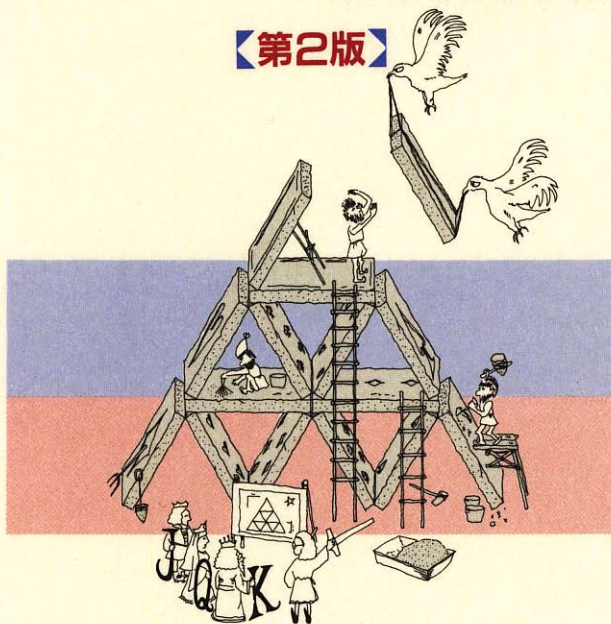




構造力学 スーパー解法術

第2版



入門から受験まで



原口秀昭＝著
彰国社

構造力学は記憶だ／

構造力学の征服は、記憶にかかっている。それは単に公式の暗記にとどまらず、公式が導かれるまでの理屈や手順、公式の応用の方法までをも含んだ記憶のことである。構造力学の参考書を1ページめから徐々に読み進んでいったとしても、次々に忘れていってしまうのであればその努力は露と消えてしまう。理屈を理解したらすぐに記憶し、それを練習問題で確実にしていくのは、すべての勉強に通じることである。力学という暗記は不要と思われる向きもあるが、基礎的なことが頭に入っていなければ、試験でも実務でも使いものにならない。暗記は勉強の中で一番つらい作業であり、つい後回しにしてしまいがちになるが、理解したらすぐ次にやるべきことだ。参考書を漫然と読んで勉強している気になっている人に、この本は大いに役に立つだろう。

暗記は語呂合わせだ／

棒暗記は、一部の天才的記憶力の持主をのぞけば、能率が悪すぎる。本を読んだだけで覚えられる人はごくまれで、私を含め大方の人は暗記に苦勞しているのではないだろうか。まったく新しい知識を頭に詰め込もうとするのは、たいへんなエネルギーがいるし、ストレスも溜まりやすい。

暗記には語呂合わせがもっとも効果的である。なぜならすでに頭の中に入っている語句に関連させるだけでよいからである。語呂合わせは邪道であるという人もいよ

うが、記憶するという点では棒暗記のほうが邪道ではないだろうか。私は暗記にさんざん苦勞してきたため、いろいろな記憶術を試みてきたが、語呂合わせにまさる方法をいまだに知らない。歴史年代（鳴くようぐいす平安京→794年）、英単語（犬寝るKENNEL→犬小屋）、ルートの数字（ $\sqrt{2}$ =ひとよひとよにひとみごろ）などでおなじみの語呂合わせを、構造力学に使わない手はないだろう。語呂合わせには長い歴史があり、なんと西洋にもあるのだ。言葉遊びのおもしろさもある。早く、楽しく覚えられ、しかも長い間記憶にとどめられる。試験が終わってすべてを忘れてしまっただけは、まったく意味がない。長く記憶に残し、実務でも使えるようになって、初めて生きた知識となるのではないだろうか。

最短距離で応力度まで進め！

構造力学の最大目標は、各部材の応力度を求めることだ。材料によって耐えられる応力度が実験によって求められているため、その限度より小さくなるように設計することが基本にあるからだ。それには、力の性質→反力を求める→応力を求める→応力度を求めるという順が、もっとも短くてよい。そして、不静定構造物の応力を求めることが次の目標であるが、それには、変形→不静定と進む。トラスについては力のつり合いで解けるせいか、最初に述べている本が多い。しかしトラスはあまり重要ではないので、本書では後回しにしてある。なぜなら建築士の試験での出題が少なくばかりでなく、実務でも特殊な構造だからだ。

またクレモナの図解法でいやになって投げ出してしま

う人がいるが、それは致命的なことだ。トラスを解く練習をする前に、柱梁の解析を一刻も早くマスターすべきであろう。その後でゆっくりと、トラス、柱の座屈、 σ と τ の関係などをやればよい。

数学、物理の復習も同時に行なえ！

構造力学をマスターするのに、中学、高校の数学、物理は避けては通れない。よく入門書に数式を使わないものがあるが、逆にわかりにくいばかりでなく、役にも立たない。建物に基礎が大切なのは当然のことで、基礎の下地盤が弱ければ、さらに杭を打つか地盤を改良しなければならない。上に大きな建物を築こうと思えば、地盤や基礎にお金を十分にかけるのは建築の常識だ。さもないと簡単に不同沈下を起こしてしまい、建物が使いものにならなくなってしまう。同様に三角関数や微積分、力学の基本などは絶対に必要なものである。かといって中学、高校の教科書を見直す気にもなれないし、だいたいそんなものが手元にあるかどうかともわからない。

そこで本書では、復習すべき必須知識は、文脈に合わせて随時盛り込んでいくことにした。構造力学を学ぶのに数学までやらなければならないのか、といったマイナス発想はよくない。今まで苦勞して学んできた知識がようやく役に立つ。うろ覚えの中学、高校の知識を構造力学を学びながら完全なものにすることができる。つまり、一石二鳥の勉強ができるとプラス発想を心がけることが大事だ。本書では構造力学をわかりやすく書いているばかりでなく、必要な数学、物理などの基礎知識も同時にマスターできる内容となっている。

問題で記憶を確実に／

数学でも英語でも、力を付けるには、教科書を読んで
いるだけではだめで、基本問題を数多くこなすことが大
切である。武道の約束組手みたいなものだ。教科書を繰
り返し読んだところで、受身的にだらだらと読んでいて
は力をつかない。構造力学もまったく同じで、理解し記
憶をしたら、基本問題でその理解や記憶を何度もチェッ
クし増進すべきである。そのため、本書では多くの問題
を配し、記憶や理解の確認ができるようにしてある。各
問にはチェック欄が付いているので、活用してほしい。
「問」は記憶の確認に、「ex.」は紙を使って計算練習をす
るためのもの。紙の上での演算を怠ると、いくら語呂で
覚えても実戦には役に立たないと肝に命じること。さら
に巻末には、実戦的な公式を36個選び、繰り返し暗記に
便利のようにレイアウトしてあるので、大いに活用して
ほしい。

また本書は一級および二級建築士受験スーパー記憶術
とペアとなっているので、施工や構造などの構造力学と
関係の深い分野で足りないところは、そちらで補ってほ
しい。それでは構造力学の基本中の基本、「力の性質」の
話から始めよう。

❖目次❖

はじめに 3

1 力の性質 9

つり合い条件／10 力の三要素／12 力の合成と分解／13
モーメントと偶力／29 数式による合力の求め方／32
つり合う三つの力の性質／36 つり合いと作用・反作用／37
力の単位／38

2 反力を求める 45

構造物各部の名称／46 反力と荷重／50
反力を求める／52

3 応力を求める 65

応力／66 M図の形を覚える／104

4 応力度を求める 109

応力度／110 断面の諸係数／113
垂直応力度、せん断応力度／130 曲げ応力度 σ_b ／132
偏心圧縮力を受ける短柱／138

5 変形 153

ヤング率 E ／154 モールの定理／161

6 不静定構造物の応力を求める 181

静定、不静定の定義／182 判別式／184
不静定ラーメンの解法／191 たわみ角法／192
固定モーメント法／217

7 柱の座屈と変形 245

座屈／246 柱のたわみと横力の関係／254

8 σ と τ , E と G 257

シグマ σ と タウ τ の関係／258

垂直応力度 σ とせん断応力度 τ の関係／258

はりの主応力線／266 せん断弾性係数 G／268

ポアソン比／270 E と G の関係／272

9 トラス 279

トラス／280 クレモナの図解法／290 切断法／296

付録 数げいこ 36 299

あとがき 312

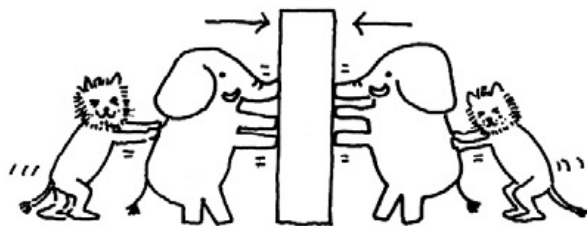
1

1

力の性質

力のつり合い条件から、構造力学のあらゆる式が導かれているので、これを完全に理解すること。

それには、合成、分解、モーメント、偶力、単位などの他に、ベクトル、三角関数、比などの基本的な数学も確実に覚え直す必要がある。うろ覚えの人、もう一度復習して、完全なものとしておこう！



応力

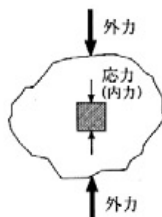
□□ 応力とは？

▽
部材内部に生じる力（内力）

外力に応じて生じる内部の力

応力

荷重や反力などは、構造体の外から加わる力で外力となる。外力によって物体はひずみ、物体の中に力が生じる。その物体内で外力に応じて生じた力を応力または内力という。建物は荷重、風、地震、地面からの反力などの外力を受け、柱、はり、スラブ（床板）などがひずんで変形する。1本のはりの変形は、はりの中のすべての部分の変形の総和である。ごくわずかな変形であっても、その変形によって力（応力）が発生する。はりからサイコロのような小さな部分を取り出し、それを他と切り離して一つの物と考え、応力はそのサイコロにかかる外力となる。サイコロはその外力によってひずんで変形するともいえる。



外力 → 変形 → 応力（内力）

外から力を受け
る
物体の各部に変
形が生じる
物体の各部に応力が生じる

□□ 部材内部に生じる力＝応力（内力）にはどんな種類があるか？

▽

- ①軸方向力（N）
 { 引張り応力（+） $\rightarrow \oplus \leftarrow$
 圧縮応力（-） $\rightarrow \ominus \leftarrow$
- ②せん断力（Q）
 { 時計回り（+） $\curvearrowright$
 反時計回り（-） $\curvearrowleft$
- ③曲げモーメント（M）
 { 下に凸（+） $\cup$
 上に凸（-） $\cap$

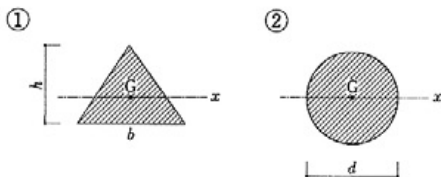
無 休 は NO ! と 応 じ る
 $\frac{M}{N}$ $\frac{Q}{N}$ $\frac{N}{N}$ 応力
 曲げモーメント せん断力 軸方向力

その他にねじりモーメントなどがあるが、まずこの3種類の応力を覚えよう。



応力とは、部材から取り出したサイコロにかかる外力であり、その外力によってサイコロはいろんな形に変形する。その外力（応力）は常にペアーとなってつり合っている、サイコロは変形こそすれ動くことはない。

□□ x 軸に対する断面 2 次モーメント I は？



① $\frac{bh^3}{36}$

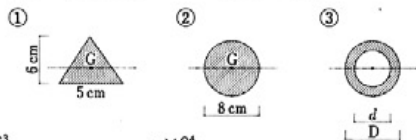
② $\frac{\pi d^4}{64}$

2 次会 にサルも参上したけど無視して
2 次モーメント $\frac{36}{3}$ 乗 $\frac{64}{4}$

よじのぼる!
4 乗



ex. x 軸に対する断面 2 次モーメントを求めよ。



ans. ① $\frac{5 \cdot 6^3}{36} = 30 \text{ cm}^4$ ② $\frac{\pi \times 8^4}{64} = 64 \pi \text{ cm}^4$

③ $\frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$

□□ 主軸とは？



断面 2 次モーメントが最大, 最小になる直交する軸

最大にダメ **なのはうちの主人!**

断面 2 次モーメント

主軸



□□ 断面形の () は主軸の一つ



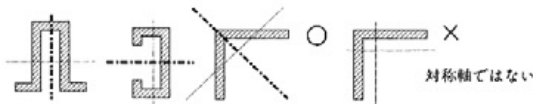
対称軸

大将 は主人

対称軸 = 主軸の一つ



主軸に対する最大, 最小の断面 2 次モーメントを, 主断面 2 次モーメント という。



対称軸ではない

座屈

短柱と長柱、どこで区別するのか？

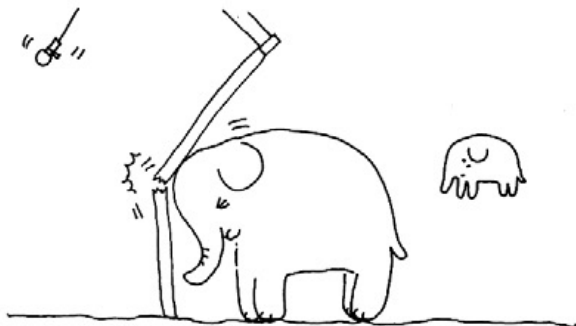


破壊の仕方で、圧縮で破壊される柱を短柱、折れ曲がって座屈する柱を長柱とする。

長い柱は折れて壊れる

長柱

座屈



短柱…圧壊（つぶれる）
長柱…座屈（折れる）



短柱の場合は、 $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{Z} \leq \text{許容応力度}$ となるように設定すればよいことは、前に述べた（138頁）。次にオイラー（L. Euler）の座屈理論の式を先に覚えよう（オイラーは座折不しいぞ！）。

座屈荷重 $N_k = ()$



$$N_k = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2} \quad l_k: \text{座屈長さ}$$

長い痔の後にパイで栄養をとる

長さの自乗

π^2

EI



座屈荷重 N_k は、材料の圧縮強度に無関係であることに注意。 l_k は長いほど、 N_k は l_k の2乗に反比例して小さくなるので、座屈しやすくなる。

座屈長さ l_k は両端ピンの長さを l として

- ① 両端固定 () $\times l$,
- ② 片方固定、片方ピン () $\times l$,
- ③ 片方固定、片方自由 () $\times l$



- ① 0.5 ② 0.7 ③ 2

固定され半分になえていたものが、自由

0.5

0.7

になって倍になる

2