

# 螺栓應變計的實測剖析

三聯科技股份有限公司 / 孫紀光



## 一、前言

螺栓在工程結構中，擔負構件與構件連結的重要任務，而除了螺栓之外，焊接、鉚栓都是用來連結結構的施工方式。由於焊接時，需要控制溫度、濕度，確保施工品質，因此重要構材或工作角度比較困難的焊接，大多會在工廠內完成；至於鉚栓則幾乎已經被螺栓取代了，不過在船舶製造上還是可以看見它們的影子。



鉚栓



螺栓

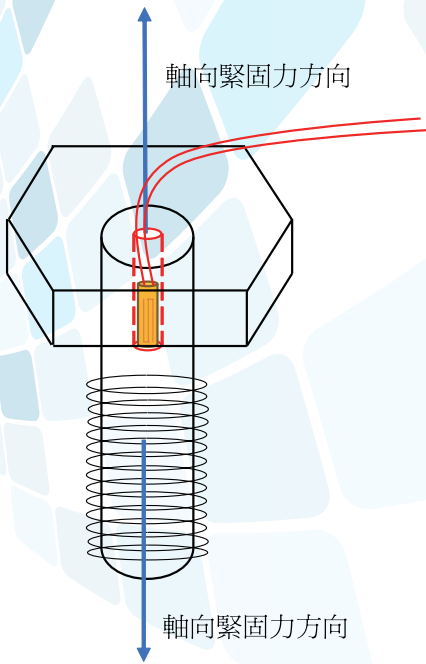
傳統螺栓的緊固方式就是用扳手夾持於六角螺栓頭的位置，將墊片與螺帽置於待鎖件的

另一側，依螺栓螺紋方向施力旋轉，螺帽則反方向施力旋轉，使得墊片與螺帽迫緊，而達到結構緊固的要求。但由於精密加工與設計精緻化，螺栓使用數量也愈來愈多，用扳手一個一個鎖會花費很多時間，為此現大多使用電動或氣動工具來做這項工作。然螺栓都有可以承受的扭力值，一旦超過就會造成斷頭或是斷尾的情況發生，現今需多的工具都有扭力值的調整與顯示功能，可適用於各種不同的安裝環境，但我們要如何得知螺栓能承受多少的扭力而不會斷，就是我們此次要探討的主題。

## 二、螺栓應變計的量測原理

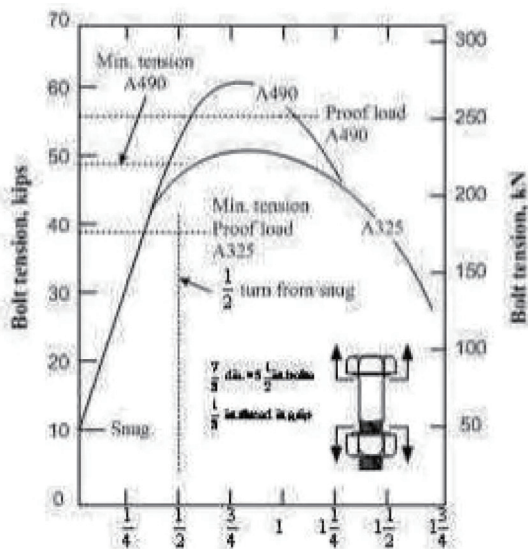
將應變規黏貼於待測物上，讓應變規隨著待測物的應變一起拉伸與壓縮，如此應變規裡面的金屬箔材就隨著變長或縮短。而應變規在機械性地伸長或縮短時，其電阻值會隨之變化。應變片就是應用這個原理，通過測量電阻的變化而對應變進行量測。

而應變量測主要是由應變片所組成的惠斯登電橋的工作原理，然後對其進行封裝，形成螺栓軸力傳感器裝置，然後將傳感器安裝在螺栓和被連接件的中間，在螺栓和傳感器中間放置墊片使傳感器受力均勻。由於傳感器受到螺栓預緊力的壓擠作用，使得傳感器內部的應變片發生變化，而產生位移應變。通過上述原理方法來測得應變，再由應變和應力之間的關係從而計算出預緊力。



螺栓緊迫力量傳遞示意圖

螺栓緊固過程會先鎖到緊貼狀態，所謂的緊貼狀態就是使用專用的扳手擰螺栓數圈是結合面貼合之緊固狀態。緊密狀態下的螺栓內已經承受了部分預拉力。



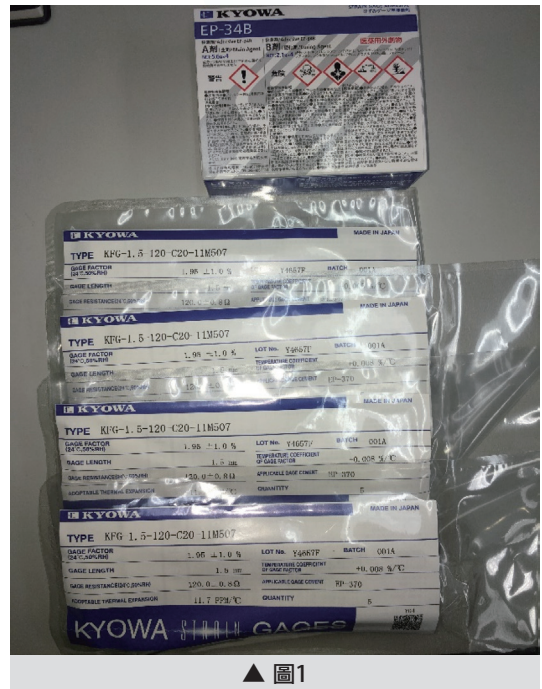
軸向變形曲線示意圖

圖片中為螺栓自貼緊情況開始，螺栓之軸拉軸向變形的曲線關係，橫座標為螺帽旋轉圈數，等同於軸向變形，縱座標為螺栓拉力，曲線至緊貼狀態開始呈線性關係，然後在螺牙處會先屈服，曲線進入非線性階段，緊接著螺牙處產生頸縮而強度開始下降，最後螺牙處斷裂。

為了避免螺栓因過度緊迫而導致斷裂，就需要知道每種材質、尺寸的螺栓其降伏點在哪裡，知道之後再以可顯示扭力的扳手進行鎖固，就可確保螺栓的緊固與壽命。

### 三、螺栓應變規黏貼施作方式：

以下黏貼方式是以KYOWA KFG-1.5-120-C20-11螺栓應變規(圖1)為施作範例。

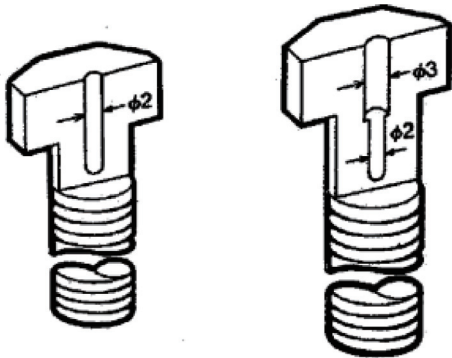


▲圖1

#### 1. 鑽洞

首先需要再螺栓中心處鑽一個直徑2mm、

深度12mm的盲孔，若螺栓尺寸大於M10，則需鑽一個兩階層直徑(3mm/2mm)的洞，其深度須達15mm，如(圖2)所示。



▲ 圖2

## 2. 清潔

由於在螺栓上鑽孔的過程中會產生鐵屑與鑽孔時添加的潤滑油，為了讓螺栓應變規能完全密合於螺孔位，所以需要先進行清潔的動作。首先以針筒注入90%濃度的酒精進行沖洗，並使用包裝中所附之橡膠軟管深入孔洞中，反覆來回擠壓約20次，將孔洞中的異物與油沖出洞外，然後再放置1~2小時，使其孔內全然乾燥。若孔內尚有金屬屑或是油，容易造成後續螺栓應變規黏貼失敗(初始值過大)或訊號異常，所以一定要特別注意。

## 3. 孔位確認

請於黏貼螺栓應變規前，務必要確認孔位是否置中並且正直。

## 4. 黏膠準備

官方建議使用EP系列常溫硬化調和膠。

- (1) 擠出適當劑量的A劑(主劑)(圖3)與B劑(硬化劑)(圖4)。



▲ 圖3

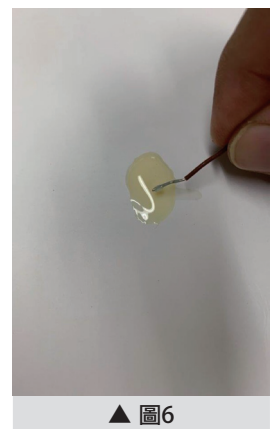


▲ 圖4

- (2) 比例大約為3 (主劑) : 1(硬化劑)(圖5)，調和後備用(圖6)。



▲ 圖5



▲ 圖6

## 5. 螺栓應變規黏貼

- (1) 將內附透明軟管組合至針筒
- (2) 將針筒吸入適量調和膠後，注入至螺栓上的開孔。(需插入至最深處，且慢慢擠壓注入調和膠，避免氣泡產生)
- (3) 將螺栓固定於虎鉗上夾合穩固後，持螺栓應變規導線處慢慢插入至注膠孔洞底端。
- (4) 放置室溫下24Hr以上或80°C烤箱5Hr待膠乾燥硬化。
- (5) 於螺栓頂端開孔出線處填入矽利康或珪膠穩固保護線材。





#### 6. 注意事項：

- (1) 螺栓開孔必須確實清潔與乾燥。
- (2) 孔洞注膠必須沒有氣泡產生。
- (3) 調和膠必須完全乾燥硬化。

### 四、荷重校正

1. 此次測試樣品分別為M6與M8兩種尺寸的螺栓各10只(圖7、8)。

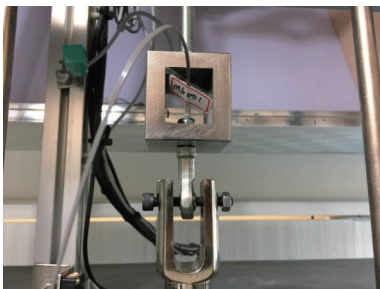


▲ 圖7

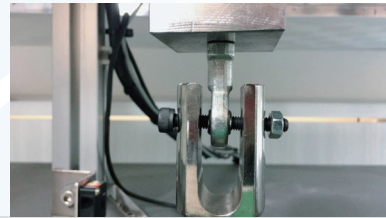


▲ 圖8

2. 使用力量校正實驗室中的10 KN靜砵碼機實施校正，搭配專用治具(圖9、10)安裝螺栓。

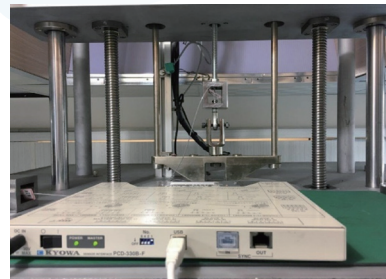


▲ 圖9



▲ 圖10

3. 以KYOWA PCD-330A應變紀錄器(圖11、12)記錄量測訊號趨勢與數據。



▲ 圖11



▲ 圖12

依照原廠提供標準，量測數值需在1%以內判斷為良品，若超出則判斷為次品，而每只螺栓可換算出一設定參數，爾後儀器設定則以此參數為準。





