16　構造物の種類

16.1　構造物の分類

構造物は解析するためには、**静定構造物**と**不静定構造物**に分けると都合がよい.

16.1.1　静定構造物

静定構造物とは，釣合いの 3 条件式ですべての反力，断面力が求められるのと定義する.

16.1.2　不静定構造物

安定のために必要な数以上の余分な反力あるいは部材が存在して，力の釣合いの 3 条件式だけではこれらを求めることができないものである.

16.1.3　構造物の分類

構造物を分類すると，次のように表される.

- 構造物
  - 安定構造物
    - 静定構造物（釣合いの 3 条件式で反力が求まるもの）
    - 不静定構造物
      - 外的不静定構造物（反力が余分）
      - 内的不静定構造物（部材が余分）
      - 外的内的不静定構造物
  - 不安定構造物（構造物として成り立たないもの）

16.1.4　不安定構造物

自立できない次のような構造物を不安定構造物と言う.

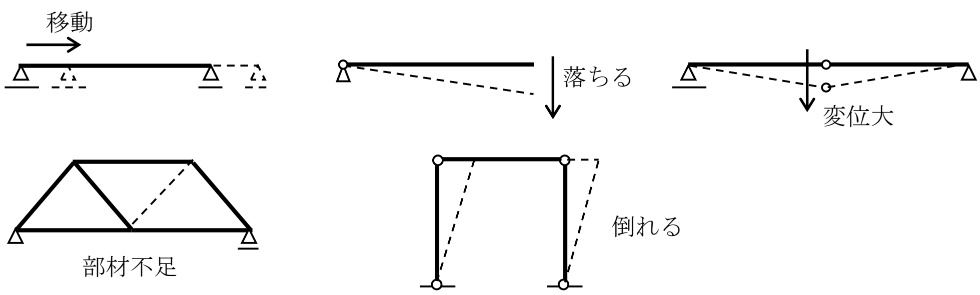
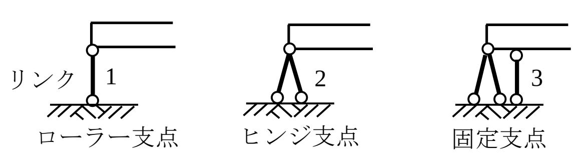


図 16.1　不安定構造物

16.2　支点

土木構造物は通常地盤の上に構築される．その地盤と構造物の接点を**支点**といい，その結合の仕方で**ローラー支点**，**ヒンジ支点**，**固定支点**の 3 種類で表される.

支点における拘束の度合いを**拘束度**といい，反力の数と一致する．反力数は次図のように地盤との結合線（**リンク**という）でモデル化することができる.



支点	反力数
自由端	0
ローラー支点	1
ヒンジ支点	2
固定支点	3

図 16.2　支点

これらの反力は未知数であり，この反力数と構造物が安定であるために必要な部材数を合わせて，**不静定次数**といい，n で表すと次のように表される．

不安定構造物：n<3　（構造物として成り立たないもの）
静定構造物　：n=3　（釣合の 3 条件式で解析できる構造物）
不静定構造物：n>3　（未知数が 3 個以上になり，釣合の 3 条件式だけでは解析できないもの）

16.3　各種構造物

解析の便宜のため構造物は，**はり構造物**，**トラス構造物**，**ラーメン構造物**，およびそれらの**混成構造物**に分類する．

1)　はり構造物
一本の細長い棒部材からなる構造物が支点で支えられているもの．

2)　トラス構造物
細長い部材を三角形状に組合せてつなぎ合わせた構造物．部材と部材の結合点は自由に回転することが可能である．

3)　ラーメン構造物
部材と部材がしっかりと結合された構造物，あるいは，変形しても結合点の角度が変わらない構造物．

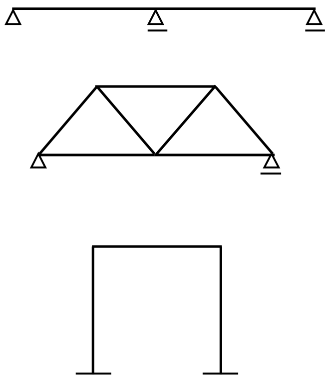


図 16.3　構造物の形式

16.4　不静定次数の計算方法

一般的な不静定次数の数え方を示す．

16.4.1　トラス構造物の不静定次数

1)　外的不静定次数
構造物の支点の全反力数を r，構成される構造単位の数を d とすると

$$n_1 = r - (d+2)$$

ここに，　$n_1 < 0$ ：不安定　　$n_1 = 0$ ：静定　　$n_1 > 0$ ：外的不静定

2)　内的不静定次数
m を部材数，j を節点数とすると

$$n_2 = m - (2j - 3)$$

ここに，　$n_2 < 0$ ：不安定　　$n_2 = 0$ ：静定　　$n_2 > 0$ ：内的不静定

3)　全不静定次数　$n = n_1 + n_2$

16.4.2　ラーメン構造物の不静定次数

節点の拘束数

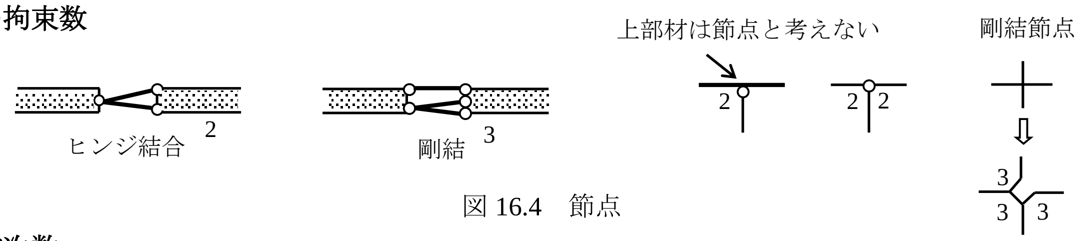


図 16.4　節点

不静定次数

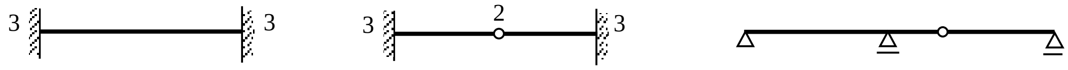
r を支点反力数，j を節点拘束数，m を部材数とすると

$$n = r + j - 3m$$

ここに，　$n < 0$ ：不安定　　$n = 0$ ：静定　　$n > 0$ ：不静定

［**例題 16.1**］次の構造物の不静定次数をいえ.

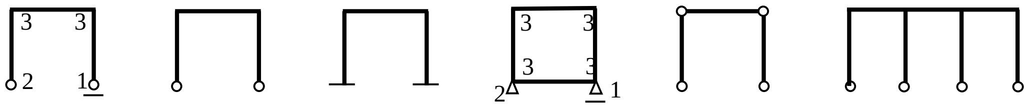
(1)　はり



$n=2\times3+0-3\times1=3$　　$n=2\times3+2-3\times2=2$　　n=4－(2+2)=0

$n=(2+1+1+1)+3\times2+2-3\times4=1$　　$n=(2+1+1+1)+3\times2-3\times3=2$

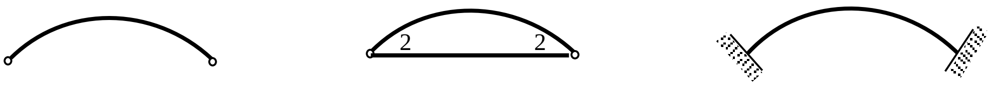
(2)　ラーメン



(1)　(2)　(3)　(4)　(5)　(6)

(1) $n=(2+1)+(3+3)-3\times3=0$　　(2) $n=(2+2)+(3+3)-3\times3=1$
(3) $n=(3+3)+(3+3)-3\times3=3$　　(4) $n=3+3\times4-3\times4=3$
(5) $n=(2+2)+(2+2)-3\times3=-1$　　(6) $n=2\times4+3\times6-3\times7=5$

(3)　アーチ



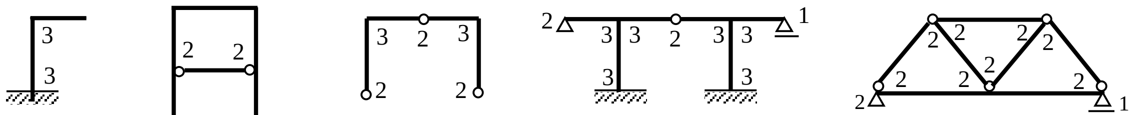
n=1　　$n=(2+2)+(2+2)-3\times2=2$　　n=3

(4)　トラス

外的 1 次不静定　　外的 1 次，内的 2 次不静定

(1)　$n_1=(2+1+1)-(1+2)=1$　　(2)　$n_1=(2+1+1)-(1+2)=1$, $n_2=15-(2\times8-3)=2$

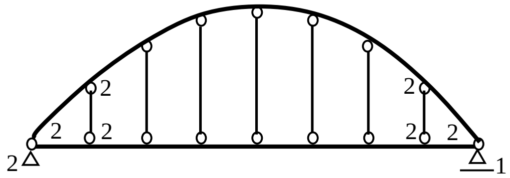
(5)　その他

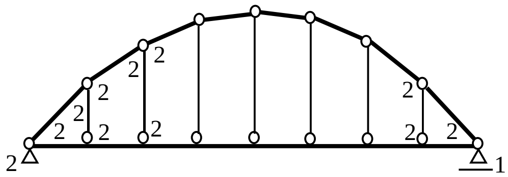


n=0　　n=2　　n=0　　n=5　　n=1

(1)　(2)　(3)　(4)　(5)

(1)　$n=3+3-3\times2=0$　　(2)　$n=(2+2)+(3+3+2+2)-3\times4=2$
(3)　$n=(2+2)+(3+2+3)-3\times4=0$　　(4)　$n=(2+3+3+1)+(3+3+2+3+3)-3\times6=5$
(5)　$n=(2+1)+(2\times8)-3\times6=1$





$n=3+(2\times14+2+2)-3\times(7+1+1)=8$　　$n=3+(2\times7+4\times7+2+2)-3\times16=1$

Lohse Arch
格間数に等しい（n=8）

Langer Arch
格間がいくつでも常に n=1

図 16.5