



扣件博士問與答

重新探究扭矩法

文/ 福岡俊道

Q1: 要怎麼決定鎖固扭力要多大?

A 鎖固扭力的大小會隨著目標螺栓軸力值與使用的螺紋公稱直徑大小而有所變動。具體來說，將軸力與公稱直徑相乘之後再乘以扭力係數，就能計算出鎖固作業所需的扭力。此關係式是把一個嚴密的公式(從螺紋面與螺帽承壓面的力道與扭力平衡的狀態下得出並簡化後的產物。「0.2」常作為扭力係數的數值來使用。該值適合接觸面摩擦係數為標準數值0.15的場合，扭力係數會因摩擦係數而大幅變化，需要注意。

Q2: 我不太懂什麼是扭力係數，它會怎麼影響鎖固作業?

A 從力學角度呈現螺栓軸力與鎖固扭力兩者關係的嚴密公式當中，包含了兩個項目，其一與螺紋面和螺帽承壓面的摩擦有關，其二是公螺紋沿著斜面爬升時產生的軸力。這是包含了三角函數的一套複雜關係式，所以通常會使用它的簡易版關係式(鎖固扭力 = 扭力係數 x 軸力 x 螺紋公稱直徑)。由此，我們可把扭力係數想成已知螺栓軸力與螺紋尺寸時，用來計算鎖固扭力值的一種係數。扭力係數K的值會因為幾個因素而變化。在實務上，可作為螺紋面與螺帽承壓面 μ_{th} 、 μ_{m} 的函數來計算。此式是應用一種稱為最小自乘法的統計法，導出能夠呈現軸力與扭力之間關係的嚴密公式。公式中的常數項目顯示出會使扭力變換成軸力的成分。由此可知，摩擦會消耗掉大部分的鎖固扭力。

Q3: 為了抽檢，將鬆脫的螺絲以最初使用的同樣扭力來鎖固，卻發生軸力不足的狀況，這是為什麼?

A 這是因為即使鎖固扭力相同，軸力的大小會隨著摩擦係數而變化。前述的關係式顯示出，扭力係數是以摩擦係數的函數來呈現。螺紋面與螺帽承壓面的摩擦係數皆為0.15與0.3時，使用此式計算出來的扭力係數會是0.2與0.381。因此，假設鎖固部位的摩擦係數為0.15，當它因

為鎖固和鬆開而使表面變粗糙，讓摩擦係數變成0.3時，即使用同樣的扭力來鎖固，產生的軸力也僅只有目標值的52%左右。也可以說「即使用同樣扭力來鎖固，得到的扭力大多只會與摩擦係數的大小成反比」。這是在鎖固部位上鎖固和鬆開時該注意的現象。此外，與上述案例相反的，還有摩擦係數變得比初始值還要小的狀況。此時要注意過大的軸力造成螺紋塑性變形。

Q4: 我感覺鬆開時的扭力比鎖固時的扭力還要小，真的是這樣嗎?

A 沒錯。鎖緊螺紋時，公螺紋會往螺旋方向沿著螺紋表面爬升，藉此產生軸力。導角即是螺紋表面的螺旋角，通常呈2~3度傾斜。另一方面，鬆開公螺紋時，公螺紋會沿著螺旋斜面鬆開，因此鬆開時的扭力通常會比鎖固時的扭力還要小。此例可透過力學導出的公式來計算。例如，若摩擦係數的範圍是0.1到0.2，就可用七成到八成的鎖固扭力來鬆開螺紋。摩擦係數和公稱直徑較小，這兩種扭力的比率就會減少。反之，螺紋排列緊密的話，該比率會變得相當大，若感覺鬆脫時的扭力過大，你必須懷疑是否有發生「螺紋磨損」。

參考文獻

1. Toshimichi Fukuoka, "Threaded Fasteners for Engineers and Design – Solid Mechanics and Numerical Analysis –", pp.76-100, Corona Publishing Co., Ltd. [2015]

