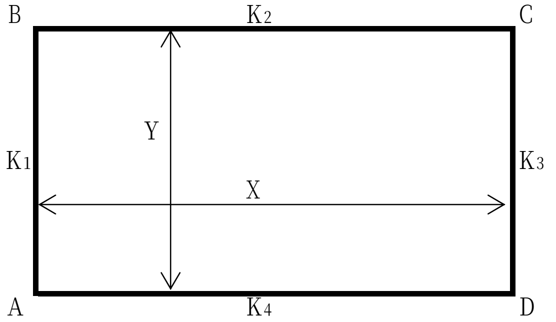
1.ラーメン計算計算式

1) 部材剛比の計算



$K_1 = K_3 = 1.0$

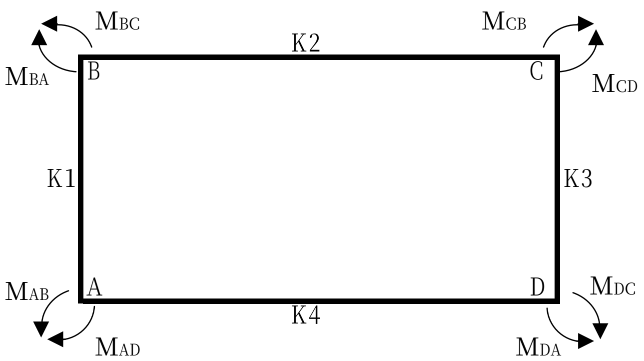
$$K_2 = \frac{Y \cdot D_1^3}{X \cdot D_2^3}$$

$$K_4 = \frac{Y \cdot D_3^3}{X \cdot D_2^3}$$

ただし、

D_1： 部材BCの部材厚
D_2： 部材AB,CDの部材厚
D_3： 部材ＤＡの部材厚

2) 平衡方程式（部材ＡＤを基準面とする）



θ_A：Ａ点の節点角
θ_B：Ｂ点の節点角
θ_C：Ｃ点の節点角
θ_D：Ｄ点の節点角
Ｒ：部材角
K_1：部材ＡＢの剛比
K_2：部材ＢＣの剛比
K_3：部材ＣＤの剛比
K_4：部材ＤＡの剛比

3) 部材端モーメント

$M_{AD} = K_4 (2\theta_A + \theta_D) + C_{AD}$

$M_{AB} = K_1 (2\theta_A + \theta_B - 3R) - C_{AB}$

$M_{BA} = K_1 (2\theta_B + \theta_A - 3R) + C_{AB}$

$M_{BC} = K_2 (2\theta_B + \theta_C) - C_{BC}$

$M_{CB} = K_2 (2\theta_C + \theta_B) + C_{CB}$

$M_{CD} = K_3 (2\theta_C + \theta_D - 3R) - C_{CD}$

$M_{DC} = K_3 (2\theta_D + \theta_C - 3R) + C_{DC}$

$M_{DA} = K_4 (2\theta_D + \theta_A) - C_{AD}$

4) 節点方程式

つりあい条件（各節点における曲げモーメントの総和は0である。）より

節点Aでは、$M_{AD} + M_{AB} = 0$　よって

$2(K_1 + K_4) \cdot \theta_A + K_1 \cdot \theta_B + K_4 \cdot \theta_D - 3K_1 \cdot R = C_{AB} - C_{AD}$

節点Bでは、$M_{BA} + M_{BC} = 0$　よって

$K_1 \cdot \theta_A + 2(K_1 + K_2) \cdot \theta_B + K_2 \cdot \theta_C - 3K_1 \cdot R = C_{BC} - C_{BA}$

節点Cでは、$M_{CB}+M_{CD}=0$　よって

$$K_2\cdot\theta_B+2(K_2+K_3)\cdot\theta_C+K_3\cdot\theta_D-3K_3\cdot R=C_{CD}-C_{CB}$$

節点Dでは、$M_{DC}+M_{DA}=0$　よって

$$K_4\cdot\theta_A+K_3\cdot\theta_C+2(K_3+K_4)\cdot\theta_D-3K_3\cdot R=C_{DA}-C_{DC}$$

5) 層方程式

垂直部材に生じる部材角をRとして

$$\frac{Y(2\cdot P_{BA}+P_{AB})}{6}-\frac{Y(2\cdot P_{CD}+P_{DC})}{6}+\frac{M_{AB}+M_{BA}}{Y}+\frac{M_{CD}+M_{DC}}{Y}=0$$

$$M_{AB}+M_{BA}+M_{CD}+M_{DC}=-\frac{Y^2\{2(P_{BA}-P_{CD})+(P_{AB}-P_{DC})\}}{6}$$

部材端モーメントの式を代入して

$$K_1\cdot\theta_A+K_1\cdot\theta_B+K_3\cdot\theta_C+K_3\cdot\theta_D-2(K_1+K_3)R$$

$$=-\frac{1}{3}\{\frac{Y^2(P_{BA}+P_{BD})}{3}-\frac{Y^2(P_{AB}+P_{DC})}{6}-C_{AB}-C_{DC})+(C_{BA}-C_{CD})\}=M$$

6) 連立方程式

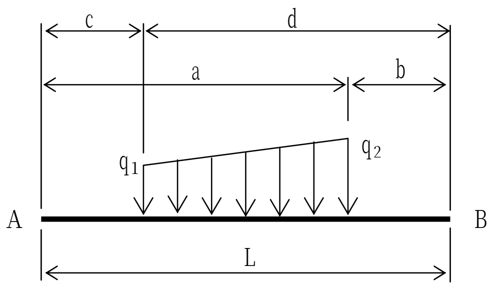
節点方程式、層方程式より、5元1次の連立方程式を立てる。

方程式表

	θ_A	θ_B	θ_C	θ_D	R	荷重項
1	$2(K_1+K_4)$	K_1	0	K_4	$-3K_1$	$C_{AB}-C_{AD}$
2	K_1	$2(K_1+K_2)$	K_2	0	$-3K_1$	$C_{BC}-C_{BA}$
3	0	K_2	$2(K_2+K_3)$	K_3	$-3K_3$	$C_{CD}-C_{CB}$
4	K_4	0	K_3	$2(K_3+K_4)$	$-3K_3$	$C_{DA}-C_{DC}$
5	K_1	K_1	K_3	K_3	$-2(K_1+K_3)$	M

方程式より5元1次の連立方程式をイテラチオン法により解き、未知数を求めた後、部材端モーメントを求める。

図に示す任意荷重に対する荷重項の一般式は次のようである。



$$C_{AB}=\frac{1}{L^2}[q_1\{\frac{L^2}{2}(a^2-c^2)-\frac{2}{3}L(a^3-c^3)+\frac{1}{4}(a^4-c^4)\}+\frac{q_1-q_2}{c-a}\{\frac{1}{5}(a^5-c^5)$$

$$-\frac{1}{4}(2L+c)(a^4-c^4)\}+\frac{1}{3}(L^2+2\cdot L\cdot c)(a^3-c^3)-\frac{L^2}{2}c(a^2-c^2)\}]$$

$$C_{BA}=\frac{1}{L^2}[q_1\{\frac{L^2}{3}(a^3-c^3)-\frac{1}{4}(a^4-c^4)\}+\frac{q_1-q_2}{c-a}\{\frac{1}{4}(a^4-c^4)(L+c)$$

$$-\frac{1}{5}(a^5-c^5)-\frac{1}{3}(a^3-c^3)L\cdot c\}]$$

2. 鉄筋コンクリート断面計算

断面応力度の算定は許容応力度設計法により単鉄筋長方形断面について以下の計算式で検討する。

⑴ 必要鉄筋量の算定式

a) 軸力（N）がない場合

$$As = \frac{M}{\sigma sa \cdot j \cdot d} \quad \cdots ①$$

ここに、 $j = 1 - \frac{K}{3}$

$$K = \frac{n \cdot \sigma ca}{n \cdot \sigma ca + \sigma sa}$$

a) 軸力（N）がある場合

$$As = \frac{8 \cdot N \ (e + h/2 - d')}{7 \cdot \sigma sa \cdot d} - \frac{N}{\sigma sa} \quad \cdots ②$$

式②は①式に$j=7/8$、$M=e \cdot N$、軸力によるモーメント$N(h/2-d')$を代入して導いた式である。

ここに、
As ： 必要鉄筋量(mm^2)
σca ： コンクリートの許容圧縮応力度（N/mm^2）
n ： 弾性係数比（ヤング率）
M ： 曲げモーメント（N･mm）
N ： 軸力（kN）
h ： 部材厚(mm)
d ： 有効部材厚(mm)
d' ： 被り(mm)

※必要鉄筋量の算定式は応力に対して配筋する目安として表示するものであり、以下の応力度の算定式で各許容応力度を満足しなければならない。

⑵ 応力度の計算式

a) 軸力 (N) がない場合

$$d = h - d'$$

$$x = \frac{n \cdot As}{b} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{2bd}{n \cdot As}} - 1 \right)$$

$$K = \frac{x}{d}$$

$$P = \frac{As}{b \cdot d}$$

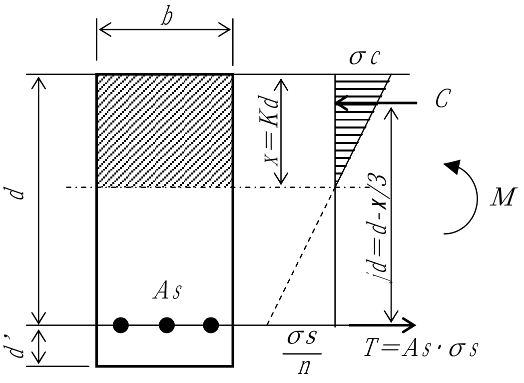
$$J = 1 - \frac{K}{3}$$

$$\sigma c = \frac{2M}{b \cdot x \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$

$$\sigma s = n \cdot \sigma c \cdot \frac{d - x}{x}$$

$$\tau = \frac{S}{b \cdot d}$$

$$\tau_o = \frac{1.15 \cdot S}{U \cdot d}$$



ここに、

σc	：	コンクリートの圧縮応力度 (N/mm^2)
σs	：	鉄筋の引張応力度 (N/mm^2)
τ	：	せん断応力度 (N/mm^2)
τo	：	付着応力度 (N/mm^2)
M	：	曲げモーメント (N·mm)
S	：	せん断力 (N)
N	：	軸力 (N)
b	：	部材幅(mm)
d	：	有効部材厚(mm)
As	：	鉄筋量(mm^2)
U	：	鉄筋の周長(mm)
n	：	弾性係数比 (ヤング率)

b) 軸力 (N) がある場合

$$d = h - d'$$

$$e = \frac{M}{N}$$

$$y = \frac{\frac{1}{2} \cdot d \cdot h^2 + n \cdot As \cdot d}{b \cdot h + n \cdot \sigma sa}$$

$$e' = e - y$$

$$x3 + 3e' x2 + \frac{6 \cdot n}{b} \cdot As\,(d + e')\,x - \frac{6 \cdot n}{b} \cdot As \cdot d\,(d + e') = 0$$

$$K = \frac{x}{d}$$

$$J = 1 - \frac{K}{3}$$

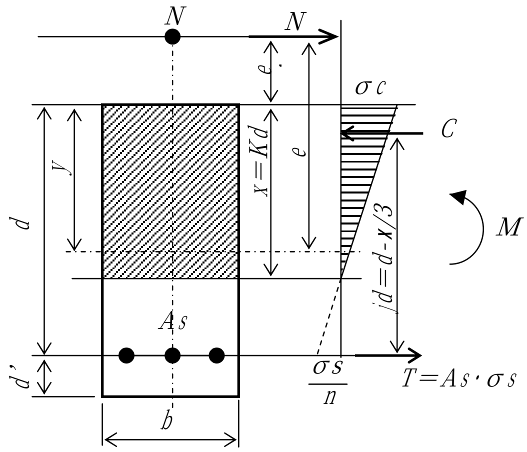
$$P = \frac{As}{b \cdot d}$$

$$\sigma c = \frac{N}{\frac{1}{2}\, b\, x - n \cdot As \cdot \frac{d - x}{3}}$$

$$\sigma s = n \cdot \sigma c \cdot \frac{d - x}{x}$$

$$\tau = \frac{S}{b \cdot d}$$

$$\tau_o = \frac{1.15 \cdot S}{U \cdot d}$$



ここに、 σc ： コンクリートの圧縮応力度 (N/mm²)

σs ： 鉄筋の引張応力度 (N/mm²)

τ ： せん断応力度 (N/mm²)

τo ： 付着応力度 (N/mm²)

M ： 曲げモーメント (N・mm)

S ： せん断力 (N)

N ： 軸力 (N)

b ： 部材幅(mm)

d ： 有効部材厚(mm)

As ： 鉄筋量(mm²)

U ： 鉄筋の周長(mm)

n ： 弾性係数比 (ヤング率)