
鋼構工程改良型 張力指示器技術應用

台化公司工務部營建工事處

壹、前言

依結構力學理論，「張力」才是真正夾緊鋼構件的有效力量，以往以「扭力轉換相對張力」的工法容易因額外扭力增生，而導致鎖緊張力不足且無從確認，鋼構螺栓即使以高扭力值鎖緊，仍會因污垢、鐵銹、濕氣、螺栓位置不佳及螺牙精度不佳或損壞，造成螺栓未必真正鎖緊，進而達不到設計所需的張力強度。

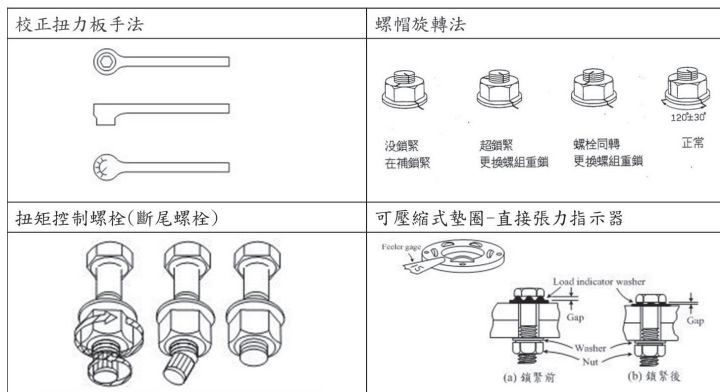
鋼骨建築物強調的是安全性及防震能力，但實際上鋼構接合除焊接外，螺栓接合佔據相當大且重要的一部份，影響整體鋼骨結構品質及安全甚巨，如果能在鋼構接合螺栓鎖緊品質上得到完全確認及掌握，無疑是使鋼骨建築品質得到更進一步的保證。

貳、鋼構工程高強度螺栓鎖固方式

最常引用的標準為美國結構接合研究協會 (RCSC) 所訂定，分別為校正扭力扳手法、螺帽旋轉法、扭矩控制螺栓 (俗稱斷尾螺栓)，與直接張力指示器等四種，施工方式簡介如表 2.1 與圖 2.1：

| | |
|------------------|--|
| 校正扭力扳手法 | 使用校正過、可顯示所施加扭力大小的扳手，鎖緊至預定扭力值。 |
| 螺帽旋轉法 | 1. 先將螺栓鎖至密接 (snug tight) 狀態，並做一記號劃過螺頭、墊圈及鋼板以為基準。 2. 使用扳手旋緊螺帽達到 120 ± 30 ，藉以控制密合度。 |
| 扭矩控制螺栓 (斷尾螺栓) | 1. 初栓後以專用電動螺絲旋緊槍，將專利螺栓旋緊至特殊設計之螺栓尾端扭斷為止。 2. 扭斷後斷面補以表面防鏽處理。 |
| 可壓縮式墊圈 - 直接張力指示器 | 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。 |

▲表 2.1 高強度螺栓鎖固方式



▲圖 2.1 高強度螺栓鎖固圖說

現行企業鋼構工程基準訂定高強度螺栓之接合採「螺帽旋轉法」與「扭矩控制螺栓」兩法為主要施工方式，因六輕工業區地處濱海地區，鹽害嚴重，常用之斷尾型高張力螺栓斷尾處若處理不當，易成為另一生鏽腐蝕源頭，實為企業面臨之工程維護重要問題。

參、改良型張力指示器介紹

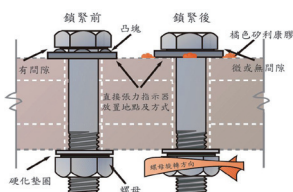
張力指示器墊片一直都是國內外鋼構協會及設計單位允許的施工法，只是過去標準式的張力指示計需用縫隙度規計作檢測，在張力確認上甚為不便，致未能盛行於鋼構業界，因而有改良型張力指示器的開發，其安裝方法與鎖固判定程度如下：

1. 安裝方法：

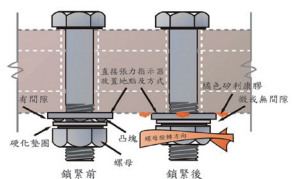
(1) 施工前送試驗檢核，制定矽利康膠擠出量外觀與預拉力值對應之基準，建立施工之視覺判知影像。

(2) 將改良型張力指示器安裝於螺栓頭端或螺母端（如圖 3.1）。

(3) 鎖緊作業時，應分二階段施作—第一階段將指示器鎖至微量橘色矽利康膠出現，第二階段以連續上緊螺栓方式，直到正確矽利康膠擠出量外觀出現後停止，即表示已正確預拉力值鎖緊。



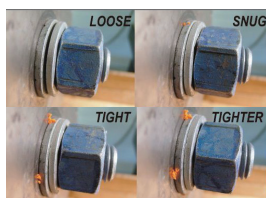
▲圖 3.1(A) 改良型螺栓張力指示器安裝於螺栓頭端



▲圖 3.1(B) 改良型螺栓張力指示器安裝於螺母端

2. 螺栓鎖固程度的判定：

施工時直接以目視橘色矽利康膠擠出量判定鎖固程度如圖 3.2，依據校準時圖例的對照，可判別螺栓鎖固的鬆、基本扭力、緊、超鎖緊四個狀態。



▲圖 3.2 改良型螺栓張力指示器鎖固程度判定

肆、使用改良型張力指示器之優點

1. 比校正扭力板手法與螺帽旋轉法更簡易化
 - (1) 不需每日、每件查驗校正板手扭力準確度。
 - (2) 不需標註記號於 1/3、1/2 或 2/3 圈時停止鎖固。
2. 優於扭矩控制螺栓
 - (1) 直接張力控制非扭力控制，不需特殊專用鎖緊工具。
 - (2) 沒有扭斷部位成為工地工安潛在風險問題。
 - (3) 大幅降低斷尾螺栓生鏽的問題 (此項目實為企業面臨之重要工程問題) 。
3. 適用於任何長度高強度螺栓，螺栓品質檢驗功能
 - (1) 依測試報告，超長或超短螺栓均能正常發揮檢測功能。
 - (2) 當連續多次無法達成鎖固標準時，有可能是螺栓本身品質有瑕疵，應立即更換，兼具品檢功能。
4. 防止過大扭力發生，準確控制螺栓鎖緊程度。
可準確依設計要求達成鎖緊程度，避免超出設計預拉力造成螺栓件之降伏狀態，嚴重影響結構安全。
5. 建構良好緊貼狀態
由橘色矽利康擠出量呈現判定螺栓鎖緊狀態，依設計工序完成每支螺栓正確張力鎖緊，達成施工品質一致性之最佳品質。
6. 簡易視覺判定，提升施工品質與效率
 - (1) 安裝期間無需其他檢驗工具，施工人員可輕易上手不需經過專業訓練即可達成較優良之施工品質。
 - (2) 縮短鎖固判識時間，提高鎖緊工具移位速率節省工時。

7. 更符合結構設計師之設計

設計時螺栓件本來就是以張力為力學計算，不須再制訂扭力值作為鎖固標準。

8. 節省業主成本

雖初期增加材料之預算，但能大幅降低設備廠房因重要螺栓件斷尾後處理不當造成之生鏽，所衍生的後續保養處理龐大費用。

9. 監造人員、品管檢查人員更安全

監造人員、品管檢查人員可以很容易在遠處看見橘色矽利康膠呈現量辨識螺栓鎖緊情況，不需背負檢驗工具在鋼構上爬上爬下檢驗，降低潛在工安問題，或僅初期以縫隙厚度規採抽測方式執行，即可達成施工品質要求之目標。

伍、結語

張力指示器墊片一直都是國內外鋼構協會及設計單位允許的施工法，只是過去標準型張力指示器 (無 Silicon 指示) 在張力確認及檢視上甚為不便，致未能盛行於鋼構業界，因而企業內鋼構規範也未採用。改良型張力指示器墊片改善了以往的不便利性，成為有效暨方便施工實用性的產品，國外石化、鋼鐵產業已有多年應用實績，其工法簡易，可減少工時，且監工、品檢人員可藉目視判定鎖固程度，無需檢驗工具，提升檢驗效率，確保施工品質。

惟該墊圈屬專利品，價格較高，建議以專案試行後評估效益，進而推廣至企業內鋼構工程使用。