



To-Be エンジニア試験公式テキスト

機械 I

(機械工学基礎・材料・設計製図)

To-Be エンジニア試験企画委員会 編著

コガク



目次

1章 機械工学基礎 (4力) 1~56



材料力学

(応力とひずみ、モーメントの基礎)

1.1 垂直応力とひずみ (ひずみ, ポアソン比)	2
1.1.1 フックの法則	2
1.1.2 垂直応力	3
1.1.3 垂直ひずみ, ポアソン比	4
1.1.4 伸び	5
1.2 せん断応力 (せん断変形, 横弾性係数)	5
1.2.1 せん断応力	5
1.2.2 せん断ひずみ	6
1.2.3 横断性係数	7
1.2.4 せん断の事例	7
1.3 はりの曲げ・ねじりモーメント	8
1.3.1 はりに加わる荷重	8
1.3.2 はりのつり合い	9
1.3.3 荷重とせん断力と曲げモーメント	10
1.3.4 ねじりモーメントによる変形	11
1.4 モーメント図 (SFD, BMD)	12
1.4.1 せん断力図 (S.F.D)	12
1.4.2 曲げモーメント図 (B.M.D)	13
1.4.3 はりに生じる応力とひずみ	13
1.4.4 断面2次モーメント	14



流体力学

(流体に働く力と基本用語)

2.1 流体 (流体とは)	16
2.1.1 流体の重さ	16
2.1.2 粘性率	17
2.1.3 圧縮性	17
2.1.4 熱伝導性	18

2.2	流体静力学（パスカルの原理，他）.....	19
2.2.1	圧力と測定法	19
2.2.2	浮力.....	21
2.2.3	理想流体	22
2.2.4	連続の式	22
2.3	流体動力学（ベルヌーイの定理）.....	23
2.3.1	運動方程式.....	23
2.3.2	ベルヌーイの定理	24
2.3.3	流体の噴出.....	25
2.3.4	オリフィス.....	27
2.4	流体動力学（層流・乱流）.....	27
2.4.1	層流と乱流.....	28
2.4.2	レイノルズ数	28
2.4.3	速度分布	29
2.4.4	摩擦損失	30



熱力学

（熱の基本法則と基本用語）

31

3.1	第1法則（第1法則とは）.....	31
3.1.1	圧力と温度の単位	31
3.1.2	第1法則	32
3.1.3	PV線図.....	33
3.1.4	理想気体	34
3.2	第2法則（第2法則とは）.....	35
3.2.1	第2法則	35
3.2.2	カルノーサイクル	36
3.2.3	断熱変化	37
3.2.4	可逆過程	37
3.3	ガス（ガスと管路）.....	38
3.3.1	フーリエの法則	38
3.3.2	熱伝導率	38
3.3.3	管路の種類.....	39
3.3.4	管路の問題	40
3.4	サイクル（各種サイクル）.....	40
3.4.1	エントロピ	41
3.4.2	不可逆過程.....	41
3.4.3	オットーサイクル	42
3.4.4	ディーゼルサイクル.....	43



機械力学

（振動の基礎）

44

4.1	振動の基礎（自由振動と要素）.....	44
4.1.1	調和振動	44
4.1.2	運動方程式.....	45

4.1.3	エネルギー	45
4.1.4	自由振動	47
4.2	減衰振動と強制振動（減衰振動・強制振動と各要素）	47
4.2.1	粘性減衰振動	48
4.2.2	粘性減衰係数	48
4.2.3	強制振動	48
4.2.4	防振	50
4.3	回転機械の動力学（回転体のつりあい）	51
4.3.1	不つりあい	51
4.3.2	つり合い試験	51
4.3.3	ふれ回り	52
4.3.4	危険速度	52
4.4	往復機械の動力学（往復機械と振動抑制）	53
4.4.1	ピストン・クランク機構	53
4.4.2	振動原因	54
4.4.3	質量の置き換え	54
4.4.4	つり合わせ	55

2章 材料 57~112

1	金属材料 （組織と熱処理）	58
1.1	種類（高融点，低融点，軽合金など）	58
1.1.1	工業材料に使われる金属	58
1.1.2	高融点重合金	59
1.1.3	低融点重合金	59
1.1.4	軽合金と新金属	60
1.2	結晶（金属の結晶構造）	60
1.2.1	結晶構造	61
1.2.2	変態温度	61
1.2.3	結晶の面と方向	62
1.2.4	各種結晶	63
1.3	合金（合金の構造と特徴）	64
1.3.1	合金の構造	64
1.3.2	固溶体	64
1.3.3	共晶	65
1.3.4	各種合金	65
1.4	熱処理（熱処理の方法と特徴）	66
1.4.1	焼入れ，焼戻し	66
1.4.2	焼なまし，焼ならし	67
1.4.3	析出，時効	67
1.4.4	変態	68

2	金属材料 (機械的性質)	70
2.1	変形 (弾性編成と塑性変形)	70
2.1.1	応力-ひずみ曲線	70
2.1.2	弾性変形	71
2.1.3	引張強さ	72
2.1.4	塑性変形	72
2.2	強度特性 (衝撃試験とクリープ)	73
2.2.1	シャルピー衝撃試験	73
2.2.2	破壊じん性試験	74
2.2.3	クリープ	75
2.2.4	疲労強度	76
2.3	腐食 (金属の腐食とその防止)	77
2.3.1	腐食反応	77
2.3.2	腐食損傷形態 (1)	79
2.3.3	腐食損傷形態 (2)	79
2.3.4	腐食の防止	80
2.4	機能 (超電導材料, アモルファスなどの機能性材料)	81
2.4.1	超電導材料の特性	81
2.4.2	超電導材料の応用	82
2.4.3	機能性材料 (1)	82
2.4.4	機能性材料 (2)	84

3	プラスチック材料 (種類と成形法など)	86
3.1	種類 (熱可塑性樹脂, 熱硬化性樹脂)	86
3.1.1	プラスチックの種類	86
3.1.2	熱可塑性樹脂	87
3.1.3	熱硬化性樹脂	87
3.1.4	プラスチックの特徴	87
3.2	力学的性質 (粘弾性挙動)	88
3.2.1	粘弾性挙動	88
3.2.2	時間-温度換算則	88
3.2.3	プラスチックの機械的性質 (1)	89
3.2.4	プラスチックの機械的性質 (2)	90
3.3	成形法 (射出成形と金型)	90
3.3.1	成形法の種類	90
3.3.2	射出成形の型締機構	92
3.3.3	射出機構	93
3.3.4	金型温度制御	94
3.4	設計法 (プラスチックの形状設計と強度設計)	95
3.4.1	形状設計 (肉厚, リブ, ボス)	95
3.4.2	形状設計 (ウエルドライン, 他)	96

3.4.3 強度設計（温度，耐薬品性）.....	97
3.4.4 強度設計（時間）.....	98

4 複合材料・セラミック材料 (種類と使い分け) 100

4.1 複合材料の種類（母材と強化材）.....	100
4.1.1 複合材料の種類.....	100
4.1.2 機能性複合材料の特徴.....	101
4.1.3 複合則（弾性係数）.....	102
4.1.4 複合則（強度）.....	103
4.2 複合材料の成形法と応用分野（航空機，新幹線などへの応用）.....	103
4.2.1 複合材料の成形法.....	103
4.2.2 複合材料の特徴.....	104
4.2.3 航空機への応用.....	104
4.2.4 磁気浮上リニアへの応用.....	106
4.3 セラミック材料の種類（酸化物セラミックスと非酸化物セラミックス）.....	107
4.3.1 セラミック材料の種類.....	107
4.3.2 セラミック材料の特徴.....	108
4.3.3 酸化物セラミックス.....	108
4.3.4 非酸化物セラミックス.....	109
4.4 セラミック材料の適用（高温環境下，高強度部材）.....	109
4.4.1 欠陥敏感性とX線検査法.....	109
4.4.2 超音波探傷法.....	110
4.4.3 適用例（1）.....	110
4.4.4 適用例（2）.....	111

3章 設計・製図..... 113~165

1 機械製図の基礎 (製図の基本事項) 114

1.1 投影法（各種投影法）.....	114
1.1.1 第一角法と第三角法.....	114
1.1.2 図面の見方（1）.....	114
1.1.3 図面の見方（2）.....	115
1.1.4 正投影法と斜投影法.....	116
1.2 線の種類，図形（線の使い分け）.....	116
1.2.1 線の名称.....	116
1.2.2 線の用途（1）.....	117
1.2.3 線の用途（2）.....	118

1.2.4	図形の表し方	119
1.3	寸法記入（寸法の入れ方）	119
1.3.1	寸法記入の基本	119
1.3.2	寸法補助記号	120
1.3.3	寸法記入例（1）	121
1.3.4	寸法記入例（2）	121
1.4	はめあい（はめあいと公差）	122
1.4.1	はめあいと公差	122
1.4.2	はめあいの種類	122
1.4.3	はめあい方式	124
1.4.4	公差等級	124

2 機械要素の製図 (各部品の図示方法)

2.1	ねじ（ねじの規格）	126
2.1.1	ねじの表示	126
2.1.2	ねじの描き方	127
2.1.3	ねじの表し方	127
2.1.4	ボルトとナットの種類	128
2.2	軸受（軸受の種類と役割）	129
2.2.1	すべり軸受と荷重	130
2.2.2	すべり軸受と潤滑	130
2.2.3	ころがり軸受の種類	131
2.2.4	ころがり軸受の使い方	132
2.3	歯車（歯車の製図）	132
2.3.1	歯車の図面	132
2.3.2	要目表	132
2.3.3	歯車各部の名称	133
2.3.4	歯車の種類	134
2.4	ばね，他（ばね等の図示方法）	135
2.4.1	コイルばね	135
2.4.2	ばねの材料・形状	136
2.4.3	ばねの種類	137
2.4.4	溶接記号	137

3 機械設計の基礎 (機械部品の設計と加工)

3.1	加工精度（加工精度と費用の関係）	139
3.1.1	加工方法とサイズ公差	139
3.1.2	加工時間と表面粗さ	140
3.1.3	加工方法と表面粗さ	141
3.1.4	加工精度と費用	141
3.2	加工費用（加工費用と組立費用）	142
3.2.1	加工面積の削減	142

3.2.2	加工の標準化	143
3.2.3	段取り替え	144
3.2.4	標準材	145
3.3	サイズ公差（サイズ公差の使い方）	145
3.3.1	許容限界の記入方法	146
3.3.2	許容限界サイズの表し方	146
3.3.3	普通公差	147
3.3.4	幾何公差	148
3.4	加工方法（加工方法と部品形状）	149
3.4.1	円板形部品の加工	150
3.4.2	円筒形部品の加工	151
3.4.3	加工できない部品	151
3.4.4	加工できない形状	152



信頼性設計

（機械設備の安全設計に関する基礎知識）

	（機械設備の安全設計に関する基礎知識）	154
4.1	強度設計（静的強度，疲労強度，剛性）	154
4.1.1	静的強度	154
4.1.2	疲労強度	154
4.1.3	剛性	155
4.1.4	破損事例	155
4.2	製造物責任，他（PL法など）	156
4.2.1	機械システムの故障原因	156
4.2.2	PL法	157
4.2.3	ISO	157
4.2.4	RoHS指令	158
4.3	機械システムの寿命（機械設備の寿命と故障率）	158
4.3.1	機械設備の寿命	159
4.3.2	初期故障期	160
4.3.3	偶発故障期	160
4.3.4	摩耗故障期	161
4.4	高信頼性設計（信頼度，フェイルセーフなど）	161
4.4.1	信頼性工学	161
4.4.2	信頼性向上の考え方	162
4.4.3	フェイルセーフ	164
4.4.4	フルプルーフ，他	164
索引	166



1章

機械工学基礎（4力）

機械 I
機械工学基礎 (4力)
材料
設計・製図



材料力学 (応力とひずみ, モーメントの基礎)

1.1 垂直応力とひずみ (ひずみ, ポアソン比)

材料力学は, 構造物や機械の設計で必要となる重要な学問です。

材料力学のもっとも基本になるのは, 力と変形の関係です。

断面積が一樣な棒に, 外力(負荷)が加わることによって, 棒の断面(平面)に生じる応力(単位面積当りの力)と生じるひずみ(単位長さ当りの伸び)について考えます。

1.1.1 フックの法則

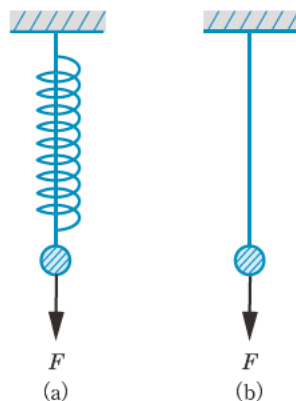


図1.1 ばねと針金に加わる力

図1.1 (a)のように, ばねに力 F を加えると, ばねが x 伸びるとします。力を2倍にすれば, 伸びも2倍になります。この関係を式で表しますと,

$$F = kx$$

となります。

これがフックの法則です。

比例定数の k のことを **ばね定数** といいます。

強いばねほど k の値は大きくなります。

この関係は、(a) のばねだけでなく、(b) のような針金や棒状の材料でも成立します。

材料力学では、

$$\sigma = E\varepsilon$$

で表します。

σ (シグマ) は材料の単位面積当りに加わる力で、**応力** といいます。

ε (イプシロン) は単位長さ当りの伸びで、**ひずみ** といいます。

E は**縦弾性係数**または**ヤング率**といいます。

1.1.2 垂直応力

図 1.2 のような、一定の断面積 A [mm²] で長さ l の針金に、力 F [N] を加えた場合の変形を考えます。

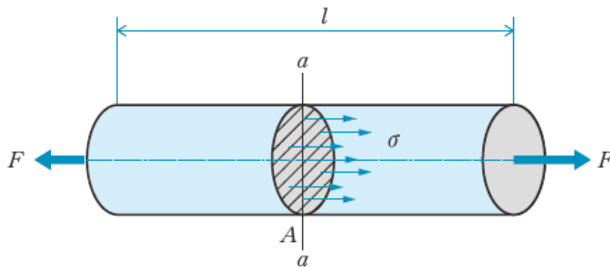


図 1.2 垂直応力

長手方向に対して垂直な任意の断面 $a - a$ での、単位面積当りに加わっている力 σ [N/mm²] を、**垂直応力** (normal stress) といいます。

$$\sigma = F/A$$

このように応力の単位には、[N/m²] や [N/mm²] を用います。

なお、[N/m²] = [Pa]、[N/mm²] = [MPa] です。

1.1.3 垂直ひずみ, ポアソン比

図 1.3 のように, 直径 d で長さ l の針金を, 力 F で引っ張ったとします。

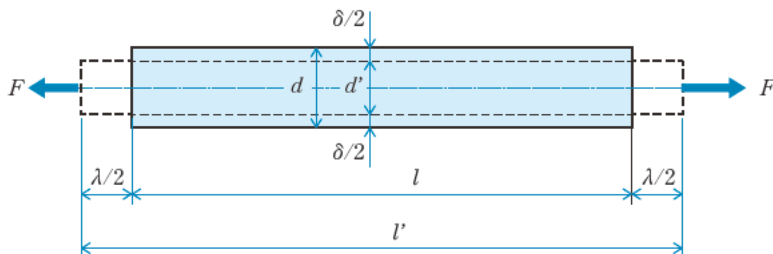


図 1.3 棒の伸びと縮み

その結果, 長さが伸びて l' になったとすれば, このときの伸びた分の全長は,

$$\lambda = l' - l$$

です。

ここで, この伸び λ (ラムダ) を元の長さ l で割った値を, **垂直ひずみ** といいます。つまり, ひずみ (strain) は単位長さ当りの伸びのことです。

垂直方向のひずみを, 垂直ひずみまたは**縦ひずみ**といい, ε で表します。

$$\varepsilon = \lambda / l$$

また, 針金が長手方向に伸びた分, 半径方向に縮みます。

半径 d が d' になったとします。

このときの縮みは, $\delta = d - d'$ です。

この δ (デルタ) を元の d で割った値を, **横ひずみ** といい, ε_d で表します。

$$\varepsilon_d = \delta / d$$

以上の縦ひずみと横ひずみの間には, 次のように一定の関係があります。

この式で ν (ニュー) は材料固有の値で, **ポアソン比** (Poisson's ratio) といいます。

針金 (鋼) では, 約 0.3 になります。

$$\varepsilon_d / \varepsilon = \nu : \text{横ひずみ} \div \text{縦ひずみ} = \text{ポアソン比}$$

1.1.4 伸び

図 1.4 のような引張り試験で、試験片の元の長さを L_0 、引張り後の長さを L とすると、ひずみ [%] は次の式で表されます。

$$\text{ひずみ} = \{(L - L_0) / L_0\} \times 100 \text{ [%]}$$

ここで注意することは、**ひずみが無次元量**であることです。

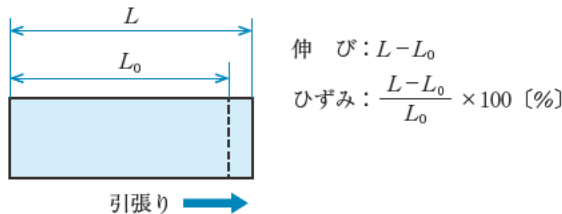


図 1.4 ひずみの計算

1.2 せん断応力（せん断変形、横弾性係数）

機械材料に働く力をよく観察すると、単純な圧縮や引張りだけではなく、ずれやねじりなどの複雑なものの方がはるかに多いことに気がつきます。

このことを十分に知った上で設計計算をしておかないと、実務では材料を使えないことになります。

ずれて材料に働く力が「せん断」です。剪断（せんだん）の「剪」は切るという意味です。英語では、shearing といいます。

1.2.1 せん断応力

図 1.5 に示すように、力 F が軸方向と直角に横方向から加わる場合を考えます。

日常的には、ひもや紙をはさみで切るような状態です。

力 F は断面 $A - A$ に対して平行に加わります。このような変形をせん断変形といいます。