

1 単位

単位は現在使われている**国際単位系** (System International d'unités) と、従来使われていた**工学単位系** (Engineering System of units) がある。この章では、この両方について要点のみを記しておく。

1.1 力

物体に働いてその運動状態を変えようとするものを**力**という。

1.2 国際単位系 (SI 単位系)

SI 単位では、kg (力) , m (長さ) , s (時間) を基本の単位とする。

力は**ニュートンの第 2 法則**によって次のように与えられる。

$$\text{力 (重量)} \quad F = m\alpha \quad (F: \text{力 [N]}, m: \text{質量 [kg]}, \alpha: \text{加速度 [m/s}^2]) \quad (1.1)$$

ここで、質量を 1kg, 加速度を 1m/s²としたときの力の単位を 1 ニュートン(N)という。すなわち

$$1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m/s}^2 \quad (1.2)$$

この単位を**国際単位系 (SI 単位系)**という。

応力, 圧力は**単位面積当たりの力**であるため, [N/m²] , あるいはパスカル [Pa] を用いる。

$$1\text{N/m}^2 = 1 \text{ Pa} , \quad 1\text{kN/m}^2 = 1\text{kPa} \quad (1.3)$$

SI 単位系で使用する主な単位

	使用する単位	備考
質量	Mg, kg, g	t (ton)は使用しない
長さ	m, mm, μm	cm は使わないのが原則
面積	km ² , m ² , mm ²	
体積	m ³ , mm ³	
圧力, 応力, 弾性係数	MN/m ² , kN/m ²	重力の加速度を考慮した N が含まれる

1.3 工学単位系

物体は重力の作用によって重さをもつ。

$$\text{重さ} \quad W = mg \quad (1.4)$$

すなわち, **物体の重量とはその物体に働く重力の大きさ**である。

$m=1\text{kg}$ とした場合は $W=g$ となって, 地球上では物体が受ける重力の大きさが重さとなる。

すなわち, 質量 1kg の物体に働く重力を 1kg 重の力(kgf)とよぶ。

これを**工学単位系**という。

	工学単位系	SI 単位系
力	1kgf	9.81N
圧力	1kgf/cm ² =10tf/m ²	98.1kN/m ² =98.1kPa=0.0981MPa
	1tf/m ²	9.81kN/m ² =9.81kPa=0.00981MPa
単位体積重量	1gf/cm ³ =1tf/m ³	9.81kN/m ³
粘性係数	1g/cm·s	0.1N·s/m ² =0.1Pa·s
仕事	1kgf·m	9.81N·m=9.81J

1.4 単位換算表

1.4.1 応力・圧力の単位の換算

Pa N/m ²	kPa kN/m ²	MPa N/mm ²	kgf/mm ²	kgf/cm ² 10tf/m ²
1	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁶	1.02×10 ⁻⁷	1.02×10 ⁻⁵
1×10 ³	1	1×10 ⁻³	1.02×10 ⁻⁴	1.02×10 ⁻²
1×10 ⁶	1×10 ³	1	0.102	10.2
9.81×10 ⁶	9.81×10 ³	9.81	1	100
9.81×10 ⁴	98.1	9.81×10 ⁻²	1.00×10 ⁻²	1
1.01×10 ⁵	101	0.101	1.03×10 ⁻²	1.03
1.00×10 ⁵	100	0.1	1.02×10 ⁻²	1.02
9.81×10 ³	9.81	9.81×10 ⁻³	1.00×10 ⁻³	0.1
1.33×10 ⁵	133	0.133	1.36×10 ⁻²	1.36

1.4.2 その他よく使う単位の換算

力の単位

SI 単位→重力単位

SI 単位	重力単位
1N	102gf
2N	204gf
5N	510gf
10N	1.02kgf
20N	2.04kgf
50N	5.10kgf
100N	10.2kgf
200N	20.4kgf
500N	51.0kgf
1kN	102kgf
2kN	204kgf
5kN	510kgf
10kN	1.02tf
20kN	2.04tf
50kN	5.10tf
100kN	10.2tf
200kN	20.4tf
500kN	51.0tf
1MN	102tf
2MN	204tf
5MN	510tf
10MN	1020tf

重力単位→SI 単位

重力単位	SI 単位
100gf	0.981N
200gf	1.96N
500gf	4.90N
1kgf	9.81N
2kgf	19.6N
5kgf	49.0N
10kgf	98.1N
20kgf	196N
50kgf	490N
100kgf	981N
200kgf	1.96kN
500kgf	4.90kN
1tf	9.81kN
2tf	19.6kN
5tf	49.0kN
10tf	98.1kN
20tf	196kN
50tf	490kN
100tf	981kN
200tf	1.96MN
500tf	4.90MN
1000tf	9.81MN

モーメントの単位

SI 単位→重力単位

SI 単位	重力単位
10N・m	1.02kgf・m
20N・m	2.04kgf・m
50N・m	5.10kgf・m
100N・m	10.2kgf・m
200N・m	20.4kgf・m
500N・m	51.0kgf・m

重力単位→SI 単位

重力単位	SI 単位
1kgf・m	9.81N・m
2kgf・m	19.6N・m
5kgf・m	49.0N・m
10kgf・m	98.1N・m
20kgf・m	196N・m
50kgf・m	490N・m

圧力の単位

SI 単位→重力単位

SI 単位	重力単位
100kPa	1.02kgf/cm ²
200kPa	2.04kgf/cm ²
500kPa	5.10kgf/cm ²
1MPa	10.2kgf/cm ²
2MPa	20.4kgf/cm ²
5MPa	51.0kgf/cm ²
10MPa	102kgf/cm ²
20MPa	204kgf/cm ²
50MPa	510kgf/cm ²
100MPa	1020kgf/cm ²

重力単位→SI 単位

重力単位	SI 単位
1kgf/cm ²	98.1kPa
2kgf/cm ²	196kPa
5kgf/cm ²	490kPa
10kgf/cm ²	981kPa
20kgf/cm ²	1.96MPa
50kgf/cm ²	4.90MPa
100kgf/cm ²	9.81MPa
200kgf/cm ²	19.6MPa
500kgf/cm ²	49.0MPa
1000kgf/cm ²	98.1MPa

加速度の単位

SI 単位→重力単位

SI 単位	重力単位
1m/s ²	0.102G
10m/s ²	1.02G
20m/s ²	2.04G
50m/s ²	5.10G
100m/s ²	10.2G
200m/s ²	20.4G
500m/s ²	51.0G
1000m/s ²	102G
2000m/s ²	204G

重力単位→SI 単位

重力単位	SI 単位
1G	9.81m/s ²
2G	19.6m/s ²
5G	49.0m/s ²
10G	98.1m/s ²
20G	196m/s ²
50G	490m/s ²
100G	981m/s ²
200G	1960m/s ²

1.5 その他

	SI 単位		工学単位
水の密度 ρ_w	1 000kg/m ³	地盤工学では g/cm ³ を使用する	1 g/cm ³ (Mg/m ³)
水の単位体積重量 γ_w	9.81kN/m ³	密度に重力の加速度を乗じて求める	1gf/cm ³ =1tf/m ³
重力加速度	$g=9.81m/s^2$		
単位体積重量	γ (kN/m ³)= 9.81ρ (g/cm ³ または Mg/m ³)		

注) 土の物理学的計算では質量密度(密度)は ρ (Mg/m³, kg/m³, g/cm³) を使用する。
 密度 ρ の力学的計算では単位体積重量 γ に変換して使うため、重力加速度を掛ける。
 SI 単位系では質量としての Mg, kg, g であり、重量という用語は単位体積重量以外は使用しない。

1.6 倍数を表す接頭記号

倍数	名称	記号	倍数	名称	記号
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻¹	デシ	d
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10	デカ	da	10 ⁻¹⁸	アト	a

[例題 1.1] SI 単位と工学単位の換算例

$$1\text{MPa}=1\text{MN}/\text{m}^2=1\ 000\text{kPa}=1\ 000\text{kN}/\text{m}^2=10.2\text{kgf}/\text{cm}^2=1\text{N}/\text{mm}^2$$

$$1\text{MN}/\text{m}^2=\frac{1\ 000\ 000}{(1\ 000)^2}\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}=1\text{N}/\text{mm}^2$$

$$1\text{N}=0.102\text{kgf}$$

$$1\text{MN}/\text{m}^2=10^2\text{N}/\text{cm}^2=10.2\text{kgf}/\text{cm}^2$$

$$1\text{Pa}=1.02\times 10^{-5}\text{kgf}/\text{cm}^2$$

$$1\text{kgf}=1\text{kg}\times 9.8\text{m}/\text{s}^2=9.8\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2=9.8\text{N}=0.098\text{MN}/\text{m}^2$$

$$1\text{kgf}/\text{cm}^2=9.8\times 10^4\text{Pa}$$

$$1\text{tf}=9.81\text{kN}$$

$$E_s=2.1\times 10^6\text{kgf}/\text{cm}^2=2.1\times 10^6\times 9.81/10^{-4}\text{N}/\text{m}^2=206.01\times 10^9\text{N}/\text{m}^2=206\text{GPa}$$

$$E_c=1.4\times 10^5\text{kgf}/\text{cm}^2=1.4\times 10^5\times 9.81/10^{-4}\text{N}/\text{m}^2=137.34\times 10^8\text{N}/\text{m}^2=13.7\text{GPa}$$

$$n=E_s/E_c=206/13.7=15 \text{ (換算係数)}$$

MN/m² 表記の数を 10 倍すると kgf/cm² にほぼ換算される,

注) 単位に関することはどの工学書にも記述されています。私が使い易いように寄せ集めました。

ちょっと休憩[1-1] (仕事)

質量 $M=1.00\text{kg}$ の物体は, その重量は $F=1.00\text{kgf}$ ($=9.81\text{N}$)である.

この物体を 1.00m 鉛直上方へ持ち上げる仕事は $W=FL=9.81\text{N}\times 1\text{m}=9.81\text{J}$ である.

質量 $M=56.0\text{kg}$ の私の重さは $F=56.0\text{kgf}$ ($=549.36\text{N}$) である. 私の体重が 549N ? ンーン!

私が 1m 飛び上がるには, $W=FL=549.36\text{N}\times 1\text{m}=549.36\text{J}$ の仕事をしなければならない. ンーン!?

ちょっと休憩[1-2] (単位のまとめ)**まとめ**

(1) 力の基本単位: 長さ $[\text{m}]$ (または $[\text{mm}]$), 質量 $[\text{kg}]$, 時間 $[\text{s}]$

(2) 国際単位 (SI 単位) $[\text{N}]$ (ニュートン)

ニュートンの運動方程式 $F=m\alpha$ で, $m=1\text{kg}$, $\alpha=1\text{m/s}^2$ としたときの F を 1N と表す.

すなわち, $1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$

工学単位 $[\text{kgf}]$: 1kg の質量にかかる重力を 1kgf と表す.

換算: $1\text{kgf}=1\text{kg}\cdot 9.81\text{m/s}^2=9.81\text{N}$ (1kgf は約 10N)

(3) 応力(圧力): 単位面積当たりの力

国際単位 $[\text{Pa}]$ (パスカル); $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$

$1\text{MPa}=10^6\text{Pa}=1\text{N/mm}^2$, $1\text{HPa}=100\text{Pa}$

工学単位 $[\text{kgf/cm}^2]$ $1\text{kgf/cm}^2=10\text{tf/m}^2=98.1\text{kN/m}^2=98.1\text{kPa}$

(4) 仕事: **仕事=力×距離** 仕事 J (ジュール) $=\text{N}\cdot\text{m}$

仕事率: 単位時間当たりの仕事 仕事率 W (ワット) $=\text{J/sec}$

(電気のワット=アンペア×ボルト)

1HP (馬力) $=750\text{W}$

$1\text{kW}=860\text{Kcal/h}$