

## 0 はじめに

### 『日程』

- 第一回：構造力学 1（力、力のつりあい・静定梁の反力・静定ラーメンの反力）
- 第二回：構造力学 2（静定梁に生ずる力・静定ラーメンに生ずる力・静定トラス部材に生ずる力）
- 第三回：構造力学 3（断面の性質・応力度・梁の変形、座屈・不静定）
- 第四回：構造物 1（荷重、外力・構造設計・地盤・基礎構造）
- 第五回：一般構造 1（木構造・鉄筋コンクリート構造）
- 第六回：一般構造 2（鉄骨造・補強コンクリートブロック造）
- 第七回：材料（木材・コンクリート系材料・金属材料・ガラス、塗料他）

### 『自宅での学習法』

- 計算問題はとにかくトレーニングあるのみです。講義で使用した問題等を何度も復習してください。日程も限られており、講義内で演習問題を解く時間は殆どありません...（基礎講座では演習に時間取りましたけど）
- 建築士対策の補習的なサイトを「勝手に」運営しています（<http://www.architype-lab.com/>）。基礎的な演習問題等を随時アップしていきますのでネットの使用できる環境にある方はチェックしてみてください。質問等も BBS( 掲示板 )、メールで随時受け付け中。

### 本テキストの用語

- **【本日の目標】**：講義で行う単元のリストです、それぞれに相当する演習問題もあわせて示します
- **《演習問題》**：当該分野における演習問題です（解答は解法手順の右下に示します）
- **（解法手順）**：演習問題を解くための解法手順です、当該範囲の問題全てで有効です、順序を準拠してください
- **『ポイント』**：当該範囲の重要ポイントへのコメントです



## 【本日の目標】

- 1) 分力を集中荷重へ変換できる P2 《演習問題 1》
- 2) 任意の点のモーメントが求められる P3 《演習問題 2》、P4 《演習問題 3》、P4 《演習問題 4》
- 3) 平行 2 力の合成ができる P5 《演習問題 5》
- 4) 斜めの力を鉛直・水平に分力できる P6 《演習問題 6》
- 5) つりあい状態にある場合の未知の力を求めることができる P7 《演習問題 7》
- 6) 構造体の判別（不安定・静定・不静定）ができる P9 《演習問題 8》
- 7) 各種構造物の支点反力をもとめることができる P9 《演習問題 9》、P10 《演習問題 10》

## 1 構造力学

### 1.1 力、力のつりあい

#### 1) 力（集中荷重・分布荷重）

##### ◇ 力の三要素

- ・ 力の 3 要素をチェックしておきましょう
- ・ 物理学では「大きさ」「作用点」「方向」
- ・ 建築では「大きさ」「作用点」「作用線」（作用線が重要です）

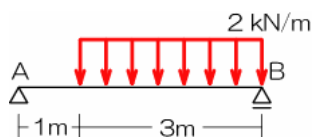
##### ◇ 力の種類

- ・ 集中荷重：ベクトル（矢印）1 本で示される
- ・ 分布荷重：一定の面に広がりつつかかる荷重（以下参照）
- ・ モーメント荷重：回転の荷重（以下「力のモーメント」参照）
- ・ 斜めの荷重：文字通り斜め...（以下「力の分解」参照）

##### ◇ 分布荷重

- ・ 分布荷重に出会ってしまったら **集中荷重へ置き換える**
- ・ 荷重の合計、作用点に注目（囲まれたエリアに注目）

#### 《演習問題 1》以下の分布荷重を集中荷重への置き換えよ（解法手順）



##### 1) 荷重の合計を求める

囲まれたエリアの「面積」が荷重の合計

##### 2) 荷重の作用点の位置を決定する

囲まれたエリアの重心に作用

解答：A 点から 2.5 m の位置に 6 kN

## 『ポイント』

力の三要素とは：大きさ・作用点・方向（作用線）

分布荷重は、集中荷重へ置き換える（「力の大きさ」は面積、「作用点」は重心）

## 2) 力のモーメント（モーメント・モーメント荷重）

## ◇ モーメントとは

- ・ 任意の点にかかる回転の力
- ・ シーソー、てこの原理など

## ◇ モーメントの求め方

- ・ モーメント = 力 × 距離
- ・ 距離が重要！必ず力の作用線を図示し問題中に距離を記入しておくこと！

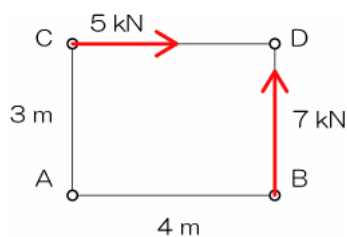
## ◇ モーメントの符号

- ・ 時計回りが（+）、反時計回りが（-）
- ・ モーメントを求めたい点で紙を押さえて、実際にクルクルしてみましょう

## ◇ 複数の荷重によるモーメント

- ・ それぞれの荷重ごとにモーメントを求め、合算
- ・ 見落としがないようにモーメントを求める必要のある力をあらかじめチェックしておきましょう

## 《演習問題 2》以下の A - D の各点のモーメントを求めよ（解法手順）



- 1) 力の作用線を図示
- 2) モーメントを求める必要のある力をチェック
- 3) モーメントを求める点から作用線までの垂線を記入
- 4) モーメント = 力 × 距離
- 5) 符号をチェック（時計回りが+、反時計回りが-）
- 6) 上記モーメントを合算

解答： $M_A = -13 \text{ kNm}$

$M_B = 15 \text{ kNm}$

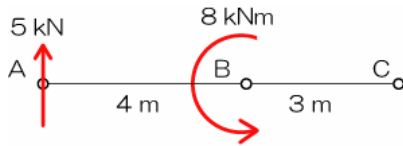
$M_C = -28 \text{ kNm}$

$M_D = 0 \text{ kNm}$

## ◇ モーメント荷重

- ・ モーメント荷重は全ての点において、等しいモーメントの影響を与える

《演習問題 3》以下の各点のモーメントを求めよ



（解法手順）

- 1) 力の作用線を図示
- 2) モーメントを求める必要のある力をチェック
- 3) モーメントを求める点から作用線までの垂線を記入
- 4) モーメント = 力 × 距離
- 5) 符号をチェック（時計回りが+、反時計回りが-）
- 6) 上記モーメントを合算

解答：  $M_A = -8 \text{ kNm}$

$M_B = 12 \text{ kNm}$

$M_C = 27 \text{ kNm}$

## 『ポイント』

モーメントは距離の概念が重要です

作用線は「必ず」図示しておきましょう

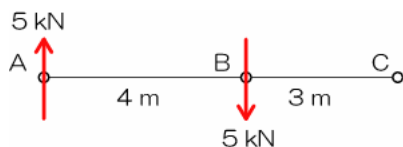
モーメント荷重は全ての点に等しいモーメントの影響を与えます

## 3) 偶力のモーメント

## ◇ 偶力とは

- ・ 作用線が並行で力の大きさが等しく、真逆な一対の力のこと
- ・ 全ての点でのモーメントが等しくなる

《演習問題 4》以下の各点のモーメントを求めよ



（解法手順）

- 1) 力の作用線を図示
- 2) モーメントを求める必要のある力をチェック
- 3) モーメントを求める点から作用線までの垂線を記入
- 4) モーメント = 力 × 距離
- 5) 符号をチェック（時計回りが+、反時計回りが-）
- 6) 上記モーメントを合算

解答：  $M_A = 20 \text{ kNm}$

$M_B = 20 \text{ kNm}$

$M_C = 20 \text{ kNm}$

## 『ポイント』

一対の偶力が生じている場合、全ての点においてモーメントの値は等しくなります

## 4) 力の合成 (バリニオンの定理)

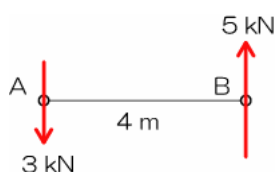
## ◇ バリニオンの定理とは

- ・ 複数の力を合成した前後において、任意の点のモーメントに変化は生じない
- ・ 合成後の荷重を仮定し、任意の点からの距離を求める

## ◇ 分布荷重の合成

- ・ 複数の分布荷重から構成されている場合には、それぞれのブロックごとに集中荷重へ変換
- ・ 上記変換後の集中荷重をバリニオンの定理にて合成

## 《演習問題 5》以下の2力を合成せよ



## (解法手順)

## 1) 基準となる点を指定

いずれかの力の作用線が良い

## 2) 上記点における合成前のモーメント算定

## 3) 合成後の力の大きさを算定

## 4) 合成後の力の位置を過程

1) の点からの距離を  $x$  と仮定

## 5) 合成後の力による 1) の点におけるモーメント算定

6) 2) のモーメント = 5) のモーメントより  $x$  を算定

解答：A 点から右 10 m の位置に上方 2 kN

## 『ポイント』

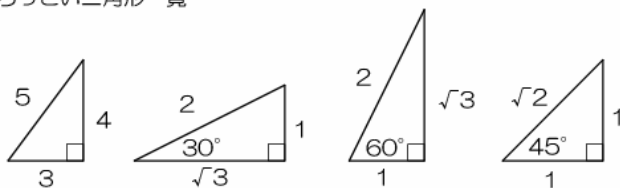
合成前のモーメント = 合成後のモーメント (バリニオンの定理) を用いて合成後の荷重の作用点を求めます

## 5) 力の分解 (斜めの力の分解)

## ◇ 斜めの力に出会ったら

- ・ 斜めの力が出てきたら必ず縦・横に分解すること!
- ・ 比の計算で縦横それぞれの力の大きさを求めます
- ・ ちっこい三角形を書いておきましょう

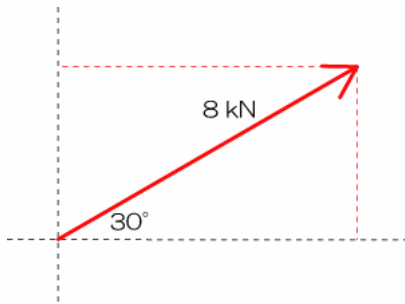
ちっこい三角形一覧



$$\begin{aligned} \text{縦の分力} &= \text{斜めの荷重} \times \frac{\text{ちっこい三角形の縦}}{\text{ちっこい三角形の斜め}} \\ \text{横の分力} &= \text{斜めの荷重} \times \frac{\text{ちっこい三角形の横}}{\text{ちっこい三角形の斜め}} \end{aligned}$$

《演習問題 6》以下の斜めの力を鉛直・水平へ分力せよ

（解法手順）



- 1) 分力の予想図を作成
- 2) ちっこい三角形を検討
- 3) 比の計算より鉛直・水平の荷重を算定

解答：鉛直 = 4 kN (上) 水平 = 4.3 kN (右)

『ポイント』

斜めの力は縦・横に分解

ちっこい三角形は必ず書き込みましょう

6) 力のつりあい (不動の条件・つりあい三式)

◇ 力のつりあいとは

- ・ 物体が動いていない (不動) 状態
- ・ 不動の条件：回転もしない、縦に動かない、横にも動かない

◇ つりあい三式 (上記不動の条件より)

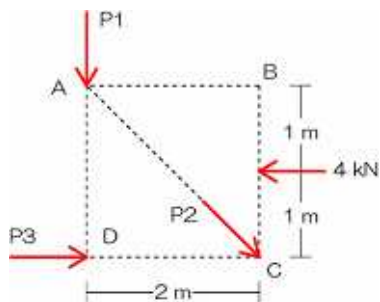
- ・ 任意の点におけるモーメントの合計が 0  $\sum M_0 = 0$
- ・ 鉛直 (縦) 方向の力の合計が 0  $\sum y = 0$
- ・ 水平 (横) 方向の力の合計が 0  $\sum x = 0$

◇ 未知力算定

- ・ 力がつりあっている場合の  $P_x$  を求めよ
- ・ 構造力学における未知力とは、「反力」「トラスの応力」に出てきます
- ・ 上記つりあい三式を用いて未知の力を算定

◇ 未知力算定の大前提

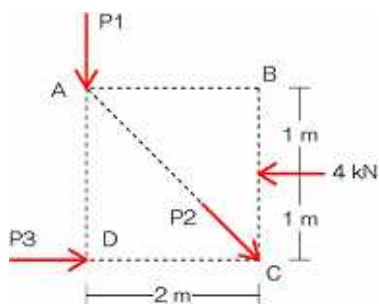
- ・ 力のつりあい三式で求めることができる未知力は 3 つまで
- ・ ターゲット (求めたい未知力) 以外の 2 つの未知力が入らないつりあい式を選択
- ・ 一番重要なのは「任意のモーメントの合計が 0」です



モーメントの合計に注目し工夫すると、式の中に未知数が1つしか入らない条件（こんな感じ）が見つかるのです  
 求めたい未知力を確認      それ以外の未知力の作用線が交わっている点を探す  
 その点のモーメントに注目  
 何でそれ以外の力の交点？      作用線上はモーメントが0となり、「それ以外の未知力」を方程式から排除できるから

### 《演習問題7》力がつりあい状態にある場合のP1・P2・（解法手順）

P3の値を求めよ



- 1) 求めたい未知力を決定（P1とする）
- 2) それ以外の未知力の交点をチェック
- 3) 上記2)の点におけるモーメントの合計を求める
- 4) P3も同じ過程（モーメント）で求める
- 5) P2は...分力して縦の合計0 or 横の合計0を使います

解答：P1 = 2 kN（上）

P2 = 2.2 kN（右下）

P3 = 2 kN（右）

### 『ポイント』

釣合い3式で最も重要なのは「任意の点におけるモーメントの合計が0  $\sum M_0 = 0$

何か力（未知力）をピンポイントで求めたいときは...「それ以外の力の交点に注目！」

縦の合計0、横の合計0も使えるのでお忘れなく...

## 1.2 静定梁の反力

### 1) 荷重

#### ◇ 荷重の種類（復習）

- ・ 集中荷重：ベクトル1本で表記される
- ・ 等分布荷重：集中荷重に変換（囲まれるエリアに注目）
- ・ 変分布荷重：三角形に分布、変換は等分布荷重と同じ
- ・ モーメント荷重：部材各所に等しいモーメントの影響を与えるので注意



## 2) 支点の種類と反力数

## ◇ 支点の種類と反力

- ・ 動けない方向に反力が生じる

支点種類	移動可能な方向			生じる可能性のある反力		
	鉛直	水平	回転	鉛直	水平	回転
ローラー支点 	×				×	×
ピン支点 	×	×				×
固定支点 	×	×	×			

## ◇ 反力の図示

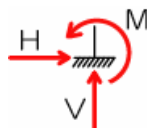
- ・ 支点を見つけたら以下をすぐに図示
- ・ 鉛直方向は「V (上方をプラス)」、水平方向は「H (右をプラス)」、回転(モーメント)を「M (時計回りがプラス)」で表記するのが一般的です



ローラー支点



ピン支点



固定支点

## 3) 節点の種類

## ◇ 節点の種類

- ・ ピン節点：回転可能
- ・ 剛節点：回転不可

## 4) 骨組みの安定と不安定(構造物の判別)

## ◇ 構造物の分類

- ・ 3つに分類可能
- ・ 不安定構造物：わずかな力で変形が生じてしまう
- ・ 安定構造物(静定構造物): 力のつりあい三式で反力算定可能
- ・ 安定構造物(不静定構造物): つりあい三式のみでは反力算定不可(1級建築士の受験範囲、2級では出題されない)、反力数が多く基本的に最も強い構造体



## ◇ 構造物の判別

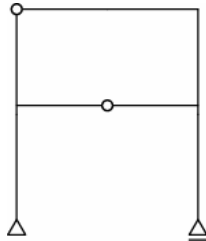
- 判別式を用いることで上記 3 分類の判別が可能

判別式

$$n + s + r - 2k \quad (n: \text{反力数}, s: \text{部材数}, r: \text{剛接合部材数}, \\ k: \text{支点・節点・自由端の合計数})$$

- 上記の値が 0 未満で不安定、0 で静定、0 を超えると不静定

## 《演習問題 8》以下の構造体を判別せよ



## (解法手順)

- 1) 反力を図示
- 2) 反力数をチェック ( $n$ )
- 3) 部材数をチェック ( $s$ )
- 4) 剛接合部材数をチェック ( $r$ )  
剛接合「部材」数ね
- 5) 支点・節点・自由端の合計数をチェック ( $k$ )
- 6) 判別式 ( $n + s + r - 2k$ ) にて判別

0 未満で不安定、0 で静定、0 を超えると不静定

解答:  $3 + 7 + 5 - 7 \times 2 = 1$ 、よって 1 次不静定

解答間違えていました! ゴメンなさい

## 『ポイント』

判別式は必須、剛接合部材数に注意!

## 5) 反力の求め方

## ◇ 反力算定

- まずは生じる可能性のある反力を図示!
- つりあい三式を用いて反力を求めます
- もっとも使える式は  $\sum M_0 = 0$  ね

## 《演習問題 9》以下の構造体の各支点反力を求めよ



## (解法手順)

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい反力を決定!
- 3) 未知力 3 の法則より上記で決定した反力を算定  
 $\sum M_0 = 0$  を使うのね
- 4) 1 つ求められたら、鉛直 (縦) 方向の力の合計が 0 ( $\sum y = 0$ )、水平 (横) 方向の力の合計が 0 ( $\sum x = 0$ ) などを利用しその他の反力を求める

解答:  $V_A = 9 \text{ kN}$ 、 $H_A = 0 \text{ kN}$ 、 $V_B = 3 \text{ kN}$ 

## 『ポイント』

まずは反力を図示しましょう

つりあい三式を用いて未知の反力を求めましょう

## 1.3 静定ラーメンの反力

## 1) ラーメンとは

## ◇ ラーメンの定義

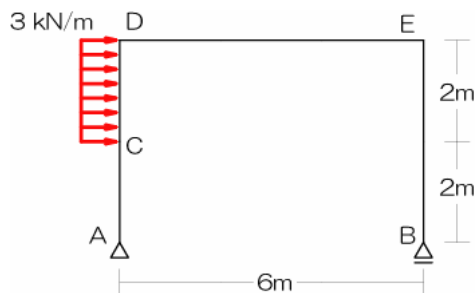
- ・ 柱と梁で構成されている
- ・ 節点は剛接合

## 2) 反力の求め方

## ◇ 反力の算定

- ・ 梁の反力算定とまったく同じ！
- ・ 支点を見つけたら以下をすぐに図示
- ・ 鉛直方向は「V（上方をプラス）」、水平方向は「H（右をプラス）」、回転（モーメント）を「M（時計回りがプラス）」で表記するのが一般的です

《演習問題 10》以下の構造体の各支点反力を求めよ



（解法手順）

- 1) 生じる可能性のある反力を図示
- 2) 求めたい反力を決定！
- 3) 未知力 3 の法則より上記で決定した反力を算定  
 $\sum M_0 = 0$  を使うのね
- 4) 1 つ求められたら、鉛直（縦）方向の力の合計が 0  
 $(\sum y = 0)$ 、水平（横）方向の力の合計が 0  
 $(\sum x = 0)$  などを利用しその他の反力を求める

解答：  $V_A = -3 \text{ kN}$ 、 $H_A = -6 \text{ kN}$ 、 $V_B = 3 \text{ kN}$

## 『ポイント』

梁とまったく同じ...

まずは反力を図示しましょう

つりあい三式を用いて未知の反力を求めましょう