

■執筆者

- 岩崎正二 岩手大学工学部 (11, 13 章)
遠藤孝夫 東北学院大学工学部 (12 章)
大西弘志 岩手大学理工学部 (13 章)
奥山雄介 長野工業高等専門学校 (8, 9 章)
小出英夫 東北工業大学工学部 (4 章, 有効数字について)
五郎丸英博 日本大学工学部 (13 章)
佐藤恒明 木更津工業高等専門学校 (1, 2, 5 章)
杉田尚男 八戸工業高等専門学校 (6 章)
高瀬慎介 八戸工業大学工学部 (10 章)
永藤壽宮 長野工業高等専門学校 (8, 9 章)
長谷川明 八戸工業大学工学部 (10 章)
宮本裕 岩手大学工学部 (まえがき, 12 章)
森山卓郎 阿南工業高等専門学校 (3, 7 章)
(五十音順, かっこ内は執筆担当箇所を示す)

書籍のコピー、スキャン、デジタル化等による複製は、
著作権法上での例外を除き禁じられています。

まえがき

すでに『構造工学の基礎と応用』のまえがきで書いたように、われわれのこれまでの一連の教科書の作成は以下のものである。

すなわち、私のフンボルト財団によるドイツ留学のときに購入したドイツの大学の応用力学（機械工学）の問題集を翻訳して出版したいと技報堂出版に相談したところ、翻訳書よりも自分で問題や解答をつくった本のほうがよいとアドバイスを受けた。

そして、そのときに東北地域の主な大学の教員と一緒に本をつくるのがポイントであるという助言をもとに、東北地域の大学の力学系教員に加わっていただくほか、岩手大学出身の高専の教員にも声をかけて共著者になっていただくことにした。

こうして毎年集まり、若い著者たちが率直に自分の意見を述べ合い、教室の講義での学生の反応も反映しながら、議論を積み重ねていって理想的な教科書をつくっていった。

最初の本『構造工学の基礎と応用』は一種の演習書だったので、やがて共著者たちは教科書もつくりたいと思うようになって、その結果この『構造工学』ができたのである。

さらに関連の教科の橋梁工学についても教科書『橋梁工学』をつくることのできた。このようにして、講義のことや研究のことで連絡をするうちに、いくつかの共同研究チームがつくられ、その成果を学会で研究発表した。そのようにして博士論文も数編書かれたのであった。

そういう結果の一つとして、土木学会創立 80 周年記念出版の土木学会編『土木用語大辞典』の編集にも共著者たちが参加することができた。

当時の著者たちは全員それぞれの大学や高専の教授となることができた。これもひとえに技報堂出版のおかげであるので、この場を借りて感謝する次第である。

著者らの数名は退職したので、新しい著者が加わり、この「第4版」を出版するものである。

2018年2月

著者を代表して 宮本 裕

単位換算

$$1 \text{ N} \doteq 0.10 \text{ kgf} \quad 1 \text{ kN} = 10^3 \text{ N} \doteq 0.10 \text{ tf}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 \quad 1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ N/m}^2 \quad 1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$9.80665 \text{ N} = 1 \text{ kgf} \quad 9.80665 \text{ kN} = 1 \text{ tf}$$

(例) $400 \text{ N/mm}^2 = 400 \text{ MPa} = 4 \text{ 100 kgf/cm}^2$ (SS400 材の引張強度)

$$2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2 \text{ (鋼材のヤング係数)}$$

ギリシア文字一覧

$A \ \alpha$ アルファ

$B \ \beta$ ベータ

$\Gamma \ \gamma$ ガンマ

$\Delta \ \delta$ デルタ

$E \ \varepsilon$ イプシロン

$Z \ \zeta$ ゼータ

$H \ \eta$ イータ

$\Theta \ \theta, \ \vartheta$ シータ

$I \ \iota$ イオタ

$K \ \kappa$ カッパ

$\Lambda \ \lambda$ ラムダ

$M \ \mu$ ミュー

$N \ \nu$ ニュー

$\Xi \ \xi$ グザイ

$O \ \omicron$ オミクロン

$\Pi \ \pi$ パイ

$P \ \rho$ ロー

$\Sigma \ \sigma, \ \varsigma$ シグマ

$T \ \tau$ タウ

$\Upsilon \ \upsilon$ ウプシロン

$\Phi \ \varphi, \ \phi$ ファイ

$X \ \chi$ カイ

$\Psi \ \psi$ プサイ

$\Omega \ \omega$ オメガ

目 次

第1章 力の釣合い 1

- 1.1 1点に集まる力の合力 2
2つの力の合力／多数の力の合力／力の釣合い
- 1.2 1点に集まらない力の合力 5
合力／力の釣合い

第2章 静定梁 15

- 2.1 静定梁の支点と反力15
反力／支点の機能／梁の種類／荷重／単純梁の支点反力
- 2.2 梁の断面力23
- 2.3 荷重強度，せん断力および曲げモーメントの関係 …33

第3章 静定トラス 39

- 3.1 トラスの定義39
- 3.2 トラスの解法41
節点法／断面法／節点法と断面法の併用

第4章 影響線 49

- 4.1 影響線49
影響線とは／反力の影響線／断面力の影響線
- 4.2 張出し梁の影響線53
反力の影響線／断面力の影響線
- 4.3 片持梁の影響線56
反力の影響線／断面力の影響線
- 4.4 よく用いられる影響線のまとめ57

4.5	影響線の応用	61
	影響線を用いた反力, 断面力の算定/最大曲げモーメント	
第5章	材料と断面の性質	67
5.1	材料の性質	67
	応力/ひずみ/ポアソン比/弾性係数/強度/剛性	
5.2	断面の性質	74
	図心と断面一次モーメント/断面二次モーメント/組合せ断面の断面二次モーメント/断面係数/断面二次半径/断面の核/代表的な断面の性質	
第6章	梁の曲げ応力とたわみ	87
6.1	梁の曲げ応力	87
6.2	梁のたわみ	89
6.3	たわみに関するモールの定理⇒	93
	「弾性荷重法」によるたわみの計算	
第7章	圧縮力を受ける柱と板	115
7.1	柱の分類	115
7.2	短柱	115
7.3	長柱	118
7.4	板	124
第8章	不静定構造物の基礎	127
8.1	不静定次数	127
	トラス/梁, ラーメンなどの充腹構造	
8.2	静定基本系による解法	131
8.3	微分方程式による解法	135

第9章 エネルギー法 139

- 9.1 ひずみエネルギー 139
外力仕事／内力仕事／外力仕事と内力仕事
- 9.2 仮想仕事の原理 146
仮想変位と仮想仕事の原理
- 9.3 最小仕事の原理 156
カスティリアノの定理／最小仕事の原理
- 9.4 弾性方程式 162
断面力／弾性方程式

第10章 たわみ角法 173

- 10.1 トラスとラーメン 173
- 10.2 たわみ角法によるラーメンの解法 174
概説／材端モーメントとたわみ角法で使用する記号／
たわみ角式／片方の節点が滑節のときのたわみ角式／
角モーメントを使ったたわみ角式／材端せん断力／方
程式
- 10.3 解法の手順 183

第11章 三連モーメントの定理 193

- 11.1 三連モーメントの定理の誘導 193
- 11.2 支点反力と断面力 198
- 11.3 固定支点の処理 200

第12章 剛性マトリックス法 213

- 12.1 ばねの剛性方程式 213
- 12.2 2本以上のばねの剛性方程式 214
- 12.3 平面トラスの剛性マトリックス法 220
- 12.4 梁の剛性マトリックス法 233
- 12.5 ラーメンの剛性マトリックス法 238

第13章 振動と衝撃	247
13.1 1質点の振動	247
13.2 梁の曲げ振動	250
13.3 梁の衝撃解析	255
有効数字について	259
有効数字とは／有効数字の演算／情報落ちと桁落ち	
索引(和文, 欧文)	263

第1章 力の釣合い

地球上の橋梁などの物体は、もしそれを支えるものがなければ、重力の働きによって一定の加速度 g (9.8m/sec^2) を得て鉛直方向へ落下していく。したがって、物体を支えつづけるためには、その物体の重さに等しいだけの力 (force) が必要である。このような支える力を生じさせる物体の重さもまた力であることを、まず認識しておこう。

1つの力を表現するために、次の3つの要素 (力の3要素; three-elements of a force) を考える。そして、それらを矢印で表わすために

大きさ (magnitude) ————— 矢印の長さ

方向 (direction) ————— 矢印の向きが基準線となす角度 (θ)

作用点 (point of action or application) — 矢印の作用する点の座標 (x, y)

とする。図 1.1 に力を表わす矢印の定義を示す。

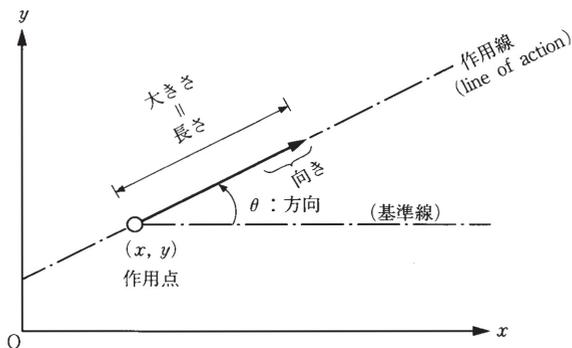


図 1.1 力を表わす矢印の定義

1.1 1点に集まる力の合力

(1) 2つの力の合力

図 1.2 において、 P_1 と P_2 を点 O に作用する 2 つの力とすると、その合力 (resultant force) もまた点 O に作用することは明らかである。

いま、簡単のために P_1 の方向を水平とする。

P_2 の水平成分は P_1 に加えることができるから、点 O に作用する水平方向の力と垂直方向の力は

$$\left. \begin{aligned} \Sigma H &= P_1 + P_2 \cos \theta \\ \Sigma V &= P_2 \sin \theta \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

となる。このことは、図 1.2 において、 P_2 なる力を \vec{ac} へ平行移動させてみるとわかりやすい。

水平方向の力 (ΣH) と垂直方向の力 (ΣV) を合成すると、合力 R の大きさは

$$R = \sqrt{(\Sigma H)^2 + (\Sigma V)^2} \quad (1.2)$$

によって求まる。

ここに、 ΣH : 2 つの力の水平成分の和、 ΣV : 2 つの力の垂直成分の和。

したがって

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{(P_1 + P_2 \cos \theta)^2 + (P_2 \sin \theta)^2} \\ &= \sqrt{P_1^2 + 2P_1P_2 \cos \theta + P_2^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta)} \\ &= \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2P_1P_2 \cos \theta} \end{aligned} \quad (1.3)$$

合力 R の方向は

$$\tan \alpha = \frac{\Sigma V}{\Sigma H} = \frac{P_2 \sin \theta}{P_1 + P_2 \cos \theta} \quad (1.4)$$

によって求まる。

合力 R の向きは、点 O から点 c に向かって力が作用するので、点 c に矢印の先端 \nearrow を描いて示す。合力 R の作用点は点 O である。

したがって、図 1.2 に示すように矢印 \vec{Oc} によって合力 R を表わせる。

ここで、合力 R に関する平行四辺形 $Oacb$ を「力の平行四辺形」(parallelo-

構造工学 (第4版)

定価はカバーに表示してあります。

1994年3月15日 1版1刷発行
1999年3月15日 2版1刷発行
2007年5月15日 3版1刷発行
2018年3月15日 4版1刷発行

ISBN 978-4-7655-1851-2 C3051

著者 代表 ^{みや}宮 ^{もと}本 ^{ゆたか}裕
発行者 長 滋 彦
発行所 技報堂出版株式会社

日本書籍出版協会会員
自然科学書協会会員
土木・建築書協会会員

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-2-5
電話 営業 (03) (5217) 0885
編集 (03) (5217) 0881
F A X (03) (5217) 0886
振替口座 00140-4-10
<http://gihodobooks.jp/>

Printed in Japan

© Yutaka Miyamoto, 2018

印刷・製本 愛甲社

落丁・乱丁はお取替えいたします。

 (出版者著作権管理機構 委託出版物)

本書の無断複写は著作権法上での例外を除き禁じられています。複写される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話：03-3513-6969，FAX：03-3513-6979，e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。