

# 第 1 章 機械部品の信頼性と精度

1. すべり軸受	101
2. ころがり軸受	110
3. 密封装置	132
第 4 章の演習問題	138
第 5 章 歯車伝動装置	139
1. 歯車の種類	140
2. 歯車装置	142
3. 平歯車	145
4. はすば歯車	155
5. 平歯車とはすば歯車の仕上寸法, 精度, バックラッシ	157
6. 平歯車とはすば歯車の歯の強さ	159
7. その他の歯車	162
8. 歯車の損傷の原因と対策	165
第 5 章の演習問題	172
第 6 章 巻掛け伝動装置	173
1. ベルト伝動	174
2. 歯付ベルト伝動	194
3. チェーン伝動	195
第 6 章の演習問題	205
第 7 章 ブレーキ	206
1. 用語の解説	206
2. 摩擦ブレーキ	207
第 7 章の演習問題	215

(はじめに)

鉄鋼業は、装置産業であると言われるように製鉄所の大規模な設備によって、価格が安くしかも品質の良い鋼材を供給する使命を課せられている。このような設備は種々の機能を持った多数の部品を組み合わせてできており、大部分は規格で決められた標準部品である。これらの部品がある一定期間にわたって支障なく働かなければ、設備はその役目を十分に果たすことができない。その上で故障が起こったら直ちにその部分を交換できるようにでなければならない。

このような部品の互換性のほかに、最近のように設備の規模が大きくなればなるほど、また製品品質に対する要求が高くなればなるほど、それを構成する部品の信頼性と精度が重要視されるようになった。

機械が設計・製作されるときは、努めて規格品を採用するから、これから信頼性と精度について学んで理解を深めよう。圧延設備の過去の故障事例を表1・1に示す。設備の一部の故障が生産を停止させ、重大な影響を与えることがわかるであろう。

## 学習のポイント

- (1) 機械部品の信頼性。
- (2) 機械部品の形状・寸法精度。

## 1. 用語の解説

- (1) 機械要素： 機械を構成する部分または部品を機械部品 (machine part) といい、種々の機械に用いられる共通した機能をもつ部品を機械要素 (machine element) という。
- (2) 信頼性： 個々の部品がある信頼性を確保できた上ではじめて設備全体の信頼性が維持されることになる。これは従来からも耐久性、寿命、安全性などという言葉で表されていたのであるが、本書ではこれらをすべて含んだものを信頼性あるいは信頼度という。

(3) 精度： 一般には正確さと精密さ、またはそのいずれかで表す。正確さは、測定値と真の値との差がどのくらいあるかという偏りの小さい程度を表す。また、精密さは個々の測定値がどのくらいそろっているかというばらつきが少ない程度を表している。

このテキストでは寸法の精度を意味するが、そのほかに実体が理想的な幾何学的形状、姿勢または位置からどれだけ狂ってよいかという幾何偏差(公差)に関する精度的な考え方についても述べる。

(4) 基準寸法： 許容限界寸法の基準となる寸法。

(5) 基準線： 許容限界寸法とはめあいとの幾何的な関係を図示するとき寸法許容差の基準となる線。基準線は寸法許容差が零である直線で、基準寸法を表すのに用いる。

(6) 許容域： 基準線と寸法公差の関係を図示するとき上の寸法許容差と下の寸法許容差を示す2本の線の間にはさまれる区域で、寸法公差とその基準線に対する位置によって決まる。

表1-1 圧延設備の過去の故障事例

工場	故障内容	生産停止時間
厚板	粗圧延機 ロール駆動スピンドル折損	34分45秒
	仕上圧延機 圧上油圧シリング油漏れ	20分20秒
	ホットレバラ ロール駆動ピニオンギヤ割損	13分25秒
熱延	粗NO6圧延機 ピニオンメタル焼付き	7分00秒
	仕上NO1圧延機 ロール駆動スピンドルカップリング割損	6分45秒
	粗圧延機 出側テーブルNO15ローラベアリング破損	3分46秒
冷延	酸洗 バイオフィールマンドレル折損	17分37秒
	タンデムミル テンションリールベアリング破損	7分37秒
	タンデムミル 入側コイルカークレードルカップリングキー破損	2分50秒
大形	加熱炉 スキッドパイプ焼損	14分45秒
	粗NO2圧延機 圧上ウオーム軸ギヤカップリング歯摩耗	5分25秒
	仕上ミル ピニオンスタンド油配管折損	5分59秒

## 2. 標準規格と標準化

われわれの日常生活においてすら、生活が効率的・経済的・発展的であるためには、ムダ、ムラ、ムリをなくすことから始まる。このことは各種の産業、特に工業において能率的・経済的に活動を継続し、改善を進めて行くために同じようなことが強調されなければならない。能率的かつ経済的であるためには、われわれの活動に関係するものを科学的に分析して、無駄なものは除き、必要なものを残して整理、単純化し、合理的に統合・統一しなければならない。こういったことを、標準化 (standardization) といい、統一のための基準を標準 (standard) という、この標準化を行う母体により規格の種類は社内規格、団体規格、国家規格、国際規格に分けられる。ここでは国際標準化機構 (ISO) と日本工業規格 (JIS) について述べる。

### (1) 国際標準化機構 (International Organization for Standardization)

第二次世界大戦後の1949年(昭和24年)に国連の一部門として発足し、日本も1952年(昭和27年)正式に加入した。産業、特に工業における国際的に基本的・普遍的なものである標準化の効果は、はかりしれないものがある。

### (2) 日本工業規格 (Japanese Industrial Standard)

今日のJIS規格は工業標準化法(昭和24年 法律 第185号)の制定に始まり、目まぐるしい変遷を経た上で、確立されるようになった。JISの内容は表1・2に示すように規格番号はA~Zまでの部門を示すローマ字記号で19部門に分類されている。4けたの数字の前の2けたを分類番号といい、10種の分類内容を表し、後の2けたは個別番号といい、その分類内で制定順に一連番号を付けている。なお、制定されたJISは5年ごとに見直しの検討がなされる。

### (3) 標準化と互換性

a. 標準化に便利な標準数 大量生産方式の採用によって部品の加工を行い、その一群の部品に互換性を持たせたいとき、部品の種類を限定すれば、

表1・2 JISの部門記号と分類番号

分類番号 部門記号 及び記号	00~09	10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	80~89	90~99	その他
土木及び建築 A	一般・構造	試験・検査・測量	設計・計画	設備・建具	材料・部品	施工	施工機械器具	雑			
一般機械 B	機械基本	機械部品類	FA共通	工具・ジグ類	工作用機械	光学機械・精密機械	機械一般				
電子機器及び電気機械 C	一般	測定・試験用機械器具	材料	電線・ケーブル・電路用品	電気機械器具	通信機器・電子機器・部品	真空管・電球	照明器具・配線器具・電池	電気応用機械器具	国際規格番号 体系60000番台	
自動車 D	一般	試験・検査方法	共通部品	機関	シャシ・車体	電気装置・計器	建設車両・産業車両	修理・調整・試験・検査器具	自転車		
鉄道 E		線路一般	電車線路	信号・保安機器	鉄道車両一般	動力車	客貨車	産業車両	鋼索鉄道・索道		
船舶 F	一般	船	体	機	関		電気機器	航海用機器・計器 機関用諸計器			
鉄鋼 G	一般	分析	原材料	鋼材(主として普通鋼材)	鋼材(主として合金鋼材)	鋳鋼・鋳鉄	鉄鋼のISO 対比JIS	雑			
非鉄金属 H	一般	分析方法	原材料	伸銅品	その他の展伸材	鋳物	二次製品	機能性材料	加工方法・器具	雑	
化学 K	化学分析	単体・工業薬品など	石油・コークス・タール製品など	脂肪酸・油類製品・バイオ分解剤など	染料原料・中間物・染料・火薬	顔料・塗料・書写材料	ゴム・皮革 その他	プラスチック 等真材料・薬品・測定方法	試薬		
繊維 L	一般	試験及び検査	糸・糸	織物・編組物	繊維製品	糸類製造機械	織物・編組物 製造機械	染色仕上機械			
鉱山 M	一般	探鉱	探鉱	選鉱及び選炭		運搬	保安	鉱産物			
バルブ及び紙 P	一般		バルブ	紙	紙工品			試験・測定	雑		
管理システム Q	標準物資/管理システム等										
窯業 R	一般・熱動方式	陶磁器	耐火物・断熱材	ガラス・鉱物質 繊維製品	ほうろう	セメント	研磨材・特殊 窯業製品	炭素製品	窯業特殊機器	雑	
日用品 S	一般	家具・室内 装飾品	ガス石油燃焼 機器・食卓用品	その他の家庭用品	整容用品・ 身の回り用品	はきもの	文房具・事務用品	運動用具	娯楽用品・ 音楽用品	雑	
医療安全用具 T	一般	医療用電気器械類	一般医療器械			歯科器械	歯科材料	医療用設備・ 器械など	労働安全	福祉関連機器・ その他の医療 用具・衛生用品	
航空 W	一般	専用材料 標準部品	機体(装置を含む)	発動機	プロペラ	計器	電気装備	地上施設	雑		
情報処理 X	一般		電子計算機用 プログラム言語	図形・文書構造 文書交換など	OSI関連・LAN データ通信など	出力機器・ 記録媒体など	応用分野	その他 (OCRなど)			
その他 Z		物流機器・包装材料・ 容器・包装方法	共通的試験方法 その他	溶接関係	放射線(能)関係		マイクロ グラフィックス	リサイクル	基本及び一般	工場管理	

● 分類番号は、JIS番号の上2桁を表しています。なお、下2桁は分類ごとの一貫番号です。  
● TS/TR は、部門ごとに発行順で付番されています。

高価なゲージ類の準備を少なくすることができ、経済的な生産を行うことができる。

われわれが必要に応じて入手するボルト、ナットや転がり軸受などの機械部品には、使用者の要求に合うような材料が使用されていて、その形状・寸法は規格どおりに製作されている。したがって、このような部品は使用する工場で製作されることはなく、専門のメーカーから購入して使用する

ことができる。

規格で定められる数値には、それぞれ技術的な根拠があることは言うまでもないが、生産における無駄をできるだけ省くために、数値の選択はなるべく一定の方式によって、できるだけ少ない種類にすることが望ましい。工業標準化や設計において段階的に数値を決める場合には標準数(Preferred Number)から選ぶようにする(JIS Z 8601:1954,2009年確認)。

標準数は、1から10までの間がすべて等比数列表の段階となるように区分されている。すなわち、公比がそれぞれ $10^{\frac{1}{10}}$ 、 $10^{\frac{2}{10}}$ 、 $10^{\frac{3}{10}}$ 、 $10^{\frac{4}{10}}$ および $10^{\frac{5}{10}}$ の等比数列の各項の数値を実用上便利なように有効数字3けたに近似した数値で、これらの数列をそれぞれR5、R10、R20、R40およびR80の記号で表す。このうちR5~R40を基本数列、R80を特別数列という(表1・3)。

表の各数列の数値の小数点をずらした数も標準数である。

標準数には、

- ① R10の数列は、R5の数列の各段階の間にこの間隔を等比に分ける数値を入れたものである。これは他の数列についても同様である。
- ② 標準数どうしの積または商は、やはり標準数である。
- ③ 標準数列は対数方眼紙上で等間隔になる。したがって、普通の方眼紙上で等間隔の線を選んで標準数列を目盛れば対数方眼紙が得られる。などの特徴がある。

標準数の採用は標準化に便利であるばかりでなく、当然その目的とする経済上の利益をももたらすものであるから、ISOでもその採用が強調されている。国際規格で標準数を採用した例は非常に多く、日本の規格でも次第にこれを採り入れたものが多くなっている。

b. 互換性の利点 設備が故障したとき、ただちにその部品を取換えることができるのは、その部品に互換性を持たせているからである。

機械の互いにはまりあう部品、たとえば軸受やねじなどを交換する場合、