例題で学ぶ

建築構造力学 1

― 静定構造力学編 ―

大崎　純
本間 俊雄　共著

コロナ社

ま　え　が　き

建築物には，住宅，事務所ビル，集会所などのさまざまな用途があり，それぞれの目的のために空間が計画され，設計される。古代ローマ時代の建築家であるウィトルウィウスが『建築十書』で述べたように，建築に要求される性能は，強（firmitas），用（utilitas），美（venustas）である。そのなかで，特に地震国であるわが国では，「強」がきわめて重要な役割を果たす。

建築学を学ぶ多くの学生は，「美」あるいは「用」に興味をもっているであろう。しかし，いくら美しく，使用性に優れた建物でも，地震や台風で損傷したり，人間に危害を与えるようでは，優れた建築とはいえない。また，欧米の国々とは異なり，日本では建築学は工学に含まれ，芸術家に近い建築家を目指す学生も，建築構造や建築環境など，工学を学ぶことが要求される。その意味でも，災害の多い国で，優れた建築が設計できる素養を身につけるためには，構造力学を学ぶことがきわめて重要である。特に，スタジアムやアリーナなどの大空間をデザインする際には，力学的な感覚が必要不可欠であり，力学的合理性や，スムーズな力の流れを表現することが，建築の美しさにつながる。

建築の設計と生産の過程の概要を**図 1** に示す。小規模な建築物では，構造設計は意匠設計（デザイン）と建築計画（室配置，動線計画など）の後に位置付けられる。しかし，大規模な建築物では，このような一方通行のプロセスではなく，意匠設計から生産までのすべてのプロセスの専門家が協調することが重要である。

意匠設計 ⇒ 建築計画 ⇒ 構造設計 ⇒ 設備設計 ⇒ 生　　産 ⇒ 運用・維持管理

図 1　建築の設計と生産の過程の概要

構造設計は，建築計画によって決められた柱やはりなどの構造要素の配置に基づいて，その材料，剛性，強度などを決定する過程である。小規模の建築物では，機械的に構造計算を実行してさまざまな基・規準に適合することを示す手続きであるが，その判定に用いられる式の意味を理解することが重要である。また，大規模あるいは特殊な建築物では，この過程で，構造設計者の力学的知識と感覚に裏付けされた能力が発揮される。構造設計のためには，鉄骨構造や鉄筋コンクリート構造などの各種構造の知識が必要であり，構造力学は，それらの基本となる学問分野である。

構造力学には多くの教科書があり，基本的なことを簡明に説明したもの，高度な内容を説

明することに重点を置いたものなど，それぞれ特徴をもっている。本書はそれらの中間的な難易度で，できるだけストーリー性をもたせて，例題を通じて学習することによって，講義の教科書としてだけではなく，自習書としても使用できるように執筆した。そのため，数式を並べるのではなく，行間を埋めるような説明を加えている。

本書では，おもに静定構造を解くための方法を，力の釣合い，材料の性質，断面力，断面の性質・応力，たわみの順に学ぶ。建築の分野に進む学生のなかで，構造を専門としない人や，1級建築士を受験しない人には本書の内容だけで十分かもしれない。一方，建築構造を将来専門とする人に必要な不静定構造の解法，エネルギー原理，塑性解析，座屈などは，本書の続刊『例題で学ぶ建築構造力学2 ―不静定構造力学編―』で解説する。

構造力学は数学と力学に基礎を置いているが，建築物という人工物を実際に解析したり設計することを目的としている。したがって，単位，次元，およびスケールの概念がきわめて重要である。**表1**に，本書で使われる力学量の次元と単位をまとめておく。また，構造力学ではいくつかのギリシャ文字を用いるため，なじみのない読者のためにそれらの読み方を**表2**にまとめておく。

表1　力学量の次元と単位（M：質量，L：長さ，F：力，T：時間）

	次元	単位		次元	単位
長さ	L	m，mm=10^{-3} m，cm=10^{-2} m	応力，圧力	FL^{-2}	N/m^2，Pa=N/m^2
時間	T	s	ひずみ	1	1
質量	M	kg，g=10^{-3} kg	力のモーメント	FL	Nm
力	$F=MLT^{-2}$	$N=kgm/s^2$	弾性係数	FL^{-2}	N/m^2
角度	1	rad	断面2次モーメント	L^4	m^4
密度	ML^{-3}	kg/m^3			

表2　ギリシャ文字の記号と読み方

ギリシャ文字		読み方		ギリシャ文字		読み方	
大文字	小文字	カナ	アルファベット	大文字	小文字	カナ	アルファベット
A	α	アルファ	alpha	N	ν	ニュー	nu，ny
B	β	ベータ	beta	Ξ	ξ	グザイ，クシー	xi
Γ	γ	ガンマ	gamma	O	o	オミクロン	omicron
Δ	δ	デルタ	delta	Π	π	パイ	pi
E	ε	イプシロン，エプシロン	epsilon	P	ρ	ロー	rho
Z	ζ	ゼータ	zeta，dzeta	Σ	σ	シグマ	sigma
H	η	イータ，エータ	eta	T	τ	タウ	tau
Θ	θ	シータ	theta	Υ	υ	ウプシロン，ユプシロン	upsilon，ypsilon
I	ι	イオタ，アイオタ	iota	Φ	φ	ファイ，フィー	phi
K	κ	カッパ	kappa	X	χ	カイ，キー	chi，khi
Λ	λ	ラムダ	lambda	Ψ	ψ	プサイ，サイ，プシー	psi
M	μ	ミュー	mu，my	Ω	ω	オメガ	omega

2013年2月

大崎　純
本間俊雄

目　　次

1. 力の釣合い

1.1　構造力学とニュートンの運動の法則 …… 1
1.2　力と力のモーメント …… 2
　1.2.1　力の表現 …… 2
　1.2.2　力のモーメントと偶力 …… 4
1.3　力の合成 …… 7
　1.3.1　2つの力の合成（作用線が一致する力と1点で交わる力） …… 7
　1.3.2　3つ以上の力の合成（作用線が1点で交わる力） …… 9
　1.3.3　作用線が1点に交わらない力の合成 …… 13
1.4　力の分解 …… 18
1.5　力の釣合い …… 22
1.6　物体の釣合いと自由体 …… 25
演習問題 …… 27

2. 材料の性質

2.1　垂直応力と縦ひずみ …… 28
2.2　変断面棒の力と変形 …… 31
2.3　横方向変形 …… 32
2.4　せん断変形 …… 33
演習問題 …… 37

3. 静定ばりとラーメンの断面力

3.1　はりのモデル化 …… 38
　3.1.1　部材のモデル化 …… 38

3.1.2 支点と荷重のモデル化 …… 39
3.2 はりの断面力 …… 40
3.3 静定・不静定と安定・不安定 …… 42
3.3.1 トラス …… 43
3.3.2 ラーメン …… 43
3.3.3 部分的に剛接合された骨組 …… 45
3.3.4 不安定なトラスと骨組 …… 46
3.4 静定ばりの反力 …… 47
3.4.1 単純ばり …… 48
3.4.2 片持ばり …… 50
3.5 静定ばりの断面力 …… 52
3.5.1 単純ばり …… 52
3.5.2 片持ばり …… 56
3.6 釣合い微分方程式 …… 59
3.7 ゲルバーばり …… 64
3.8 静定ラーメン …… 67
3.8.1 片持ばり形ラーメン …… 68
3.8.2 単純ばり形ラーメン …… 69
3.8.3 3ヒンジラーメン …… 71
演習問題 …… 73

4. 断面の性質と応力

4.1 断面の性質 …… 74
4.1.1 断面積 …… 74
4.1.2 断面1次モーメント …… 74
4.1.3 断面2次モーメント …… 77
4.1.4 断面2次半径 …… 82
4.1.5 断面2次極モーメント …… 82
4.1.6 断面相乗モーメント …… 83
4.2 断面の応力 …… 86
4.2.1 垂直応力（引張応力，圧縮応力） …… 86
4.2.2 曲げによる垂直応力 …… 86
4.2.3 軸力と曲げを同時に受ける部材 …… 89

4.2.4　曲げによるせん断応力……90
4.2.5　ねじりによるせん断応力……93
4.3　主　応　力……95
4.4　モールの応力円……97
4.5　軸力と2軸曲げが作用する部材の応力……99
演　習　問　題……103

5. 静定ばりのたわみ

5.1　棒　の　変　形……105
5.2　はりのたわみ曲線……107
5.2.1　単　純　ば　り……109
5.2.2　片　持　ば　り……111
5.3　モールの定理……113
5.3.1　単　純　ば　り……114
5.3.2　片　持　ば　り……115
5.3.3　ゲルバーばり……116
演　習　問　題……118

6. 静 定 ト ラ ス

6.1　トラスの形態……119
6.2　静 定 ト ラ ス……120
6.3　節点法（数式解法）……121
6.4　切　断　法……125
6.5　軸力分布の特徴……127
6.6　合　成　骨　組……129
演　習　問　題……134

演習問題解答……135
索　引……144

『例題で学ぶ 建築構造力学 2 ― 不静定構造力学編 ―』

主 要 目 次

1. 仮想仕事の原理
2. エネルギー原理
3. 不 静 定 ば り
4. た わ み 角 法
5. 固定モーメント法
6. 不静定トラス・骨組
7. 塑性解析と極限解析
8. 柱と骨組の座屈

1章　力の釣合い

建築構造力学は，自重や積雪，風や地震などの力に対して，建物の挙動を予測する解析手法の原理・概念，および計算手順の基礎を提供する科目である。構造力学の学習によって得られる知識や技術は，建物を設計する際の基本となる。本章では，力の概念と力の合成・分解，および力の釣合いについて学ぶ。ここで示す力に関する基礎の習得は，2章以降を理解するうえで必要不可欠である。

1.1　構造力学とニュートンの運動の法則

建物には種々の外力（荷重）が作用する。これらの荷重を大きく分類すると，静的荷重と動的荷重に分けられる。静的荷重には固定荷重や積載荷重あるいは土圧や積雪荷重などがある。固定荷重は建物自体がもつ重さ，すなわち自重を指す。積載荷重は建物内部に設置する設備などの重量である。土圧は地下部の柱・壁などに地盤から働く力である。積雪荷重は地域により設定が異なる。動的荷重には，地震力や風圧力があげられる。単純に静的・動的荷重に分類できない特殊な荷重もあり，温度荷重や衝撃荷重などがその例である。温度荷重は，気温変化による熱膨張・収縮による力である。建物の大形化に伴い，この温度荷重が大きく影響するようになる。衝撃荷重は，機器の衝突を考慮する際の力である。

構造力学は，これらの荷重の組合せに対し，建物を構成する部材（はりや柱などの棒材，壁や屋根などの面材，その他の連続体など）の内部や外部，あるいは接合部に発生する力の関係や変形を調べる学問分野である。力は明示することができないため，抽象的なモデルを理解する能力が必要となる。しかしながら，部材内部や外部の力の関係などがわからなければ，荷重に抵抗できる構造システムの構築や部材の選定に至らない。つまり，構造力学は，建物の安全性を確保する構造設計の基本であり，建築物を設計するうえで，きわめて重要な役割を担う。

構造力学を学ぶうえでの重要な基礎は，ニュートン（Newton）力学である。ニュートン力学では，よく知られているつぎの3つの運動の法則がある。

①　第1法則：慣性則

② 第2法則：運動方程式

③ 第3法則：作用・反作用則

慣性則は，外力（荷重）を受けるまで，物体はその運動（静止）状態を維持（等速度運動）することを説明する。運動方程式は，物体の運動（速度）の時間的変化（加速度）が，それに作用する力の大きさに比例することを表現する。この比例定数が物体の質量と呼ばれる。作用・反作用則は，静止する物体上のすべての作用力に対し，大きさが等しくかつ反対向きの反作用力がつねに存在することを説明する。本章を学ぶうえで重要な法則は，このなかで3番目の作用・反作用則である。

1.2　力と力のモーメント

1.2.1　力 の 表 現

力は，「大きさ」，「方向」，「作用点（作用線）」の3要素により定義され，**図 1.1** に示すように始点と終点で構成する矢印で表現する。矢印の長さが「大きさ」，向きが「方向」，始点が「作用点」である（表現上，終点を「作用点」とすることもある）。作用点を通る力の方向に沿った線分（直線）を作用線と呼ぶ。力の作用方向は矢印の向きにより与えられる。この3要素がすべて同じとき，同じ力という。

これらの表現をもつ力はベクトルとして扱うことができ，通常のベクトル演算に関する操作が可能である。例えば，力の成分はベクトルの各成分を用いて表現され，力 $\boldsymbol{P}$ の作用方向の逆向きの力は $-\boldsymbol{P}$ と表記する。いま，直交座標 $(x,\ y,\ z)$ の各単位基底ベクトルを $\boldsymbol{e}_x$, $\boldsymbol{e}_y$, $\boldsymbol{e}_z$ とおくと，任意の力 $\boldsymbol{P}$ は

$$\boldsymbol{P}=P_x\boldsymbol{e}_x+P_y\boldsymbol{e}_y+P_z\boldsymbol{e}_z=\boldsymbol{P}_x+\boldsymbol{P}_y+\boldsymbol{P}_z \tag{1.1}$$

のように成分表示される。

ここで，$\boldsymbol{e}_x\cdot\boldsymbol{e}_x=\boldsymbol{e}_y\cdot\boldsymbol{e}_y=\boldsymbol{e}_z\cdot\boldsymbol{e}_z=1$，　$\boldsymbol{e}_x\cdot\boldsymbol{e}_y=\boldsymbol{e}_y\cdot\boldsymbol{e}_z=\boldsymbol{e}_z\cdot\boldsymbol{e}_x=0$ である。

P_x，P_y，P_z は，力 $\boldsymbol{P}$ のそれぞれ x，y，z 方向の成分であり，終点と始点の位置座標の差によりこれらの値が得られる。この力の始点と原点を一致させ，**図 1.2** のように図示する

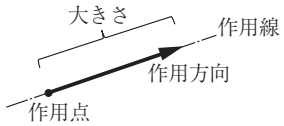

図 1.1　力の表現

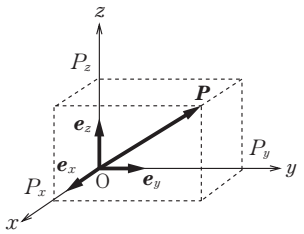

図 1.2　力の成分表示

と，各成分についてのイメージがわかるであろう。つまり，式 (1.1) は，力を一次独立な（平行でない）直線方向の力に分けて表現できることを示している。

例題 1.1　**図 1.3** に示すベクトル $\boldsymbol{P}$ を直交座標 $(x,\ y)$ の成分で表示せよ。

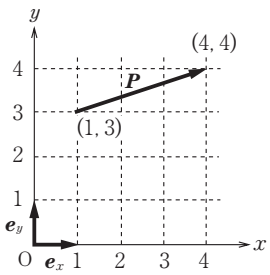

図 1.3

【解答】　$\boldsymbol{P}=P_x\boldsymbol{e}_x+P_y\boldsymbol{e}_y$ より

$$P_x=4-1=3,\quad P_y=4-3=1,\quad \boldsymbol{P}=3\,\boldsymbol{e}_x+\boldsymbol{e}_y=\begin{Bmatrix}3\\1\end{Bmatrix}$$

のように求められる。　◇

通常，**図 1.4** に示すように力は物体に作用すると，その物体を平行移動および回転移動させようとする働きをもつ。平行移動は力の作用する方向の変位である。回転移動はある回転中心のまわりに回転する変位である。物体が中空に浮いた状態ではなく，移動を拒む境界条件（拘束条件）が与えられると，作用力はその作用線方向に物体内部を通して伝搬し，境界構造に力を作用させる。その反作用力として境界構造から力を受け，その物体は静止する。

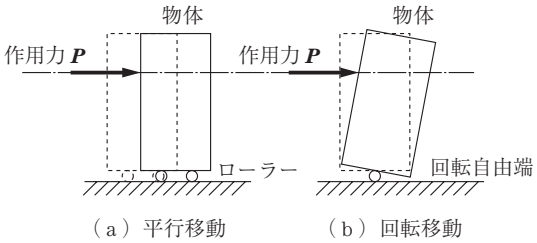

図 1.4　力による移動

図 1.5（a）に示すように，重さのない円盤状の物体の中心を力の作用線が通るように力を作用させると，この物体に水平移動させる働きが生じる。しかし，壁があるので移動が妨げられ，反作用力 $\boldsymbol{R}$ が発生する。これら 2 つの力は，作用線が一致し，たがいの力を打ち消し合い，その物体が静止する〔図（b）〕。したがって，作用力 $\boldsymbol{P}$ と反作用力 $\boldsymbol{R}$ の間には

$$\boldsymbol{P}+\boldsymbol{R}=\boldsymbol{0}\quad\rightarrow\quad\boldsymbol{R}=-\boldsymbol{P}\tag{1.2}$$

（a）力を作用させた物体　　（b）自由体の作用力と反作用力

図 1.5　作用力と反作用力 $\boldsymbol{P}+\boldsymbol{R}=\boldsymbol{0}$

が成り立つ。

つまり，作用力 $\boldsymbol{P}$ と反作用力 $\boldsymbol{R}$ は，同一作用線上の同じ大きさで向きが逆の力である。回転移動については，1.2.2 項で説明する。

物体に力を作用させ，静止状態にあるならば，一般に物体は変形する。このような物体を変形体と呼ぶ。力を作用させたとしても，変形しないと見なせる物体もある。これを剛体と呼ぶ。剛体に作用する力がその作用線に沿って移動したとしても，剛体上に働く力の効果は変わらない。変形体についても，力の釣合いを検討する際には，変形体から切り出す物体の概念を用いることで剛体と同じ扱いができる。この切り出した物体を自由体と呼ぶ。

本書では，この自由体の力の関係を利用する。物体から切り出された自由体は，もとの物体の力の関係から，自由体に力が作用し，物体に作用する力を視覚的に理解することができる便利な道具となる。

1.2.2　力のモーメントと偶力

物体を平行移動させようとする力の働きに対し，力のモーメントには，物体を回転移動させようとする働きがある。回転移動させるには，**図 1.6** に示すように力 $\boldsymbol{P}$ と回転中心 O が必要である。ここに，回転中心から回転移動させる力の作用線に垂線を降ろした点 O′によって構成される腕の長さ L（回転中心と力の作用線の最短距離）と，力の大きさ $(P=\|\boldsymbol{P}\|)$ の積が力のモーメントの大きさ（PL）である。つまり，力のモーメントの単位は力×長さ（距離）である。力のモーメントは回転中心を通る軸まわりの回転移動に関する力であり，回転軸に対して時計回りか反時計回りかの向きが存在する。通常，時計回りを正，反時計回りを負とおく。もちろん，回転中心 O を通過する作用線上の力は，その回転中心に対して力のモーメントを生じさせない。

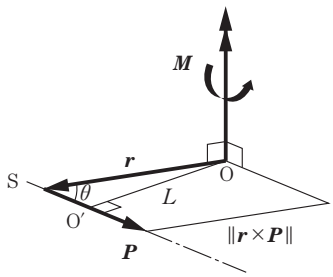

図 1.6　力のモーメントの定義

回転中心を原点とした，位置ベクトル $\boldsymbol{r}$ $(r=\|\boldsymbol{r}\|)$ の点に力のベクトル $\boldsymbol{P}$ を作用させると，力のモーメントベクトル $\boldsymbol{M}$ $(M=\|\boldsymbol{M}\|)$ は

$$\boldsymbol{M}=\boldsymbol{r}\times\boldsymbol{P}\quad (M=PL=Pr\sin\theta) \tag{1.3}$$

で定義される。

図 1.6 に示すように，$\boldsymbol{r}=\overrightarrow{\mathrm{OS}}$ と $\boldsymbol{P}$ の外積（ベクトル積）$\boldsymbol{r}\times\boldsymbol{P}$ の大きさ $\|\boldsymbol{r}\times\boldsymbol{P}\|$（$\boldsymbol{r}$ と $\boldsymbol{P}$ により構成される平行四辺形の面積）が力のモーメントの大きさであり，ベクトル $\boldsymbol{r}\times\boldsymbol{P}$ は右ねじの回転方向に力の向きが定義される。つまり，ベクトル $\boldsymbol{r}$ と力のベクトル $\boldsymbol{P}$ のいずれか一方の，他方との垂直な成分のみ，力のモーメント $\boldsymbol{M}$ に寄与する。なお，力のモーメントベクトルは，力のベクトルと区別するため，図 1.6 に示すように 2 つの矢印を付けて表記する。

式 (1.1) の表現を用いると，力のモーメントの成分は以下のようになる。任意の力 $\boldsymbol{P}$ と，任意の回転中心 O から力 $\boldsymbol{P}$ の始点 S 点までのベクトル $\boldsymbol{r}$ を

$$\boldsymbol{P}=P_x\boldsymbol{e}_x+P_y\boldsymbol{e}_y+P_z\boldsymbol{e}_z,\quad \boldsymbol{r}=r_x\boldsymbol{e}_x+r_y\boldsymbol{e}_y+r_z\boldsymbol{e}_z \tag{1.4}$$

で与えると，力のモーメントベクトル $\boldsymbol{M}$ とその大きさ M は，これらの成分を用いて式 (1.5)，(1.6) で表せる。

$$\boldsymbol{M}=\begin{vmatrix} r_x & r_y & r_z \\ P_x & P_y & P_z \\ \boldsymbol{e}_x & \boldsymbol{e}_y & \boldsymbol{e}_z \end{vmatrix}=(r_yP_z-r_zP_y)\boldsymbol{e}_x+(r_zP_x-r_xP_z)\boldsymbol{e}_y+(r_xP_y-r_yP_x)\boldsymbol{e}_z \tag{1.5}$$

$$M=\sqrt{(r_yP_z-r_zP_y)^2+(r_zP_x-r_xP_z)^2+(r_xP_y-r_yP_x)^2} \tag{1.6}$$

式 (1.5)，(1.6) は，直交座標 (x，y，z) に対する x 軸まわりの回転成分が $r_yP_z-r_zP_y$，y 軸まわりの回転成分が $r_zP_x-r_xP_z$，z 軸まわりの回転成分が $r_xP_y-r_yP_x$，となることを示している（**図 1.7**）。

式 (1.5) の利用により，任意に定めた回転軸まわりの力のモーメントの総和が 0 のとき，その回転軸に対して静止状態にあるという。通常，直交座標の各軸に平行な回転軸を選択する。平面であれば，平面上の任意の点 O において，面に垂直な座標軸まわりの力のモーメントを考え，時計回りを正，反時計回りを負とする。

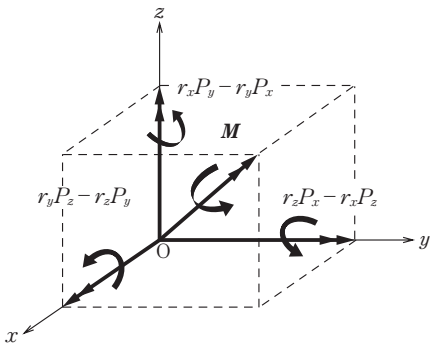

図 1.7　力のモーメントベクトル $\boldsymbol{M}$

例題 1.2　**図 1.8** に示す 3 つの力による点 O まわりの力のモーメント M_O を求めよ。

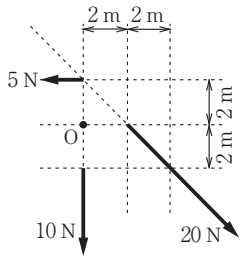

図 1.8

【解答】　$M_O = -5\times 2 + 10\times 0 + 20\times\sqrt{2} = 20\sqrt{2} - 10 \fallingdotseq 18.28$ Nm　◇

いま，**図 1.9** に示すように，平行で作用線が s だけ離れ，大きさが等しく，向きが逆の 2 つの力 ($P = \|\boldsymbol{P}\|$) を設定する。任意の点 O まわりの力のモーメント M_O は，上述の定義により式 (1.7) で与えられる。

$$M_O = -(L+s)P + LP = -sP \qquad (1.7)$$

すなわち，M_O は L とは無関係であり，この対の力（偶力）により，力のモーメントと同じ働きが生じる。これを偶力モーメントという。

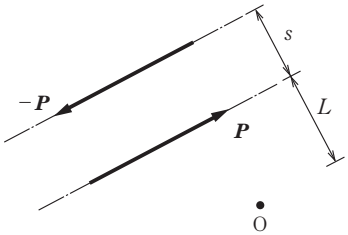

図 1.9　偶力モーメント

例題 1.3　**図 1.10** に示す偶力による点 O まわりの偶力モーメントの大きさ M_O を求めよ。

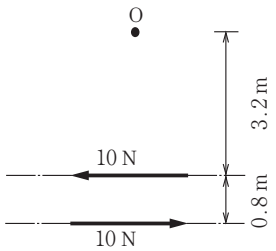

図 1.10

【解答】　$M_O = -(3.2+0.8)\times 10 + 3.2\times 10 = -8$ Nm　◇

索　　引

【あ】

圧縮応力 86
安　定 42

【い】

一次独立 3, 8
位置ベクトル 4

【う】

運動の法則 1
運動方程式 2

【え】

鉛直反力 25

【お】

応　力 28

【か】

外　積 5
回転移動 3, 4, 22
回転中心 4
回転変位 39
外　力 1
下弦材 121
重ね合せの原理 63
荷　重 1
片持ばり 47
片持ばり形ラーメン 68
慣性則 1

【き】

基底ベクトル 2
境界条件 3, 25
共役ばり 114
極座標 82
曲　率 89, 108
曲率半径 89, 108
キングポストトラス 121

【く】

クイーンポストトラス 121
偶　力 93
偶力モーメント 6, 87

【け】

形状係数 91
ゲルバーばり 64, 116
弦　材 120

【こ】

構成式 30, 86
合成骨組 129
剛接合 39
剛接部材数 45
剛接骨組 39
構造設計 1
剛　体 4
剛体変位 39
降伏応力 31
降伏棚 30
降伏ひずみ 31
合　力 8
固定荷重 1
固定支持 39
固定支点 40
固定端 40

【さ】

材　軸 38
最大せん断応力 91
作用線 2
作用・反作用則 2
作用力 3
残留ひずみ 30

【し】

軸　力 40
軸力図 55
斜　材 121
自由体 4, 25, 48, 121
自由端 40
集中荷重 40, 62
集中モーメント 40, 62
主応力 96
主応力線 96
主　軸 83
主軸方向 96
主断面 2 次モーメント 83
上弦材 121
示力図 10

【す】

垂直応力 29, 86
垂直ひずみ 29
水平反力 25
数式解法 8
図式解法 8
図　心 74
図心軸 38

【せ】

正弦定理 21
静定構造物 42
静定トラス 42
静定ばり 47
静定ラーメン 42, 67
静的荷重 1
積載荷重 1
切断法 125
節　点 38
節点法 121
線形弾性材料 30
せん断応力 33, 90
せん断弾性係数 34, 91
せん断ひずみ 34, 91, 93
せん断変形 34
せん断力 34, 40, 90
せん断力図 53

【た】

体積ひずみ 33
縦弾性係数 30
縦ひずみ 29, 86
たわみ 107
たわみ角 107
たわみ曲線 107
　――の微分方程式 113
単純せん断 36
単純ばり 47
単純ばり形ラーメン 69
弾性荷重 114
弾性限度 30
弾性材料 30
断　面 74
　――の核 101
断面 1 次モーメント 74
断面 2 次極モーメント 82, 94
断面 2 次半径 82
断面 2 次モーメント 77
断面係数 83, 88
断面積 74
断面相乗モーメント 83

断面力 40

【ち】

力 2
——の合成 7
——の三角形 8
——の成分 2
——の釣合い 22
——の分解 18
——の平行四辺形 9
——のモーメント 4
——のモーメントのベクトル 5
中立軸 87
直応力 29
直角保持 38
直交座標 2

【つ】

束　材 121
釣合い微分方程式 113

【て】

テイラー展開 60, 108

【と】

動的荷重 1
トラス 39, 119
トルク 93

【に】

ニュートン（Newton）力学 1

【ね】

ねじり 93
ねじり剛性 94
ねじりモーメント 41, 93
ねじれ角 93

【の】

伸　び 28
伸び剛性 29, 31
伸びひずみ 29

【は】

ハウトラス 120
はりせい 87
張出しばり 64, 112, 117
反作用力 3
反　力 40, 47
反力モーメント 25, 40, 47

【ひ】

非圧縮性材料 33
引張応力 86
微小三角形要素 95
微小変形の仮定 29, 107
微小要素 31, 41, 59, 86
ひずみ 28
ひずみ硬化 31
微分方程式 59
比例限度 30
ヒンジ 64
ピン支持 39
ピン支点 40
ピン接合 39, 120

【ふ】

不安定 42
ファントラス 121
フィンクトラス 121
部　材 1, 38
不静定構造物 42
不静定次数 42
縁応力 87
プラットトラス 120
分布荷重 40

【へ】

平均せん断応力 91
平行移動 3, 22
平行弦トラス 121
平行軸定理 77
並進変位 39
平面保持 38
ベクトル 2
ベクトル積 5
変　位 39
——の微分方程式 106
変形体 4
偏心荷重 99
偏心距離 99
変断面 31, 106

【ほ】

ポアソン数 32
ポアソン比 32

【ま】

曲げ剛性 89, 108
曲げモーメント 41, 87
曲げモーメント図 53

【も】

モールの応力円 97
モールの定理 114

【や】

山形トラス 121
ヤング係数 30

【よ】

横弾性係数 34, 91
横方向ひずみ 32

【ら】

ラーメン 39

【れ】

連力図 14

【ろ】

ローラー支持 39
ローラー支点 40

【わ】

ワーレントラス 120

【数字】

3ヒンジラーメン 71

―― 著 者 略 歴 ――

大崎　純（おおさき　まこと）
1983 年　京都大学工学部建築学科卒業
1985 年　京都大学大学院修士課程修了（建築学専攻）
1985 年　京都大学助手
1993 年　博士（工学）（京都大学）
1996 年　京都大学大学院助教授
2007 年　京都大学大学院准教授
2010 年　広島大学大学院教授
　　現在に至る

本間　俊雄（ほんま　としお）
1979 年　日本大学生産工学部数理工学科卒業
1981 年　日本大学大学院博士前期課程修了（建築工学専攻）
1986 年　日本大学大学院博士後期課程修了（海洋建築工学専攻）
　　工学博士
1986 年　フジタ工業株式会社（現 株式会社フジタ）入社
1998 年　鹿児島大学助教授
2007 年　鹿児島大学准教授
2007 年　鹿児島大学教授
2009 年　鹿児島大学大学院教授
　　現在に至る

例題で学ぶ　建築構造力学 1　― 静定構造力学編 ―
Mechanics of Building Structures　― Learning from Exercise ―：
Statically Determinate Structures

© Makoto Ohsaki, Toshio Honma 2013

2013 年 3 月 21 日　初版第 1 刷発行　★

検印省略

著　者　大　崎　　純
　　本　間　俊　雄
発行者　株式会社　コロナ社
　　代表者　牛来真也
印刷所　萩原印刷株式会社

112-0011　東京都文京区千石 4-46-10
発行所　株式会社　**コ ロ ナ 社**
CORONA PUBLISHING CO., LTD.
Tokyo Japan
振替 00140-8-14844・電話（03）3941-3131（代）
ホームページ　http://www.coronasha.co.jp

ISBN 978-4-339-05236-7　（大井）　（製本：愛千製本所）
Printed in Japan

本書のコピー，スキャン，デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は，いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします