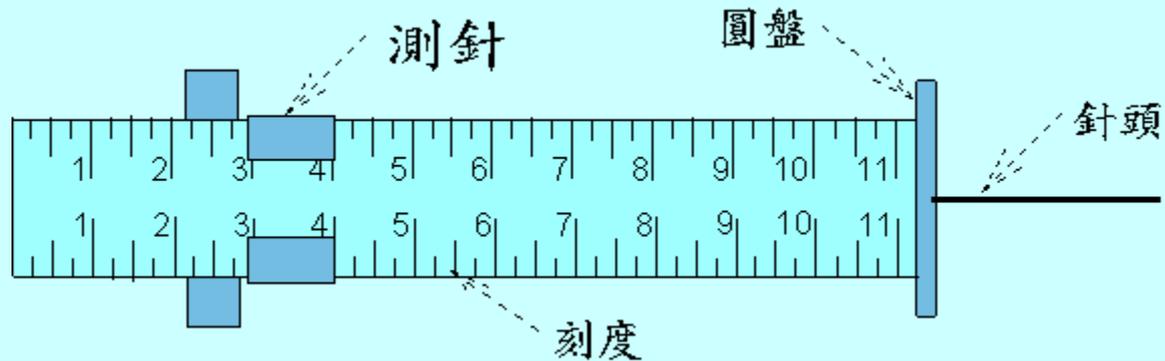
(一般以岩棉、礦纖為基底材料不須此項；但是以**蛭石、珍珠石**為基底材料抗裂性差，必須添加；或加**鋼絲網**加強抗裂性)

噴覆式防火材料依施工方式不同，可分為乾式、濕式，其中乾式已淘汰。

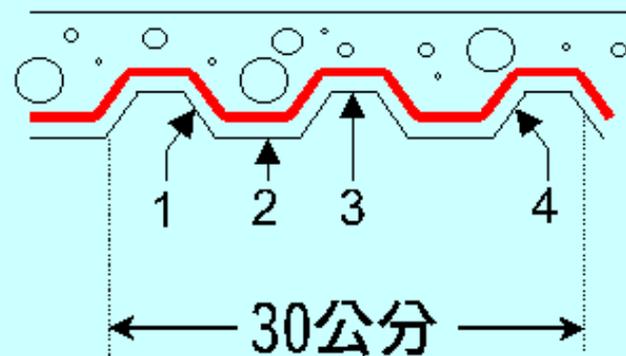
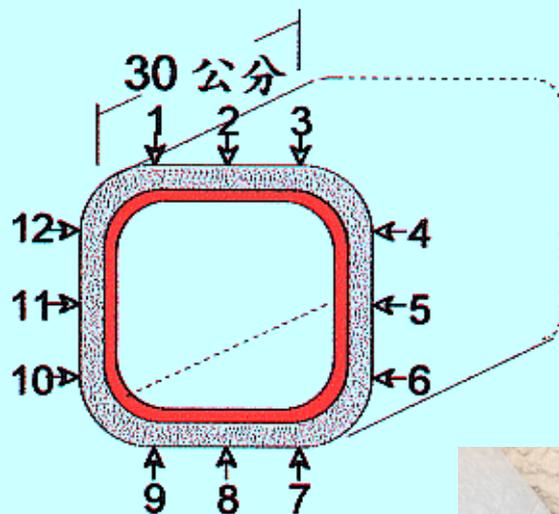
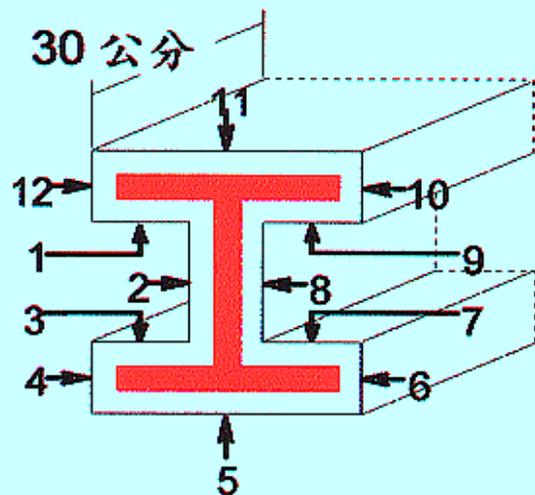
濕式噴覆式防火材料

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。





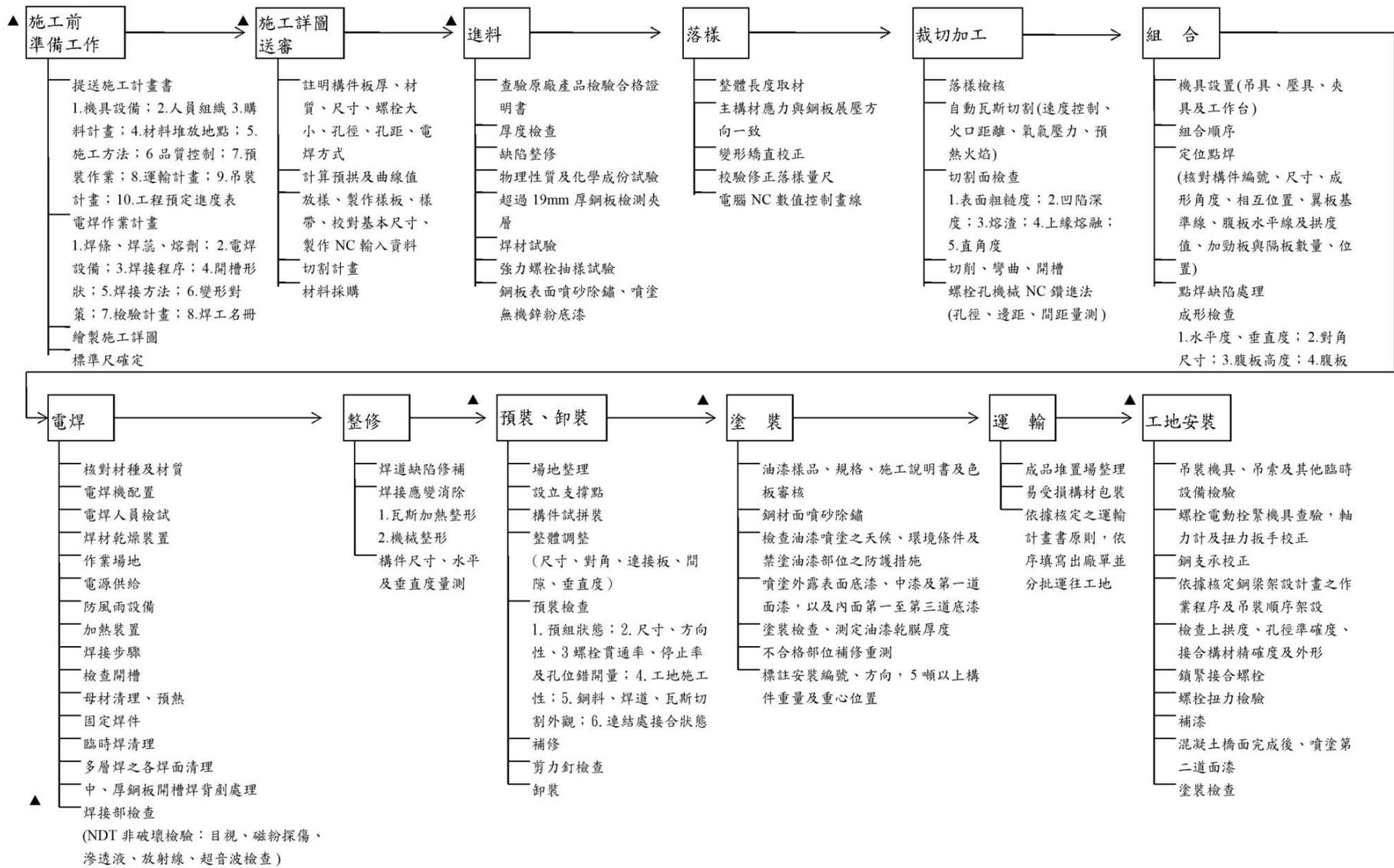
噴覆式防火材料檢驗
ASTM E605-93



蛭石、珍珠石為基底的材質，因抗裂性差必須添加**抗裂材**；或加鍍鋅鋼絲網加強其抗裂性。



(十四) 鋼橋施工作業流程及檢驗計畫



註：1. ▲為檢查點，必須通知業主，並做成記錄。
 2. 無記號者，由承商自行品管，業主得隨時抽查。
 3. 檢驗記錄及報表送請業主審核。

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。



(十五) 鋼結構施工中常見缺失(銲接)

1. 銲工資格不符、銲工操作項目與核准項目不同、採用未經認可的銲接方法。
2. 銲道檢測結果及評估未由非破壞檢測協會授權之中級、高級檢測師辦理。
3. 銲道未依CNS 13021規定做100% 目視檢測。
4. 目視檢測後之後續檢測方法不當。
(建議以UT為主)
5. 施工中鋼材未依規定預熱與後熱。
6. 焊道出現裂縫、搭疊、焊蝕、氣孔等現象。



鋼結構施工中常見缺失(螺栓)

1. 栓固次序未由中央向端部栓固，產生軸力偏差。
2. 栓固機械、轉矩把手、軸力計未經校正合格。
3. 栓固作業疏忽，部份螺栓未栓固（或漏栓）。
4. 螺栓材質未配合鋼材規格。



鋼結構施工中常見缺失(塗裝)

1. 表面噴砂後未在規定時間內進行塗裝。
2. 選用塗料時未考量塗料的適用性。
3. 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）。
4. 底漆與面漆、中塗漆未考量**相容性**。
5. 鋼材塗裝時，若鋼材表面溫度在 50°C 以上時（**氣溫約 32°C** ）或**氣溫低於 10°C** ，則不宜進行塗裝作業。塗料製造商另有建議者除外。

(十六) 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，經歷至少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（韓國、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

鋼結構工程施工實務

重點補充A

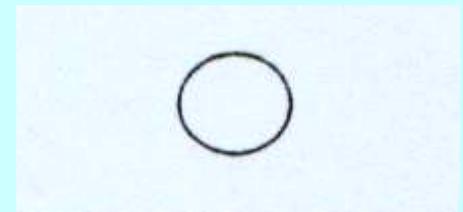
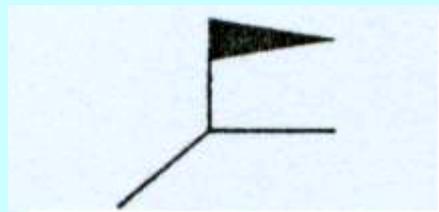


One vital component could cause the whole structure to collapse.

1. 鋼結構中何謂**RH**？何謂**BH**？（see P.64）
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？（see P.116）
4. ASTM 高強度螺栓通常採用**A325**、A490、**A449**三種，那二種可熱浸鍍鋅？（see P.86）
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？（see P.78）

5. 鋼材易因製造過程中含有夾層（Lamination），鋼材厚度在多少以上要檢驗是否有夾層？（see P.65）
6. 日系高強度螺栓通常採用F10T、S10T，上述兩種有何不同？F10T、S10T可熱浸鍍鋅？F10T、S10T可否重複使用？（see P.86、P.75）
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？（see P.61）

8. 這是什麼銲接符號？
（see P.32）



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%？（see P.115）
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？（see P.115）
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. 進口鋼結構鋼材，除應具備原製造廠之品質證明書經公立檢驗機關，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. 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？
(see P.82 、 P.83)
(交通部104.4.13交技字第1045004678號頒佈實施)
14. 鋼結構熱浸鍍鋅，底漆以採用環氧樹脂合金底漆（如環氧樹脂鋅粉底漆）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. 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，塗裝完成後應採**自然乾燥**方式？
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. 銲接計畫書至少應包括那些項目？（see P.14）
何謂**WPS**（銲接製程規範，Welding Procedure Specification）？（see P.14）
何謂**PQR**（銲接程序認可記錄，Procedure Qualification Record）？（see P.14）
18. 鋼結構工程之驗收，監造或施工單位至少「**應**」提交那種證明文件供主辦單位驗收時核對？（see P.156）

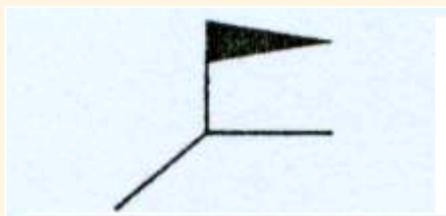
1. RH：型鋼熱軋成型的H型鋼
BH：組合成型的H型鋼
2. W：Weather T：Tensile F：Fracture S：Shape
W：耐候鋼 T：拉力鋼 F：斷裂控制 S：型鋼
註：ASTM A709 50W，50為降伏強度50ksi，W：耐候鋼
3. SSPC-SP5：潔白如新，除銹率達到**100%**
SSPC-SP10：幾乎潔白如新，除銹率達到**95%**
SSPC-SP3：動力工具清潔
SSPC-SP2：手工具清潔
4. A325可熱浸鍍鋅，A490不可熱浸鍍鋅，A449可熱浸鍍鋅
A325、A490 第三型(Type 3)是耐候鋼
但**斷尾螺栓一般不可鍍鋅**
5. 19mm以上（或3/4英吋）



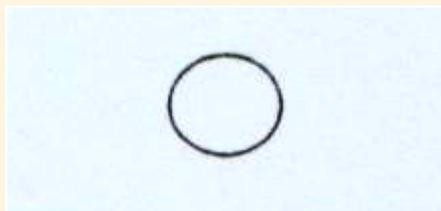
6. F10T：JIS規格，可重複鎖緊，不好塗裝
S10T：JSS II規格，不可重複鎖緊，好塗裝不可熱浸鍍鋅
F10T(非斷尾)可熱浸鍍鋅， F10T(斷尾)不可熱浸鍍鋅

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. 銲接計畫書至少應包括那些項目？

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

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

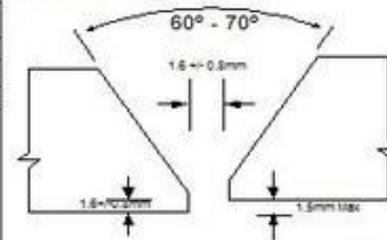
PQR（銲接程序認可記錄）：AWS規範認可以外之銲接程序，依規定做**銲接程序試驗**並檢驗符合，制定銲接程序認可記錄PQR，做為施工依據。

Welding Procedure Specification

Client:	Mobil	Project:	221010Goatee	REF No.	WPS 6 R1
Procedure Description:	12" Heavy Wall Offshore Tie-in			0290/1/WPS5	
Material:	AS3679.1 Grade 250 API 5L X65	Diameter:	168.3	Thickness:	18.3
Position:	6G	Clamp Type:	Internal		
Preheat °C (Min):	100	Interpass °C (Max):	300		
	ROOT	HOT PASS	FILL & CAP		
Welding Process	SMAW	SMAW	SMAW		
Welding Direction	Vertical Down	Vertical Down	Vertical Down		
Filler	Lincoln SA70+	Lincoln SA70+	Bohler BVD90M		
Polarity	DC +ve	DC +ve	DC +ve		
Shielding Gas	N/A	N/A	N/A		
Purge Gas	N/A	N/A	N/A		

Pass No	Filler Size (mm)	Amps	Volts	Speed (mm/sec)	Heat Input (kJ/mm)
1	3.2mm	70-130	18-33	3.3-6.6	0.4-0.8
2	4.0mm	110-210	18-35	2.9-6.8	0.6-1.3
FILL	4.0mm	145-260	16-27	1.6-7.0	0.6-2.2
CAP	4.0mm	130-230	16-26	1.8-5.3	0.6-1.7

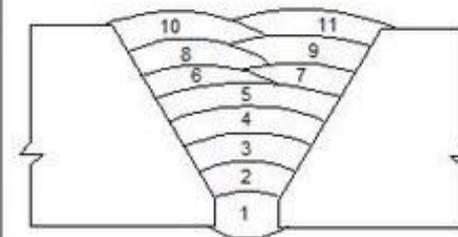
Weld Preparation



NOTES

1. API Std 1104BP3094-SP-PL-3010R1
2. Clamp removal stage: 100% completion of root (external clamp may be used in the event of a breakdown – removed after 50% minimum completion of the root.)
3. Time lapse between root and second pass : 16 Minutes
4. Time lapse between second pass and 1st fill : 12 Minutes
5. Minimum number of passes before pipe movement : 2 passes
6. Minimum number of passes before break in welding : 3 passes
7. Minimum Number of welders- Root & second pass : 2 , Fill & Cap : 1
8. Method of cleaning : Grinder / Wire brush
9. Method of Preheat : Gas Torch
10. Qualification reference number : 48280/PP/WP6 R1

Pass Location



Company Welding
Engineer Approved

Approved for Client

18. 鋼結構工程之驗收，監造或施工單位至少「應」提交那種證明文件供主辦單位驗收時核對或參考？

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。

鋼結構工程施工實務

重點補充B



One vital component could cause the whole structure to collapse.

(1). 鋼材塗裝時，若鋼材表面溫度在多少°C以上時，則不得進行塗裝作業？

- ①40°C ②50°C(室溫32°C) ③60°C ④70°C。

(2). 若鐸道發現有龜裂，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長度再行補鐸

- ①30mm ②40mm ③50mm ④60mm。

(3). 鋼結構用SN鋼材下列何種鋼種具確保塑性變形能力、鐸接性及鋼板厚度方向（撕裂）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

- ①溫度攝氏 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 32^{\circ}\text{C}$ 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、S10T、F10T等）安裝過程使螺栓塑性變形能力降低，或安裝、拆卸過程受損或螺牙變形，或已受載重致螺桿變形，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，精度需求高」、「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，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

①鍍鋅表面常塗以「環氧樹脂合金底漆」做為底漆。

②高污染區上漆塗料以「氟素樹脂系面漆」為主。

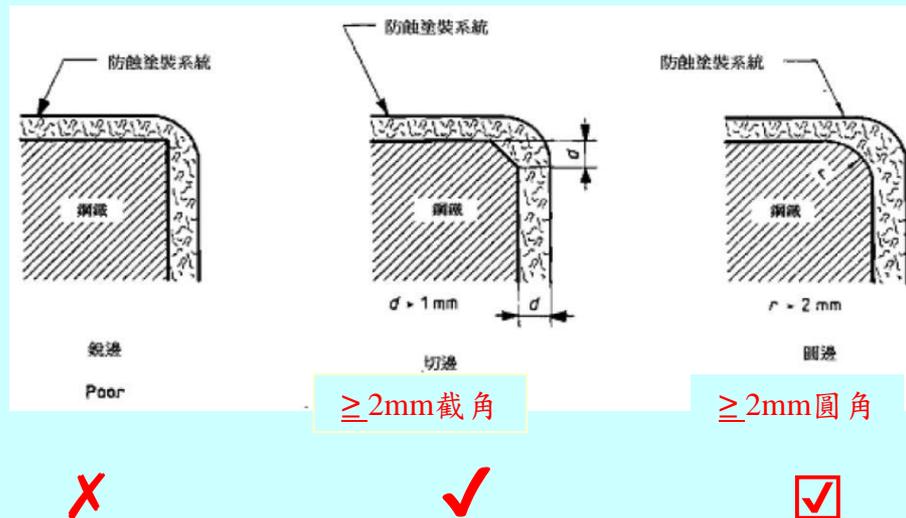
③低污染區上漆塗料以「聚氨酯甲酸脂面漆」為主。

(11). 所有銲道應依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：

- ① 無機鋅粉底漆，鋼板邊角處宜施設 2mm截角 (建議)
- ② 環氧鋅粉底漆或其他底漆宜施設 2mm截角
- ③ 重工業區或濱海地區宜施設 3~4mm圓、截角



(14). 無機鋅粉漆與有機鋅粉漆使用上有何差異？

無機鋅粉漆常做為底漆時，上層漆可為有機鋅粉漆。（不常厚塗，常用 $30\mu\text{m}$ ）

有機鋅粉漆做為底漆時，上層漆不可為無機鋅粉底漆。（常厚塗，常用 $75\mu\text{m}$ 以上）

(15). 這批工程師在鋼構廠檢查什麼？

為確保構材間穿孔可順利接合，螺栓孔需作貫通率及阻塞率之檢查。



貫通率 $D+0.5\text{mm}$ 100%

阻塞率 $D+2.0\text{mm}$ 80%以上

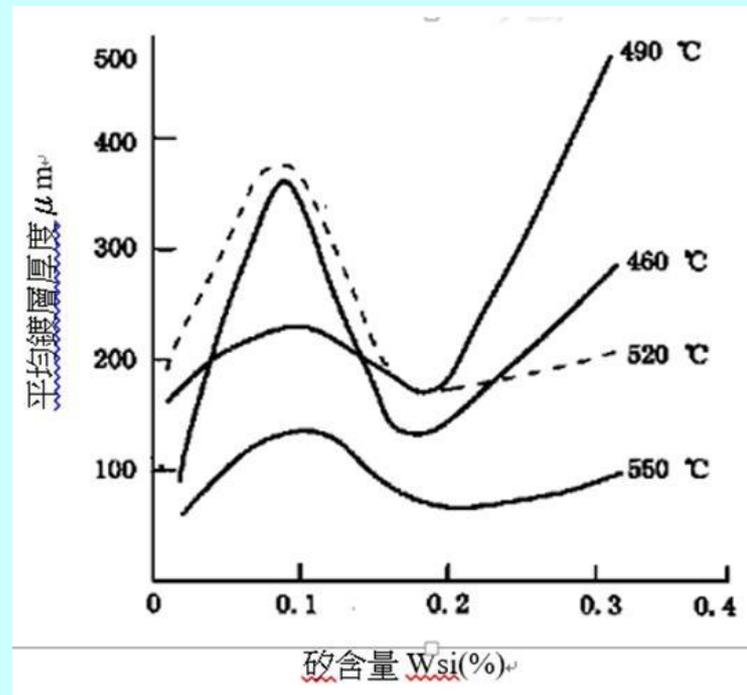
(16). 桑德林 *Sandeline* 效應？迦凡尼 *Galvanic* 腐蝕？

桑德林效應 *Sandeline Effect*

熱浸鍍鋅時，鋅層並不會隨浸鍍時間的增加而加厚，但當鋼鐵成分中的矽含量到一定的程度時，會隨浸鍍時間一直加厚，導致鋅層太厚而容易剝落。



桑德林效應



含矽量在0.25%以上導致

迦凡尼腐蝕 *Galvanic Corrosion*

或稱為異種金屬腐蝕，兩種不同金屬耦合接觸時，化學性質活潑的金屬會加速腐蝕，惰性比較大的金屬則減慢腐蝕。

竹南濱海公園



迦凡尼腐蝕

(17). 焊接結構用鋼材應使用低氫系(鹼性)鐳條，什麼是低氫系(鹼性)鐳條？什麼是非低氫系(酸性)鐳條？

非低氫系鐳條又稱酸性鐳條

鐳材含酸性氧化物（ TiO_2 、 SiO_2 等）稱為酸性鐳條。

交直流兩用，工藝效能較好，飛濺小、流動性好、易脫渣、外表美觀。

因鐳材含有酸性氧化物，氧化性較強，力學效能差、衝擊韌度較差，適用一般低碳鋼和強度較低的低合金結構鋼的鐳接。

低氫系鐳條又稱鹼性鐳條

鐳材含鹼性氧化物（ CaO 、 Na_2O 等）稱為鹼性鐳條。

抗熱裂效能較好，非金屬雜物較少，有較高塑性和韌性，較好抗冷裂效能；一般用直流電源，特殊情形可加放穩弧劑可用交流電源鐳接，適用重要結構。

鋼結構工程施工實務

附錄

熔射與熱浸鍍鋅施工性比較 P.183~185

銲接處組立精度 P.186~187

靜態與動態銲道檢查標準 P.188

CNS與公共工程銲道目視檢測比較表單 P.189

ASTM A123鋼鋅層厚度等級與附著量對應表 P.190

鋼管STK、STKR機械化學性質比較 P.191~192

鋼結構在防蝕設計參考 P.193~194

高鐵苗栗站鋼構之塗裝系統 P.195

非破壞性檢測安全守則 P.196

SS、SM、SN厚度許可差 P.197

鋼構建築基本文件一覽 P.198~200



One vital component could cause the whole structure to collapse.

熔射與熱浸鍍鋅施工性比較

1.相對濕度

- ① 熔射時噴砂及熔射應在相對濕度80%以下施工。
- ② 熱浸鍍鋅在450°C溫度操作，不受濕度影響。

2.氣候(如梅雨季、午後雷陣雨)

- ① 熔射時噴砂及熔射必須在適當間隔時間內施工，否則容易產生紅銹。
- ② 熱浸鍍鋅，在廠內操作則不受雨季影響。

3.施工角度

- ① 熔射時噴砂或熔射，角落、孔徑內或端部是比較難施工之處，尤其角落處更容易產生缺陷。
- ② 熱浸鍍鋅則需注意角落是否留有適當的孔即可。

熔射與熱浸鍍鋅施工性比較

4. 表面潔淨度及粗糙度

- ① 熔射時，表面處理須利用噴砂至Sa 2 ½等級及粗糙度。且施工時仍應維持表面處理等級及粗糙度，否則影響熔射材料的附著性。
- ② 熱浸鍍鋅工法，則無粗糙度之影響。

5. 施工材料表面

- ① 熔射時，鋅鋁合金線或鋅、鋁線表面狀況將影響熔射品質。熔射用之線材保存良否，影響線材表面氧化程度。
- ② 熱浸鍍鋅，則鋅錠於熔解時氧化物會浮於鋅液上容易被撈起而不影響防蝕性。

6. 施工機具條件控制

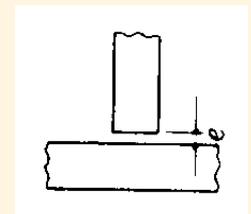
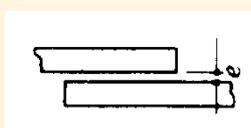
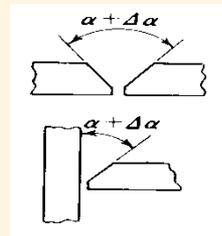
- ① 熔射時，須設定與控制熔射電流及電壓、空壓機壓力，否則線材熔解狀況不佳會影響熔射層堆積狀況及防蝕性，同時也須控制熔射槍移動速度及熔射距離。
- ② 熱浸鍍鋅則於鋅熔解後，設定鍍鋅溫度讓自動控制系統控制鋅溫，即可獲得良好的鍍鋅層。

熱浸鍍鋅與熔射比較

	熱浸鍍鋅	熔射
施工性	廠內施工	可於現場，但容易受天候影響進度及品質
皮膜附著力	數百kg/cm ²	50kg/cm ² 以下
防蝕性	佳	佳，但有孔隙容易影響防蝕性
膜厚	達85 μm以上且均一	100 μm以上但較不均一
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生產進度較快 2. 品質好壞容易分辨 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不受尺寸限制 2. 不會變形
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 受鍍鋅槽尺寸限制 2. 可能會變形 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進度較慢 2. 太厚，熔射層容易剝落 3. 噴砂容易造成環境污染

銲接處組立精度(1/2)

資料來源：詹碩仁

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	$-5^\circ \leq \Delta\alpha \leq 10^\circ$	

銲接處組立精度(2/2)

資料來源：詹碩仁

項次	檢驗項目		許可差	圖示
4	對銲偏差		$t \leq 10\text{mm}$ 、 $e \leq 1\text{mm}$ $t > 10\text{mm}$ 、 $e \leq t/10$ 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	$-1.6\text{mm} \leq \Delta a \leq 6.4\text{mm}$	

靜態與動態銲道檢查標準單位:mm

VT (CNS 13021)

種類	靜態	動態
龜裂或搭疊	不可有	同靜態
銲冠	填角銲寬度W	同靜態
	$W \leq 8$ 1.6	
	$8 < W \leq 25$ 3	
	$25 < W$ 5	
	對接銲道 ≤ 3	同靜態
銲蝕 (Undercut)	版厚 $t < 25$ 1	≤ 1
	在300長銲道累積 < 50 時，可到1.6	
	版厚 $t \geq 25$ 1.6	與張應力垂直 ≤ 0.25
氣孔	填角銲 $\phi \geq 1$ 以上氣孔，L=25長徑總和10，L=300總和19	填角銲最多1個且 $\phi \leq 2$ 加勁鈹腹鈹銲道，L=25長徑總和10，L=300總和19
	開槽銲 $\phi \geq 1$ 以上氣孔，L=25總和10，L=300總和19	開槽銲L=100，1個 $\phi \leq 2$
	與張應力垂直不可有氣孔	與張應力垂直不可有氣孔
腳長	$<$ 設計值1.6且小於總長10%	同靜態
	大樑末端翼鈹2倍寬度內不可以不足	

CNS與公共工程銲道目視檢測比較表單位:mm

種類	AWS D1.5 2008	公共工程第05121章V8
凹痕	銲疤(crater)需填平	主要構材不可有
		其他構材一接頭或1m長3個
		凹痕<1mm，3個算一個
		表面凹凸25mm長內3mm
龜裂或搭疊	不可有	不可有
銲冠	填角銲	
	$\leq 0.07X$ 寬度+1.5mm	
	對接銲道 ≤ 3	對接銲道寬
		B ≤ 15 3 15 < B ≤ 25 4 25 < B 4B/25
銲蝕(Undercut)	≤ 1	主構材與應力平行 ≤ 0.5
		次構材端部 ≤ 0.8
	開槽銲與張應力垂直 ≤ 0.25	主構材與應力垂直 ≤ 0.3
氣孔	填角銲100內最多 1個；1200內6個且 $\varphi \leq 2.4$	
	開槽銲100長1個且 $\varphi \leq 2.4$	
	與張應力垂直不可有氣孔	
腳長	<設計值2且小於總長10%	<設計值1.0且小於總長10%
	大樑末端翼板2倍寬度內不可以不足	兩端50mm寬度內不可以不足

ASTM A123鋼鋅層厚度等級與附著量對應

常用
↓

常用
↓

常用
↓

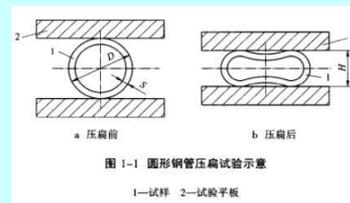
厚度等級	mils	oz/ft ²	μm	g/m ²
35	1.4	0.8	35	245
45	1.8	1.0	45	320
50	2.0	1.2	50	355
55	2.2	1.3	55	390
60	2.4	1.4	60	425
65	2.6	1.5	65	460
75	3.0	1.7	75	530
80	3.1	1.9	80	565
85	3.3	2.0	85	600
100	3.9	2.3	100	705

常用

常用



鋼管STK、STKR機械性質比較



種類 符號	抗拉強度 N/mm ²	降伏強度 N/mm ²	銲接部位 抗拉強度 N/mm ²	伸長率 % (t ≥ 8mm)	壓扁性	彎曲性	
					平板間距離 (H)	彎曲角度	內側半徑
所有尺寸	所有尺寸	所有尺寸	所有尺寸	所有尺寸	50mm以下		
STK400	400以上	235以上	400以上	-	2D/3	90°	6D
STK490	490以上	315以上	490以上	-	2D/3	90°	6D
STKR400	400以上	235以上	-	23	-	銲接部位彎曲性 依買方要求	
STKR490	490以上	325以上	-	23	-		



鋼管STK、STKR化學性質比較

種類符號	C	Si	Mn	P	S	B
STK400	0.25以下	—	—	0.04以下	0.04以下	0.0008以下
STK490	0.18以下	0.55以下	1.65以下	0.035以下	0.035以下	0.0008以下
STKR400	0.25以下	—	—	0.04以下	0.04以下	0.0008以下
STKR490	0.18以下	0.55以下	1.5以下	0.04以下	0.04以下	0.0008以下

化學成分要求中，**STK400與STKR400**未限制矽、錳等成分的百分比，**一般不宜作為銲接結構用途**

鋼結構在防蝕設計參考(熱浸鍍鋅時)

Case Study
245μm

鍍層及塗層	規格	乾膜厚 (μm)	鍍鋅附 著量	
熱浸鍍鋅	熱浸式鍍鋅法(CNS 8503)	85	600g/m ²	
底漆	鍍鋅用環氧樹脂底漆	50	---	環氧樹脂系
中塗漆	環氧樹脂MIO中塗漆 (CNS 4938第1種)	50	---	環氧樹脂系
第一道面漆	氟素樹脂中塗漆 (JIS K 5659;2008)	30	---	氟素樹脂系、 聚胺酯系或環 氧樹脂系
第二道面漆	氟素樹脂面漆 (JIS K 5659;2008第1級)	30	---	氟素樹脂系

鋼結構在防蝕設計參考(不熱浸鍍鋅時)

Case Study
220μm

塗層	規格	乾膜厚 (μm)		
表面處理	高度噴砂處理至呈現近似白色金屬光澤		SSPC-SP10	
底漆	無機鋅粉底漆	75	間隔 8hr~6月	
中間粘層	伐銹底漆	10	間隔 2hr~1天	WASH PRIMER
中塗漆	環氧樹脂MIO底漆	75	間隔 8hr~6月	環氧樹脂系
第一道面漆	氟素樹脂面漆 (JIS K 5659;2008)	30	間隔 6hr~5天	氟素樹脂系
第二道面漆	氟素樹脂面漆 (JIS K 5659;2008第1級)	30	間隔 6hr~5天	氟素樹脂系

高鐵苗栗站鋼構之塗裝系統

Case Study
245 μ m+防火漆

- 1.熱浸鍍鋅：乾膜厚85 μ m (鋅層附著量600g/m²)
- 2.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-SP7輕度噴砂處理
- 3.底漆：環氧樹脂合金底漆50 μ m，間隔8hr~7天
- 4.防火漆：塗裝厚度依鋼材種類，防火時效2hr
- 5.中塗漆：環氧樹脂MIO中塗漆50 μ m，間隔8hr~6個月
- 6.第一道面漆：氟樹脂系面漆30 μ m，間隔6hr~5天
- 7.第二道面漆：氟樹脂系面漆30 μ m



非破壞性檢測安全守則

可能危害	可能發生的		處 理	防護方法
	檢測方法	原 因		
輻射傷害	RT	輻射源外漏或屏蔽不當	1.人員配章判讀 2.送醫	1.做好輻射管制 2.定期做屏蔽檢驗
火災爆炸	PT、MT	1.易燃物接近火源 2.電弧接觸易燃物	1.滅火 2.受傷人員以灼傷程序處理	1.易燃物料遠離火源 2.操作應避免電弧產生
電擊	MT	1.操作員絕緣不良 2.設備未接地	1.關閉電源 2.受傷人員以灼傷程序處理	1.做好絕緣、接地工作

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
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

SN鋼材無負值厚度
許可差**只能大不能小**
SN鋼材之許可差範圍小一較嚴格。

鋼構建築基本文件一覽 (1/3)

時機點	內容	重點或注意事項	其他說明
施工前	驗廠	確認設備及人員證書、業績	
	施工圖	吊(安)裝平面圖	與設計圖符合
		構件製造圖	重量及材質
材料	鋼板	材質證明	材質與設計圖相符；重量達到設計重量以上 取樣頻率
		取樣試驗 夾層檢測	
	型鋼	材質證明	材質與設計圖相符 取樣頻率
		取樣試驗	
	基礎螺栓	螺桿、螺帽、墊圈材質證明 取樣試驗	
	高拉力螺栓	材質證明 螺桿、螺帽、墊圈試驗	
	剪力釘	材質證明 彎曲試驗 拉力試驗及化性分析	拉力試驗分為剪力釘本身及植銲後的拉力試驗
	銲接材料	材質證明 銲材試驗	
其他材料	依規定	如鋼承板	

鋼構建築基本文件一覽 (2/3)

現場施工	安全措施	電銲防風措施	
	銲接程序書	工廠及工地	依據鋼結構施工規範、AWS合格人員簽認
工廠製作	銲工考試(*)	至少2G 銲接方法(手銲、半自動、全自動、點銲)	依據需求
	冷作檢驗	尺寸檢驗	含螺栓孔距、開槽角度、接合鈹位置與角度
	電銲檢驗	所有銲道均應目視檢查 全滲透銲道UT 100% 半滲透銲道MT 5%	
	剪力釘	敲擊試驗	
	噴砂	SIS Sa 2 1/2級 或SSPC SP-10級	比對標準片
塗裝	塗裝	油漆種類、噴塗次數、 每次膜厚	溫度、濕度
	熱浸鍍鋅(*)	膜厚及修補	

鋼構建築基本文件一覽 (3/3)

現場施工	基礎點位置	測量放樣檢核	
	基礎螺栓	使用樣板(temp plate) 中心點誤差 高程誤差	樣板澆置後移除
	構件吊裝	傾斜度測量 高程測量	
	螺絲穿鎖	方向性一致 斷尾檢查 張力試驗(施工前) 扭力試驗	試驗百分比
	電銲工考試(*)	至少3G 銲接方法(手銲、半自動)	依據需求
	銲接材料	材質證明	
	電銲	電壓、電流抽驗 銲道外觀 超音波檢驗	
	剪力釘	敲擊試驗	
	補漆	表面清潔 修補次數 膜厚	修補方法
	安全措施	安全網、安全母索、防墜落措施、上下設備 電銲防風措施	

*One vital component could cause
the whole structure to collapse.*

