

# 經濟部國營司

## 鋼結構工程相關技術

(3小時)

陳純森

國立成功大學建築研究所 教授級專家  
國立高雄大學土木環工系 教授級專技

2024.11.18



### 講員資歷



陳純森

結構技師  
土木技師

東亞工程顧問公司	結構設計師
中國鋼鐵公司	土木工程師
中鋼結構公司	副總經理
聯鋼營造公司	總經理
東和鋼鐵公司	顧問
經濟部中央標準局	標準、專利委員
中華民國仲裁協會	(主任)仲裁人
高雄市結構技師公會	理事長
台灣省結構技師公會	理事長
結構技師全國聯合會	理事長
工程會經濟部國科會	工程查核委員
國防部衛福部勞動部	工程查核委員
台南市雲林縣屏東縣	工程查核委員
天恩土木結構技師事務所	專業技師

# 鋼結構工程

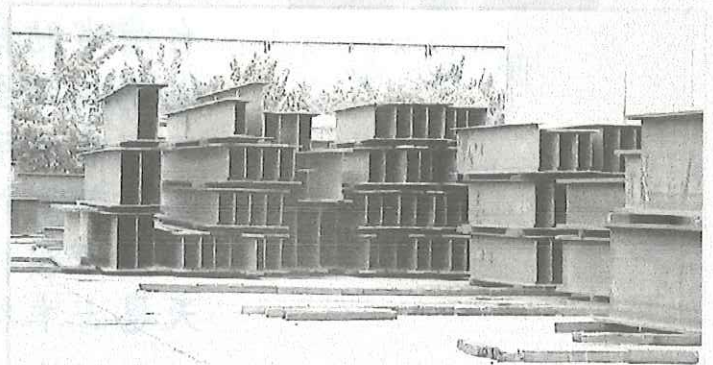
- A. 鋼構材料
- B. 施工技術
- C. 管理職安

陳純森 土木結構技師 3/64

## 鋼與鐵

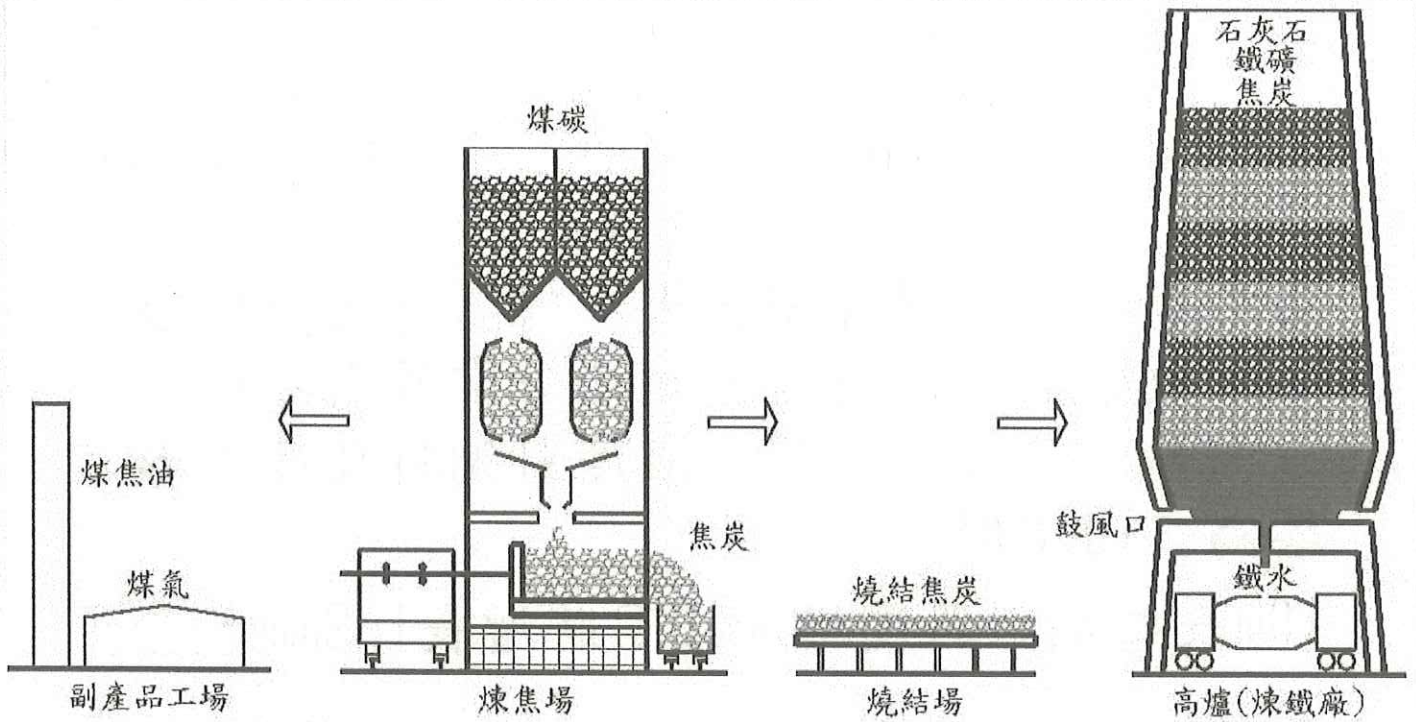
A

- 鋼料(Steel) :  
碳(C)含量在1.7%以下。所有雜質在2%以下。
- 鑄鐵(Cast Iron or Pig Iron) :  
碳(C)含量在1.7%以上
- 營建用鋼料 :  
碳(C)含量在0.15~0.3%  
故俗稱“軟鋼”



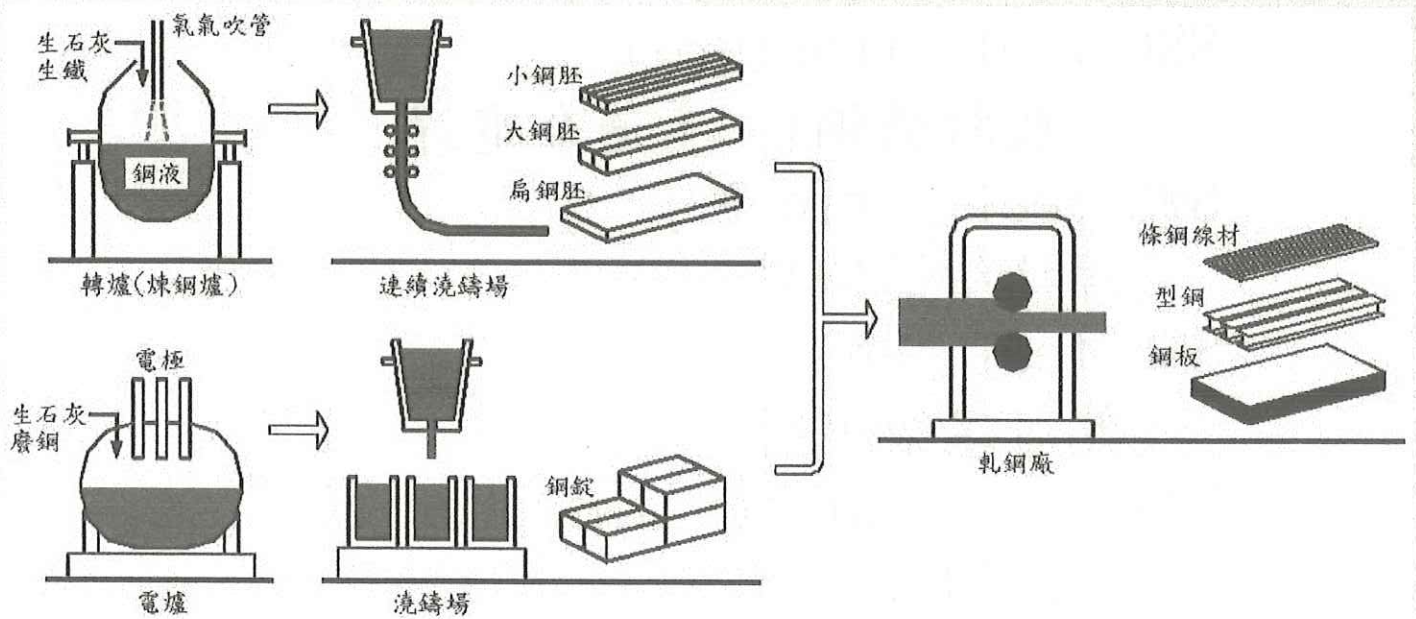
陳純森 土木結構技師 4/64

# 煉鐵



陳純森 土木結構技師 5/64

# 煉鋼



陳純森 土木結構技師 6/64

## 鋼之基本性質

種類	彈性模數 E (kgf/cm <sup>2</sup> )	剪力模數 G (kgf/cm <sup>2</sup> )	柏森比 $\mu$	溫度膨脹收縮 係數(1/°C)
鋼、鑄鋼，鍛鋼	$2.1 \times 10^6$	$8.1 \times 10^5$	0.3	$12 \times 10^{-6}$

由於鋼料之熱傳導率較大，對溫度之熱脹冷縮很敏感，設計與施工之檢討常常需考慮溫差對構材尺度之影響。溫度對鋼料尺度之影響為三向空間。

10m長之鋼料溫度增加10°C將增長1.2mm。

陳純森 土木結構技師 7/64

## CNS之結構鋼材種類

CNS以抗拉強度識別，例如SM400  
SS(Steel Structure)：

一般結構鋼料-不適合電鍍

SM(Steel Marine)：

鍍接結構鋼料

SN(Steel New)：

乾淨建築鋼料

SMA(Steel Marine Atmospheric)

耐候鋼料

ASTM以降伏強度識別，例如 A572 Gr50

陳純森 土木結構技師 8/64

1. ASTM A131 Gr A, Gr B and Gr EH36.
2. ASTM A283, Gr C (55), 中低強度結構用碳鋼
3. ASTM A285, Gr A(45), B(50), C(55), 中低強度壓力容器用碳鋼
4. ASTM A515, Gr60 65,70, 中高溫壓力容器用鋼
5. ASTM A516, Gr 55,60,65,70 中低溫壓力容器用鋼
6. ASTM A516 HIC, Gr60,70(抗氫引裂用鋼), 有極低碳、磷、硫含量及合金設計, 不致因氫分子誘發之斷裂, 適用於高濃度硫化氫之腐蝕環境。
7. ASTM A537, Class 1 經熱處理之碳、錳、矽壓力容器用鋼

陳純森 土木結構技師 9/64

8. ASTM A573 Gr 58, 65, 70, 韌性較佳結構用碳鋼
9. ASTM A633, Gr C and D.
10. ASTM A662, Gr B and C.
11. ASTM A678, Gr A and Gr B.
12. ASTM A737, Gr B.
13. ASTM A841 GR.B CL.2 TMCP ( 銲接性極佳之壓力容器用鋼) 具高降伏強度及極低溫韌性外, 銲接性能佳, 適用於低溫壓力容器用途。
14. CNS 8696, SB410,450,480 鍋爐及壓力容器用碳鋼及鉬合金鋼
15. API 5L, PLS1, PLS2 (ISO 3183) 銲接管線用鋼板

陳純森 土木結構技師 10/64

## 不銹鋼(白鐵)種類

不銹鋼乃填加耐腐蝕之鎳、鉻合金於鋼料內。包含下列三種材質：

1. 200系之低鎳含量不銹鋼：常用於廚具與器皿。
2. 300系之鎳-鉻合金不銹鋼：鎳與鉻之含量在20%以上，用於工業儲槽、管線與營建工程之天溝、水切或電梯車廂，也可用於廠房之屋面板與牆面板。如常用之304、316、316-L等，都屬於300之系列。「L」為低碳鋼材質，適合銲接之用。

陳純森 土木結構技師 11/64

## 不銹鋼種類

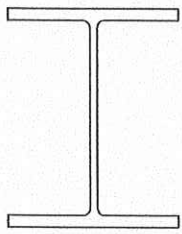
3. 400系之鉻合金不銹鋼，用於建築裝飾材。

不銹鋼304、316之材料標準須符合CNS 8499之規定。S304之抗拉強度在520MPa以上；降伏強度205MPa以上，其抗拉強度比一般鋼料略高，而降伏強度則比一般鋼料略低。不銹鋼之熱膨脹率 $17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 比一般碳鋼高約1.4倍，一般碳鋼為 $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

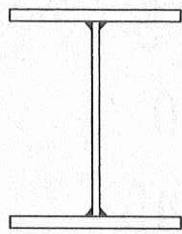
海邊之構造物，S304材質大約2~3年就會逐漸長銹點，最好採用316材質。

陳純森 土木結構技師 12/64

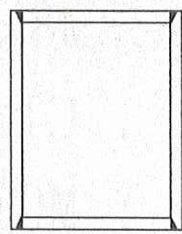
型鋼之斷面包括角鋼、槽鋼、I型鋼等，常用之表示法包括日規與美規兩種。多層建築常用箱型鋼與十字型鋼。



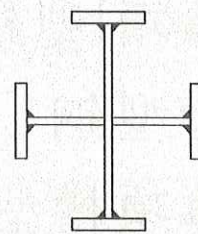
熱軋工型鋼



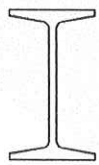
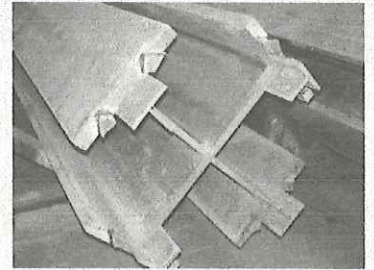
組合工型鋼



組合箱型鋼



組合十型鋼



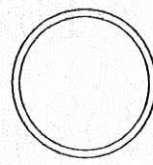
I型鋼



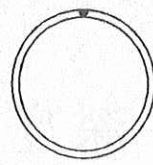
C型鋼



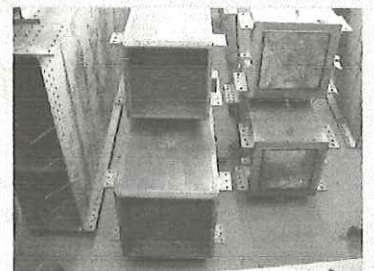
角鋼



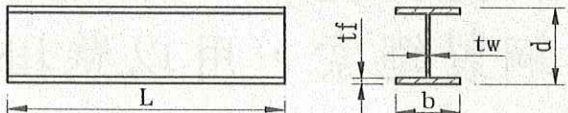
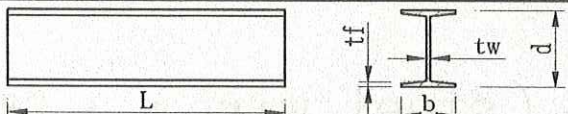
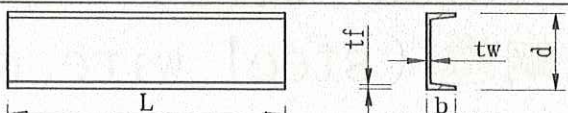
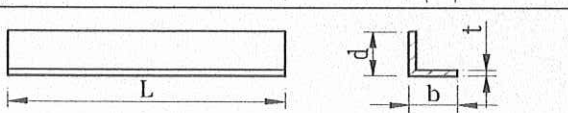
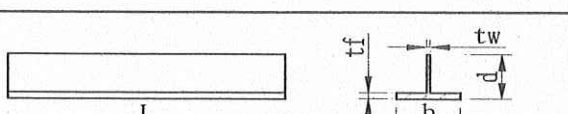
無縫鋼管



有縫鋼管



陳純森 土木結構技師 13/64

名稱	形狀	符號及寸法
H 型鋼 (H section)		$H-d \times b \times t_w \times t_f \times L$
I 型鋼 (I section)		$I-d \times b \times t_w \times t_f \times L$
槽 型 鋼 (C section)		$C-d \times b \times t_w \times t_f \times L$
角 鋼 (Angle)		$L-d \times b \times t \times L$
T 型 鋼 (T section)		$T-d \times b \times t_w \times t_f \times L$

## 美規斷面表示法

H型鋼	: W24×76
I型鋼	: S24×100
雜項I型鋼	: M8×18.5
槽型鋼	: C12×20.7
雜項槽型鋼	: MC12×45
點承H型鋼	: HP14×73
角鋼	: L6×6×3/4

數字意義：深度(吋)×單位重(磅/呎)

陳純森 土木結構技師 15/64

## 鋼線與鋼索

鋼索 (steel cables)

係指粗壯的鋼製繩索，用以懸掛載重物品或承受拉力。

鋼索為鋼線 (steel wire)、鋼絞線 (steel strand) 與鋼纜 (steel wire rope) 之通稱。

陳純森 土木結構技師 16/64



## 鋼線

鋼線係鋼絞線最基本之線材，為高碳之鋼線料，材質屬於CNS 3696所規定之SWRH52~82，製造方法包括冷抽後鍍鋅或鍍鋅後冷抽等。

種別	標稱抗拉強度MPa	加工方法
A種	1,620 (165kgf/mm <sup>2</sup> )	裸線及鍍鋅後抽製品
B種	1,770 (180kgf/mm <sup>2</sup> )	裸線及鍍鋅後抽製品
E種	1,320 (135kgf/mm <sup>2</sup> )	裸線
G種	1,470 (150kgf/mm <sup>2</sup> )	鍍鋅 (含鍍鋅後抽製品)

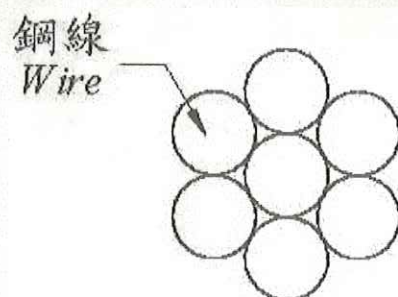
陳純森 土木結構技師 17/64

## 鋼絞線

鋼絞線 (steel strand) 係由鋼線絞撚而成，共有三種，分別由3條、5條與7條鋼線所組成。

常用7條鋼線絞撚為鋼絞線。鋼絞線常作為鋼纜之主要成員，亦稱鋼股線，或簡稱鋼股、股線。

鋼絞線可作為預力混凝土之鋼腱。於鋼橋工程，常使用5mm鋼線組成鋼絞線，其標稱直徑為15mm。

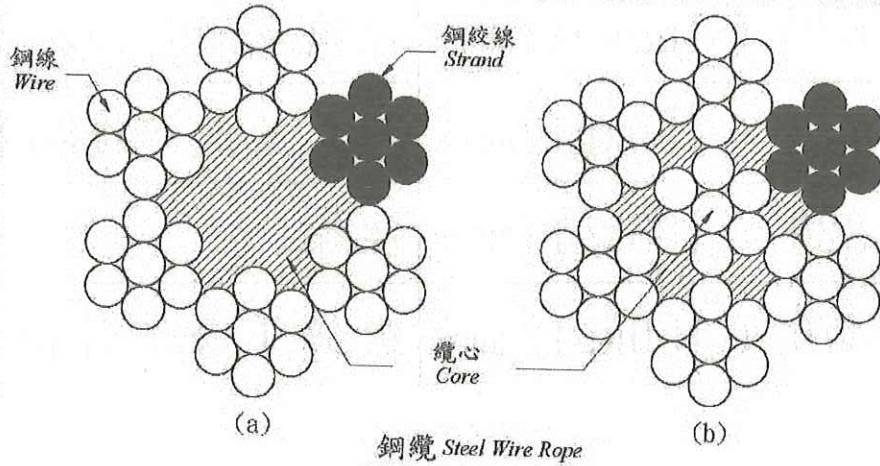


鋼絞線 *Steel Strand*

陳純森 土木結構技師 18/64

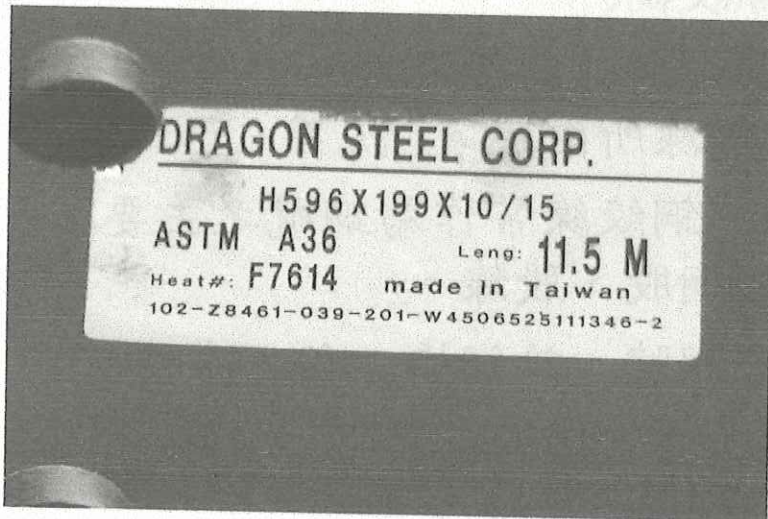
# 鋼纜

鋼纜係由6股鋼絞線組成。鋼纜之中心為「纖維纜心」，纖維纜心應使用合成纖維或天然纖維，纖維中心必須儲有足夠之潤滑劑。潤滑劑不得含有傷害之酸性或鹼性物質。於吊橋工程之鋼纜中心常設置鋼絞線取代纖維。



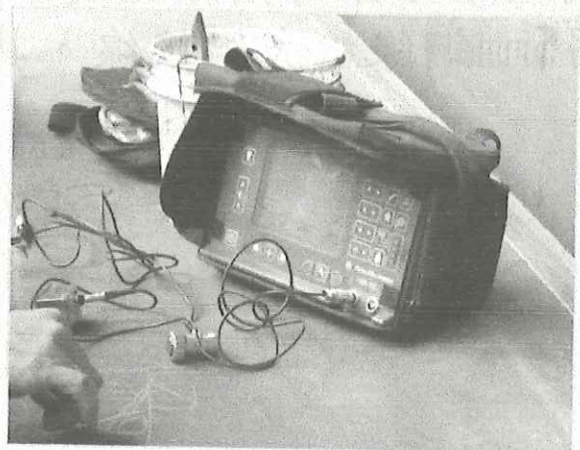
木結構技師 19/64

# 鋼材查驗



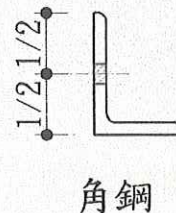
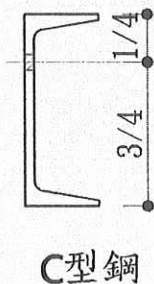
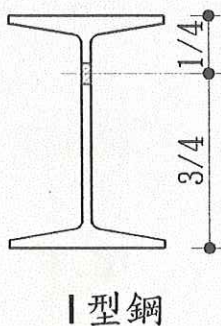
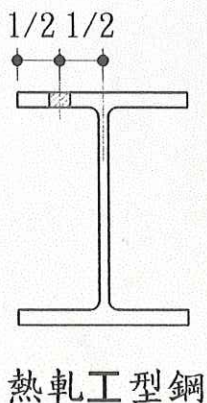
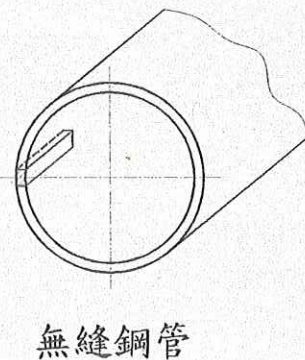
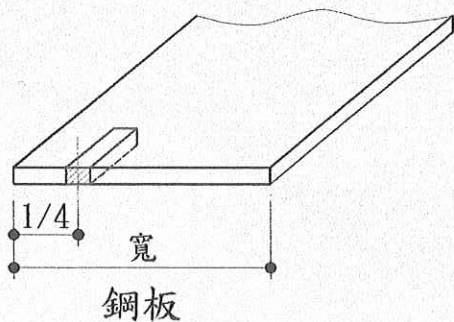
以標籤勾稽材質

以UT檢查夾層



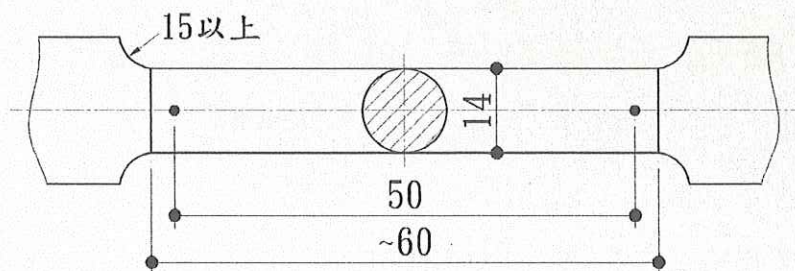
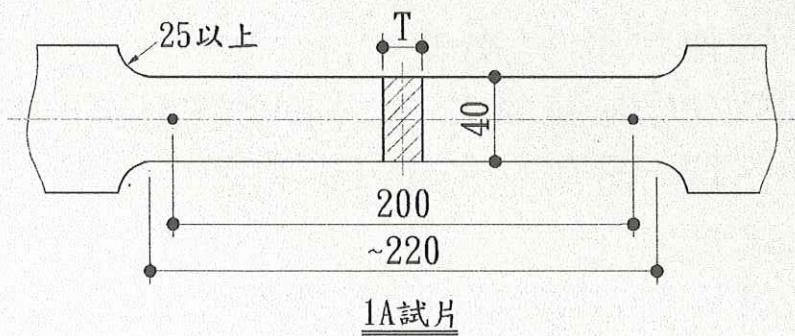
陳純森 土木結構技師 20/64

# 取樣試驗



陳純森 土木結構技師 21/64

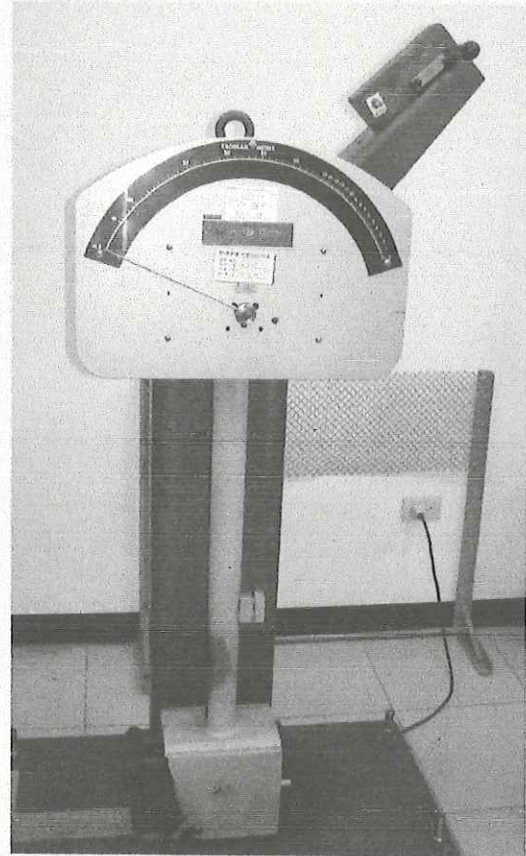
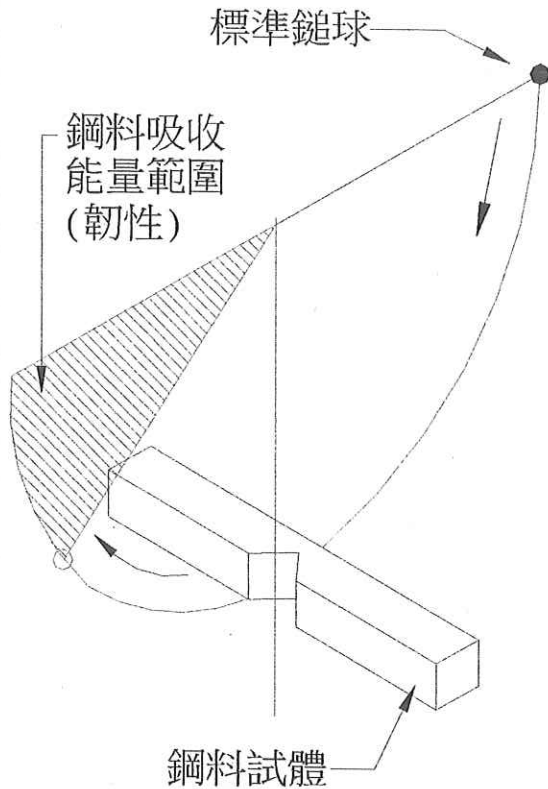
# 試片樣本



陳純森 土木結構技師 22/64

# 低溫韌性試驗

A



陳純森 土木結構技師 23/64

# 鋼料機械性質試驗(例)

A

- 一. 測試項目: 拉伸試驗與衝擊試驗
- 二. 使用設備: SATEC衝擊試驗機 SHIMADZU UMH-50
- 三. 測試方法: ASTM A370-98; ASTM E23
- 四. 測試環境: 溫度25°C
- 五. 測試結果:

## 1. 拉伸試驗:

編號	試片斷面 mm <sup>2</sup>	抗拉強度 kgf/mm <sup>2</sup>	降伏強度 kgf/mm <sup>2</sup>	伸長率 %	降伏比 %
H708x302	126.4	58	42	33	72

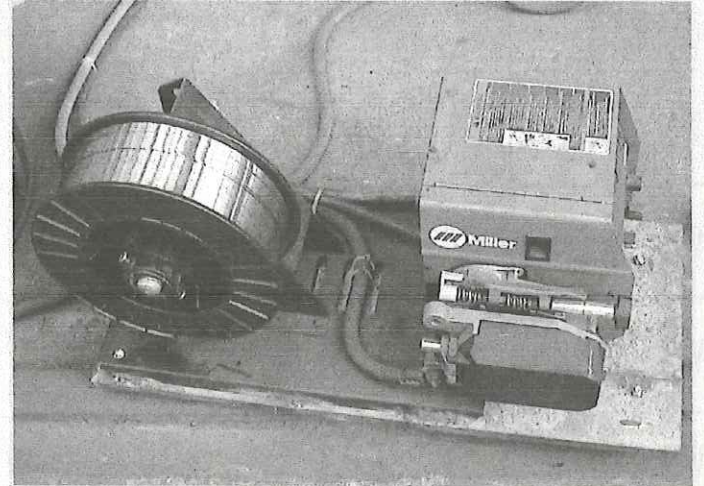
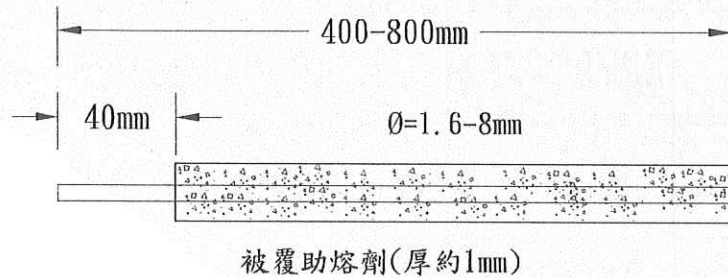
## 2. 衝擊試驗:(試片型式10×10×55mm V-notch)

編號	試驗溫度	吸收能J(N-M)
H708x302	0°C	89.7 43.2 78.6

銲條(銲線, 銲劑) E43級(E60)、E50級(E70)

螺栓(強力)

鉚釘-(國內不用)



陳純森 土木結構技師 25/64

規範標準	標準名稱	銲條規格	最低降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	抗拉強度 (N/mm <sup>2</sup> )
CNS 13719	軟鋼用被覆銲條SMAW	E43XX	345	min. 420
CNS 3506	高強度鋼用被覆銲條SMAW	E49XX	390	min. 490
CNS 13014	碳鋼及低合金鋼用潛弧銲線SAW	YS-XX	程序 驗證	程序 驗證
CNS 13015	碳鋼及低合金鋼用潛弧銲劑SAW	FS-XXX		
CNS 8967	軟鋼及高強度鋼氣體遮護銲線GMAW	YGW XX	345 390	min. 420 min. 490
CNS 14596	軟鋼與高強度鋼包藥銲線FCAW	YFW-C43XX	340	min. 420
		YFW-C49XX	390	min. 490

陳純森 土木結構技師 26/64

AWS A5.1	Carbon Steel Electrode SMAW	E60XX	nom. 336	nom. 420
AWS A5.5	Low Alloy Electrode SMAW	E70XX	nom. 399	nom. 490
AWS A5.17	Carbon Steel Submerge SAW	F6XX-EXXX	nom. 336	420~560
AWS A5.23	Low Alloy Submerge SAW	F7XX-EXX	nom. 406	490~665
AWS A5.18	Carbon Steel Gas-Shield GMAW	ER70S-X	nom. 406	nom. 490
AWS A5.28	Low Alloy Gas-Shield GMAW	ER70S-XXX	nom. 406	nom. 525
AWS A5.20	Carbon Steel Flux-Core FCAW	E6XT-X	nom. 336	nom. 420
AWS A5.29	Low Alloy Flux-Core FCAW	E7XTX-X	nom. 406	490~630

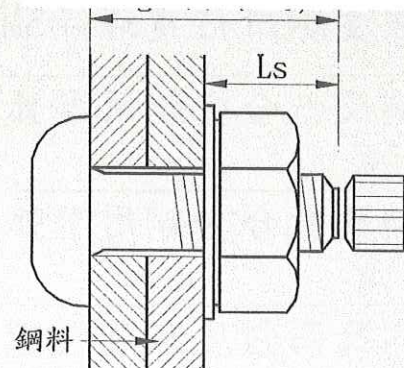
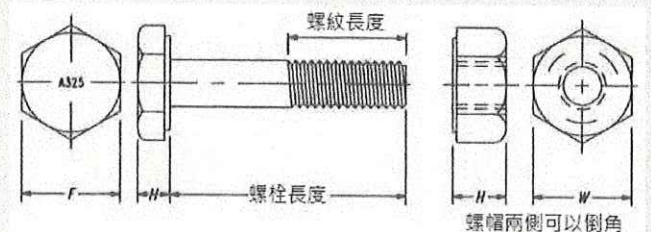
陳純森 土木結構技師 27/64

一、美規：  
ASTM A325 或 ASTM A490

二、日規：  
JIS B1186 F10T等

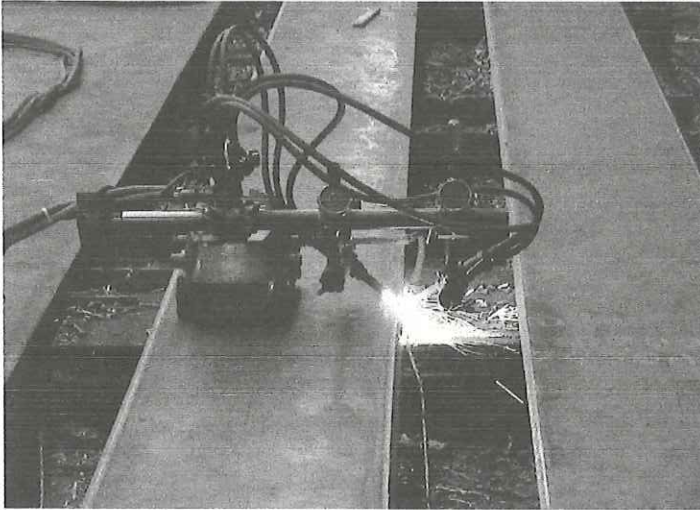
三、扭力控制螺栓：  
JSS II-09 S10T等  
ASTM F1852  
ASTM F2280

四、注意事項：  
熱浸鍍鋅螺栓不可採用扭力控制式螺栓

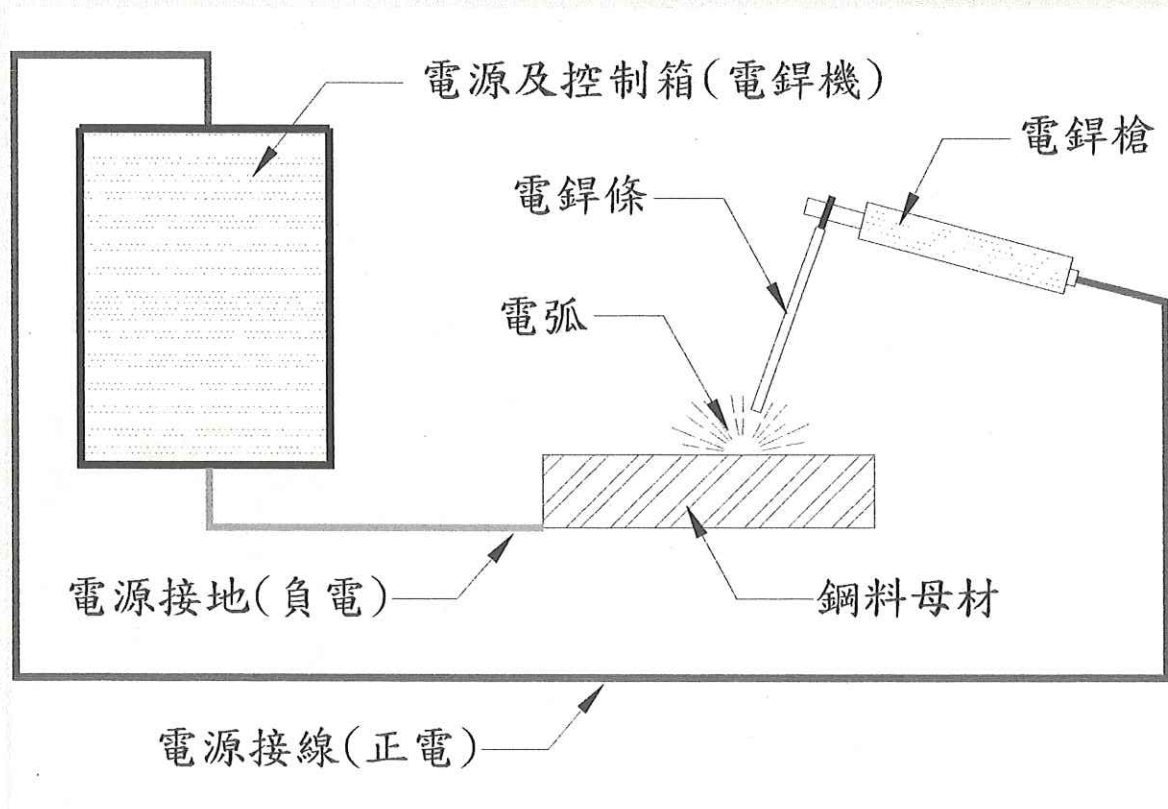


螺栓直徑	Ls (mm)
M16	25
M20	30
M22	35
M24	40

1. 瓦斯切割。
2. 鑽桿鑽孔。

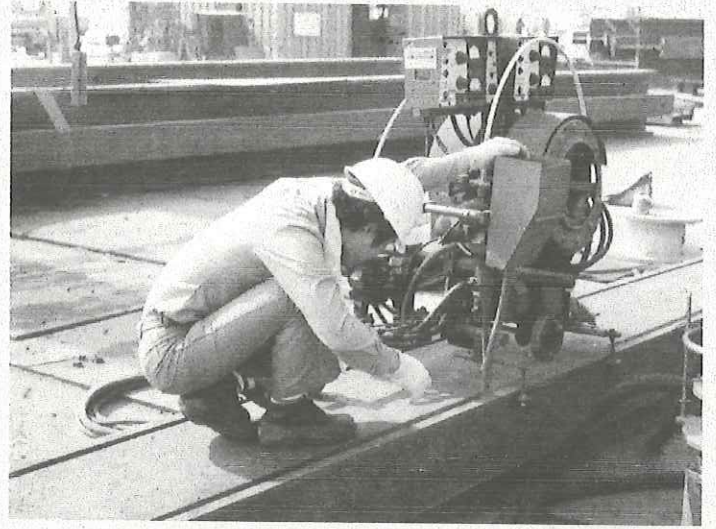


陳純森 土木結構技師 29/64



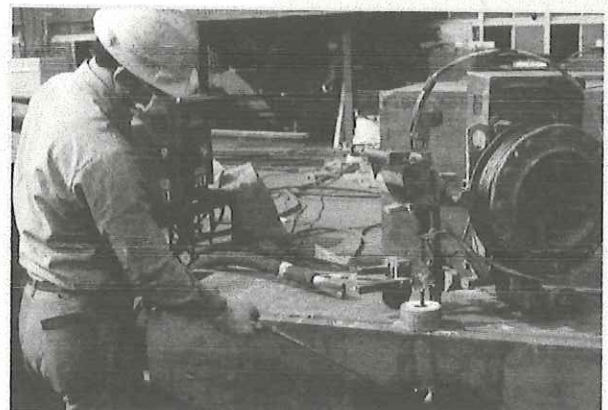
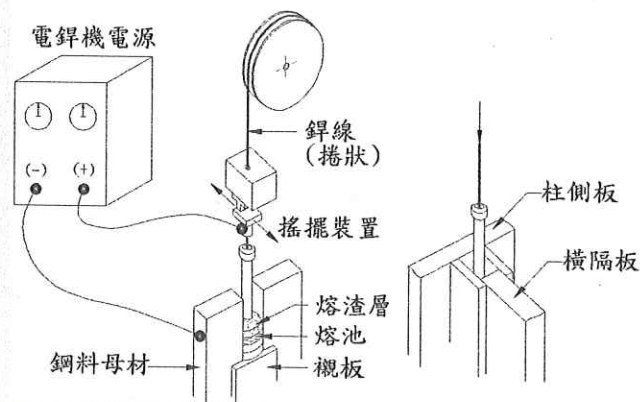
陳純森 土木結構技師 30/64

## 人工電銲與機器電銲



陳純森 土木結構技師 31/64

## 電渣銲與電氣銲(ESW&EGW)



陳純森 土木結構技師 32/64



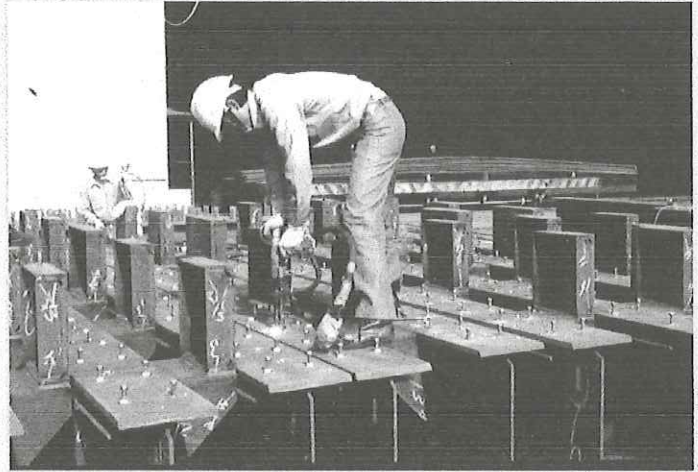
## 銲於混凝土接觸面

操作前試銲：

1. 抗拉試驗
2. 抗彎試驗

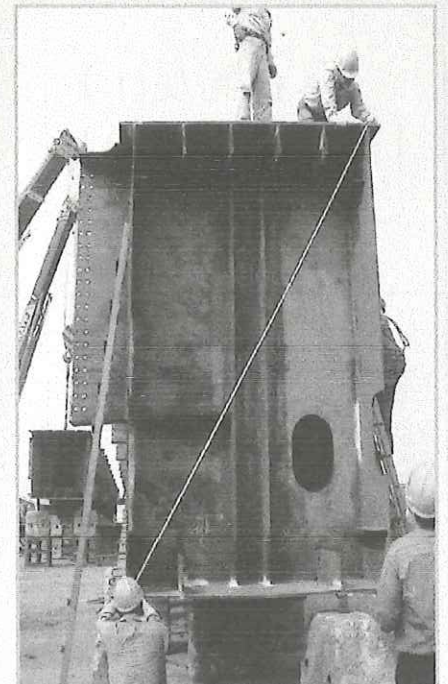
施工後檢驗：

以6磅鐵錘敲擊15度不可裂損。



陳純森 土木結構技師 33/64

# 施工查驗



陳純森 土木結構技師 34/64

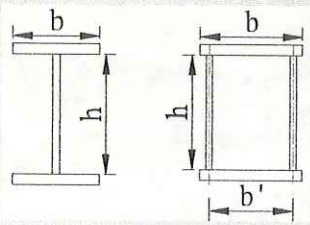
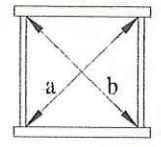
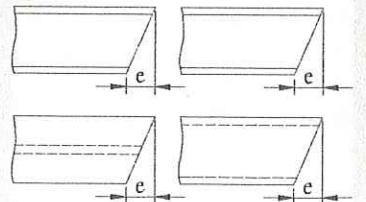
## 1. 切割面之粗糙度

## 2. 鑽孔毛邊，必須倒角

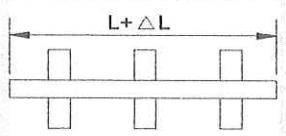
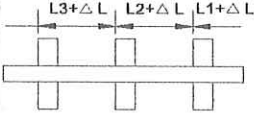
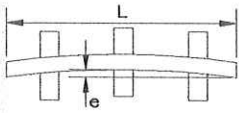
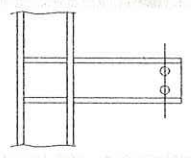
項次	檢驗項目	許可差	圖示
1	粗糙度	$t \leq 100\text{mm}$ $R \leq 25\mu\text{m}$ $100 < t \leq 200\text{mm}$ $R \leq 50\mu\text{m}$ 鋼板不受力端 $R \leq 50\mu\text{m}$	
2	切割凹痕	自由端 $d \leq 1\text{mm}$ 開槽面 (電鍍面) $d \leq 2\text{mm}$ 角隅切割面 $d = 0\text{mm}$	
3	熔渣	切割面表面及邊緣 不得留有熔渣	

陳純森 土木結構技師 35/64

# 斷面尺寸之公差

項次	檢驗項目	檢驗標準	圖示
1	翼板寬度(b) 腹板高度(h) 腹板間隔(b')	$A \leq 0.5\text{m}$ ; $\pm 2\text{mm}$ $0.5\text{m} < A \leq 1.0\text{m}$ ; $\pm 3\text{mm}$ $1.0\text{m} < A \leq 2.0\text{m}$ ; $\pm 4\text{mm}$ $A > 2.0\text{m}$ ; A: 代表b, b'及h之個別尺寸	
2	對角線	$ a-b  \leq 3\text{mm}$	
3	切割端面 直角度(e)	$-3\text{mm} \leq e \leq +3\text{mm}$	

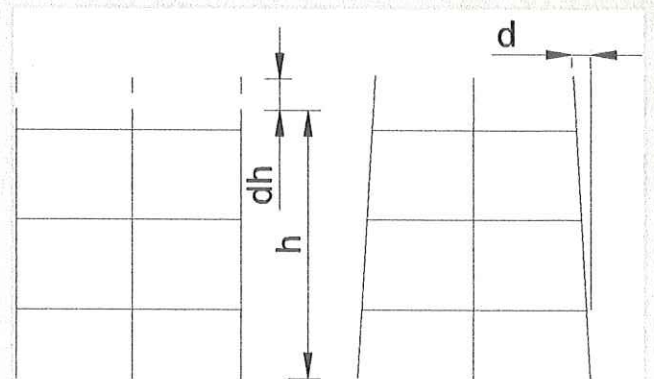
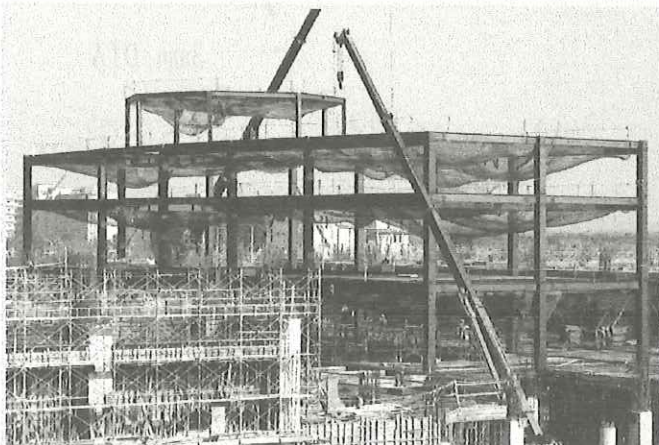
陳純森 土木結構技師 36/64

項次	檢驗項目	許可差	圖示
1	柱長度 ( $\Delta L$ )	$L < 10m$ : $-5mm \leq \Delta L \leq +5mm$ $L \geq 10m$ : $-6mm \leq \Delta L \leq +6mm$	
2	樓層高 ( $\Delta L$ )	$-5mm \leq \Delta L \leq +5mm$	
3	柱彎曲 ( $e$ )	$e \leq L/1000$ , 且 $e \leq 8mm$	
4	螺栓接合、 托梁之長度	$-5mm \leq \Delta L \leq +5mm$	

陳純森 土木結構技師 37/64

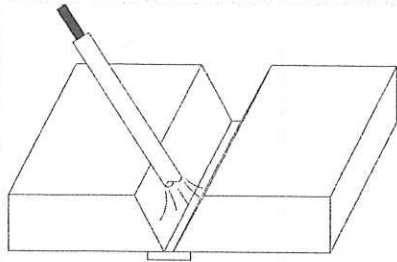
## 電銲品管

1. 電銲程序-送審與查驗
2. 銲工資格-工種、級數、效期
3. 銲條保管-乾燥
4. 電銲收縮-事先預防

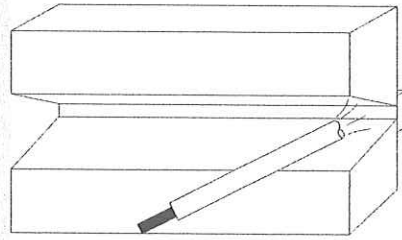


陳純森 土木結構技師 38/64

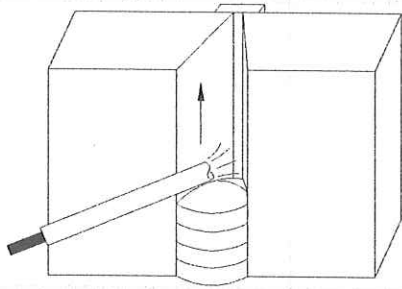
# 銲工資格與作業姿勢



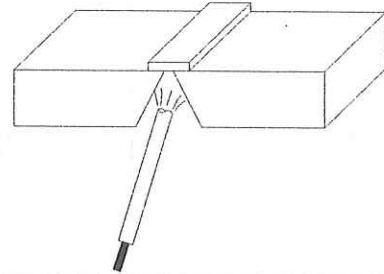
1. 平銲 (F)



2. 橫銲 (H)



3. 立銲 (V)



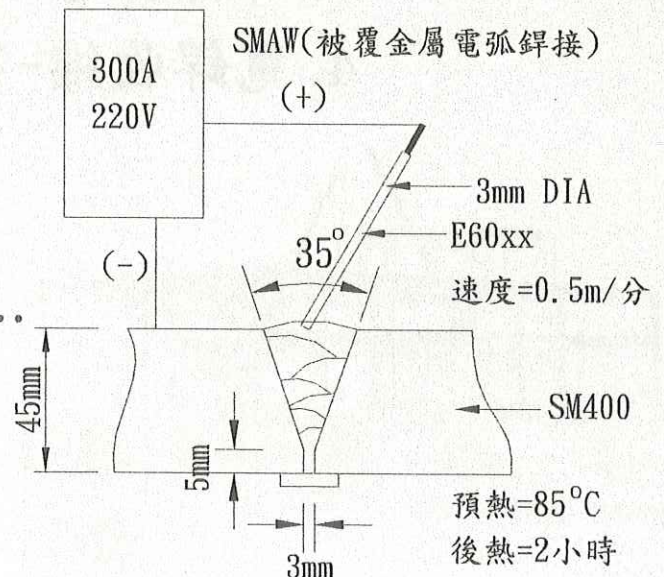
4. 仰銲 (O)

註：600mm以下管徑之鋼管電銲須6級銲工，最少具備2級+5級。

陳純森 土木結構技師 39/64

# 電銲程序

- 材質種類 -- 鋼材(母材), 銲材.
- 尺寸大小 -- 鋼料厚度, 銲條直徑.
- 電源設定 -- 電流, 電壓.
- 開槽準備 -- 角度, 間隙.
- 電銲速度 -- 公分/分鐘
- 電銲層次 -- 含層間溫度
- 電銲方法 -- SMAW, SAW, GMAW...
- 預熱後熱 -- 銲前與銲後



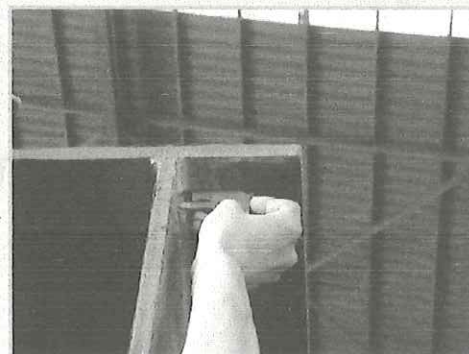
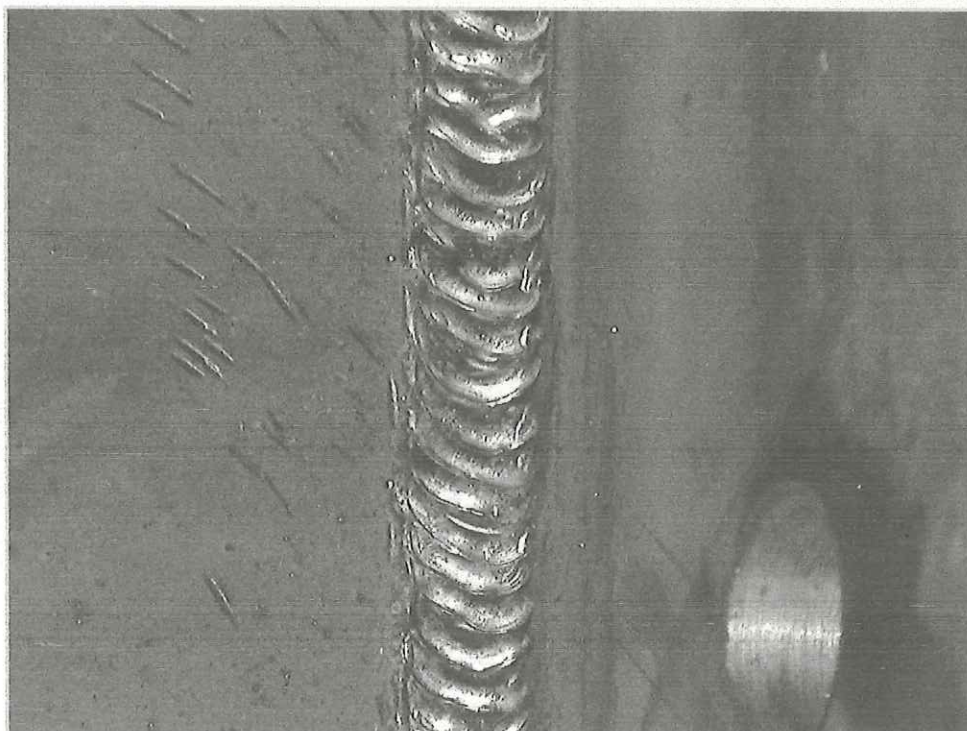
陳純森 土木結構技師 40/64

# 電鍍道之非破壞檢測

- VT(Visual Test) — 目視檢查
- PT(Penetration Test) — 液滲檢驗
- MT(Magnetic Test) — 磁性檢驗
- RT(Radiographic Test) — 射線檢驗
- UT(Ultrasonic Test) — 超音波檢驗

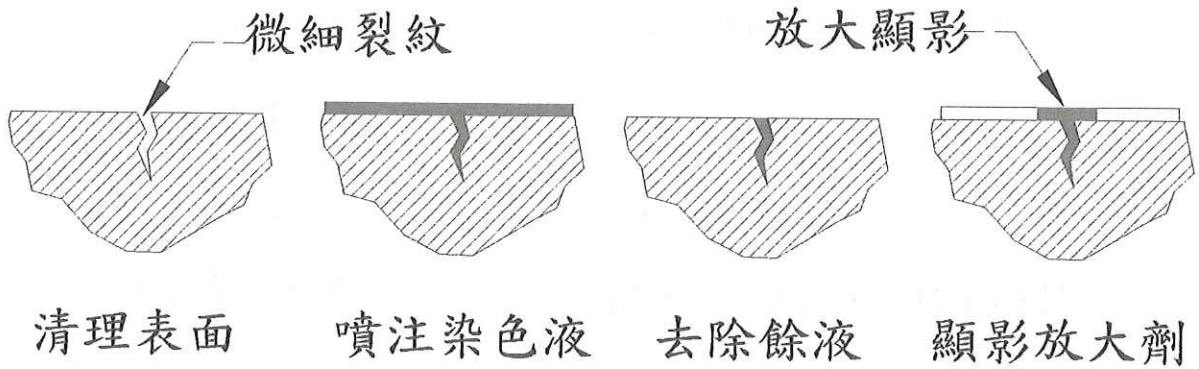
陳純森 土木結構技師 41/64

## 目視檢查(VT)



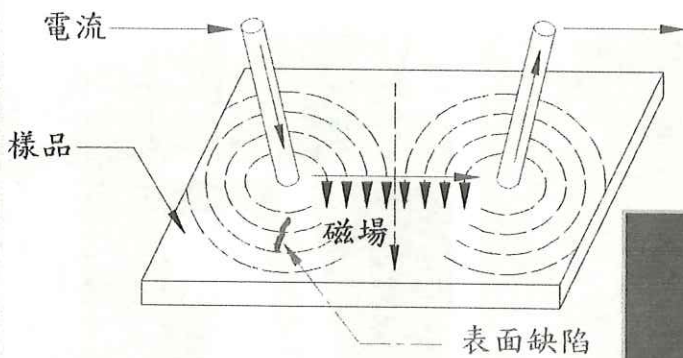
陳純森 土木結構技師 42/64

# 液滲檢測 (PT)



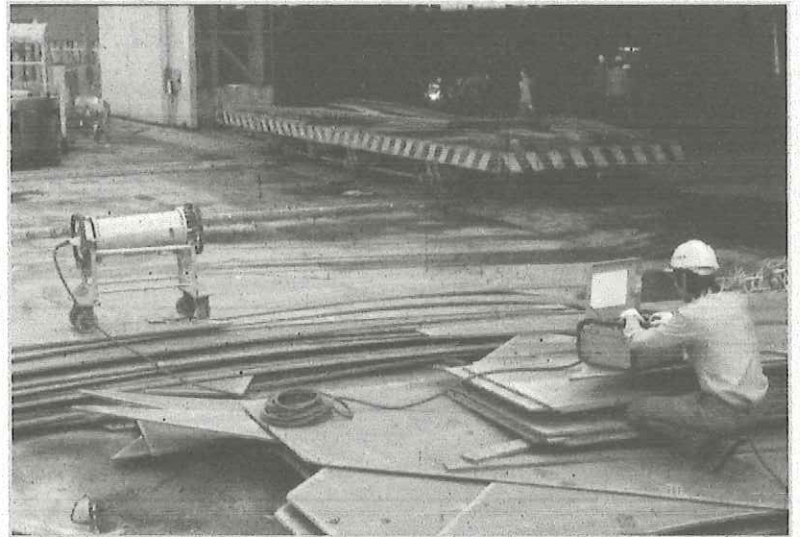
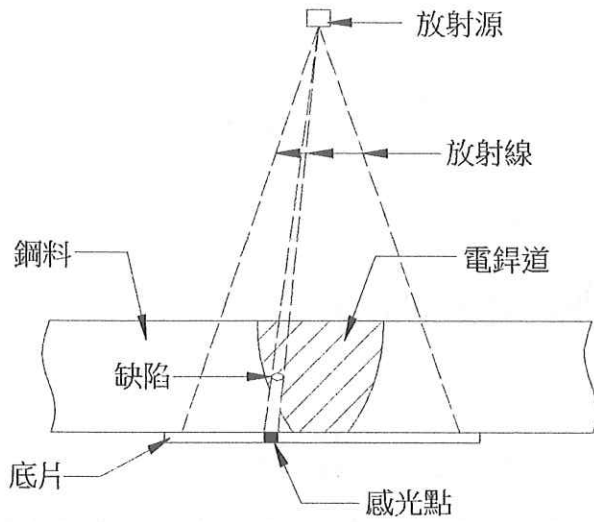
陳純森 土木結構技師 43/64

# 磁性檢測 (MT)



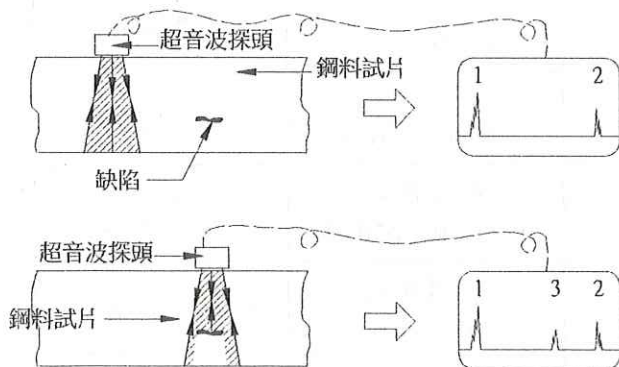
陳純森 土木結構技師 44/64

# 射線檢測 (RT)



陳純森 土木結構技師 45/64

# 超音波檢測 (UT)



陳純森 土木結構技師 46/64

LEVEL I — 初級檢驗員(操作員)

LEVEL II — 中級檢驗員(判定員)

LEVEL III — 高級檢驗員(訓練員)

檢驗人員之證書：種類、級數、有效期。

陳純森 土木結構技師 47/64

## 檢驗表單(上)

工程名稱 (Job Title)	第○高速公路後續計劃 ○○段第○○381標高○屏橋工程	工程編號 (Job No.)	BP85038
檢測地點 (Inspected at)	○○鋼鐵公司	節塊 (Block No.)	G16
檢測程序 (Exam.)	CNS Z 8060	接受標準 (Accept Std.)	CNS Z 8060 三級以上合格
檢測儀器 (Instrument)	-----	檢測方式 (Exam. Proc.)	直接噴灑法
材質 (Material)	A572 Gr. 50	乾燥方法 (Drying Method)	Nature
乾燥溫度 (Dry Temp.)	常溫	比較規塊 (Ref. Piece)	CNS 2068
滲透劑 (Penetrant)	Met-L-Check	滲透時間 (Penet. Time)	5 Minutes
表面狀況 (Surface Cond.)	As Welded	顯像劑 (Developer)	Met-L-Check
顯像時間 (Develop. Time)	7 Minutes	清洗方法 (Rinse Method)	Water

陳純森 土木結構技師 48/64



# 檢驗表單(下)

構件編號 Member No.	檢測位置 Check Pt.	數量 Qty	判定 Ad judge.	銲道長 M
G16-7-5-FB	R75, 77-12-13	1	1級合格	2.4
G16-7-5-FB	D76-12-13	1	1級合格	1.2
G16-7-5-FB	R75, 57-13-10	1	1級合格	2.4
G16-7-5-FB	D76-13-10	1	1級合格	1.2
G16-10-FB	G16T-1-4	1	1級合格	4.8
G16-10-FB	G16T-3-4	1	1級合格	11.2

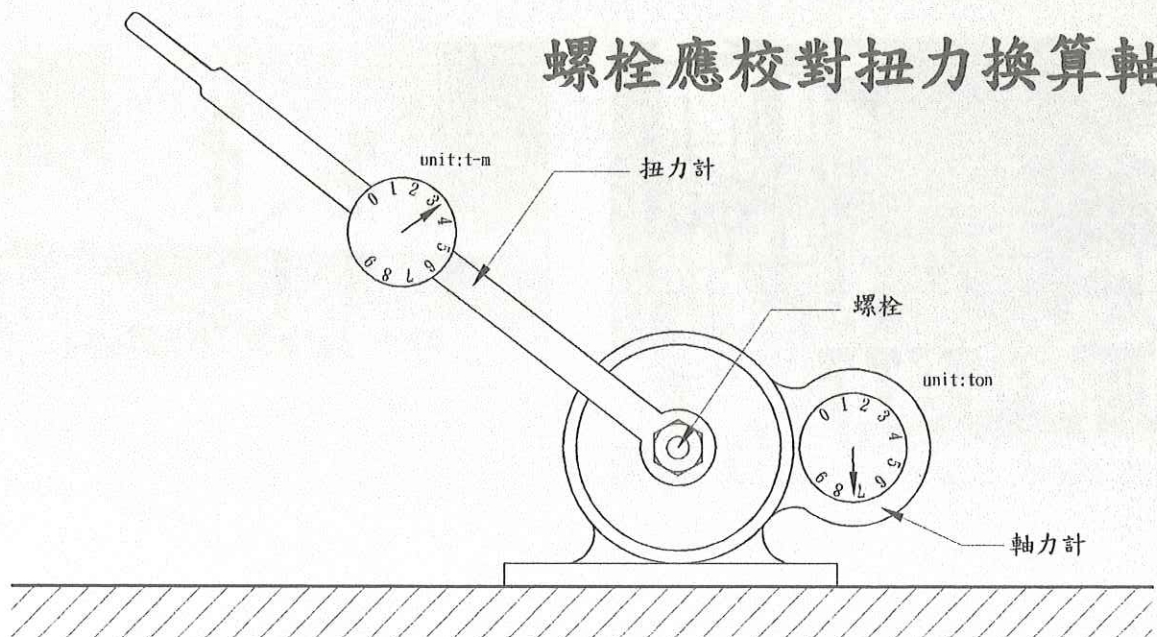
製造者或承攬人 (Contractor)	○○結構公司	檢驗日期 (Date Inspected)	87.12.10- 88.01.30
簽認者 (Authorized by)	○○○○	檢驗者 (Inspected by)	○○○

陳純森 土木結構技師 49/64

## 摩擦性螺栓鎖固與檢查

美規於密貼後，用機械扳手再鎖緊 $120^\circ$ ，稱為迴轉法(turn-off nut)鎖固。軸拉力控制為軸拉強度之七折。

### 螺栓應校對扭力換算軸力

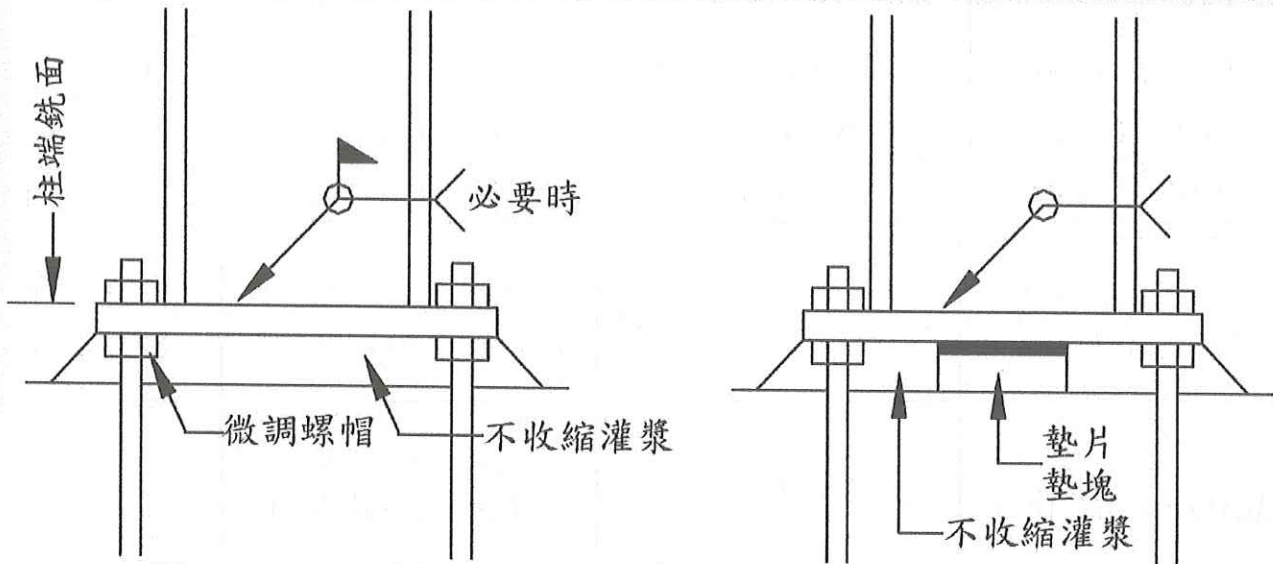


陳純森 土木結構技師 50/64

# 鋼柱吊裝控管

柱底板與基礎間之處理：

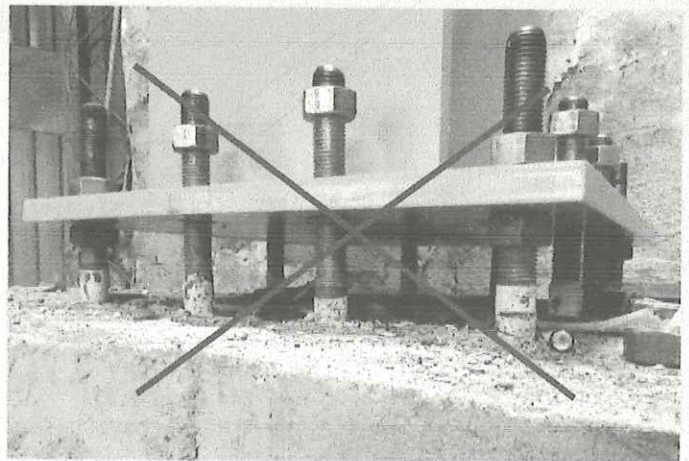
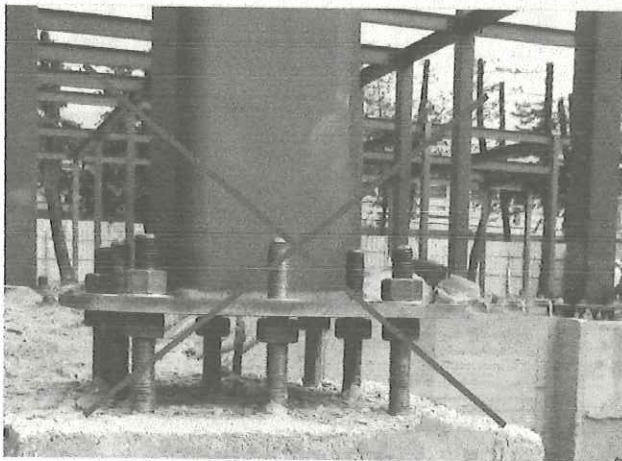
1. 設置墊塊(安裝鋼柱)
2. 借用螺帽(安裝底板)



陳純森 土木結構技師 51/64

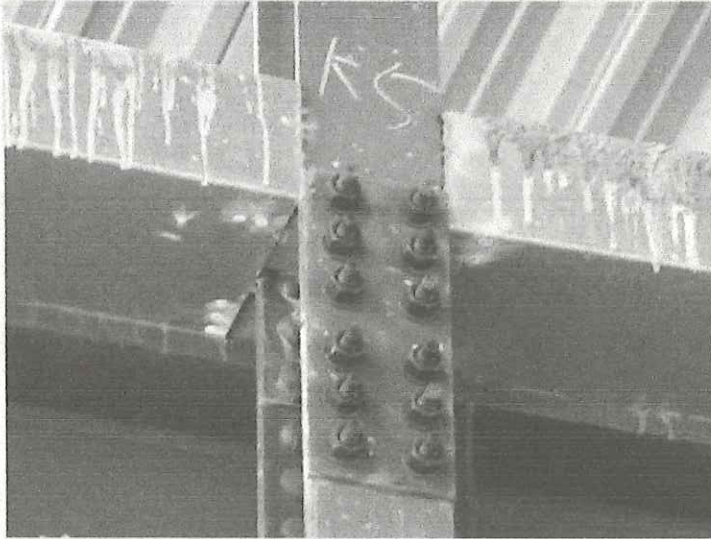
# 錨栓之螺帽不當使用

美國安裝手冊：Leveling bolts or nuts should not be used to support the column during erection.



陳純森 土木結構技師 52/64

管控項目：跨距、斷面、釘距、混凝土超厚  
避免汙損：必須採用預防工法



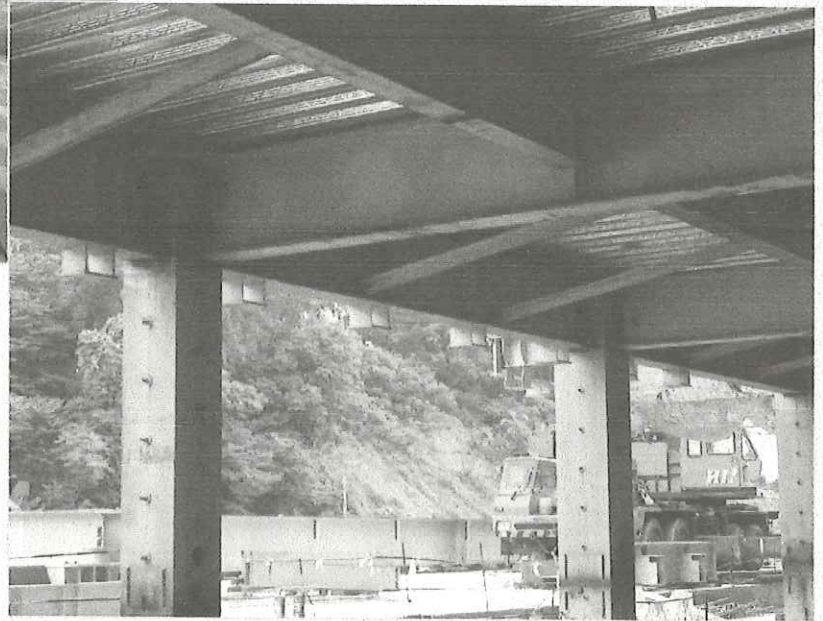
$$\delta = \frac{5}{384} \frac{w \cdot l^4}{E \cdot I}$$

$$\delta = \frac{1}{128} \frac{w \cdot l^4}{E \cdot I}$$

陳純森 土木結構技師 53/64



陳純森 土木結構技師 54/64



陳純森 土木結構技師 55/64

## 塗裝與防火被覆檢測

1. 鋼料表面清理除銹至Sa2.5級清潔度。
2. 油漆塗裝每1m<sup>2</sup>量測5點之厚度平均。
3. 防火被覆每1m<sup>2</sup>量測12點之厚度平均。

陳純森 土木結構技師 56/64

- 1.需灌注混凝土部分
- 2.需包覆防火被覆部分
- 3.需鎖螺栓部分
- 4.需電銲部分
- 5.多層建築宜事先協商

陳純森 土木結構技師 57/64

## 表面處理管制

表面清潔檢查：

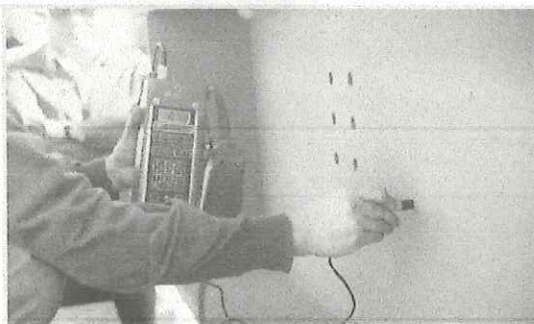
清潔度為Sa-2½接近白色(near white)。

油漆品質檢驗：

包括固形成分及溶劑的含量之百分比。

油漆之膜厚：

採用5點平均值作為判定，不可小於規定膜厚；任意點不可小於規定膜厚之80%。



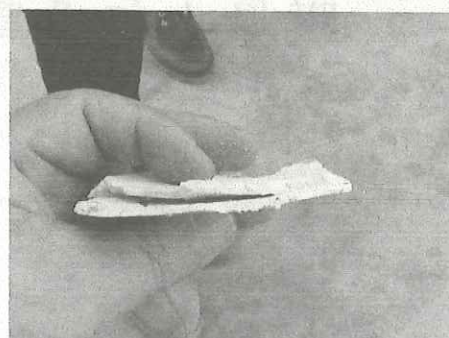
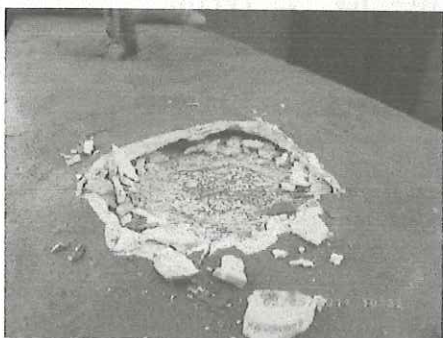
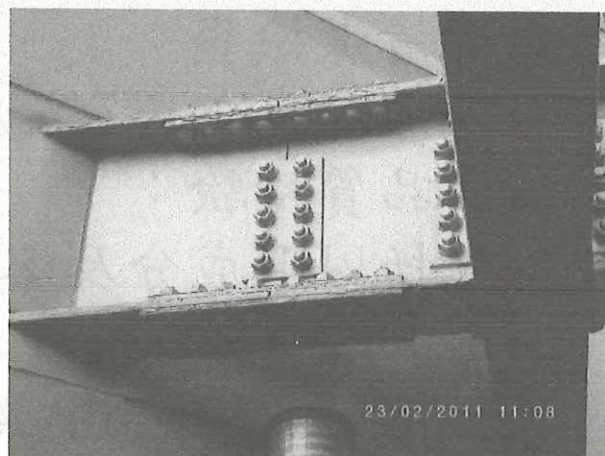
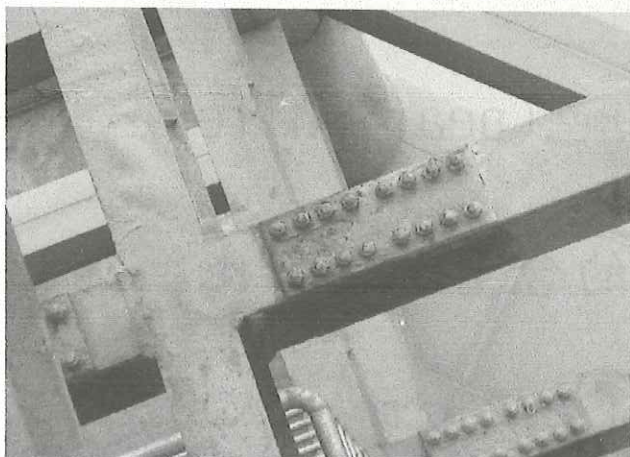
陳純森 土木結構技師 58/64

## 熱浸鍍鋅與管理

1. 先將製作完成之鋼構件浸入強酸槽中。
2. 再移至清水槽中清洗並涼乾。
3. 最後放入 $435^{\circ}\text{C}$ 至 $440^{\circ}\text{C}$ 之鋅液熔解池中，使鋅液覆蓋在鋼構件表面，冷卻後即完成鍍鋅工作。
4. 鍍鋅的防銹原理為犧牲型防護。
5. 熱浸鍍鋅的單位重量約 $300\sim 600\text{g}/\text{m}^2$ 。鍍鋅量之驗證以重量為準。
6. 熱浸鍍鋅法對於電鍍量較多或不規則之鋼構件，容易產生變形。

陳純森 土木結構技師 59/64

## 防火材之管理

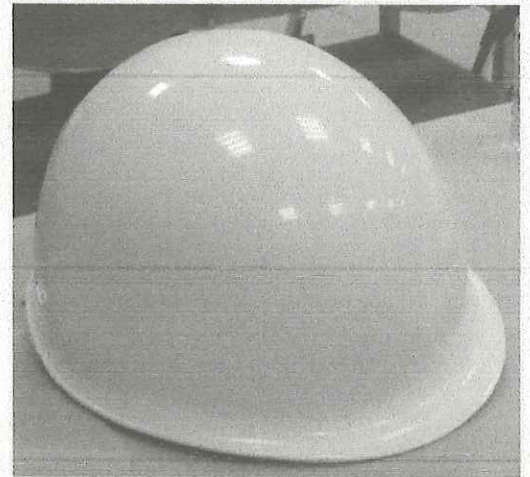


陳純森 土木結構技師 60/64

## 現場人員之安全護具

C

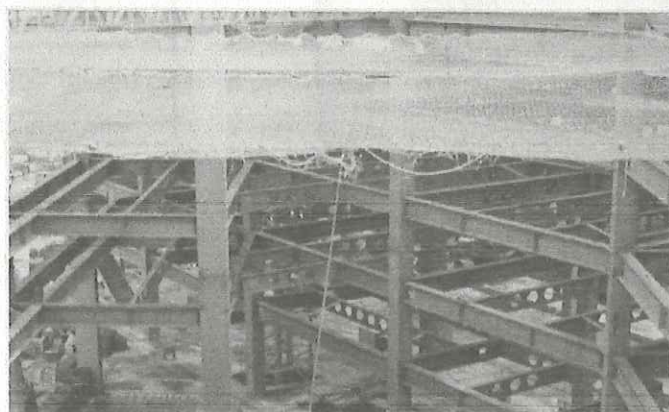
1. 現場人員從頭到腳均須護具。
2. 安全帽比照鋼盔採用圓順之帽殼。
3. 安全帽佩帶應隨時扣妥，避免鬆脫。
4. 高空作業時，腰帶之安全母索應隨時鉤住鋼骨環件。
5. 鞋帶應繫入鞋內，且褲管末端綁紮綁腿或將褲管繫入鞋襪。



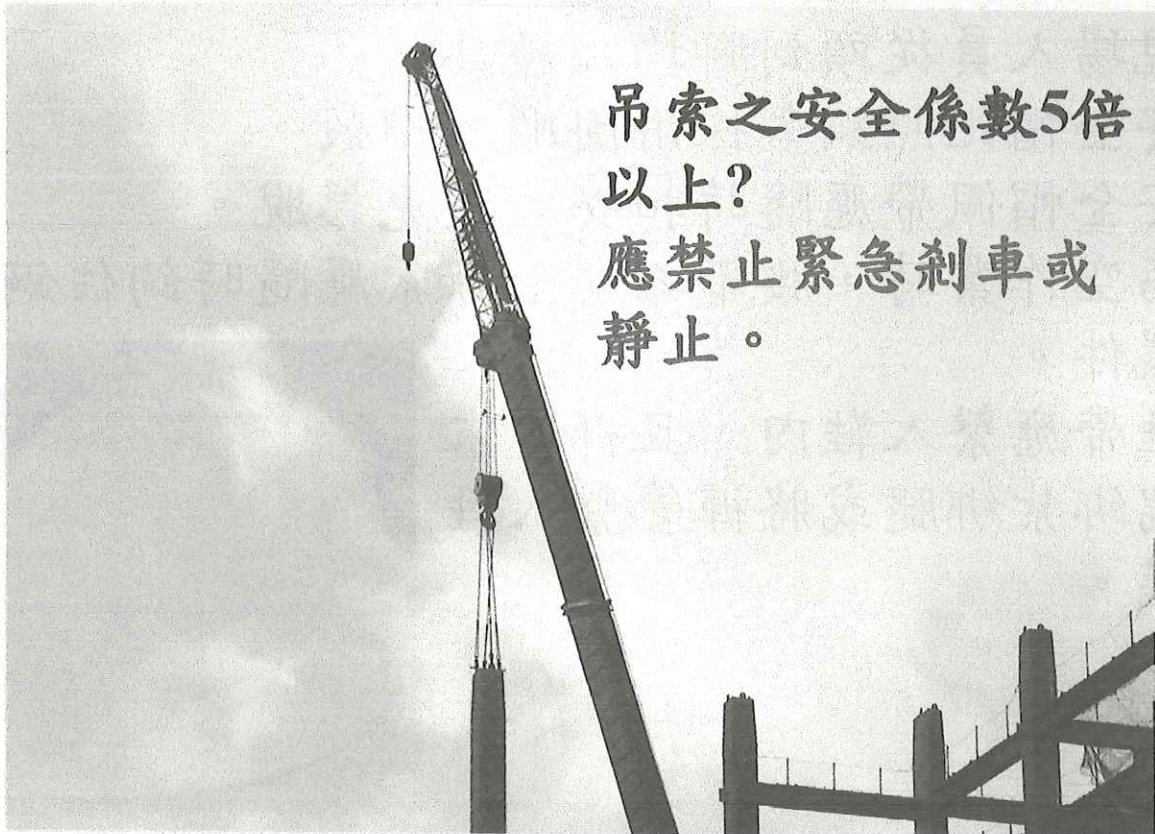
陳純森 土木結構技師 61/64

## 鋼結構職安

C



陳純森 土木結構技師 62/64



吊索之安全係數5倍以上？  
應禁止緊急剎車或靜止。

陳純森 土木結構技師 63/64

## 敬請指教

