

ニッシンくんの自習室

(11)

ボルト・ナットの適正な締め付け

技術教育訓練センター

朝井 弥

冷凍設備では冷媒系統のフランジ継手部、ねじ込み部、機器類のねじ締め部分は勿論のこと、水系統、油系統にもボルト・ナットが広く使われています。しかし、ねじに対する古い考えが現場に根強く残存し、作業者の「カン」だけをより処としてボルト材に降伏荷重を超える締め付け荷重をかけ、そのためボルトのねじ部が遅れ破壊(ぜい性破壊)したり、ガスケットの接触面が破断したり、ねじ締め部分に変形したり、あるいはボルト・ナットがゆるんで種々のトラブルを誘発しています。

そこで、古い時代のねじに対する誤った考えを少しでも修正し、ボルト・ナットに関連したトラブルを低減するため、現用の炭素鋼製ねじについて記述いたします。

(A) 冷凍装置にはつぎの部分にそれぞれねじ締め部分が存在します。

(イ) 圧縮機、電動機、水ポンプ、油ポンプ、

送風機、油圧シリンダ、油圧ポンプ、コンタクトフリーザ関係

(ロ) 圧力容器(コンデンサ、レシーバ、オイルセパレータ、アッキムレータ、オイルドラム、サクシオンアッキムレータ、ユニットクーラ、液クーラ)、自動液戻装置、自動ガスパーージャ

(ハ) 制御弁(膨張弁、安全弁、電磁弁、圧力調整弁)、保護装置(OPS、HPS、DPS)、管付属品(止弁、フランジ継手、逆止弁、ヘッド)

(ニ) 冷却管取付部(天井、側壁取付、管棚締付)

(ホ) (イ)~(ニ)の取付用

(B) ねじ部品の種類

ねじ締め部分には(イ)通しボルト、(ロ)押えボルト、(ハ)植込みボルトが用いられ、通しと押えボルトは六角頭、四角頭、さら頭、六角穴付き、アイ、フック、Uであり、植込みボルトのナットは六角、四角、六角袋が一般的であります。(図1参照)

締め付け(締結用)としては、六角ボルトにナットを組込んで通しボルトとして用いる場合(例……フランジ継手)と機器本体のめねじにボルトを直接にねじ込むねじ込み(押え)ボルトとして用いる場合(例……機器のカバ取付部)とに要約されます。

これからねじ部品の強さと適正な締め付け力、締め付トルク、締め付け作業などについて順次話を進めて行きます。

(C) ねじ部品の強さ

図1 ボルトの種類

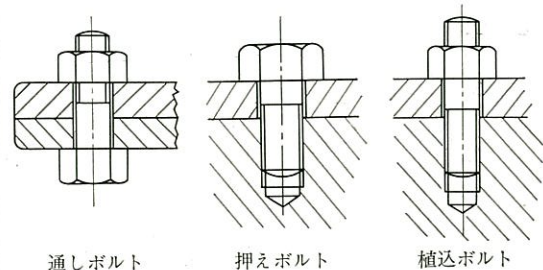
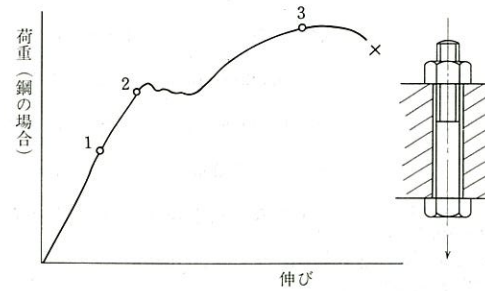


図2 ボルト・ナット結合体の荷重と伸び



鋼製ボルト・ナット結合体に静的な引張り荷重をかけた場合の荷重の大きさと、ボルトの伸びの関係は図2で示され、0→1比例範囲、1→2弾性限界で2をこえるとねじ山が降伏し始め、伸びが増し、2→3で伸びが急増し、4で破断します。

ねじは、2個以上の品物を締め力で結合するのが役目ですから、使用するねじの強度、被締め物の強度、ねじ結合体に作用する外力の種類、および大きさに適合した締め付け作業を行なうべきであり、ボルトだけを考えれば、軸方向の静的荷重はボルト材の弾性範囲(図2の1→2)に限定されるべきで、いかえればボルト材の弾性範囲を越脱するまで締めてはならないことです。

冷媒配管の温度(圧力)変化による伸縮、ガスケット(パッキング)の厚さ方向の収縮、弾力性の減退、あるいはボルトとフランジの温度差によるボルトの相対的な伸びなどに起因する低温部フランジ継手からの冷媒の漏洩、漏れ止めのための増締め、異常な増締めによるボルトの破断、締付工具の破損、漏洩量の増大による被害の拡大と作業

工程の混乱などに発展し、有形、無形の損失が少くないことは現場経験者の等しく認める事柄です。

いまボルトの伸びと力(イ)、被締め物の縮みと力(ロ)のグラフを締め力 F_f のところで重ねて図示すると図3のようになります。(図3参照)

締め時の状態をA点、さらに荷重 W_a が加わった状態をB点で示し、 E_i と E_c が次の関係にあるときは、残留圧縮力 $(F_f - W_c)$ が0<で、被締め部は締め状態であることを示します。

$$E_i < E_c \text{ すなわち } 0 < W_a < F_f \frac{E_b + E_c}{E_b}$$

(D) 図3の解説

E_b : 締め付け時のボルトの伸び、 E_c : 締め付け時の被締め部の縮み、 E_i : 荷重 W_a が増したときのボルトの伸び(=締め付け部の縮みの減少量)、 W_b : W_a のうちボルトに加わる荷重、 W_c : W_a のうち被圧縮力の減少量

以上より、締めボルトでは締め力 F_f と外力 W_a の和がボルトに作用するのでなく、締め部に作用する力が0にならない限り、ボルトには $F_f + W_b$ の荷重がかかることが理解できます。

C_1 、 C_2 をボルト、および締め部のバネ定数とすると W_b は次のように表わされます。

$$W_b = W_a C_1 / (C_1 + C_2)$$

今迄に記述したことを要約すると、ねじの適正締め力 (F_f 又は $F_f + W_b$ で表わされる) は被締め部の締め力が0にならない、ボルトに加わる荷重がボルト材の降伏点以上でないという条件を満足する範囲で選定すれば良いということになります。

図3 ボルト結合体の力とひずみ

