

## 刊行の ことば

このたび、新たに土木・環境系の教科書シリーズを刊行することになった。シリーズ名称は、必要不可欠な内容を含む標準的な大学の教科書作りを目指すとの編集方針を表現する意図で「土木・環境系コアテキストシリーズ」とした。本シリーズの読者対象は、我が国の大学の学部生レベルを想定しているが、高等専門学校における土木・環境系の専門教育にも使用していただけるものとなっている。

本シリーズは、日本技術者教育認定機構（JABEE）の土木・環境系の認定基準を参考にして以下の6分野で構成され、学部教育カリキュラムを構成している科目をほぼ網羅できるように全29巻の刊行を予定している。

- A 分野：共通・基礎科目分野
- B 分野：土木材料・構造工学分野
- C 分野：地盤工学分野
- D 分野：水工・水理学分野
- E 分野：土木計画学・交通工学分野
- F 分野：環境システム分野

なお、今後、土木・環境分野の技術や教育体系の変化に伴うご要望などに応えて書目を追加する場合もある。

また、各教科書の構成内容および分量は、JABEE 認定基準に沿って半期2単位、15週間の90分授業を想定し、自己学習支援のための演習問題も各章に配置している。

従来の土木系教科書シリーズの教科書構成と比較すると、本シリーズは、A

分野（共通・基礎科目分野）にJABEE認定基準にある技術者倫理や国際人英語等を加えて共通・基礎科目分野を充実させ、B分野（土木材料・構造工学分野）、C分野（地盤工学分野）、D分野（水工・水理工学分野）の主要力学3分野の最近の学問的進展を反映させるとともに、地球環境時代に対応するためE分野（土木計画学・交通工学分野）およびF分野（環境システム分野）においては、社会システムも含めたシステム関連の新分野を大幅に充実させているのが特徴である。

科学技術分野の学問内容は、時代とともにつねに深化と拡大を遂げる。その深化と拡大する内容を、社会的要請を反映しつつ高等教育機関において一定期間内で効率的に教授するには、周期的に教育項目の取捨選択と教育順序の再構成、教育手法の改革が必要となり、それを可能とする良い教科書作りが必要となる。とは言え、教科書内容が短期間で変更を繰り返すことも教育現場を混乱させ望ましくはない。そこで本シリーズでは、各巻の基本となる内容はしっかりと押さえたうえで、将来的な方向性も見据えた執筆・編集方針とし、時流にあわせた発行を継続するため、教育・研究の第一線で現在活躍している新進気鋭の比較的若い先生方を執筆者としておにも選び、執筆をお願いしている。

「土木・環境系コアテキストシリーズ」が、多くの土木・環境系の学科で採用され、将来の社会基盤整備や環境にかかわる有為な人材育成に貢献できることを編集者一同願っている。

2011年2月

編集委員長 日下部 治

## まえがき

構造物とは、橋、トンネル、ダムなどの土木施設、およびビルや家屋などの建物を総称する。いずれもさまざまな力の作用に十分に耐えて自立し、それぞれの機能を果たし続けることが求められる。構造力学は構造物を造ることに力学を応用するための学問である。構造力学を学ぶことなしには、鋼構造学、コンクリート構造学あるいは橋梁工学など、構造材料の特性や構造物の特性を踏まえた実学性の高い科目を学ぶことは困難である。また、土木工学における構造力学は、応用力学と称されることもあるが、土木系の基本的な力学系科目に位置付けられており、官公庁や企業等の採用試験の必須科目とされ、社会基盤施設の設計、施工、計画に関わる技術者に等しく必要とされる素養でもある。

本書は、構造力学の基礎的な範囲を対象とし、全8章で構成される。章の順番どおりに学んでもらうことを想定している。

1章は、本書の主題である2章以降を学ぶために最小限必要な、力学の基礎事項をまとめたものである。

2章から5章にかけては、はりという構造を対象に、力の伝わり方から変形の仕方までを求めるための理論と、その具体的な求め方を説明する。途中、3章と4章は直接はりを対象にしていないが、5章およびそれ以降を学ぶために必要な事項を述べている。土木工学において、はりは橋の力学モデルでもあり、5章までを学ぶことにより、シンプルな形式の橋を設計するために最小限必要な力学の知識を得ることができる。

6章では、複数の部材からなる立体的な構造の力の伝わり方を求める方法を示している。このように構造の複雑さが増すと、その変形を求めるにはエネルギー

ギー原理という、より高度な概念に基づく方法を用いるが、これを7章で説明する。

7章までで扱う構造は、力の伝わり方を力のつり合い条件から決めることができ、得られた力の分布に基づいてその変形を求めることができるものである。これを静定構造という。しかし、構造の複雑さが増すと、力のつり合い条件だけでは力の伝わり方を決めることができなくなる。このような構造を不静定構造と称し、8章で不静定構造を扱うための基本的な方法を説明する。ここでは7章に示したエネルギー原理に基づく方法が重要な役割を果たす。ここで扱う以上に複雑な不静定構造に対し、実務ではコンピュータを活用した手法を適用するが、その高度な力学を学ぶ基礎として本章の内容は重要である。

構造力学を本当の意味で身につけるには、理論や解き方を頭で理解するだけでは不十分である。演習問題を自ら解くことによって、初めて理論の真の意味を理解できるし、具体的な解を正しく求められるようになることまでが、構造力学という学問の目標である。各章には最小限解いてもらいたい問題を演習問題として示したが、演習書等を活用して、より多くの問題を解いてほしい。

本書の内容は、日本大学理工学部土木工学科2年生の前期と後期の授業の内容にはほぼ準じている。授業で話していることをできる限り文章化することを意図したので、ぜひ文を追って読んでいただきたい。

最後になりますが、構造力学の基本を教授してくださった東京工業大学名誉教授 吉田 裕先生、日ごろの授業と演習をサポートしてくれている長谷部 寛 日本大学専任講師、および講義を受けて逆に私を鍛えてくれる学生諸君に心よりの謝意を表します。また、編集委員の依田照彦 早稲田大学教授とコロナ社にも、原稿に対する数々の有益なご意見に対し厚くお礼申し上げます。

2011年7月

野村 卓史

## 目次

# 1 章 力のつり合い

- 1.1 力のつり合いの基本 2
  - 1.1.1 ニュートンの運動の法則 2
  - 1.1.2 力のモーメント 3
  - 1.1.3 力の次元と単位 4
  - 1.1.4 力がつり合っている状態 6
  - 1.1.5 ベクトルとしての力 7
  - 1.1.6 合力の大きさ与作用位置 9
  - 1.1.7 力のつり合い条件の成分表記 11
- 1.2 モーメントのつり合い 12
  - 1.2.1 偶力と集中モーメント 12
  - 1.2.2 モーメントのつり合い条件 14
- 1.3 反力 14
- 演習問題 16

# 2 章 静定はり

- 2.1 はり 18
  - 2.1.1 橋の力学モデル 18
  - 2.1.2 単純ばりと片持ちばり 19
- 2.2 静定と不静定 19
- 2.3 単純ばりの支点反力と断面力 21
  - 2.3.1 支点反力の求め方 21

2.3.2	はりの内力 (断面力)	23
2.4	断面力の意味	29
2.4.1	軸 力	30
2.4.2	せん断力	30
2.4.3	曲げモーメント	31
2.5	片持ちばり	31
2.5.1	片持ちばりの支点反力	32
2.5.2	片持ちばりの断面力	33
2.5.3	反力モーメントの向き	34
2.5.4	支 点 の 種 類	36
2.6	集中モーメントと分布荷重	36
2.6.1	集中モーメント	36
2.6.2	分 布 荷 重	38
2.7	ゲルバーばり	44
2.7.1	連続ばりとゲルバーばり	44
2.7.2	連結点の見方 (1)	46
2.7.3	連結点の見方 (2)	47
2.7.4	ゲルバーばりの断面力	48
2.7.5	その他のゲルバーばり	49
2.8	影 響 線	50
2.8.1	単純ばりの支点反力の影響線	51
2.8.2	単純ばりの断面力の影響線	53
2.8.3	影響線の応用例：複数の荷重による支点反力と断面力	55
	演 習 問 題	56

### 3 章 応力とひずみ

3.1	直応力と直ひずみ	59
3.1.1	直 応 力	59
3.1.2	ひ ず み	62
3.1.3	縦ひずみと横ひずみ	63

3.1.4	応力とひずみの関係	64
3.1.5	例題	66
3.2	せん断応力とせん断ひずみ	69
3.2.1	せん断応力	69
3.2.2	せん断ひずみ	72
3.2.3	せん断応力とせん断ひずみの関係	72
3.3	組み合わせ応力と平面応力	73
3.3.1	組み合わせ応力	73
3.3.2	2次元的に広がった物体の応力	75
	演習問題	77

## 4章 断面の諸量

4.1	断面積	80
4.2	図心と断面1次モーメント	82
4.2.1	重心と図心	82
4.2.2	断面1次モーメントの性質	84
4.3	断面2次モーメント	88
4.3.1	定義	88
4.3.2	断面2次モーメントの性質	89
	演習問題	91

## 5章 はりの応力とたわみ

5.1	曲げによる変形	93
5.1.1	はりの変形の概略	93
5.1.2	はりの変形の考え方	94
5.2	曲げによる直応力	97
5.2.1	ひずみ分布に対応する直応力分布	97
5.2.2	中立軸の位置	98
5.2.3	曲げモーメントと直応力の関係	99

5.2.4	曲げによる直応力分布についての補足	100
5.3	はりのせん断応力	102
5.3.1	せん断力とせん断応力の基本的な関係	102
5.3.2	曲げとせん断がともに作用する断面	103
5.3.3	せん断応力分布の誘導	104
5.3.4	長方形断面のせん断応力分布	105
5.3.5	I型断面のせん断応力分布	106
5.4	曲げモーメントとたわみの関係	108
5.4.1	はりのたわみに関する仮定	108
5.4.2	はりの微小部分の変形	109
5.5	たわみと曲げモーメントの関係の微分方程式	111
5.5.1	微分方程式の誘導	111
5.5.2	微分方程式の解	111
5.5.3	境界条件：支点の条件	112
5.5.4	例題：集中荷重が作用する片持ちばりのたわみ	113
5.5.5	例題：集中荷重が作用する単純ばり [たわみ、たわみ角の連続条件]	114
5.5.6	境界条件に関する補足	116
5.6	荷重・断面力・たわみの微分関係	117
5.6.1	分布荷重・せん断力・曲げモーメントの微分関係	117
5.6.2	微小部分のつり合い	118
5.6.3	荷重・断面力・たわみの微分関係と関数の次数	120
	演習問題	121

## 6 章 トラスとラーメン

6.1	トラス構造の特徴	125
6.2	トラスの解法：節点法	125
6.2.1	支 点 反 力	126
6.2.2	節点ごとのつり合い条件	126
6.2.3	節点法による軸力の求め方	128
6.2.4	未知数と方程式の関係	130



6.3	トラスの静定・不静定の判別	132
6.3.1	判別式	132
6.3.2	不静定次数	134
6.4	トラスの解法：断面法	135
6.5	3 ヒンジ構造のトラス	136
6.6	ラーメン構造の特徴	137
6.7	静定ラーメンの部材力の求め方	139
6.7.1	支点反力	139
6.7.2	部材の断面力の求め方	140
6.7.3	断面力の分布	142
6.8	3 ヒンジラーメン	144
	演習問題	146

## 7 章 エネルギー原理

7.1	仕事とひずみエネルギー	149
7.1.1	仕事	149
7.1.2	ひずみエネルギー	152
7.1.3	トラスにおける仕事とひずみエネルギー	155
7.2	相反定理	157
7.2.1	ベッティの相反定理	157
7.2.2	相反定理の証明	158
7.3	カスティリアノの定理	161
7.3.1	カスティリアノの定理とその証明	161
7.3.2	カスティリアノの定理によるトラスの変位の計算	165
7.3.3	曲げを受ける部材のひずみエネルギー	167
7.3.4	曲げを受ける部材に対するカスティリアノの定理の適用	171
7.3.5	細長い部材における変形のオーダーの比較	171
7.3.6	カスティリアノの定理の補足	173
7.4	仮想仕事の原理	175
7.4.1	仮想仕事の原理と単位荷重の定理	175

7.4.2	トラス構造における仮想仕事の原理	176
7.4.3	仮想仕事の原理（単位荷重の定理）によるトラスの変位の計算	180
7.4.4	仮想仕事の原理（曲げを受ける部材への適用）	181
7.4.5	仮想仕事の原理（温度変化などによる変形）	187
演習問題		190

## 8 章 不静定構造の解法

8.1	不静定構造の解き方の基本	193
8.1.1	不静定構造	193
8.1.2	不静定ばり	193
8.1.3	不静定トラス	199
8.2	仮想仕事の原理を用いる解き方	201
8.2.1	仮想仕事の原理による不静定ばりの解き方	201
8.2.2	仮想仕事の原理による不静定トラスの解き方	202
8.3	一般化された構造物の安定・不安定および静定・不静定の判別	204
8.3.1	外的な安定と不安定	204
8.3.2	内的な安定と不安定	207
8.3.3	骨組み構造の不静定次数	209
8.4	内的不静定構造の解き方	212
8.4.1	最小仕事の原理	212
8.4.2	最小仕事の原理の誘導	212
8.4.3	例題の解	213
8.4.4	内的不静定トラス	215
8.4.5	最小仕事の原理の補足	217
演習問題		218

演習問題解答 219

索引 224

# 1 章

## 力のつり合い

### ◆本章のテーマ

本章は、2章以降で扱う構造物の力学を学ぶための前段となる基本事項を簡潔にまとめたものである。構造物の力学に本質的な力のつり合い状態、すなわち複数の力の作用のもとで物体が静止している状態と、ニュートンの運動法則との関係を説明するとともに、力がつり合うための3つの条件を示す。また、複数の力を扱うときに重要な役割を果たす力の合成・分解と合力、物体を回転させる力であるモーメント、および力の次元と力に用いられる単位について基本的な事柄を述べる。

### ◆本章の構成（キーワード）

- 1.1 力のつり合いの基本  
ニュートンの運動の法則、力の単位、力の合成と分解、合力
- 1.2 モーメントのつり合い  
偶力、集中モーメント
- 1.3 反力  
荷重、反力、3つのつり合い条件

### ◆本章を学ぶと以下の内容をマスターできます

- ☞ 力がつり合うことの意味
- ☞ ベクトルの成分による力のつり合い条件の立て方
- ☞ モーメントの意味とモーメントのつり合い
- ☞ 反力の意味と3つのつり合い条件を立てる必要性

## 1.1 力のつり合いの基本

### 1.1.1 ニュートンの運動の法則

応用力学や構造力学で扱う力学は、ニュートンが確立したつぎの3つの運動の法則、ニュートンの運動法則 (Newton's laws of motion) に則っている。

**第1法則** 物体に力を加えない → 静止したまま、あるいは等速度運動を維持する

**第2法則** 物体に力が加わる → 加速度を生じる

**第3法則** 作用・反作用の法則

第2法則はつぎの簡単な式で表される (図 1.1)。

$$F = m \times \alpha \quad (1.1)$$



図 1.1 第2法則に従う物体の運動

すなわち「物体に作用する力  $F$  は物体の質量  $m$  と物体に生じる加速度  $\alpha$  の積に等しい」。言い換えれば、「より大きな加速度を生じさせるためには、より大きな力を加える必要がある」、「質量が大きい (重い) 物体を動かすには、大きな力が必要である」ということである。第2法則で力  $F$  がゼロのとき加速度  $\alpha$  もゼロであり、これが第1法則に相当している。つまり、力を加えなければ加速度が生じないので、物体の速度が変わらず、同じ速度の運動が続く。速度がゼロの特別な場合が、物体が静止している状態である。

作用・反作用の法則 (law of action-reaction) として有名な第3法則は、2つの物体間の力の相互の関係を述べたものであり、一方の物体 A が他方の物体 B に力を及ぼしているとき、同時に、物体 B から物体 A に対して同じ大きさの逆向きの力が作用している、ということの意味している。

私たちの身のまわりで経験する作用・反作用の法則の事例のいくつかを図 1.2

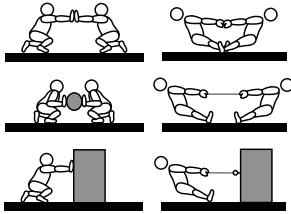


図 1.2 作用・反作用の法則が適用される例（どんな力が作用し合っているだろうか？）

に示そう（人と人が押し合う，引き合う。人と人の間にボールやひもを挟んで押し合う，引き合う。人が壁を押す，人が壁に結んだひもを引っ張る・・・）。くだけた言い方をすれば，作用・反作用の法則は「押されたら押し返す」，「引っ張られたら引っ張り返す」ということである。

### 1.1.2 力のモーメント

押したり引いたりする力によって，物体は力の作用方向に直線運動する。しかし，物体の1点が固定されている場合，物体はその固定点まわりに回転運動する。図 1.3 は床の上に置かれた物体を力  $F$  で押して転倒させようとしているところである。このとき，力の作用点を上に上げたほうが転倒させやすく，転倒に要する力が小さくてすむ。これは物体を回転させようとする力が「力  $\times$  回転中心からの距離」という大きさを持つからである。この回転させる力を「力のモーメント」あるいは単にモーメント（moment）という。図において，点  $C$  から力  $F$  の作用線までの距離を  $a, b$  とすると，物体が回転する中心（点  $C$ ）まわりのモーメントは，図 (a) では  $Fa$ ，図 (b) では  $Fb$  となる。 $Fa < Fb$  であるから，同じ大きさの力でも作用線までの距離が長いほうが大きなモーメントになる。

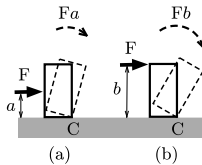


図 1.3 力のモーメント

### 1.1.3 力の次元と単位

式 (1.1) から、力の次元は

$$[\text{力}] = [\text{質量}] \times [\text{加速度}]$$

あるいは

$$[\text{力}] = [\text{質量}] \times [\text{長さ}] / [\text{時間}]^2$$

である。国際単位系 (international system of units, SI) で右辺は  $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$  であり、これを SI 組立単位<sup>†</sup>「ニュートン」(記号は N) という。すなわち

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$$

である。1 N は質量 1 kg の物体に  $1 \text{ m}/\text{s}^2$  の加速度を生じさせる力である。

地球上の物体は、重力の作用により、自由落下するとき加速度  $g = 9.8 \text{ [m}/\text{s}^2]$  (重力加速度) を生じる。質量 1 kg の物体に作用する重力の大きさは

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

である。この重力が、質量 1 kg の物体の「重さ」(あるいは重量) であり、バネ秤に吊るしたり、台秤に載せてこの力の大きさ (重さ) を計ることにより、私たちは間接的に物体の質量を求めている。

〔1〕 **工学単位** 橋や建物などの構造物は、上に物を載せ、これを支えることを主たる役割としており、載せた物体の重さと構造物自身の重さが構造物に作用する主要な力である。この力を荷重 (load) という。構造物は荷重に耐えることができるように造られる。このように、物体の重さが作用する場合、伝統的に物体の質量の大きさで力の大きさを表してきた。すなわち、重力の作用のもとにある質量 1 kg の物体がもたらす力の大きさ (上述の 9.8 N のこと) を「1 キログラムの力」と呼び、1 kg と表記してきた。このように重力を基本とする単位系を「工学単位」あるいは「重力単位」という。長い間この工学単

<sup>†</sup> 本項〔2〕を参照。

位系が用いられてきたが、日本では世界の趨勢に従い、1992年に国際的な単位系であるSIを用いることが法律で定められた。あえて工学単位系で力を表す場合は、質量と混同しないように「1 kgf」と表記する。fはforceの頭文字である。また、これを「1 kgw」「1 kg重」と表記することもある。wはweightの頭文字である。いずれにしても、 $1 \text{ kgf} = 1 \text{ kgw} = 1 \text{ kg重} = 9.8 \text{ N}$ である。

〔2〕 **SIの表記法** SIには基本単位とそれらを組み合わせた組立単位がある。基本単位は時間、質量、長さなど表1.1に示す7つの単位である。本書に関係する組立単位を表1.2に示す。

表 1.1 SI基本単位

量	単位	記号
時間	秒	s
質量	キログラム	kg
長さ	メートル	m
電流	アンペア	A
温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表 1.2 SI組立単位

量	単位	記号
面積	平方メートル	$\text{m}^2$
体積	立方メートル	$\text{m}^3$
速度、速さ	メートル毎秒	$\text{m/s}^*$
加速度	メートル毎秒毎秒	$\text{m/s}^2$
力	ニュートン	$\text{N} (= \text{kg} \cdot \text{m/s}^2)$
モーメント	ニュートン・メートル	$\text{N} \cdot \text{m}$ あるいは $\text{Nm}$
応力、圧力	パスカル	$\text{N/m}^2$
エネルギー、仕事	ジュール	$\text{J} (= \text{N} \cdot \text{m}$ あるいは $\text{Nm})$

\* 理學系では  $\text{m/s}$  を  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  と表記することがある。

基本単位や組立単位で表すと数値が大きくなり、あるいは小さくなりすぎる量を表すときは、単位の前に10の累乗を表すSI接頭辞をつける。本書で扱うSI接頭辞を表1.3に示す。SI接頭辞を用いた表記の例を示す。

$$0.01 \text{ m} = 1 \text{ cm}, \quad 0.002 \text{ m} = 2 \text{ mm}, \quad 2 \times 10^5 \text{ N} = 0.2 \text{ MN}$$

表 1.3 SI 接頭辞

名称	記号	大きさ
ギガ	G	$10^9$
メガ	M	$10^6$
キロ	k	$10^3$
センチ	c	$10^{-2}$
ミリ	m	$10^{-3}$
マイクロ	$\mu$	$10^{-6}$

【ルール】1つの単位の中に、0.01 kN/cmのように、SI接頭辞を2つ用いてはいけない。また、SI接頭辞は分母に来る単位よりも分子に来る単位につけるほうが望ましい。つまり1.5 N/mm<sup>2</sup>よりは1.5 MN/m<sup>2</sup>がよい。

### 1.1.4 力がつり合っている状態

橋や建物などの構造物には、さまざまな力が作用している。構造物の上に載せた物体の重さ（荷重）や、構造物自身の重さ（自重という）など、いろいろな力の作用を受けながら構造物は静止している。ニュートンの第2法則によれば、力の作用を受けた物体は加速度を生じ、運動する。では、力の作用を受けながら静止している構造物は、ニュートンの法則に矛盾しているのであろうか。

そんなことはない。力の作用を受けながら静止している物体には、必ず複数の（2つ以上の）力が作用しており、結果的にそれらの作用が打ち消し合っている。これを「力がつり合っている」状態という。応用力学や構造力学の対象は、「種々の力の作用を受けながら静止している（運動していない）物体」である。

具体的な例として、手のひらの上に置いた質量  $m$  の物体を考える（図 1.4）。この物体は重力の作用を受けているから、手で支えていなければ、重力による物体の重さ  $W = mg$  の作用により、重力加速度  $g$  で落下する。この物体が落下運動をしないよう、手で支えて静止させているわけである。このとき、手から物体に対して上向きの力  $W'$  が加えられている。この力が物体の重さとちよ

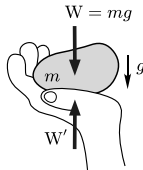


図 1.4 手が支えている物体の力のつり合い



## 索 引

<b>【あ】</b>		曲 率	96	仕 事	149
圧縮力		curvature		work	
compressive force	30	曲率半径	96	支 点	18, 36
安定な構造物		radius of curvature		support	
stable structure	19	<b>【く】</b>			
<b>【え】</b>		偶 力	13	重 心	82
影響係数	158	couple		center of gravity	
影響線	50	<b>【け】</b>			
influence line		ゲルバーばり	44	自由端	31
エネルギー原理	155	Gerber beam		free end	
principle of energy		<b>【こ】</b>			
<b>【お】</b>		剛結節点	137	<b>【す】</b>	
応 力	60	rigid joint		図 心	84
stress		剛 性	64	<b>【せ】</b>	
<b>【か】</b>		stiffness		静定基本系	
外的不静定構造	206	合 成	8	released structure, pri-	
externally statically inde-		合 力	8	mary structure	194
terminate structure		resultant		静定構造	
外部仮想仕事	175	固定支点	31	statically determinate	19
external virtual work		fixed support, clamped		structure	
外 力	23	support		成 分	8
external force		固定端	31	節 点	125
荷 重	4	fixed end		節点法	125
load		<b>【さ】</b>			
カステリアノの定理	161	最小仕事の原理	212	せん断応力	69
Castigliano's theorem		principle of least work		shear stress	
仮想仕事の原理	175	材料の強度	62	せん断強度	70
principle of virtual work		strength of material		shear strength	
片持ちばり	19, 31	作用・反作用の法則	2	せん断弾性係数	72
cantilever beam		law of action-reaction		shear modulus of elastic-	
<b>【き】</b>		<b>【し】</b>			
境界条件	112	軸 力	28, 30	せん断ひずみ	72
boundary condition		axial force		shear strain	
				せん断力	28, 30
				shear force	

線膨張係数  
coefficient of thermal expansion 188

**【そ】**

相反定理  
reciprocal theorem 157

**【た】**

縦ひずみ  
longitudinal strain 64

たわみ  
deflection 108

たわみ角  
slope 112

たわみ曲線  
deflection curve 108

単位荷重の定理  
unit-load method 176

単純支持  
simple support, hinged support 21

単純はり  
simple beam 19

弾性曲線  
elastic curve 108

弾性係数  
modulus of elasticity 65

弾性体  
elastic body 64

断面  
cross section 24

断面係数  
section modulus 101

断面法  
method of sections 135

断面力  
stress resultant 28

断面1次モーメント  
first moment of area 83

断面2次モーメント  
moment of inertia of area, second moment of area 88

**【ち】**

力のつり合い条件  
equilibrium of forces 15

中立軸  
neutral axis 94

中立面  
neutral surface 94

直応力  
normal stress 60

直ひずみ  
normal strain 63

**【と】**

トラス  
truss 125

**【な】**

内的不静定構造  
internally statically indeterminate structure 209

内部仮想仕事  
internal virtual work 175

内部仕事  
internal work 152

内力  
internal force 23

**【に】**

ニュートンの運動法則  
Newton's laws of motion 2

**【の】**

伸び  
elongation 62

**【は】**

はり  
beam 18

反力  
reaction 15

反力モーメント  
moment reaction 33

**【ひ】**

微小変形の仮定  
assumption of infinitesimal deformation 94

ひずみ  
strain 62

ひずみエネルギー  
strain energy 152

ひずみエネルギー密度  
strain energy density 153

引っ張り力  
tensile force 30

ヒンジ  
hinge 45, 125

**【ふ】**

不安定な構造物  
unstable structure 19

部材  
member 19, 125

不静定構造  
statically indeterminate structure 20, 193

不静定次数  
degree of statical indeterminacy 134, 209

不静定力  
statical redundant 194

縁応力  
extreme fiber stress 101

フックの法則  
Hooke's law 64

分解  
decomposition 8

分布荷重  
distributed load 38

**【へ】**

ベッティの相反定理  
Betti's reciprocal theorem 158

	<b>【ほ】</b>	曲げモーメント bending moment 28, 31		<b>【よ】</b>	
ポアソン効果 Poisson's effect	63	マックスウェルの相反定理 Maxwell's reciprocal theorem	158	横ひずみ lateral strain	64
ポアソン比 Poisson's ratio	64			<b>【ら】</b>	
補ひずみエネルギー密度 complementary energy density	154	<b>【も】</b>		ラーメン Rahmen	137
	<b>【ま】</b>	モーメント moment	3	<b>【れ】</b>	
曲げ応力 bending stress	97	<b>【や】</b>		連続はり continuous beam	20, 45
曲げ剛性 flexural rigidity	111	ヤング率 Young's modulus	65	<b>【ろ】</b>	
				ローラー支点 roller support	21

— 著者略歴 —

1977年 東京大学工学部土木工学科卒業  
1979年 東京大学大学院工学系研究科博士前期課程修了(土木工学専攻)  
1979年 東京工業大学助手  
1984年 工学博士(東京工業大学)  
1985年 東京工業大学助教授  
1989～ 米国スタンフォード大学客員研究員  
1991年 東京大学助教授  
1994年 日本大学助教授  
1998年 日本大学教授  
現在に至る

構造力学

Structural Mechanics

© Takashi Nomura 2011

2011年9月2日 初版第1刷発行

検印省略

著者 野村卓史  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 三美印刷株式会社

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 978-4-339-05611-2 (大井) (製本:愛千製本所) G

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・乱丁本はお取替いたします