

# 日本熱浸鍍鋅強力螺栓接頭之設計施工指南

莊秋明\* 編譯

## 一、前言

鋼鐵構造物熱浸鍍鋅技術規範我國尚未研訂，惟國內目前國家六年重大建設各項鋼鐵構造物急須尋求長久有效之防蝕設施，以防止或減少鋼鐵構造物之腐蝕，節省其建造後之維護人力，時間及費用。迄目前為止，鋼鐵構造物在一般大氣中之防蝕設施，以熱浸鍍鋅防蝕設施最能達到長久有效防蝕之經濟效益，在這方面，日本根據數十年之實際經驗及管理維護之心得將該項防蝕技術稱之為鋼鐵構造物免維護之防蝕設施。

因國內各項重大建設正興建中，各有關公私機構，尤其經辦技術人員期望獲有熱浸鍍鋅鋼鐵構造物之技術規範或有關資料來參考設計應用，惟熱浸鍍鋅鋼鐵構造物之設計施工成敗關鍵在其樑架之熱浸鍍鋅強力螺栓接頭，本文特選擇介紹日本熱浸鍍鋅強力螺栓接頭之設計及施工指南以供國內該項防蝕設施之設計、施工單位來參考，尤其對國內主管交通建設單位中負責該項鋼橋設計、施工之工程師或技術人員，更值參考推介。

## 二、熱浸鍍鋅強力螺栓接合之設計施工指南

~日本熱浸鍍鋅強力螺栓接合施工技術者資格認定委員會編撰~

### 1. 適用範圍

本指南適用於熱浸鍍鋅鋼構造建築物之熱浸

鍍鋅強力螺栓之設計施工。

本指南內未規定之事項，應依日本建築基準法與其施行令、日本建築學會之設計基準及建築工程標準規範與其解說 JASS 6 鋼骨工程為準。

### 2. 熱浸鍍鋅之強力螺栓

#### (1) 熱浸鍍鋅強力螺栓之組件

熱浸鍍鋅強力螺栓之組件（以下稱為強力螺栓）應符合建築基準法第38條訂定之同法施行令第67條，68條及92條之2之規定或具有同等以上之效力而經建設大臣認定之表11種A規格品。

該項組件為表1之熱浸鍍鋅強力六角螺栓（以下稱為螺栓）1個，熱浸鍍鋅強力螺帽（以下簡稱螺帽）1個及熱浸鍍鋅強力熱圈（以下簡稱熱圈）2個所構成。

#### (2) 螺栓長度

螺栓長度為穿設長度加上表2所列之長度作為標準，以2捨3入法或7捨8入法採用到5mm之單位為止。

### 3. 設計

(1) 使用材料之材質，形狀及尺寸，容許應力等  
使用材料之材質，形狀及尺寸，容許應力等應依照建築基準法及其施行令，鋼構造設計基準（日本建築學會）之規定辦理。

對強力螺栓之長期及短期應力之容許剪應力及容許拉應力列如表3。

\*台灣省公路局副技術長兼規劃處副處長

表 1 強力螺栓之種類及等級

組件之種類		適用構成品零件之機械性質之等級		
共機械性質之種類	軸矩係數值之種類	螺栓	螺帽	墊圈
1種	A	F8T	F10	F35

表 2 穿設長度再增加之長度

螺栓直徑名稱	穿設長度再增加之長度
M10	30
M20	35
M22	40
M24	45

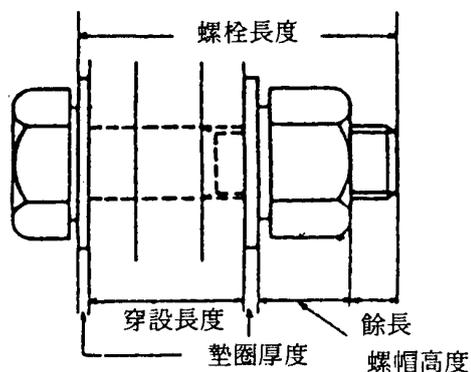


圖 1

表 3 對強力螺栓之長期及短期應力之容許耐力

強力螺栓之種類	螺栓直徑之名稱	螺栓設計張力(t)	容許剪應力 (t)				容許拉力 (t)	
			長期		短期		長期	短期
			1面摩擦	2面摩擦	1面摩擦	2面摩擦		
F8T	M16	8.52	2.27	4.54	3.40	6.80	5.03	7.54
	M20	13.3	3.54	7.08	5.32	10.6	7.85	11.8
	M22	16.5	4.40	8.80	6.60	13.2	9.50	14.3
	M24	19.2	5.12	10.2	7.68	15.4	11.3	17.0

強力螺栓係施以設計螺栓拉力，使用，其剪應力由鋼材間之摩擦力所傳達者。又上述容許剪應力係以滑動系數 0.4 時以下面之方式求得之值。容許拉力與日本建築學會「鋼構造設計基準」相同。

容許剪應力 =  $0.4 \times B_0$  (螺栓設計張力)

(2) 螺栓孔徑

熱浸鍍鋅前之螺栓孔徑列如表 4。

表 4 螺栓孔徑 (單位: mm)

螺栓直徑	公認軸徑(d)	螺栓孔徑
M16	16	17.5
M20	20	22.0
M22	22	24.0
M24	24	26.0

4. 強力螺栓之處置

(1) 驗收

強力螺栓應以包裝完好未開封狀態下搬進工地。搬進工地時應確認其包裝外觀，等級、尺寸、批號等。

(2) 在工地之處置

強力螺栓應分別以等級、尺寸、批號區分並應放在不淋雨水，無塵埃，溫度變化少之適當場所保管。

搬運、裝設之作業，強力螺栓應小心處置，

避免損傷螺絲紋路。

5. 接頭之組合

(1) 螺栓孔

螺栓孔如表 4 所示，孔周圍之捲屑應清除乾淨。

(2) 磨擦面之處理

摩擦面經熱浸鍍鋅後輕輕打粗，使摩擦面達到表面粗度 50S 以上以確保滑動係數 0.4 以上之標準。

摩擦面以特別方法處理時應特記其方法並作滑動試驗以確認滑動係數達到 0.4 以上。該項滑動試驗應依「附 2，熱浸鍍鋅強力螺栓摩擦式接頭滑動試驗要領」辦理。

摩擦面與墊圈間之相接面之塵埃，油，塗料等在鋼材組合前之適當時期先予清除。

(3) 接頭之組合精度

應特別注意鋼材之接合保持密著性，接合鋼材之變形，摺曲及彎曲等之矯正應採用適當之方法處理以免損傷摩擦面。

鋼材接合面有間隙時應照表 5 處理

表 5 發生間隙時之處理

間隙大小	處 理 方 法
1mm 以下	不需處理
超過 1mm	插入熱浸鍍鋅之鋼片

(4) 螺栓孔之修正

鋼材組合時螺栓孔產生小於 2mm 以內之誤差時應利用銼刀予以修正。經修正後之螺栓孔內面應以防銹塗料塗裝，但螺栓孔小於 2mm 以上之誤差時，接合板應予更換。

(5) 組合時之試裝螺栓

裝設前鋼材相互之接合，為確保其構架之安全，使用中間螺栓等，以 1/3 螺栓群數至少須 2 根螺栓以上予以試裝。

裝設後之試裝螺栓，應栓緊到接合面十分緊密。

6. 強力螺栓之裝設

(1) 裝設施工

① 強力螺栓之裝設，為能得到表 6 列示之標準螺栓張力，應依螺帽旋轉法施行。

表 6 標準螺栓之張力(t)

螺栓等級	螺栓直徑	標準螺栓張力
F8T	M16	9.37
	M20	14.6
	M22	18.2
	M24	21.1

② 強力螺栓之裝設，在確認強力螺栓無異常後將墊圈各 1 個分別放置於螺栓頭下及螺帽下再行旋轉螺栓。

③ 栓設強力螺栓之軸矩扳手及機器，應採用能達到要求之精密度，設備十分良好者。

④ 強力螺栓之裝設應注意鋼材之密接，依次頁所示之方法，以初次栓設及最後栓設 2 階級進行。

(2) 初次栓設

初次栓設係在栓設試裝螺栓並確認鋼材之密接後全部之螺栓應以表 7 所列示之軸矩值進行螺帽之旋轉。

表 7 初次栓設之軸矩值 (單位: kgf. cm)

直 徑	初次栓設之軸矩值
M16	約 1000
M20 · M22	約 1500
M24	約 2000

(3) 作記號

初次栓設後應將螺栓，螺帽，墊圈及鋼材一

體劃記號。

記號之劃設係為確認初次栓設，螺帽旋轉量之測定以提供發現漏忘栓設及螺栓，螺帽，墊圈之同時轉動等，因此應小心劃設。

#### (4)最後栓設

最後栓設係以一群螺栓經初次栓設並經繪設記號作為起點再將螺栓旋轉 $120^\circ$ 。但螺栓長度超過螺栓公定直徑5倍以上時，螺帽之旋轉量應以實驗決定。

#### (5)栓設後之檢查

- ①栓設完成後之強力螺栓，經逐次栓設施工結果是否適當應予檢查。
- ②對於各接頭所有之螺栓，應依初次栓設而繪設之記號檢查螺帽是否達到所要求之旋轉量。

對於螺帽之規定旋轉量在 $+30^\circ \sim -30^\circ$ 範圍者為合格。凡超過該項範圍栓設之強力螺栓應予更換。又螺帽旋轉量不足之強力螺栓應予追加旋轉到所要求之旋轉量。

#### ③強力螺栓之更換

螺帽及螺栓，墊圈等一起發生轉動之強力螺栓應予更換。

#### ④強力螺栓應禁止再使用

經一次使用過之強力螺栓，不得再使用。

### 三、設計施工指針解說

#### 1. 螺栓孔徑

螺栓孔徑依據建築基準法施行令雖有規定螺栓公定直徑未滿20mm時，其直徑為 $+1\text{mm}$ 以內，公定直徑超過20mm以上時其直徑為 $+1.5\text{mm}$ 以內。因熱浸鍍鋅後孔內面付著鋅層致孔徑變小，在考慮前述因素下熱浸鍍鋅前螺栓公定直徑未滿20mm時孔徑為其直徑 $+1.5\text{mm}$ 以內，超過直徑20mm以上時孔徑為其直徑 $+2.0\text{mm}$ 以內，各公定直徑較一般構造物所用之數值大 $0.5\text{mm}$ 。在開孔加工時應注意勿超過該頁數值。

鑽孔之加工，原則採用鑽機開孔，開工後之孔周邊之捲物，鐵屑等應以圓盤研磨機等清除。熱浸鍍鋅後之孔內面之垂滴以銼刃清除。

#### 2. 摩擦面

摩擦面係以打粗面（噴砂法，噴鉬砂法，擊銼法等）為標準。打粗面以表面粗度為50S以上，打粗時應留存鋅層。又摩擦面放在屋外時短期間可能發生白銹，在這種情況下，仍可認為打粗面能獲得通常所規定之滑動係數。

又如能確保滑動係數0.4以上時亦可採用其他特別處理之打粗面。但這種處理方法必須具體列明於特記規範內並施行滑動試驗以確認滿足所規定之數值。

原有熱浸鍍鋅未經加工之摩擦面依以往實驗得到之滑動係數為 $0.10 \sim 0.30$ ，而未能滿足滑動係數0.40以上，因此應十分注意摩擦面之處理。

#### 3. 熱圈之裝設

在螺栓頭下設置墊圈時應將墊圈切角面置於向螺栓頭之一側，並應注意螺栓頭下形處與墊圈內徑處不相互干擾。

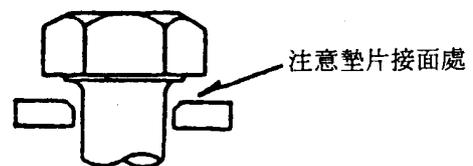


圖 2

#### 4. 初次栓設

經試裝螺栓促使鋼材密接後施行強力螺栓之初次栓設，此項初次栓設之軸矩值係為最後栓設用之螺帽旋轉角之起點而設定。

初次栓設後之螺栓張力雖可達  $M_{16}$  約 4 噸， $M_{20}$  約 5 噸， $M_{22}$  約 5 噸， $M_{24}$  約 6 噸，惟因初次栓設之螺栓張力經選用幾乎不影響最後栓設之螺栓張力之螺帽旋轉量，故初次栓設後之栓設軸矩及螺栓張力可不必檢定。

栓設機器宜使用預設型軸矩扳手。使用梅花扳手時在栓設作業之前應以軸矩扳手確認獲得初次栓設軸矩值所需要施予之人力，掌握以須要領再進行正式作業。

預設型軸矩扳手 ( 2800kgf cm max. ) 如圖 3 所示。

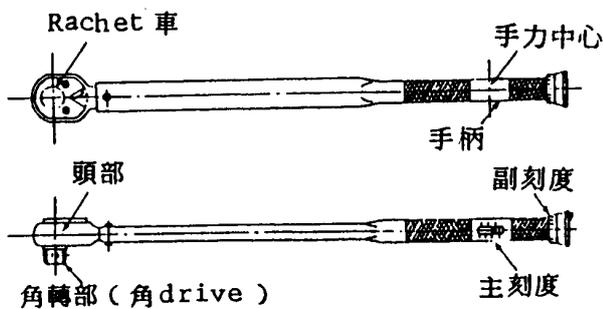


圖 3 預設型軸矩扳手

### 5. 最後栓設

初次栓設後在螺栓，螺帽，墊圈及鋼件上一體標示記號，以該記號為起點旋轉螺帽120度作為最後之栓設。

螺帽旋轉量以 $120^{\circ} \pm 30^{\circ}$ 為範圍。

該項螺帽旋轉量係依據鋼件栓設實驗，對標準螺栓之張力確認能獲得必要而足夠之螺栓張力後再確定者，在螺帽旋轉量 $90^{\circ}$ 時已完全導入標準螺栓之張力， $120^{\circ}$ 時進入若干塑性域而導入安定性之螺栓張力。

最後栓設時可以人力或機械力之任何一種方法實施。雖只要旋轉螺帽到規定之角度即可但栓設處數多時，利用機械力辦理較有效率，現在已開發附有螺帽旋轉角自動控制裝置之機器，茲示如表 8。

### 6. 螺帽旋轉法之栓設管理流程圖

螺帽旋轉法之熱浸鍍鋅強力螺栓 F8T，M22 螺栓施工流程實例說明如圖 4：

### 7. 強力螺栓接合之種類

使用強力螺栓之接頭，從力之傳達方式來考量可分為磨擦接合，磨擦力及螺栓剪斷力與承壓力同時考量之接合，及抵抗螺栓軸方向力量之接合等三種。

#### (1) 磨擦式接合 ( Friction Type )

經強力螺栓強力栓緊接頭兩側連接板，由接頭連接板接觸面間之磨擦抵抗傳達應力之接合方法，其產生分佈於接觸面之抗應力為本接合方法之最大特徵。

磨擦接合係以強力螺栓栓緊加壓使連接板接觸面間產生磨擦抵抗之方法來使用。

#### (2) 承壓式接合 ( Bearing Type )

磨擦接頭在磨擦損壞發生滑動時，螺栓本身與螺栓孔將產生承壓作用。因此應力亦可經承壓作用與螺栓本身之剪斷力傳達。這種磨擦與承壓斷同時考量為本項之接合方法。

表 8 螺帽旋轉法用之栓設機器

商 品 名	螺帽旋設置 ( Runner ) ( TNR-12T3A )	軸矩設定器 ( 特能 TN-22 ) ( Torshut )
適用螺栓尺寸	M16, M20, M22, M24	M16, M20, M22
電 源	單相交流 200V. 50~60 Hz	同 左
電 流	6.8 A	7.5 A
旋轉角控制範圍	0~999°	0~330°
旋轉角最小調整刻度	2°	5°
軸矩控制範圍	8~120 kgf. m	—
重 量	11.0 kg	8.8 kg
備 註	芝浦製作所 ( 有限公司 )	前田金屬工業 ( 有限公司 )

日本熱浸鍍鋅強力螺栓接頭之設計施工指南

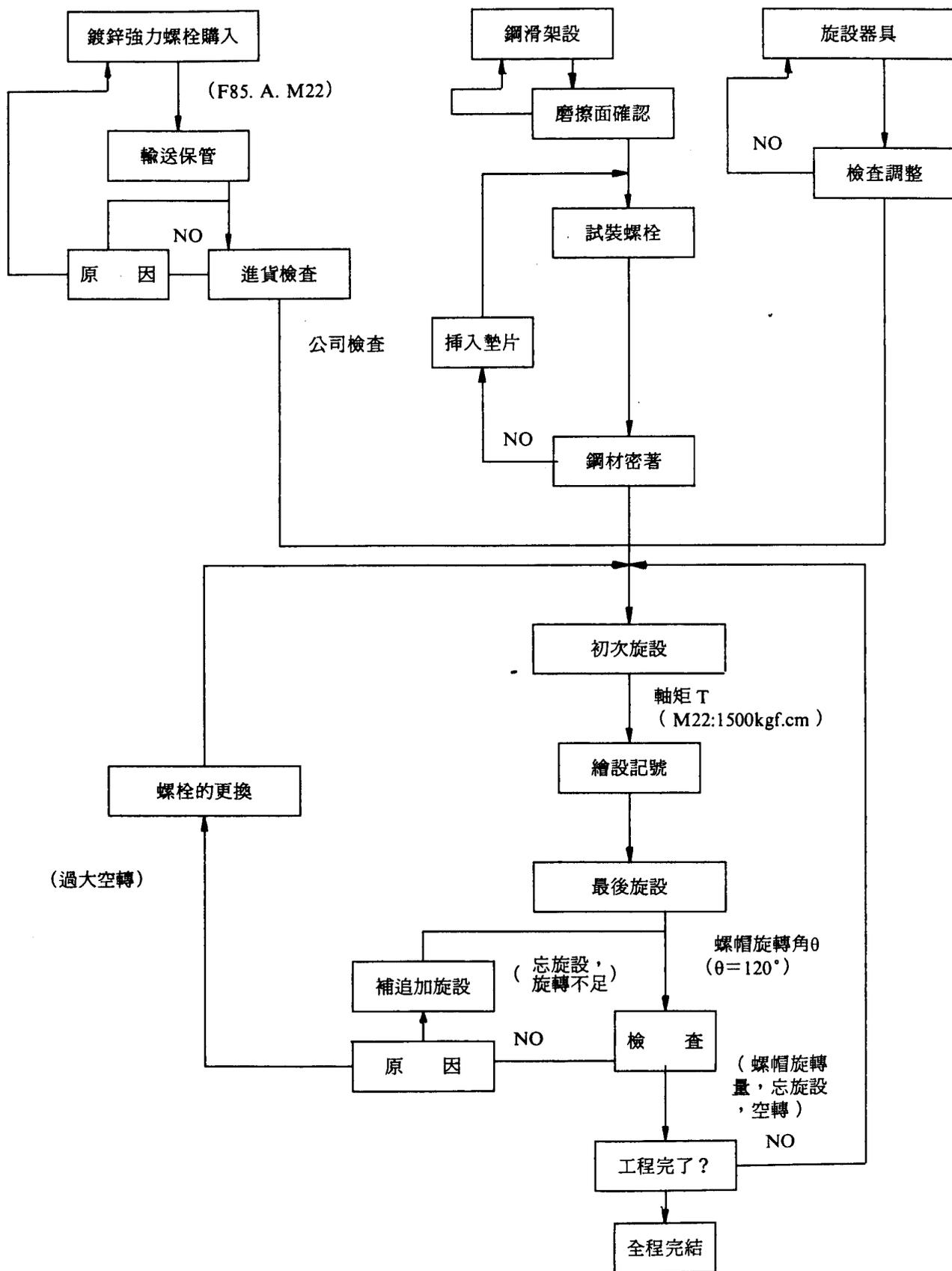


圖 4

### (3) 拉力式接合

拉力螺栓接頭，其承接之力量作用於螺栓方向，經接頭連接板之壓力變化而傳達應力。

## 8. 強力螺栓，螺帽之要求性能

使用於鋼鐵構造物接頭之強力螺栓，螺帽應具備之性能有下列三點：

- (1) 具有所需之強度
- (2) 能夠確實施工之用
- (3) 能夠保持栓設力

① 所要求之強度，在磨擦式接合時爲了要產生所需之磨擦抵抗，能夠提供足以栓緊接頭連接板之螺栓軸力。在承壓式接合時，同磨擦式接合之性能一樣外，就是螺栓應有足夠之剪斷強度及變形能量。至拉力式接合，其疲勞強度爲最大之問題。

② 施工性能爲螺栓之栓設能確實容易施行，惟有時在某種情況下，其軸矩之問題或能否承受螺帽旋轉法等亦成爲問題。

③ 耐火性，栓設力之保持有時亦有潛變及鬆動之問題但爲了使螺栓更加有效率使用而提高其栓設力，而且在曝露之環境下，接頭部份多難免吸收濕氣，因此產生延遲破壞之問題。

以上雖簡單敘述其所必要之性能，惟要製造滿足這些性能之螺栓，就必須考慮螺栓形狀，材料之選擇，成形及熱處理等製造上之問題以及螺栓被覆之保護，施工條件之改善等多項主要因素。

## 9. 螺栓及螺帽之製造法

強力螺栓及螺帽之製造工程概要示如圖 5、

6：

## 10. 強力螺栓之熱浸鍍鋅

### (1) 概要

最近橋樑、鐵塔，建築物等之鋼鐵構造物爲了改進其耐蝕性及減輕保養等之目的，已增多使用經過熱浸鍍鋅處理之物件。這些構造物係採用

螺栓及螺帽接合，其接合方法雖可分爲剪斷承壓型，拉力型及磨擦型三種惟橋樑及建築物之螺栓接合係採磨擦式接合，對其螺栓及螺帽之性能要求如下：

- ① 確實能夠產生磨擦抗力所需之螺栓軸力並且能維持不變。因此螺栓亦應有高強度之材質，不得發生有脆性等之破壞。
- ② 同鍍鋅鋼材一樣具有耐蝕性。

由於上述情形，強力螺栓雖亦加以熱浸鍍鋅，但鍍鋅時由於材質之熱變化引起強度下降，螺栓、帽之鍍鋅厚度與螺紋間之嵌合關係或高強度鋼之延遲破壞現象等，這些因鍍鋅加工之影響應加以調查依進行各種實驗之結果，選定最適當之使用條件。

### (2) 強力螺栓鍍鋅加工之注意點

#### ① 強力螺栓鍍鋅引起之強度變化

以強力螺栓之經濟觀點而言，因材質之價廉，市場性之鋼鐵種類可選用，惟 F10T (100 kg/mm<sup>2</sup>) 以上強度之螺栓多以熱處理回火溫度 500°C 以上施行，而螺栓在溫度 500°C 以上鍍鋅時有產生機械性質劣化之虞，故於熱浸鍍鋅前未先確認其材質及熱處理之過程，無法確保鍍鋅後之強度。

#### ② 螺栓鍍鋅附著量與嵌合

螺牙鍍鋅時，其螺牙有效徑之變化爲鍍鋅厚度之四倍，因此採用未經修正之尺寸則無法嵌合，故通常對螺帽之螺紋採加大尺寸方法。即鍍鋅後加大直徑尺寸，或事先對於超逾之尺寸加以加大然後再鍍鋅，惟最近大多採用後者之方法。鍍鋅後超逾之尺寸與鍍鋅附著量有關係，附著量愈多其超逾之尺寸愈大，但螺牙需維持其強度，故 ASTM 及其他團體規格等均有規定螺栓直徑之最適當超逾尺寸，使附著量限制在一定界限。

#### ③ 強力螺栓之延遲破壞

延遲破壞爲栓設後之螺栓，於某日突然引起斷裂之現象，其原因爲蓄存於金屬結晶內之氫氣

日本熱浸鍍鋅強力螺栓接頭之設計施工指南

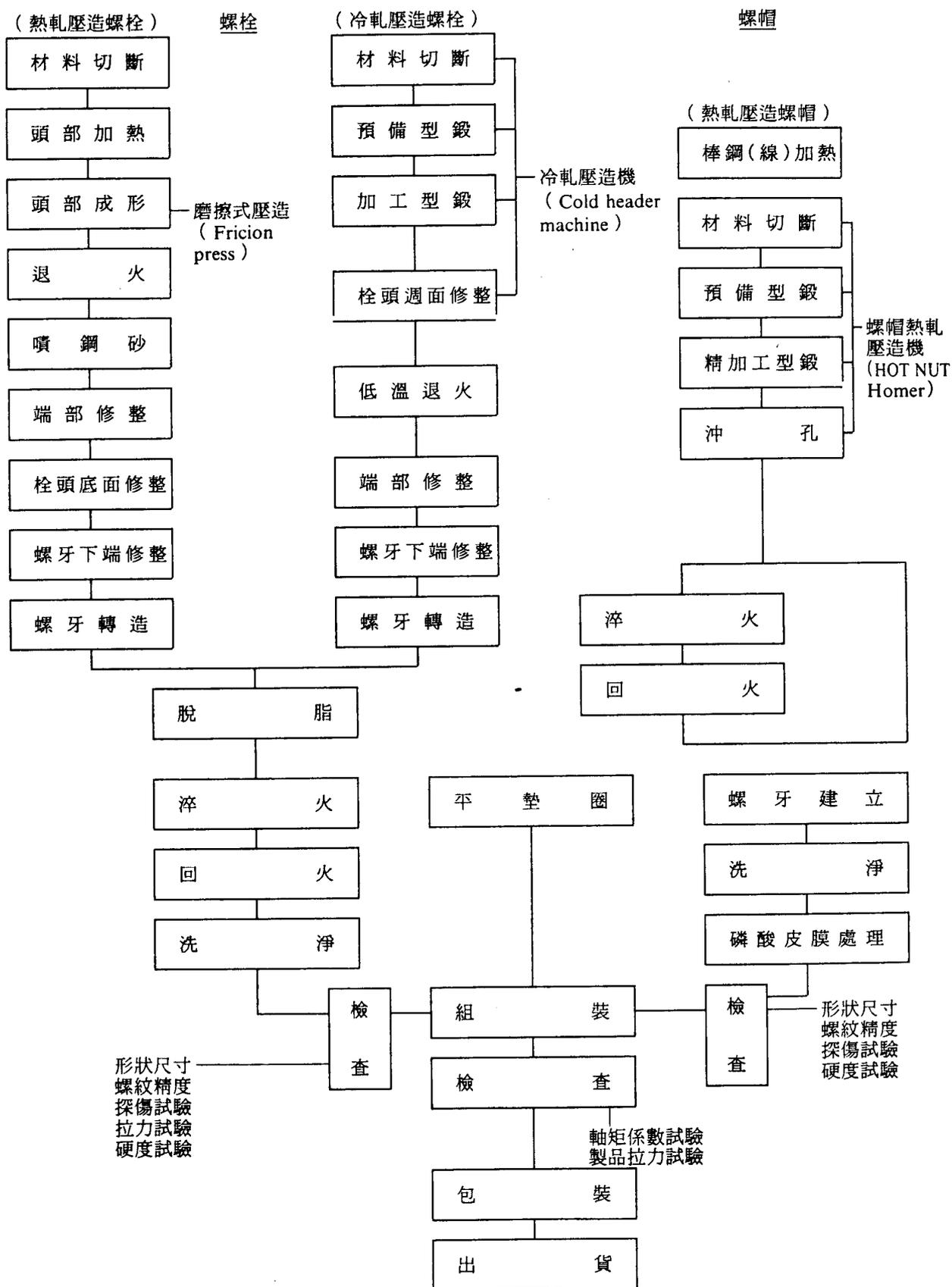


圖 5 FT 強力螺栓，螺帽組件的製造流程

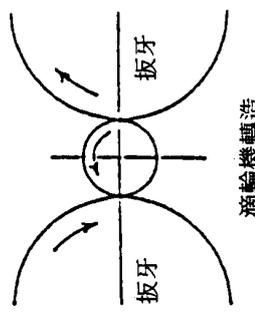
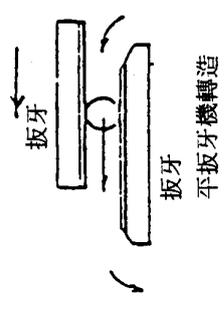
熱 軋 螺 絲 螺 釘	冷 軋 螺 絲 螺 釘
<p>材 料</p> <p>一般用 低碳鋼 一般軋延鋼 SS41 構造用碳鋼 S20C 磨棒鋼 S20-D (棒鋼) 構造用碳鋼 S35C S45C Cr 鋼 SCr2 SCR4 Cr-Mo 鋼 SCM 3 Ni-Cr-Mo 鋼 SNCM 5</p> <p>成 形 加 工</p> <p>1. 材料切斷 2. 加 熱 3. 壓 造 磨擦式壓造機 (Friction press) SCr 材等自硬性大的材料 在軋延後待冷或加以退熱 。</p> <p>精 加 工</p> <p>1. 栓頭底面修整 2. 端部修整 3. 螺牙徑下端修整</p> <p>螺 牙 加 工</p>  <p>滴輪機轉造</p> <p>熱 處 理</p> <p>不必特意實施 螺牙加工後 淬火、回火 高精度之 螺牙經熱處 理後以滾輪 機矯正</p> <p>備 考</p> <p>加工精密度 “中” “黑” 大件多種生產</p>	<p>材 料</p> <p>一般用 軟鋼線材 SWRM 3 SWRM 4 (線材)</p> <p>高 力 用 硬鋼線材 SWRH 1 SWRH 2 SWRH 3 合金鋼線材</p> <p>成 形 加 工</p> <p>1. 材料切斷 2. 預備型鍛 3. 精加工型鍛 冷軋壓造機 (cold header machine)</p> <p>精 加 工</p> <p>1. 栓頭週面修整 2. 端部修理 3. 螺牙大徑 端部修整</p> <p>螺 牙 加 工</p>  <p>平板牙機轉造</p> <p>熱 處 理</p> <p>不必特意實施 螺牙加工後 經淬火、回 機矯正</p> <p>備 考</p> <p>加工精密度 “上” “中” 小件少種生產</p>

圖 6 螺 絲 之 材 料 及 製 造 流 程

產生壓力所致。熱浸鍍鋅之前處理工程雖有酸洗工程，但特別是高強度之鋼材由於酸洗易吸收其多氫氣導致延遲破壞，因此強力螺栓不採用酸洗工程，而使用噴鋼砂等以機械方法清除鐵銹。依據以往之各種有關延遲破壞實驗，判定 F5T 以下之螺栓不發生此現象。

(3)強力螺栓之熱浸鍍鋅

強力螺栓鍍鋅作業條件之一例示如表 9。

鍍鋅工程中，應特別注意事項如下：

①噴鋼砂 (Shot Blast)

通常鍍鋅之前處理係以酸洗施行，但高強度

鋼材在酸洗時會吸收甚多之氫氣而有延遲破壞之危險性，因此強力螺栓不用酸洗而以噴鋼砂清除鐵銹。又為維持螺紋之精密度，鋼砂粒度不得太大，其噴射時間亦不能過長為要。

②表面清淨

為了清除噴鋼砂引起之鐵粉等附著物，雖有用塩酸清洗處理數秒鐘，惟考慮延遲破壞，應儘量縮短處理時間或省略該項步驟為宜。

③熱浸鍍鋅

依螺栓鋼種之不同，其熱處理之回火溫度亦不同。因此鍍鋅前有必要確認材質及熱處理之過程。以高溫鍍鋅時會有發生機械性質劣化之虞且對熱敏感之鋼種，有時亦會發生裂損。

④冷卻

鍍鋅後急速浸於低溫水時，敏感之鋼種有時會產生裂損，因此應儘量以高溫施行為宜。

表 9 強力螺栓鍍鋅作業條件案例

流 程	管理項目	管 理 範 圍
脫 脂	濃 度	5~10%
	溫 度	60~90°C
	浸漬時間	10~20分
水 洗	溫 度	常 溫
噴鋼砂	鋼砂粒度	S-10~SB-8(螺栓、螺帽) S-15 (墊圈)
	時 間	約10分 (螺栓、螺帽) 約15分 (墊圈)
shot blast	濃 度	5~10%
	溫 度	常 溫
	浸漬時間	20秒以下
水 洗	溫 度	常 溫
脫脂處理	濃 度	10~15%
	溫 度	70~100°C
	浸漬時間	1~5分
乾 燥	溫 度	70~150°C
	時 間	5~15分
鍍 鋅	濃 度	490~500°C
	鋅 純 度	97.5%以上
	浸漬時間	70~120分
離心處理	時 間	2.5秒以下
加工處理	濃 度	約10%
	溫 度	90~100°C
	時 間	2 秒以下
水 冷	溫 度	40°C 以上
	時 間	10秒以下

附件 1 熱浸鍍鋅強力螺栓磨擦接合之磨擦面處理要領

接合磨擦面經熱浸鍍鋅後輕輕打粗 (採用噴砂，噴鋼粒法，珠擊法) 使熱浸鍍鋅表面達表面粗糙度 50S 以上。

打粗時以鍍鋅之金屬面光澤呈現一致而表面達灰暗色之程度為目標，並注意不要除去鋅層。

打粗之方法以下列要領辦理。

1. 打粗法

打粗以空氣壓縮機之壓力或打粗裝置或以機械投射之空氣式裝置施行之。

以表面粗糙度 50S 以上之打粗法為例說明如表 10。

2. 打粗處理之範圍

除磨擦面以外勿打粗處理。

為避免磨擦面以外之地方受打粗，在鋼材打粗處理之界線貼上膠帶並在其周圍用三合板覆蓋後再進行噴射打粗。

表10 打粗條件之一例

空 氣 式			無 氣 式	
項 目	條 件	條 件	項 目	條 件
噴射材料	鑄鋼製砂粒 JISG 5903 G70 或 G50 (可混合用)	矽砂 3 號或 5 號	噴射材料	鑄鋼製砂粒 JIS- G5903 G70 和 G50 以 1:1 配比混合用
空氣壓力	4.0~5.0kg/cm <sup>2</sup>	4.0~5.0kg/cm <sup>2</sup>	轉輪投射量	60kg/min
使用噴嘴	內徑9-12mm	內徑9-12mm	輸送帶傳送速度	2m/min
噴射距離	約30cm	約30cm	噴射距離	約40cm
噴射角度	90±30°	90±30°	噴射角度	90±30°
噴射時間	30~60秒	30~60秒	噴射時間	—

註：噴射時間係以 4 片標準試體之單面打粗所需要之時間。

其界線如圖 7 所示，以磨擦面外線起算約 5 mm 之內側作為連接板覆蓋之範圍。

連接板之磨擦面應全面打粗處理，其他地方應維持鍍鋅原狀。

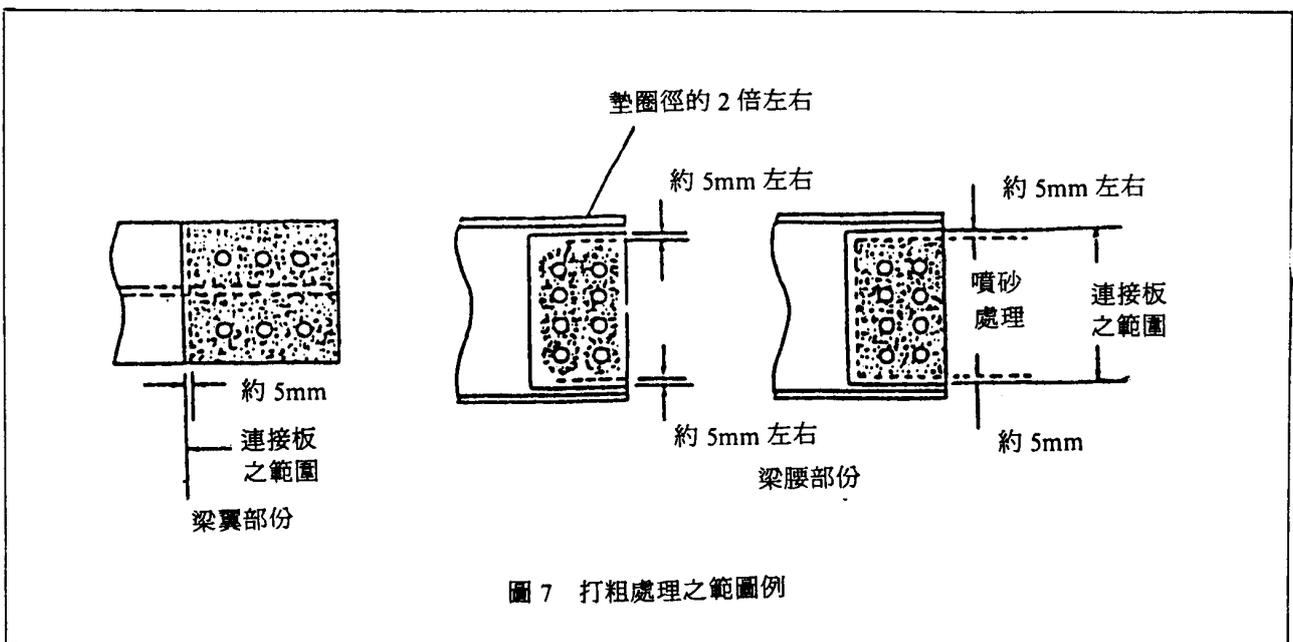
### 3. 熱浸鍍鋅鋼材之打粗處理表面

採用氣壓式打粗裝置，依 1 項之表內列示條

件打粗處理後之熱浸鍍鋅鋼材表面狀態如照片所示。

此處打粗噴射時間為將滑動試驗之標準試體 - 4 件（一組）之單面加以噴射所需要之時間。

經打粗處理後之熱浸鍍鋅鋼材之表面狀態（放大 3 倍）如圖 8。



日本熱浸鍍鋅強力螺栓接頭之設計施工指南

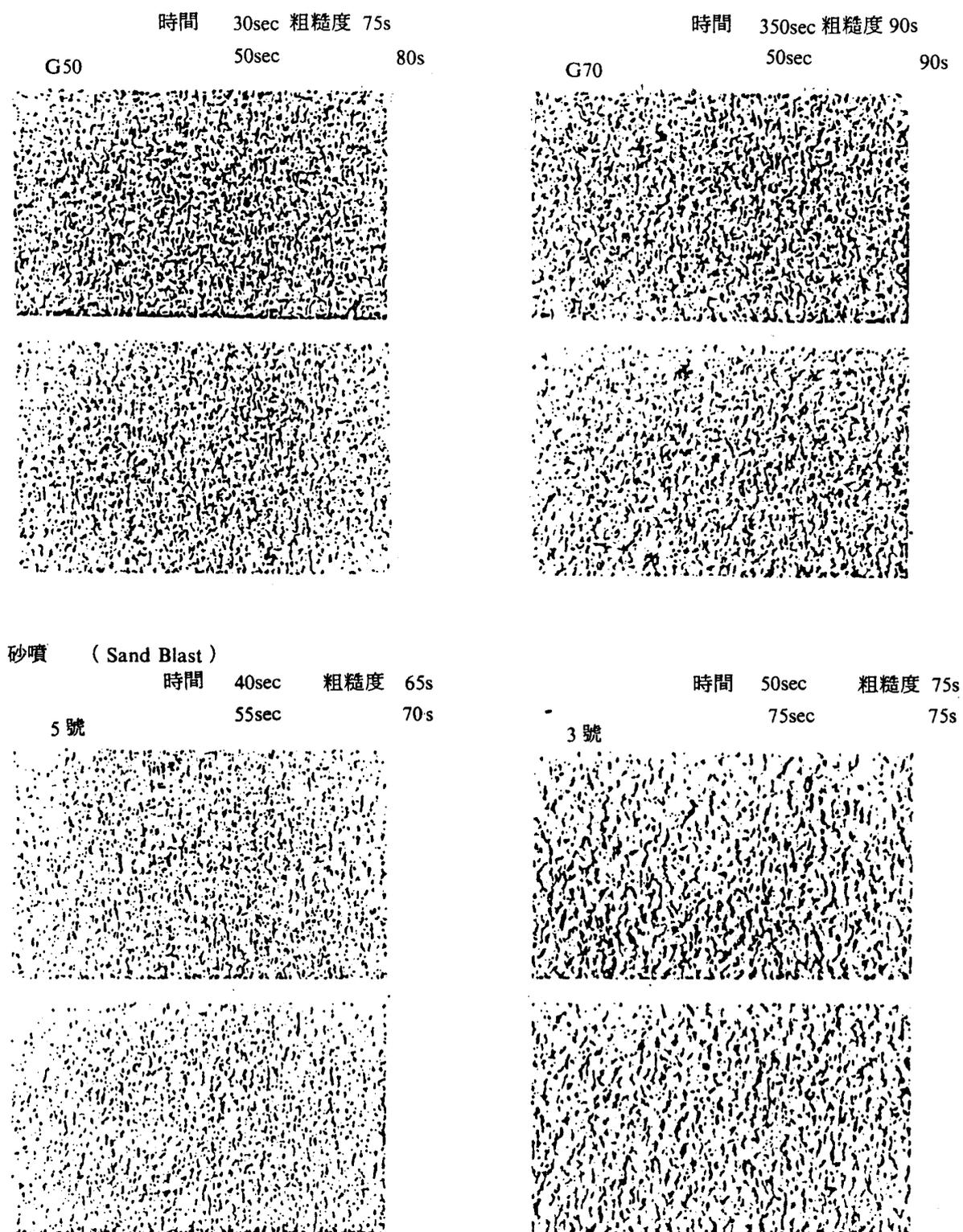


圖 8 噴鋼砂 ( Steel Grit )

## 附件 2，熱浸鍍鋅強力螺栓磨擦接合滑動試驗要領

### 主旨

有關鋼骨材之裝設施工，使用熱浸鍍鋅強力螺栓時，須確認熱浸鍍鋅鋼骨材磨擦面之抗滑力或其滑動係數值為首要。有關其試驗除特別情況外，均須實施抗滑力試驗。

### 使用機器：

- ①萬能拉力試驗機（100噸）
- ②預設型（PRESET）軸矩扳手
- ③螺帽旋設器（Runner）及軸矩設定器（Torshut）等之安裝機器。
- ④靜態變形測定器及測定用開關盒。

### 1.1 抗滑力試驗

#### 1. 滑動試驗所用之試驗片

試驗時用實際之接頭或以完全相同條下所做之試驗體為宜。鑑於試驗機或其他情況不能以實際之接頭或相似之試驗體辦理時，應使用標準試驗片。

以標準試驗片試驗時，與實際接頭之關連須加以詳實檢討，尤其有關磨擦面之狀態有必要達成實際狀況之磨擦面。

標準試驗片之材質組合須與實際構造物所用之接頭材質相對應來決定。實際接頭以一般所用之鋼材（SS41, SM41, SM50 等）形成時，可使用 SS41 鋼材。

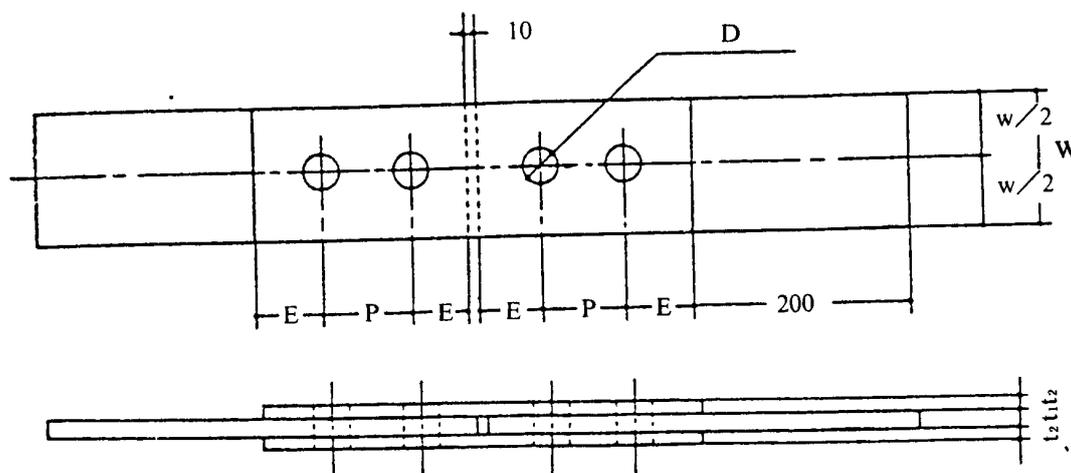


表11 標準試驗體之形狀與尺寸（SS41 鋼材）

螺栓等級	螺栓直徑	銅板有效斷面積 cm <sup>2</sup>	孔徑 d mm	銅板厚度 t <sub>1</sub> mm	兩側夾板厚度 t <sub>2</sub> mm	銅板厚度 W mm	螺栓端距 e mm	螺栓間距 P mm
F8T	M16	9.2	17.5	16	9	75	40	60
	M20	13.9	22.0	19	12	95	50	70
F8T	M22	16.7	24.0	22	12	100	55	80
	M24	19.8	26.0	25	16	105	60	90

註：上述試驗體為標準試驗體之形狀尺寸（以 SS41 為例）

2. 滑動試驗所用之強力螺栓

試驗用之強力螺栓須與實際使用之種類，直徑、螺栓長度相同並與工地所用之強力螺栓同一批爐造者為宜。至少亦應使用同一製造條件下之螺栓。

3. 試驗片之裝設

裝設試驗片時，在未發生滑動前，螺栓軸未發生剪斷力作用下，將螺栓鎖緊於孔中央。螺栓之栓設按照上述設計施工指南「6. 強力螺栓之栓設」，以螺帽旋轉法實施之。又裝設前，應先除去磨擦面之油脂、塵埃等之雜物，裝設後在試驗片上安置確認滑動之線條。

4. 試驗

試驗片裝設後經過24小時再行試驗。試驗時將試驗片垂直固定於拉力試驗機。

將荷重逐次少許增加到滑動點為止，至其滑動點按下列方式確認。

- (1)發生滑動聲音時
- (2)拉力試驗機之指針停止時
- (3)試驗片上之記號線條發生偏移時（必要時裝變位計）通常達到滑動荷重時會體隨聲響顯示滑動，如不發生滑動聲響時，按(2)(3)加以確認。

5. 判斷

依上述結果，滑動荷重為設計抗滑力之1.2倍以上時為合格。（表12）

1.2 滑動係數試驗

1. 試驗片，螺栓及試驗

表12

直徑	M16	M20	M22	M24
設計抗滑力×1.2(噸)	16.36	25.54	31.68	36.87

※設計抗滑力=設計螺栓張力×0.4×磨擦面數×螺栓支數

註：磨擦面數 2 面螺栓 2 支。

用於滑動係數試驗之試驗片，螺栓，其他件材及試驗方法等除下列事項外，與抗滑力試驗相同。

螺栓之軸力測定係在螺栓軸部（圓筒部）裝置 W. S. G.（變形計器）檢測出其變形同時實施為原則。

因此在這種情形下，裝有 W. S. G. 強力螺栓同一種類之直徑，螺植長度，各使用約 3 支利用萬能試驗機作拉力試驗，首先求得螺栓拉力荷重(P)與變形(ε)之 P-ε 關係。

2. 試驗結果

滑動係數由下列方式導出

$$\text{滑動係數值公式：} u = \frac{P}{m \times n \times N}$$

此處 u：滑動係數值      N：導入螺栓軸力  
 m：磨擦面數              P：滑動荷重  
 n：程設之螺栓數

3. 判斷

由上述結果，滑動係數值達基準之0.4以上時則為合格。