【二級建築士　本講義　構造】

コマ数	内　容 ※近年の出題頻度が低い分野
1～3	第１章　建築物に働く力
	※本章からの単独問題の近年の出題はありません
	第１節　力のつり合い
	第２節　安定・静定
	第３節　静定構造物の反力
	第２章　静定構造物の応力
	第１節　応力
	第２節　静定ばりの応力計算
4～6	第３節　静定ラーメンの応力計算
	第４節　静定３ヒンジラーメンの応力計算
	第５節　静定トラス
	第３章　部材の性質と応力度
	第１節　部材の性質
7～9	第２節　応力度と許容応力度
	第３節　部材の変形（たわみとたわみ角）
	第４節　座　屈
	第４章　不静定構造物
	※本章からの単独問題の近年の出題はありません
	第１節　不静定構造物の応力と変形
	第２節　耐震の基本理論
	第５章　構造設計
	第１節　荷重・外力
	第２節　構造設計
10～12	第４節　免震構造と制振構造
	第５節　耐震診断
	第６章　鉄筋コンクリート構造
	第１節　鉄筋コンクリートの性質
	第２節　部材算定
	第３節　コンクリートのひび割れ・耐久性
	第４節　壁式構造関係
	第５節　プレストレストコンクリート造（ＰＲＣ造）
	第７章　鉄骨構造
	第１節　鋼材の性質
	第２節　部材の設計
13～15	第３節　接合方法
	第８章　鉄骨鉄筋コンクリート構造
	※本章からの単独問題の近年の出題はありません
	第９章　補強コンクリートブロック構造等
	第10章　木質構造
	第１節　各部構造
	第２節　壁量計算
	第３節　木材の性質
	第４節　部材の設計
	第５節　枠組壁工法（ツーバイフォー工法）
16～18	第11章　地盤と基礎構造
	第１節　地盤の許容応力度
	第２節　基礎構造
	第12章　建築材料
	第１節　セメント・コンクリート
	第２節　金属材料
	第３節　木質材料
	第４節　その他の材料

はじめに

建築士の試験は、社会に貢献する建築技術者の一員となるための登竜門です。

試験では、多くの技術書や法律に基づく技術規定、さらには、社会的に高まっている技術者への要求といった広範な内容から出題されます。

私どもＴＡＣでは、学校や社会の一員である皆様が、勉強や仕事との両立を図りながら、建築士試験に不可欠の数多くの情報を効率よく学習していただけるように、『新体系テキスト』、『新体系問題集』を開発しました。

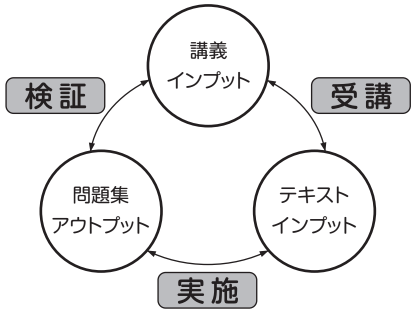
〔コンセプト〕

『講義』、『テキスト』、『問題集』の３つの学習要素それぞれが、過不足なく、右図のように同調すること。

・『講義』の進行と『テキスト』の構成（参照頁）が完全に一致していること

・『テキスト』と『問題集』のカテゴリーが単純化され、一元化していること

これにより、『講義』、『テキスト』、『問題集』による学習を三位一体で進めることができます。



〔教材の活用法〕

テキスト及び問題集の掲載内容は、試験に出題されている事項の90％以上をカバーし、かつ、出題確率の高い項目に厳選しています。したがって、サブ教材や宿題を用意する必要はありません。徹底して『講義』⇒『テキスト』⇒『問題集』を実施するのみです。特に学習効果は、復習の実施、その後の繰り返しにかかっていますので、次の留意点については、合格のために必ず守ってください。

学習効果は復習にあります。

講義受講後、講義範囲内の問題を実施してください。試験までに**３回問題を解く**ことを目標にしましょう。

１回目　講義後すぐに実施。選択肢ごとに分かる、分からないをチェックし、分からない問題はテキストを読み返し、理解・記憶しながら解き進めましょう。

２回目　１週間以内に再度実施。分からなかった選択肢を中心に解きましょう。

３回目　試験までに再度実施。分からない問題をチェックし、記憶を確かなものにしていきましょう。

試験合格の鉄則は、過去問を制することにあります。ただし、丸暗記はＮＧです。一定の理解をすることで記憶しやすくなり、応用問題への対応も出来るようになります。皆様が、新体系テキスト及び問題集を確実にマスターし、合格への最短距離を走りきることを、著者及び制作スタッフ一同祈念しています。

構造で使われる主なアルファベット、ギリシャ文字とその代表的な意味

記号	代表的な意味	記号	代表的な意味	ギリシャ文字	代表的な意味
A	断面積	a_t, a_w	鉄筋断面積等	α(アルファ)	割増し係数
A_n	有効断面積	c	土質の粘着力	β (ベータ)	分担割合
C_i	地震層せん断力係数	d	有効せい	γ(ガンマ)	せん断ひずみ度
C_o	標準せん断力係数	e	偏心距離	δ(デルタ)	たわみ
D_s	構造特性係数	f	許容応力度	⊿(デルタ大)	変形量
E	ヤング係数	f_t	許容引張応力度	ε(イプシロン)	縦ひずみ度
F	基準強度(材料強度)	f_c	許容圧縮応力度	η(イータ)	座屈低減係数
F_{es}	形状係数	f_b	許容曲げ応力度	θ(シータ)	回転角,層間変形角
G	せん断弾性係数	f_s	許容せん断応力度	κ(カッパ)	形状係数など
H	水平反力	$_wf_t$	せん断補強用許容引張応力度	λ(ラムダ)	細長比
I	断面二次モーメント	f_w	溶接継目の許容応力度	Λ(ラムダ大)	限界細長比
K	剛度	g	重力加速度	μ(ミュー)	摩擦係数
M	モーメント	h	高さ等	ν(ニュー)	ポアソン比
M_p	全塑性モーメント	i	断面二次半径	ρ(ロー)	曲率半径
N	軸方向力	j	応力中心間距離	σ(シグマ)	応力度
P	集中荷重	k	剛比、水平剛性(ばね定数)	σ_t	引張応力度
P_k, P_e	弾性座屈荷重	l	スパン等	σ_c	圧縮応力度
Q	せん断力	l_k	弾性座屈長さ	σ_b	曲げ応力度
Q_u	保有水平耐力	n	安全率など	τ(タウ)	せん断応力度
Q_{un}	必要保有水平耐力	p_t	引張鉄筋比	υ(ユプシロン)	係数など
R	反力	p_w	せん断補強筋比	ϕ(ファイ)	内部摩擦角
R_s	剛性率	q	地盤の極限支持力度		
R_e	偏心率	r_o	開口周比		
S	断面一次モーメント	t	厚さなど		
T	固有周期	w	等分布荷重		
V	垂直反力、体積				
W	荷重,合力				
Z	断面係数,地震地域係数				

目　次

第 1 章

建築物に働く力

近年の２級建築士試験において、本章からの
単独問題の出題はありません。

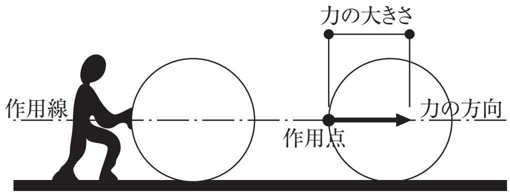
第 1 章　建築物に働く力

第 1 節　力のつり合い

1. 力

1 力の 3 要素と力の符号

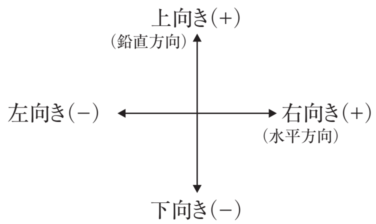
物を押したり、引いたりすると物には力が作用して移動する。その力を表すのに、力の**大きさ**、力の**方向**、力の**作用点**（力が作用する点）があり、これらを力の 3 要素という。



力の3要素

この力の働きを分かりやすく表現するため「**力の矢印**」を用いる。力の大きさを矢印の長さで、力の方向を矢印の向きで、力が作用している点を矢印の位置で示す。作用点を通り力の方向と一致する直線を作用線といい、「力の矢印」は**作用線上を移動しても、その効果は変わらない**。

また、計算をしやすくするために、「力の矢印」の向きが水平方向のときは、**右向きをプラス（＋）**、**左向きをマイナス（－）**、鉛直方向のときは**上向きをプラス（＋）**、**下向きをマイナス（－）**と符号を決めておく。



2 力の単位

力の単位として、**N（ニュートン）**、**kN（キロニュートン）**が使われる。1 N は、1 kg の質量のものに 1 m/s^2 の加速度を生じさせる力であり、1 N＝1 kg･m/s^2 と表される。

地球の重力加速度は 9.8m/s^2 であるため、1 kg の質量の物体には、9.8 N（1 kg×9.8m/s^2＝9.8kg･m/s^2）の引力が生じることになる。すなわち、1 kg の荷重は、1 kgf＝9.8N と表すことができる。

1 N ≒ 100gf
1 kN ≒ 100kgf

2. 力のモーメント（*M*）

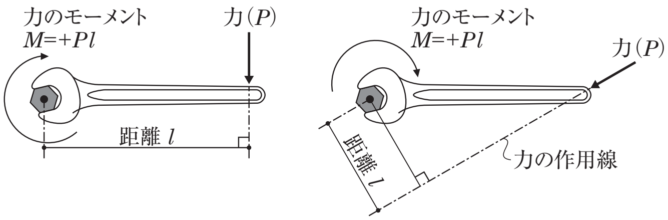
力のモーメントとは、点を中心として回転を起こす働きをする力のことである。

1 モーメント

力のモーメントは、力に距離を乗じて求める。距離の取り方は図のように力の作用線に垂線を下した長さで最短距離をとる。

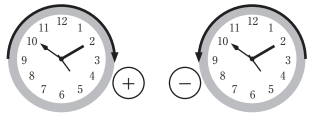
力のモーメント（*M*）＝ 力 × 距離（力の作用線に下した垂線の長さ） （N･m）（N）（m）

〔距離のとり方〕



2 モーメントの符号と単位

力のモーメントの符号は**時計回り**のモーメントを（**＋**）、**反時計回り**のモーメントを（**－**）とする。



時計まわり　　反時計まわり

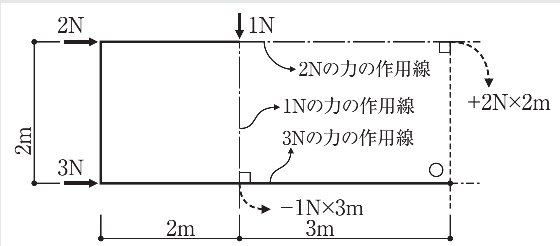
単位は、力（N）×距離（m）で、N･m、kN･m となる。

符号は、計算過程で必要となるので、決めておく必要がある。

力と力のモーメントの記号と単位	
・水平方向の力（X）	N、kN
・垂直方向の力（Y）	N、kN
・力のモーメント（M）	N･m、kN･m

Check Point

❶ O 点の力のモーメントの総和 M_O を求めよ。



〔解答〕

M_O=＋(3N×0m)＋(2N×2m)－(1N×3m)

=0＋4N･m－3N･m

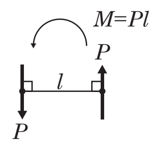
=＋1N･m（↻）時計回り

3 Nの力の作用線が O 点をとおるので、**距離が0**となり、3 Nの力による**モーメントは生じない**

3 偶力のモーメント

偶力とは、力の作用線が平行で、力の大きさが等しく、向きが反対の一対の力のことである。偶力のモーメントの大きさはどの点（任意の点）においても一定であり、力に 2 力間の垂直距離を乗じて求める。

偶力のモーメント	=	**力**	×	**2力間の垂直距離**
(N･m)		(N)		(m)



偶力のモーメント

3. 力の合成と分解

力の**合成**とは、２つ以上の力が作用するとき、これと等しい効果をもつ１つの力にまとめることで、まとめられた１つの力を**合力（*R*）**という。

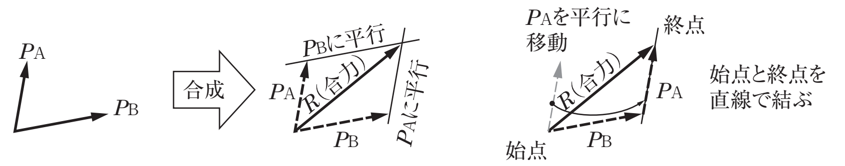
また、**分解**とは、その反対に、１つの力を、これと等しい効果をもつ２以上の力に分けることで、分けられた力を**分力**という。

1 １点に作用する力の合成と分解

①　図式解法

〔力の合成〕

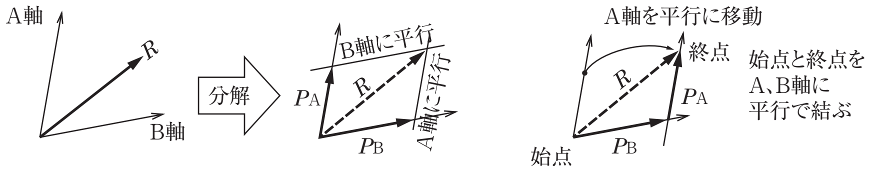
２力 P_A、P_B の合力を図式解法で求めるには、次の２つの方法がある。



(a)力の平行四辺形　　(b)力の三角形

〔力の分解〕

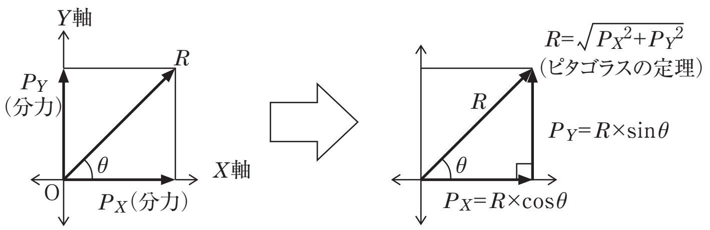
力 R を図式解法でＡ軸、Ｂ軸に分解するには、次の２つの方法がある。

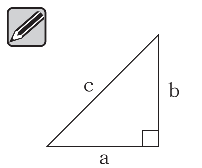


(a)力の平行四辺形　　(b)力の三角形

②　算式解法

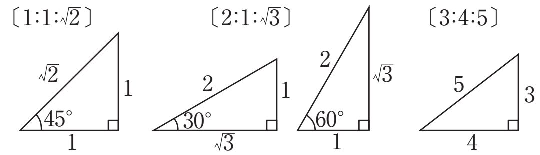
図のような力 R を X 軸、Y 軸上のそれぞれの分力 P_X 及び P_Y に置き換えた場合、３つの力は、直角三角形を形成する。その角度 θ がわかれば、三角関数により力 R の分力 P_X 及び P_Y を求めることができ、また反対に分力 P_X 及び P_Y から、ピタゴラスの定理により、力 R を求めることができる。





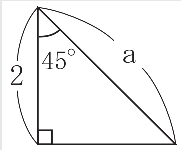
$a^2+b^2=c^2$
ピタゴラスの定理

また、３力の成す直角三角形の角度 θ が、30°、45°、60°、のときなど、三角形の辺の比から、３力のうち、１つがわかれば、残りの２力を求めることができる。



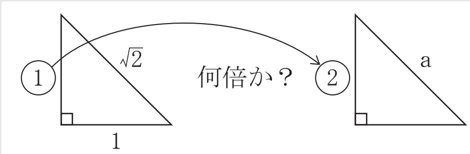
Check Point

❶ a の長さを求めよ。



〔解答〕

45° の直角三角形の〔1 ： 1 ： $\sqrt{2}$〕のうちの 1 を何倍すれば 2 になるかを考えればよい。1 × 2 ＝ 2 であるので、$\sqrt{2}$ をやはり 2 倍すれば a が求まる。



$\sqrt{2} \times 2 = 2\sqrt{2}$

したがって、 $a = 2\sqrt{2}$

2 平行な力の合成と分解

平行な力の合成は、X 方向、Y 方向の力の総和だけでなく、モーメントに対する力の効果が等しい条件を満足しなければならない。

平行な力の合力 R の位置を求めるときはバリニオンの定理を利用して求める。

バリニオンの定理

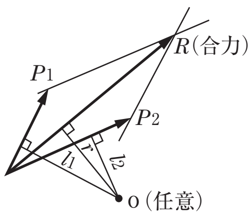
分力のモーメントの総和（ΣM） ＝ **合力のモーメント**

多くの力の、任意の点(O)に対するモーメントの総和は、それらの合力のその点に対するモーメントに等しい。

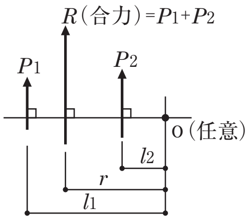
$\boxed{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 = R \cdot r}$

これは、平行な力においても同じである。

〔1点に交わる力の場合〕



〔平行な力の場合〕



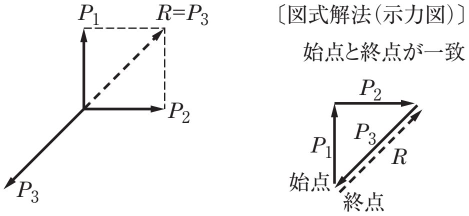
4. 力のつり合い

物体にいくつかの力が作用しているとき、その物体が**移動も回転もしないで静止状態**であれば、これらの力は「**つり合っている**」という。

力がつり合っている状態は、❶示力図（図式解法）や❷算式解法であらわされる。

❶ 示力図（図式解法）

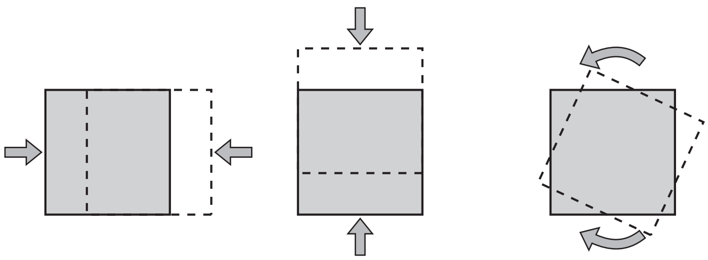
力がつり合っていれば、力の数に応じた多角形の始点と終点が一致し、合力が０となる。これを**示力図が閉じる**といい、直角三角形となる場合は、力の合成、分解で示した三角形の辺の比を用いて、一点に集まる力の大きさを求めることができる。



❷ 算式解法

ある物体に働く力がつり合っていれば、その物体は動くことがない。

X方向の力を全て足したときに０となり、Y方向の力を全て足したときに０となり、回転させようとする力を全て足したときに０となるとき、その物体は動かないことになる。



X方向の力 移動しない [$\Sigma X=0$]	Y方向の力 移動しない [$\Sigma Y=0$]	力のモーメント 回転しない [$\Sigma M=0$]

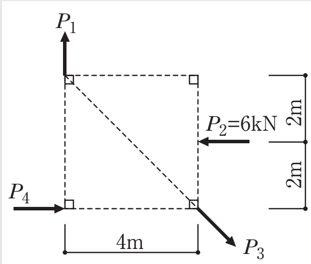
次の①〜③を**力のつり合い条件式**という。

> ❶$\Sigma X=0$ ――― X方向の力（水平方向の力）の総和が０になる。
> ❷$\Sigma Y=0$ ――― Y方向の力（鉛直方向の力）の総和が０になる。
> ❸任意の点で、$\Sigma M=0$ ―――力のモーメント（回転力）の総和が０になる。

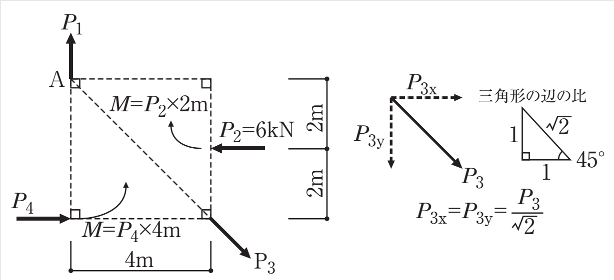
「Σ」とは、全ての数を足すという記号。シグマと読む。ΣX＝０はX方向の力を全て足したときに０となるという意味。

Check Point

❶図のように、4 つの力（P_1～ P_4）が**つり合っているとき**、P_1、P_3、P_4 の値を求めよ。



〔解答〕



任意の点でΣM=0 であるので、図の A 点についてモーメントの和が 0 であることから P_4 を求める。これは、P_1、P_3 の作用線上にある A 点では、距離が 0 になる P_1、P_3 のモーメントが生じないからである。

◉ΣM_A=0 より、P_4 を求める。

$(P_1 \times 0) + (P_2 \times 2\text{m}) + (P_3 \times 0) - (P_4 \times 4\text{m}) = 0$

$(6\text{kN} \times 2\text{m}) - (P_4 \times 4\text{m}) = 0$　　　∴　$P_4 = 12\text{kN}\cdot\text{m}/4\text{m} = 3\text{kN}$

次に P_3 を XY 方向の分力 P_{3X}、P_{3y} に分けて、つり合いを考える。

・$\Sigma X = 0$ より、P_3 を求める。

$P_4 - 6 + P_{3X} = 0$

$3 - 6 + P_{3X} = 0$

$P_{3X} = 3\text{kN}$

三角形の辺の比より、$P_{3X} : P_3 = 1 : \sqrt{2}$ であるから

$P_3 = \sqrt{2} \times P_{3X} = 3\sqrt{2} = \text{kN}$

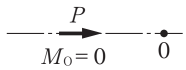
$P_{3X} : P_{3y} = 1 : 1$ であるから、$P_{3y} = 3\text{kN}$

・$\Sigma Y = 0$ より、P_1 を求める。

$P_1 - P_{3y} = 0$

$P_1 = P_{3y} = 3\text{kN}$

P の力の作用線上の点 O には、回転力は働かない。つまり O 点における力のモーメントは 0 になる。



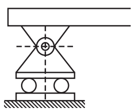
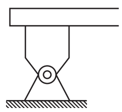
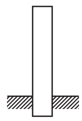
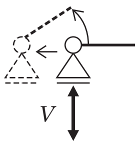
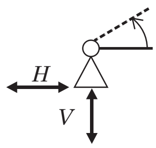
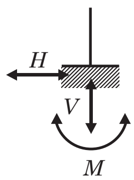
第２節　安定・静定

1．支点と節点

1 支点

支点とは構造物を支えている点で、その点で支えている力を**反力**という。支点は、次の**３種類**に分けることができる。**移動支点**は鉛直方向の力だけを支え、**回転支点**は鉛直方向の力と水平方向の力の２方向の力を支える。**固定端**は、鉛直方向の力、水平方向の力、モーメント（回転力）の３種類の力全てを支えることができる。

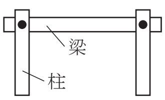
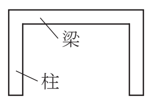
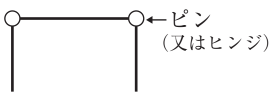
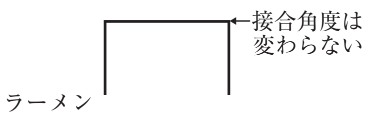
〈支点の種類と反力〉

	移動支点 （ピンローラー）	回転支点 （ピン又はヒンジ）	固定端 （フィックス）
支点			
記号			
反力の種類	V：鉛直反力	V：鉛直反力 H：水平反力	V：鉛直反力 H：水平反力 M：モーメント（回転）反力

Ｖは、Vertical Reaction（垂直反力）の頭文字である。Ｈは、Horizontal Reaction（垂直反力）の頭文字である。

2 節点

節点とは、梁と柱など部材と部材を接合している点で、次の２つがある。**滑節点（ピン又はヒンジ）**は自由に回転する節点で、鉛直方向、水平方向の力を伝達する。**剛節点**は回転が拘束されている節点で、鉛直方向、水平方向の力、モーメントを伝達することができる。

	滑節点（ピン節点又はピン接合）	剛接合（剛節点）
節点		
記号		
力の伝達	鉛直方向、水平方向の２つ	鉛直方向、水平方向、モーメントの３つ

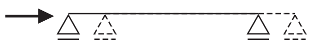
2. 安定・静定

構造物には骨組みの組み方や支点の関係から不安定な構造物（不安定構造物）と安定した構造物（安定構造物）に分けられる。安定構造物はさらに不安定になりやすい静定構造物と静定構造物より丈夫な不静定構造物に分けることができる。

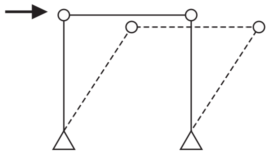
- 構造物
  - 不安定構造物（建築物としては使用できない）
  - 安定構造物
    - 静定構造物（支点や節点を１つゆるめるとすぐ不安定になる構造物）
    - 不静定構造物（静定構造物より強い構造物）

1 不安定構造物と安定構造物（静定構造物・不静定構造物）

① **不安定構造物**―――・外力により移動するもの
・外力により大きな変形を起こし骨組みが倒れるもの



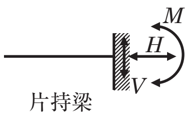
移動する（外的不安定）



大きな変形をおこし倒れる

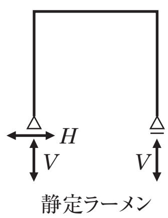
② **安定構造物**―――・不安定構造物以外はすべて安定構造物になる
・外力により移動せず、変形しても倒れないもの

(1) **静定構造物**：支点や節点を１つゆるめるとすぐ不安定になる構造物

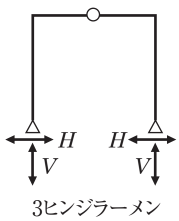


片持梁

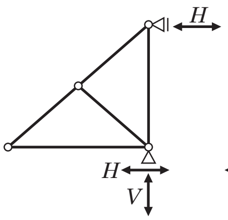
単純梁



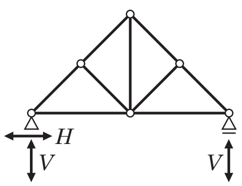
静定ラーメン



3ヒンジラーメン

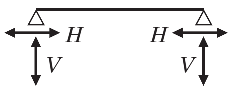


片持梁系トラス

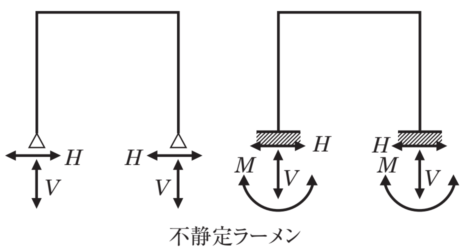


単純梁系トラス

(2) **不静定構造物**：静定構造物より丈夫な構造物（反力数４以上）



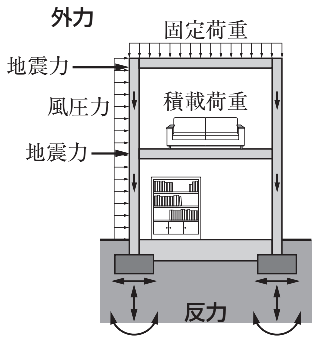
不静定梁



不静定ラーメン

静定構造物はつり合い条件式だけから反力を求めることが出来る。２級の力学の計算問題は、全て静定構造物から出題されている。

第３節　静定構造物の反力



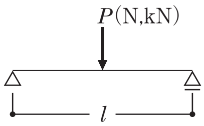
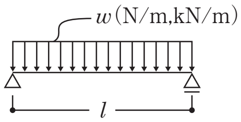
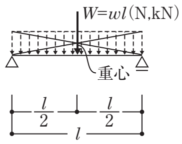
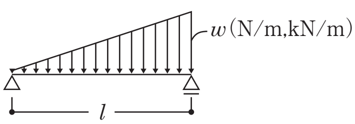
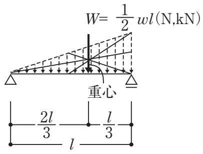
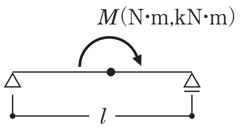
地震や台風、建築物の重量や積載物などにより建築物に加わる力を**荷重**という。建築物が地面と接している部分を**支点**といい、支点には荷重により建築物が動かないように地面が押しかえす力「**反力**」が生じている。この反力を求めることを**反力計算**という。

荷重と反力を合わせて**外力**といい、これらの外力全てを明らかにすることで、初めて各部材に生じる力「**応力**」を求めることが出来る。力学の計算問題では、まず反力を求め、次に応力を求める手順が一般的である。

1．荷重の種類と反力計算上の取り扱い

代表的な荷重の種類と荷重状態は次のようになる。

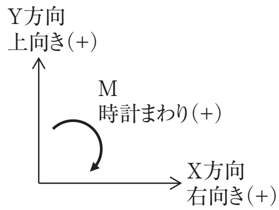
反力計算を行うときには、**分布荷重は集中荷重に置き換えて計算を行う**。具体的には、等分布荷重の場合は、その範囲の荷重の合計を計算し、重心の位置（**半分の位置**）に働いている集中荷重に置き換える。等変分布荷重の場合は、三角形の重心の位置（三分の一）に働いている集中荷重に置き換える。

荷重の状態		表示	反力計算時の取り扱い
集中荷重	1点に集中して 作用する荷重		そのまま力のつり合いを考える
等分布荷重	同じ大きさで、 一様に分布する 荷重		**重心**に作用する**集中荷重**に置き換える 
等変分布 荷重	一定の割合で、 増加又は減少 する分布荷重		**重心**に作用する**集中荷重**に置き換える 
モーメント 荷重	回転させよう とする荷重		荷重点の位置にかかわらず、モーメントのつり合いを考える（$\Sigma M=0$）

2. 静定構造物の反力計算

1 反力計算の手順

反力は、次の手順で求める。



(1) **反力を仮定する**

反力の向きは、一般に右図の**プラス側に仮定**する。

(2) **力のつり合い条件式より反力を求める**

- $\Sigma X = 0$
- $\Sigma Y = 0$
- $\Sigma M = 0$（任意の点において）

力の条件式を立てるときに、図のプラス側の向きを正と仮定するとよい。

すなわち、$\Sigma X = 0$ では右向きの力を＋、$\Sigma Y = 0$ では上向きの力を＋、任意の点を回転中心とした $\Sigma M = 0$ では時計まわりの曲げモーメントを＋とする。

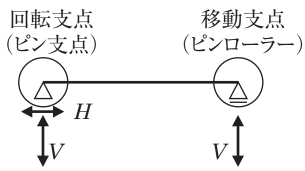
(3) **反力の向きを判断する**

計算した結果の**反力**の値が**＋なら仮定通り**の向きであり、**－なら仮定と反対の向き**であることがわかる。

なお、反力の向きが明らかな場合は、その向きに反力を仮定してもよい。

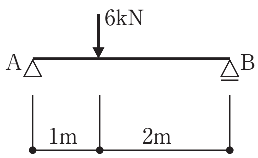
2 単純梁の反力計算

単純梁とは、回転支点（反力２つ）と移動支点（反力１つ）からなる梁で、反力の合計は３つになる。



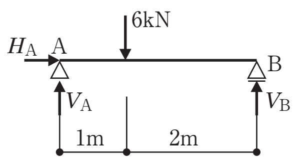
① 反力計算の手順Ⅰ（基本：集中荷重が作用する場合）

図の単純梁の反力を求めよう。



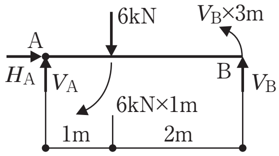
(1) **反力を仮定する**

反力を図のように仮定する。



反力の仮定

⑵ **力のつり合い条件式より反力を求める**



◎ $\Sigma X = 0$ より、水平反力 H_A を求める。

$H_A = 0$

次に鉛直反力を求める。

鉛直反力 V_A 及び V_B は Y 方向の反力であるから、$\Sigma Y = 0$ のつり合い式を立てることが考えられるが、$\Sigma Y = 0$ の式中には２つの未知数 V_A、V_B が入ってしまうため、次の手順で効率よく反力を求めることができる。

・V_B を求める

V_B 以外の反力である H_A、V_A の作用線の交点Aで $\Sigma M_A = 0$ を立式することにより、反力 V_B を求めることができる。

・V_A を求める

V_A を最初に求めるのであれば、V_A 以外の反力である H_A、V_B の作用線の交点Bで $\Sigma M_B = 0$ を立式することにより、反力 V_A を求めることができる。V_B が既に求まっている場合は、$\Sigma Y = 0$ から V_A を求めればよい。

◎ $\Sigma M_A = 0$ より、V_B を求める。

$$\underbrace{+(6\mathrm{kN} \times 1\mathrm{m})}_{\text{時計回り}} - \underbrace{(V_B \times 3\mathrm{m})}_{\text{反時計回り}} = 0$$

$(6\,\mathrm{kN \cdot m}) - (3\,V_B) = 0$

$\therefore \quad V_B = +2\,\mathrm{kN}$ （＋なので仮定どおり上向き）

◎ $\Sigma Y = 0$ より、V_A を求める。

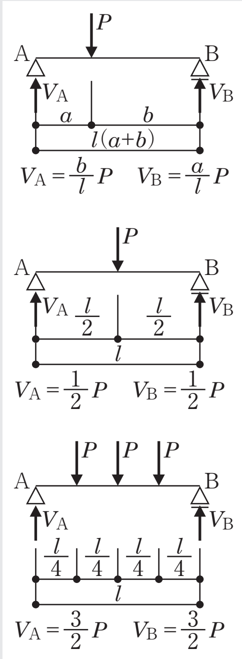
$V_A + V_B - 6\,\mathrm{kN} = 0$

$V_A + 2\,\mathrm{kN} - 6\,\mathrm{kN} = 0$

$\therefore \quad V_A = +4\,\mathrm{kN}$ （＋なので仮定どおり上向き）

Check Point　覚えておくと便利

❶右図のような鉛直荷重が作用するとき、A、B両支点の鉛直反力と荷重の作用点との関係は、図のようになることがわかる。
荷重が支点に対して左右均等にかかっている場合は全荷重の２分の１の大きさの反力が両支点に生じる。



❷図１のような集中荷重が作用する場合は、図２のように鉛直方向、水平方向の分力にして考える。このとき、直角三角形の辺の比を利用して、大きさを求める。
そのあとの解法は、まったく同じである。
図３のように、H_A、V_A、V_B、鉛直荷重 6kN、水平荷重$6\sqrt{3}$ kN の５つの力のつり合い条件を考える。$6\sqrt{3}$ kN の水平荷重が作用するので、
$\Sigma X=0$ より、$H_A=+6\sqrt{3}$ kN　（＋なので仮定どおり右向き）、
$\Sigma M_A=0$ より、$V_B=+2$kN　（＋なので仮定どおり上向き）
$\Sigma Y=0$ より、$V_A=+4$kN　（＋なので仮定どおり上向き）

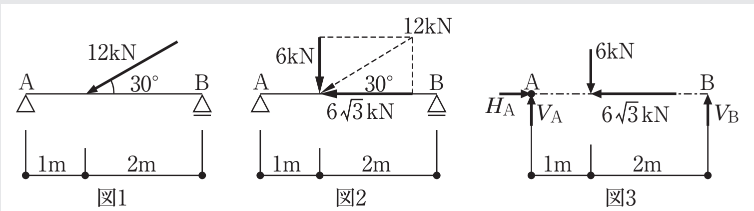
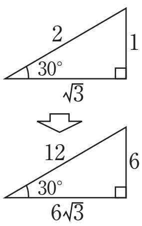


図1　図2　図3

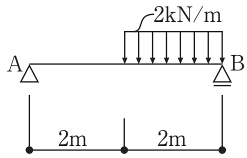
直角三角形の辺の比



2903

②　反力計算の手順Ⅱ（基本：等分布荷重が作用する場合）

図の単純梁の反力を求めよう。



> 等分布荷重の合力を求め、集中荷重として計算する。

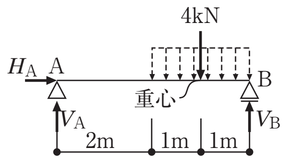
⑴　**等分布荷重を集中荷重に置き換える**

等分布荷重(w)に作用するスパンの長さ(l)を乗じて集中荷重を計算し、等分布荷重の重心に作用させる。

2kN/m×2m=4kN

⑵　**反力を仮定する**

反力を図のように仮定する。



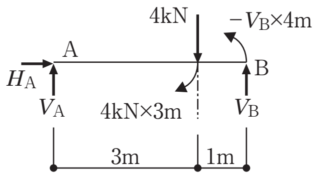
集中荷重に置き換え・反力の仮定

⑶　**力のつり合い条件式より反力を求める**

◉ $\Sigma X=0$ より、$H_A=0$

◉ $\Sigma M_A=0$ より、V_B を求める。

$$\Sigma M_A=\underbrace{+(4\text{kN}\times 3\text{m})}_{\text{時計回り}}\underbrace{-(V_B\times 4\text{m})}_{\text{反時計回り}}=0$$



$12\text{kNm}-4V_B=0$

∴　$V_B=12\text{kN}\cdot\text{m}/4\text{m}=+3\text{kN}$（＋なので仮定どおり上向き）

◉ $\Sigma Y=0$ より、V_A を求める。

$V_A+V_B-4\text{kN}=0$

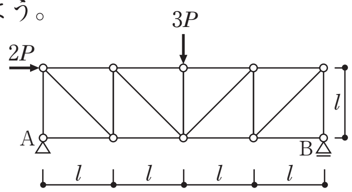
$V_A+3\text{kN}-4\text{kN}=0$

$V_A-1\text{kN}=0$

∴　$V_A=+1\text{kN}$（＋なので仮定どおり上向き）

③　単純梁系トラスの反力計算

図のような静定トラスの反力計算を求めよう。

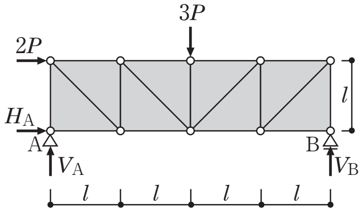


単純梁と同じように行えばよい。**トラス骨組を一つの剛体（物体）と考え、**支点反力を仮定すれば、図のような **5 つの力のつり合いを考えればよい**ことがわかる。

> 静定トラス⇒第２章第５節静定トラス参照。

(1) **反力を仮定する**

反力を図のように仮定する。



反力の仮定

(2) **力のつり合い条件式より反力を求める**

◎ $\Sigma X=0$ より、水平反力 H_A を求める。

$\Sigma X=H_A+2P=0$

∴　$H_A=-2P$ （－なので仮定と反対の左向き）

◎ $\Sigma M_A=0$ より、V_B を求める。

$$\Sigma M_A=\underbrace{+(2P\times l)}_{\text{時計回り}}\underbrace{+(3P\times 2l)}_{\text{時計回り}}\underbrace{-(V_B\times 4l)}_{\text{反時計回り}}=0$$

$8P\cdot l-4V_Bl=0$

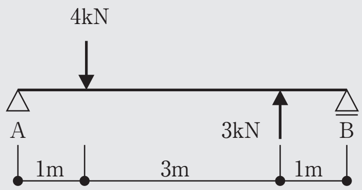
∴　$V_B=+2P$　（＋なので仮定どおり上向き）

◎ $\Sigma Y=0$ より、$V_A+V_B+(-3P)=0$

$V_A+2P-3P=0$　∴　$V_A=+P$　（＋なので仮定どおり上向き）

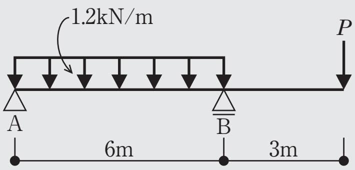
Check Point **ケーススタディ**

❶次の単純梁の支点Bの反力を求めよ。ただし、反力の方向は、上向きを（＋）、下向きを（－）とする。



（答　$V_B=1.6$kN　下向き）

❷次の単純梁において、支点 A に垂直反力が生じないような荷重 P の値を求めよ。



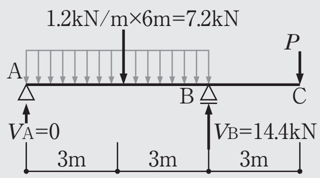
〔解答〕

等分布荷重を集中荷重に置き換え、$V_A=0$ として、B 点でのつり合いを考える。

$\Sigma M_B=0$ より、

$-(7.2\text{kN}\times 3\text{m})+(P\times 3\text{m})=0$

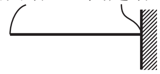
∴ $P=7.2$kN



（答　$P=7.2$kN）

3 片持梁の反力計算

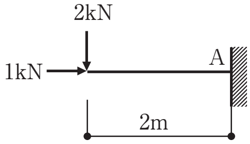
片持梁とは一端が自由端で , 他端が固定端の梁をいう。片持梁は支点が固定端の１つだけなので力のつり合い条件から簡単に反力を求めることができる。



片持梁

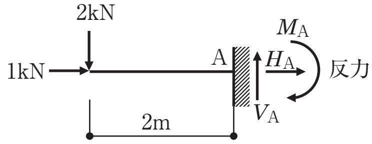
①　反力計算の手順（基本：集中荷重が作用する場合）

図の A 点の反力を求めてみよう。



（1） 反力を仮定する

反力を図のように仮定する。



反力の仮定

（2） 力のつり合い条件式より反力を求める

◉ $\Sigma X=0$ より、H_A を求める。

$1\mathrm{kN}+H_A=0$

$\therefore\quad H_A=-1\mathrm{kN}$　（－なので仮定と反対の左向き）

◉ $\Sigma Y=0$　より、V_A を求める。

$-2\mathrm{kN}+V_A=0$

$\therefore\quad V_A=+2\mathrm{kN}$　（＋なので仮定どおり上向き）

◉ $\Sigma M_A=0$ より、M_A を求める。

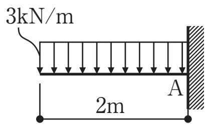
$$\Sigma M_A=\underbrace{-(2\mathrm{kN}\times 2\mathrm{m})}_{\text{反時計回り}}\ \underbrace{+M_A}_{\text{時計回り}}=0$$

$-4\mathrm{kN\cdot m}+M_A=0$

$\therefore\quad M_A=+4\mathrm{kN\cdot m}$　（＋なので仮定どおり時計回り）

②　反力計算の手順２（等分布荷重が作用する場合の例）

図の A 点の反力を求めてみよう。

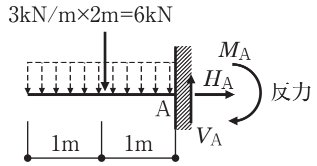


（1） 等分布荷重を集中荷重に置き換える

等分布荷重(w)に作用するスパンの長さ(l)を乗じて集中荷重を計算し、等分布荷重の重心に作用させる。

$3\mathrm{kN/m}\times 2\mathrm{m}=6\mathrm{kN}$

(2) **集中荷重のときと同様に求める**



集中荷重に置き換え・反力の仮定

反力を図のように仮定する。

◉ $\Sigma X=0$ より、H_A を求める。

$H_A = 0\text{kN}$

◉ $\Sigma Y=0$ より、V_A を求める。

$-6\text{kN}+V_A=0$　　∴　$V_A = +6\text{kN}$　（＋なので仮定どおり上向き）

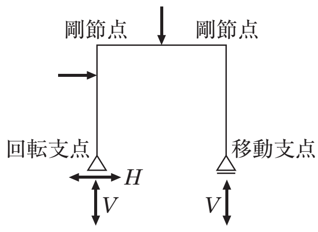
◉ $\Sigma M_A=0$ より、M_A を求める。

$\Sigma M_A = -(6\text{kN}\times 1\text{m}) + M_A = 0$

∴　$M_A = +6\text{kN}\cdot\text{m}$　（＋なので仮定どおり時計回り）

4 静定ラーメンの反力計算

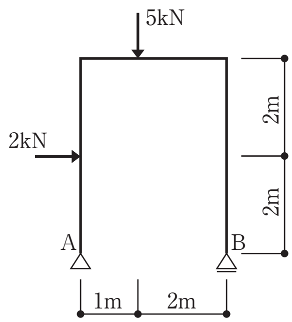
柱と梁などの部材が剛接合された骨組を**ラーメン**といい、静定ラーメンとは、一端が回転支点、他端が移動支点で支持されたものをいう。**反力計算の手順は、単純梁と同様**であるが、水平力が作用する場合は、支点との距離が生まれ、モーメントの計算に影響する点が単純梁との違いである。



静定ラーメン

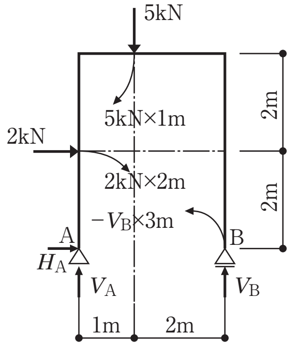
①　反力計算の手順Ⅰ（基本：集中荷重が作用する場合）

図の静定ラーメンの反力を求めよう。



(1) **反力を仮定する**

反力を図のように仮定する。



(2) **力のつり合い条件式より反力を求める**

◉ $\Sigma X=0$ より、水平反力 H_A を求める。

$\Sigma X=H_A+2\text{kN}=0$

∴　$H_A=-2\text{kN}$　（－なので、仮定と反対の左向き）

◉ $\Sigma M_A=0$ より、V_B を求める。

$\Sigma M_A=(2\text{kN}\times 2\text{m})+(5\text{kN}\times 1\text{m})$
$-(V_B\times 3\text{m})=0$

$4\text{kN}\cdot\text{m}+5\text{kN}\cdot\text{m}-3\text{m}\times V_B=0$

$\therefore\quad V_B=\dfrac{9\text{kN}\cdot\text{m}}{3\text{m}}=+3\text{kN}$　（＋なので仮定どおり上向き）

◉ $\Sigma Y=0$ より、V_A を求める。

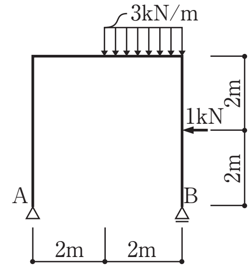
$\Sigma Y=V_A+V_B+(-5\text{kN})=0$

$V_A+3\text{kN}-5\text{kN}=0$

$\therefore\quad V_A=+2\text{kN}$　（＋なので仮定どおり上向き）

②　反力計算の手順Ⅱ（基本：等分布荷重が作用する場合）

図の静定ラーメンの反力を求めよう。



等分布荷重の合力を求め、集中荷重として計算する。

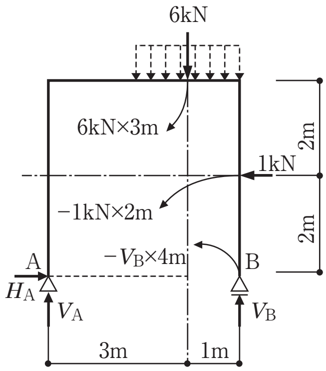
(1)　**等分布荷重を集中荷重に置き換える**

等分布荷重(w)に作用するスパンの長さ(l)を乗じて集中荷重を計算し、等分布荷重の重心に作用させる。

$3\text{kN/m}\times2\text{m}=6\text{kN}$

(2)　**反力を仮定する**

反力を図のように仮定する。



(3)　**力のつり合い条件式より反力を求める**

◉ $\Sigma X=0$ より、水平反力 H_A を求める。

$H_A-1\text{kN}=0$

$\therefore\quad H_A+=1\text{kN}$　（＋なので仮定どおり右向き）

◉ $\Sigma M_A=0$ より、V_B を求める。

$\Sigma M_A=(6\text{kN}\times3\text{m})-(1\text{kN}\times2\text{m})$
$-(V_B\times4\text{m})=0$

$18\text{kN}\cdot\text{m}-2\text{kN}\cdot\text{m}-4V_B=0$

$\therefore\quad V_B=\dfrac{16\text{kN}\cdot\text{m}}{4\text{m}}=+4\text{kN}$　（＋なので仮定どおり上向き）

反力数の多い点（未知数の多い）について$\Sigma M=0$とした方が計算が楽であることから、回転支点（この場合Ａ点）について、条件式を立てることが多い。

◉ $\Sigma Y=0$ より､､V_A を求める。

$V_A+V_B-6\text{kN}=0$

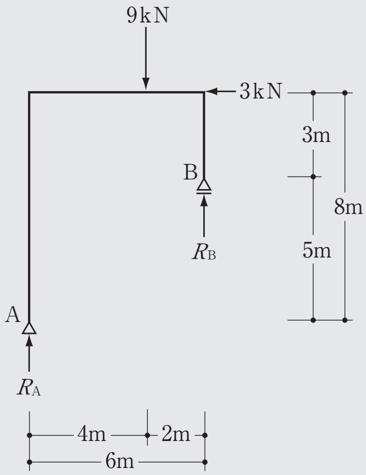
$V_A+4\text{kN}-6\text{kN}=0$

$\therefore\quad V_A=+2\text{kN}$　（＋なので仮定どおり上向き）

Check Point **ケーススタディ**

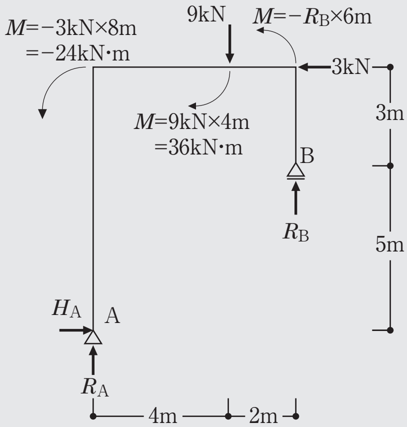
2604

❶次の静定ラーメンの支点A、Bに生じる鉛直反力 R_A、R_B を求めよ。



〔解答〕

下図のようにＡ点、Ｂ点の鉛直反力 R_A、R_B、水平反力 H_A を仮定し、力のつり合い条件式、$\Sigma X=0$、$\Sigma Y=0$、任意の点で $\Sigma M=0$ から求める。



《$\Sigma X=0$》

水平方向の力は、２力しかないので、簡単にＡ点の水平反力 H_A は判明する。

$H_A-3kN=0$

$\therefore H_A=+3kN$（＋なので仮定どおり右向き）

《任意の点で $\Sigma M=0$》

$\Sigma M_A=0$ より、R_B を求める。

$(9kN\times4m)-(3kN\times8m)-(R_B\times6m)=0$

$36kN\cdot m-24kN\cdot m-6R_B=0$

$6R_B=12kN\cdot m$

$\therefore R_B=+2kN$（＋なので仮定どおり上向き）

《$\Sigma Y=0$》

$R_A-9kN+R_B=0$

$R_A-9kN+2kN=0$

$\therefore R_A=+7kN$（＋なので仮定どおり上向き）

第2章

静定構造物の応力

第2章 静定構造物の応力

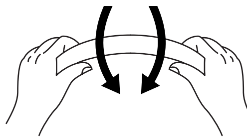
第1節　応力

1．応力とは

第１章で学習したように、骨組に荷重が作用すると、荷重につり合うように反力が生じる。これらの**外力は**、梁や柱などの部材を変形（伸ばす、縮める、ずらす、曲げるなど）させようとする。その変形に対応して**部材内部に生じる力が「応力」**である。

> **外力**
> 荷重と反力を合わせて、外力である。

この変形させようとする力、つまり応力は、右図のように、**大きさが等しく、向きを反対とする『つり合う１対の力』**である。部材の任意の断面には、この１対の力が生じている。



2．応力の種類

部材に生じる応力の種類は、次のとおり**軸方向力（軸応力）、せん断力（せん断応力）、曲げモーメント（曲げ応力）の３種類**である。

応力の種類	部材に作用する力	一部断面の変形	応力図（N図、Q図、M図）の描き方	
軸方向力 **（N）**	N ← → N 引張 ⊕ N → ← N 圧縮 ⊖ **引張力を＋とする**	伸ばす力、縮める力 N ⊕ N N ⊖ N	上側 ⊕ 下側 ⊖ 材軸に平行	静定ラーメンのN図、Q図 ⊕ ⊖ ⊕ ⊖ ⊖ ⊕ 骨組み外側(+) 骨組み内側(−)
せん断力 **（Q）**	Q Q 時計回り ⊕ Q Q 反時計回り ⊖ **時計回りを＋とする**	ずらす力 Q ⊕ Q Q ⊖ Q	集中荷重の場合 上側 ⊕ ⊖ 下側 等分布荷重の場合 上側 ⊕ ⊖ 傾斜直線　下側	
曲げ **モーメント** **（M）**	M M 下に凸（引張） M M 上に凸（引張）	曲げる力 M M M M	**凸側（引張側）に描く** 集中荷重の場合 傾斜直線 等分布荷重の場合 放物線（2次曲線）	モーメント荷重の場合 M M 傾斜直線

①　軸方向力（軸応力）記号：*N*

力が部材軸方向に作用する場合、**伸びたり縮んだりする変形をおこそうとする力**を軸方向力といい記号 N で表す。軸方向力には、引張力（引張応力）と圧縮力（圧縮応力）があり、引張力を（＋）、圧縮力を（－）で表す。

②　せん断力（せん断応力）記号：*Q*

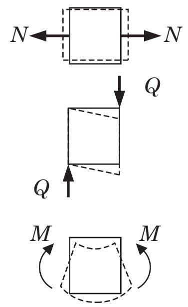
力が部材軸に直角方向に作用する場合、部材軸に直角方向に**ずれる変形をおこそうとする力**をせん断力といい記号 Q で表す。せん断力は、時計回りのせん断力を（＋）、反時計回りのせん断力を（－）で表す。

③　曲げモーメント（曲げ応力）記号：*M*

力による回転力が作用する場合、部材に**湾曲する変形をおこそうとする力**を曲げモーメントといい記号 M で表す。曲げモーメントは、凸側（引張側）に描く。

第２節　静定ばりの応力計算

1．応力計算の考え方



軸方向力、**せん断力**及び**曲げモーメント**の３つの応力の**大きさ**と**向き**を求めることが**応力計算**である。
応力の求め方は、まず最初に**反力を求め**、構造物に作用するすべての**外力を明らかにすることから始まる**。

外力がつり合う構造物の部材の応力は、『**つり合う一対の力**』である。つまり、任意の点の両側それぞれの力の総和は、大きさ等しく、向きが反対の力となる。したがって、**応力を求める点を切断し、どちらか片側について、Σ *X*、Σ *Y*、Σ *M* を求めれば、軸方向力、せん断力、曲げモーメント**の大きさと向きがわかる。

❶ 曲げモーメント図及びせん断力図の特徴

次図（左）はスパン l の中央に集中荷重Ｐが作用したときの支点反力、曲げモーメント図（M図）及びせん断力図（Q図）を示したものである。

集中荷重が作用したときの**曲げモーメント図**は荷重点Ｃで折れ曲がるが、それ以外は直線である。すなわち、支点及び荷重点の曲げモーメントの値を求めれば、それらを直線で結ぶことにより、曲げモーメント図を描くことができる。

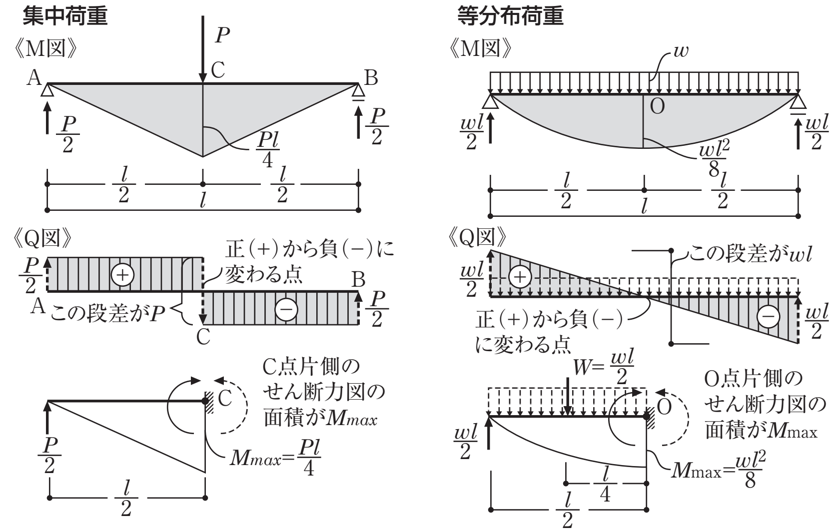
せん断力図は、ＡＣ間で＋Ｐ／２、ＣＢ間で－Ｐ／２となり、荷重の作用点Ｃで段差が生じている。この段差の大きさは集中荷重Ｐと等しい。

以上より、**曲げモーメント**は応力を求める**点で切断**した片側で計算して節点の曲げモーメントの値を計算する。**せん断力**は**支点及び荷重点の中間位置で切断**して値を計算する。

次図（右）はスパン l に等分布荷重が作用したときの支点反力、曲げモーメ

ント図（M図）及びせん断力図（Q図）を示したものである。等分布荷重が作用している区間の曲げモーメント図は放物線になり、せん断力図は直線的に変化する。

等分布荷重が作用したときに、**曲げモーメントが最大になる位置**（O点）で**せん断力がゼロ**になっていることが分かる。 R0503



$$M_{max}=M_{O左}=\left(\frac{wl}{2}\times\frac{l}{2}\right)-\left(\frac{wl}{2}\times\frac{l}{4}\right)$$
$$=\frac{wl^2}{4}-\frac{wl^2}{8}$$
$$=\frac{2wl^2}{8}-\frac{wl^2}{8}$$
$$=\frac{wl^2}{8}$$

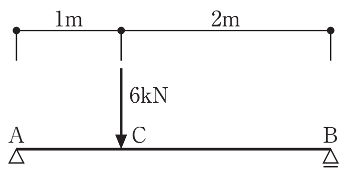
2. 単純ばりの応力計算

単純ばりの応力計算は、最初に反力を求めてから応力を求める。

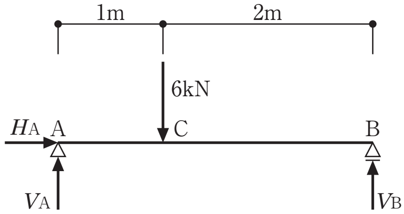
反力を求める ──► 求める点で切断 ──► 片側から応力を求める

1 応力計算の手順Ⅰ（集中荷重が作用する場合）

図の単純梁について、A－C間及びC－B間のせん断力と、C点の曲げモーメントを求めてみよう。



①　反力を求める



反力を図のように仮定する。

◎ $\Sigma X = 0$ より H_A を求める。

$H_A = 0$

◎ $\Sigma M_A = 0$ より、V_B を求める。

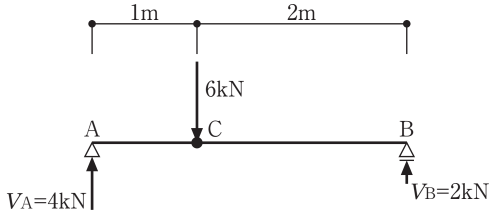
$\Sigma M_A = (6\,\mathrm{kN} \times 1\,\mathrm{m}) - (V_B \times 3\,\mathrm{m}) = 0$

$\therefore V_B = +2\,\mathrm{kN}$（＋なので仮定どおり上向き）

◎ $\Sigma Y = 0$ より、V_A を求める。

$\Sigma Y = V_A + V_B - 6\,\mathrm{kN} = V_A + 2\,\mathrm{kN} - 6\,\mathrm{kN} = 0$

$\therefore V_A = +4\,\mathrm{kN}$（＋なので仮定どおり上向き）



②　応力を求める

応力を求める点で切断し、どちらか片側で力のつり合い条件式より応力を求める。

⑴　軸方向力（*N*）

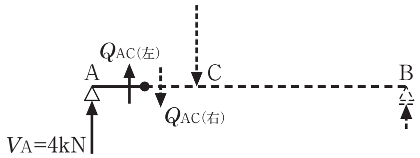
材軸方向に外力がないので、A－C間、C－B間に軸方向力 N は生じない。

$N_{AC} = N_{CB} = 0$

⑵　せん断力（*Q*）

◎ A－C間のせん断力 Q_{AC}

せん断力 Q_{AC} はA－C間の任意の点で切断し、その左側で計算する。

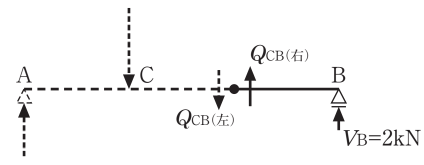


$Q_{AC(左)} = V_A = +4\,\mathrm{kN}$

結果が＋なので、$Q_{AC(左)}$ は切断した節点に上向きに作用し、その切断した節点のすぐ右には同じ大きさの $Q_{AC(右)}$ が作用しており、この $Q_{AC(左)}$ と $Q_{AC(右)}$ の一対の力がせん断力である。この一対のせん断力は時計回り（↑↓）なのでせん断力は $Q_{AC} = +4\,\mathrm{kN}$ となる

◎ C－B間のせん断力 Q_{CB}

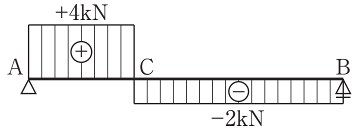
せん断力 Q_{CB} はC－B間の任意の点で切断し、その右側で計算する。



$Q_{CB(右)} = V_B = +2\,\mathrm{kN}$

結果が＋なので、$Q_{CB(右)}$ は切断した節点に上向きに作用し、その切断した節点のすぐ左には同じ大きさの $Q_{CB(左)}$ が作用しており、この $Q_{CB(右)}$ と $Q_{CB(左)}$ の一対の力がせん断力である。この一対のせん断力は反時計回り（↓↑）なのでせん断力は $Q_{CB} = -2\,\mathrm{kN}$ となる

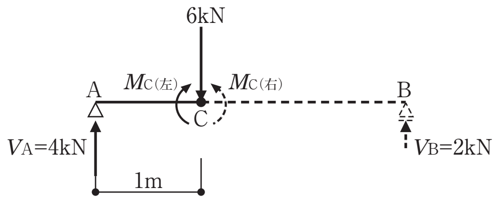
せん断力図は、右図のようになる。



《*Q* 図》

(3)　曲げモーメント（M）

Ｃ点の曲げモーメントM_Cは、Ｃ点で切断した左側で計算する。



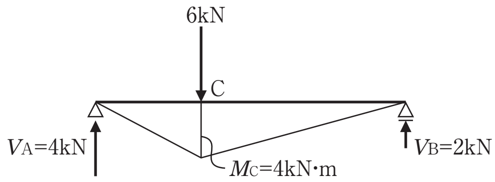
$M_{C(左)} = V_A \times 1\,\mathrm{m} = 4\,\mathrm{kN} \times 1\,\mathrm{m} = +4\,\mathrm{kN \cdot m}$

結果が＋なので、$M_{C(左)}$は時計回りにＣ点を回転させようとしていることが分かる。Ｃ点のすぐ右には同じ大きさの$M_{C(右)}$が作用しており、この一対のモーメントにより梁の下側が凸（引張）になるように曲げられる。

$\therefore M_C = 4\,\mathrm{kN \cdot m}$（下凸）

支点Ａ及びＢは、$M = 0$である。

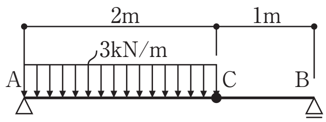
曲げモーメント図は材の凸側（引張）に描くので、右図のようになる。



《M図》

2 応力計算の手順Ⅱ（等分布荷重が作用する場合）

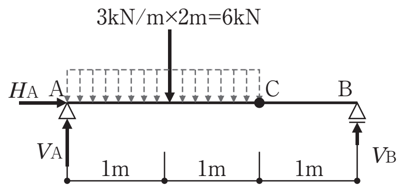
図の単純梁について、Ｃ－Ｂ間のせん断力とＣ点の曲げモーメントを求めてみよう。



2803

①　反力を仮定し、反力を求める

図のように等分布荷重を集中荷重に置き換え、反力を仮定する。



力のつり合い条件式より

- $\Sigma X = 0$　　$\therefore H_A = 0$
- $\Sigma M_A = 0$ より、

　$(6\,\mathrm{kN} \times 1\,\mathrm{m}) - (V_B \times 3\,\mathrm{m}) = 0$

　$6\,\mathrm{kN \cdot m} - 3V_B = 0$　　$\therefore V_B = +2\,\mathrm{kN}$（仮定どおり上向き）

- $\Sigma Y = 0$ より、

　$V_A + V_B - 6\,\mathrm{kN} = 0$

　$V_A + 2\,\mathrm{kN} - 6\,\mathrm{kN} = 0$　　$\therefore V_A = +4\,\mathrm{kN}$（仮定どおり上向き）

②　応力を求める

応力を求める点で切断し、どちらか片側で力のつり合い条件式より応力を求める。

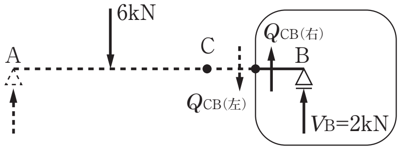
(1)　軸方向力（N）

材軸方向に外力がないので、軸方向力Nは生じない。

⑵　せん断力（*Q*）

・C－B間のせん断力Q_{CB}

せん断力Q_{CB}はC－B間の任意の点で切断し、その右側で計算する。

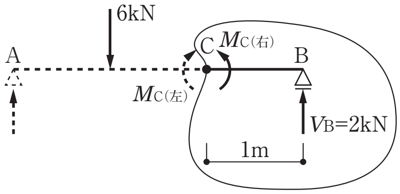


$Q_{CB(右)} = V_B = +2\,\mathrm{kN}$

結果が＋なので、$Q_{CB(右)}$は切断した節点に上向きに作用し、その切断した節点のすぐ左には同じ大きさの$Q_{CB(左)}$が作用しており、この$Q_{CB(右)}$と$Q_{CB(左)}$の一対の力がせん断力である。この一対のせん断力は反時計回り（↓↑）なのでせん断力は$Q_{CB} = -2\,\mathrm{kN}$となる。

⑶　曲げモーメント（*M*）

C点の曲げモーメントM_Cは、C点で切断した右側で求める。



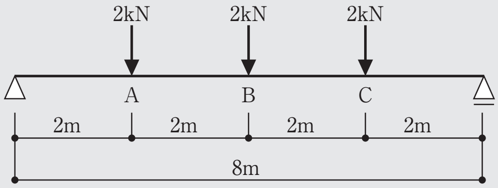
$M_{C(右)} = -V_B \times 1\,\mathrm{m} = -2\,\mathrm{kN} \times 1\,\mathrm{m} = -2\,\mathrm{kN \cdot m}$

結果が－なので、$M_{C(右)}$は反時計回りにC点を回転させようとしていることが分かる。C点のすぐ左には同じ大きさの$M_{C(左)}$が作用しており、この一対のモーメントにより梁の下側が凸（引張）になるように曲げられる。

$\therefore M_C = 2\,\mathrm{kN \cdot m}$（下凸）

Check Point ケーススタディ

❶単純ばりにおいて、B 点の曲げモーメントの大きさと、A ～ B 間のせん断力の大きさを求めよ。 2403 2703 R0103 R0303



〔解答〕

◉荷重が対称に作用しているので、

反力 $V_D = V_E = \dfrac{6\text{kN}}{2} = 3\text{kN}$（上向き）

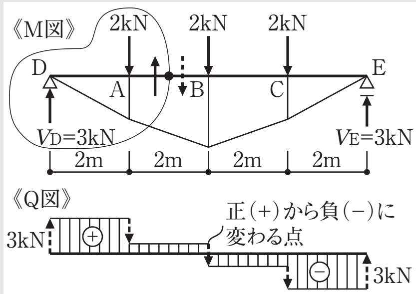
◉B 点のモーメント M_B は、左側で計算すると

$M_{B左} = (V_D \times 4\text{m}) - (2\text{kN} \times 2\text{m})$

$= (3\text{kN} \times 4\text{m}) - 4\text{kN}\cdot\text{m}$

$= 8\text{kN}\cdot\text{m}$

$\therefore M_B = 8\text{kN}\cdot\text{m}$（下凸）

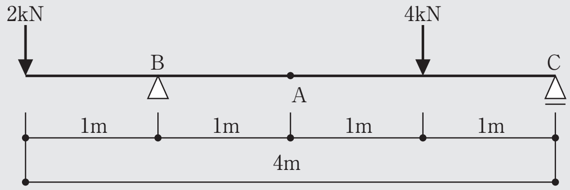


◉AB 間のせん断力 Q_{AB} は、AB 間の任意の点の左側で

$Q_{AB} = V_D - 2\text{kN} = 3\text{kN} - 2\text{kN} = 1\text{kN}$（↑↓）時計回りなので⊕

(答　B 点の曲げモーメント＝ 8 kN·m　A ～ B 間のせん断力＝ 1 kN)

❷単純梁の A 点の曲げモーメントの値を求めよ。 2603 3003 R0403



〔解答〕

反力 V_B、V_C を上向きに仮定すると、

◉ $\Sigma M_B = 0$ より、

$-(2\text{kN} \times 1\text{m}) + (4\text{kN} \times 2\text{m})$

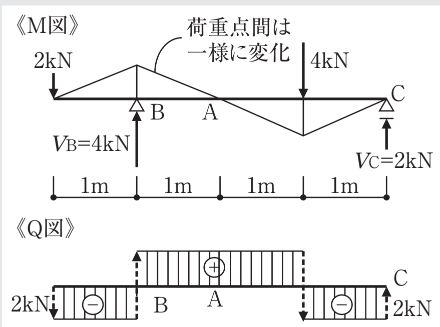
$-(V_C \times 3\text{m}) = 0$

$\therefore V_C = 2\text{kN}$（上向き）

◉ $\Sigma Y = 0$ より

$-2\text{kN} + V_B - 4\text{kN} + V_C = 0$

$\therefore V_B = 4\text{kN}$（上向き）



◉A 点の曲げモーメントは、左側で計算すると

$M_{A左} = -(2\text{kN} \times 2\text{m}) + (V_B \times 1\text{m}) = -4\text{kN}\cdot\text{m} + (4\text{kN} \times 1\text{m}) = 0$

(答　A 点の曲げモーメント＝ 0)

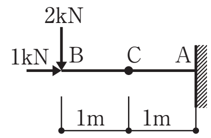
３. 片持ち梁の応力計算

片持ち梁の応力計算は、支点が固定端１つだけなので、自由端側の外力があきらかである。したがって、反力を求めなくても、応力を自由端から求めることができる。

片持ち梁の応力は、反力計算を省略し、自由端から直接求める

❶ 応力計算の手順（集中荷重が作用する場合）

図の片持梁について、Ｃ点の応力を求めてみよう。



① **応力を求める点で切断する**

Ｃ点で切断し、Ｃ点の応力を求める

② **片側（自由端側）の力の総和を求める**

Ｃ点の左側（自由端側）から応力を求める

⑴ **軸方向力**（N）

N_C ＝ 1kN（圧縮力⊖）

⑵ **せん断力**（Q）

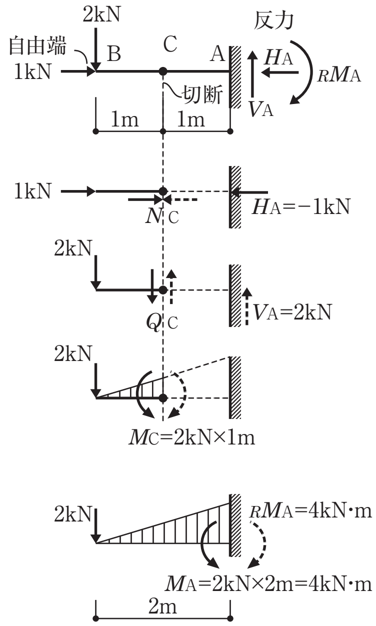
Q_C ＝ 2kN（↓↑）反時計回りなので⊖

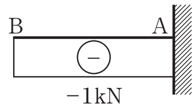
⑶ **曲げモーメント**（M）

M_C ＝ −2kN×1m ＝ −2kN·m（上凸）

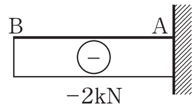
なお、Ａ点の曲げモーメントも自由端から計算して、

M_A ＝ −（2kN×2m）＝ −4kN·m（上凸）

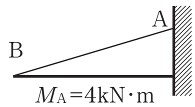




《N図》



《Q図》



《M図》

したがって、荷重 P が作用する片持ち梁の自由端からの距離 x の点の曲げモーメントは Px となり、**荷重点からの垂直距離（スパンの長さ）に比例して大きくなる**。