
5 . ねじのゆるみについて

ねじ締結体は、締付けによってボルトに生じる引張り方向の軸力と被締付け物に生じている圧縮力によって一体化している。この力は、締結体に外力が作用しない時は釣り合っている。しかし、機械が稼動することによって、何等かの原因でその力は低下する。このような軸力の低下を「ゆるみ」といいます。

ねじのゆるみは、締結機能上、疲れ破壊又はボルトの脱落など、しばしば大事故に至ることもある。種々の「ゆるみ止め」が研究開発されているが、いまだにゆるみの機構が解明されていないこともあって、100%対応できるものはないのが現状です。

ゆるみは、ねじが回転してゆるむ回転ゆるみと、回転しないでゆるむ非回転ゆるみに大別することができます。

表5 - 1 にねじのゆるみによる不具合、表5 - 2 にゆるみの原因を示しました。

ここでは、初期ゆるみ、陥没ゆるみ、回転ゆるみの二つについて説明いたします。

5 - 1 . 初期ゆるみ

締結体の接合部における表面粗さ、うねり、形状誤差による「へたり」は、締付けの際にほぼ完了するが、機械始動時の外力作用によって、更に幾分か進行し、ある程度に達して停止する。これを初期ゆるみといいます。

ボルトの締結設計時に、この初期ゆるみを見込んで設計作業を行うことになるが、おおよその予測ができ、それについては日本ねじ研究協会の「ねじ締結ガイドブック」、その他に詳しく述べられているので、そちらをご参照下さい。

5 - 2 . 陥没ゆるみ

ボルトを締付ける際、ボルト座面が当たる被締付け物が環状に陥没することがある。更に外力作用も重なって、使用中に塑性変化が進行し、ボルトが回転せずに軸力が低下し、ゆるみを生じる現象が陥没ゆるみです。

これを、ボルトの座面応力 P_w が被締付け物の限界面圧 P_L より大きい場合に起こり、高強度ボルトを採用しても、このような場合は、ボルトの性能を使い切れないこととなります。

被締付け物としての各種材料の P_L については、VDI2230 (ドイツ) あるいは「ねじ締結ガイドブック」(日本ねじ研究協会) などの報告があるので、表5 - 3 に示しました。

設計計算例については、「ねじ締結ガイドブック」等に詳細があるので、そちらをご参照下さい。

5 - 3 . 回転ゆるみ

ねじ締結体に外力が作用する際、ボルトまたはナットが戻り回転して、ゆるみを生じることがあるが、いまだにその機構的な解明はされていないので、締結機能上、一抹の不安があり、対策も不十分であったり、選択が間違っただけであったりして、しばしば事故につながっている。

回転ゆるみに対する外力としては、振動と衝撃とがあり、その作用方向としては、軸直角直線、軸回り回転、軸方向直線の3種類に大別することができるが、これらが複合的に作用することもあり、試験による複雑な挙動を再現する困難さもあって、その評価は比較試験の域を出ていないのが現状です。

「ゆるみ止め装置」としての研究開発も沢山あるが、要求を十分に満足するものは少ない。
 一般にゆるみにくい使用法及び比較的ゆるみ止めの効果があるものとして、次のものが推奨されます。

- 1) 戻り回転しないように、ロックする。
 割りピン止め、固着剤、接着剤、かしめ ... etc .
- 2) 高強度ボルトによって高い締付けをする。
 六角穴付きボルト等の高強度ボルトを採用。但し、軟材質の場合は陥没対策が必要。
- 3) 締結体のばね定数を下げる。
 長いボルトを選定する。(少なくとも、1 5 d)
 伸びボルトを使用する。(円筒部径断面積 = 0.6 ~ 0.7As) As = ねじ有効断面積

表5 - 1 ねじのゆるみによる不具合

ゆるみによる不具合	締結部の機能・性能	波及作用	該当部位の実例
分離・脱落	喪失	—	すべての締結部
変位過大	喪失又は低下	動作不良、部品干渉による破損、その他	リンク系取付け部、位置決め用ボルト・ナット
気密もれ	低下	性能低下、動カロスの増大、オイル洩れによる焼付き、その他	シリンダヘッドボルト、ケーシング、結合ボルト、オイルパン取付けボルト
結合剛性低下	低下	振動騒音悪化、疲れ強さ低下、破損、その他	ハウジング類結合ボルト
疲れ強さ低下	低下(破損すれば喪失)	疲労破壊、他部位への2次破壊	荷重伝達部位

表5 - 2 ゆるみ(軸力低下)の原因

ゆるみの分類	原因となる現象	
回転ゆるみ	被締付け部材のすべりの繰返し	
非回転ゆるみ	接合面の磨耗	
	接合面のへたり 接合面のなじみ 食い込み	} によるしずみ(陥没)
	ボルトの塑性伸び	
高温	ボルト・被締付け部材の線膨張係数の差 経弾性係数(ヤング率)の低下 クリープによる塑性変形	

表5 - 3 各種材料に対する限界面圧 (P_L)

被締付け物の材料		VD12230 (1986)		日本ねじ研究協会	
名称	材質記号	引張強さ N/mm ² (Kgf/mm ²)	P _L N/mm ² (Kgf/mm ²)	引張強さ N/mm ² (Kgf/mm ²)	P _L N/mm ² (Kgf/mm ²)
低炭素鋼	SS41, S10C	370(37.7)	260(26.5)	437(44.6)	333(34)
中炭素鋼	S30C	500(51)	420(42.8)		
熱処理炭素鋼	S45C	800(81.6)	700(71.4)		
合金鋼	SCM	1000(102)	850(86.7)		
ステンレス	SUS304			642(65.5)	314(32)
析出硬化ステンレス		1200(122.4)	1000(102)		
ねずみ鋳鉄	FC200			144(14.7)	294(30)
球状黒鉛鋳鉄	FCD45			480(48.9)	422(43)
鋳鉄	GG15	150(15.3)	600(61.2)	413(42.1)	392(40)
鋳鉄	GG25	250(25.5)	800(81.6)		
鋳鉄	GG35	350(35.7)	900(91.8)		
鋳鉄	GG40	400(40.8)	1100(112.2)		
Al 合金	A2017			413(42.1)	392(40)
Al 合金	GDMgAl9	300(30.6)	220(22.4)		
Al 合金	AlZnMgCu0.5	450(45.9)	370(37.7)		

(注)動力締付けの場合は、表中のP_L は3/4程度に低下し得る。