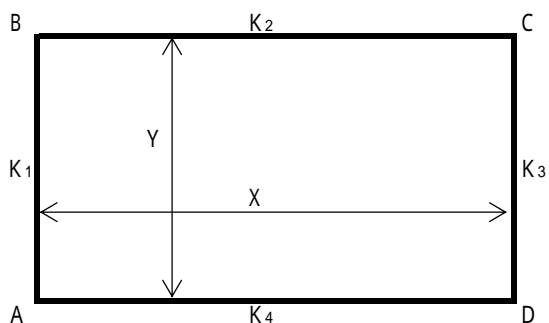


1. ラーメン計算計算式

1) 部材剛比の計算



$$K_1 = K_3 = 1.0$$

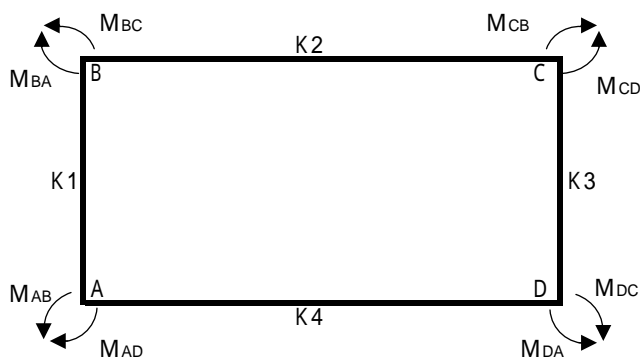
$$K_2 = \frac{Y \cdot D_1^3}{X \cdot D_2^3}$$

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

ただし、

D₁: 部材BCの部材厚
D₂: 部材AB,CDの部材厚
D₃: 部材DAの部材厚

2) 平衡方程式(部材ADを基準面とする)



A: A点の節点角
B: B点の節点角
C: C点の節点角
D: D点の節点角
R: 部材角
K₁: 部材ABの剛比
K₂: 部材BCの剛比
K₃: 部材CDの剛比
K₄: 部材DAの剛比

3) 部材端モーメント

$$M_{AD} = K_4(2A + D) + C_{AD}$$

$$M_{AB} = K_1(2A + B - 3R) - C_{AB}$$

$$M_{BA} = K_1(2B + A - 3R) + C_{AB}$$

$$M_{BC} = K_2(2B + C) - C_{BC}$$

$$M_{CB} = K_2(2C + B) + C_{CB}$$

$$M_{CD} = K_3(2C + D - 3R) - C_{CD}$$

$$M_{DC} = K_3(2D + C - 3R) + C_{DC}$$

$$M_{DA} = K_4(2D + A) - C_{AD}$$

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

$$2(K_1 + K_4) \cdot A + K_1 \cdot B + K_4 \cdot D - 3K_1 \cdot R = C_{AB} - C_{AD}$$

節点Bでは、 $M_{BA} + M_{BC} = 0$ よって

$$K_1 \cdot A + 2(K_1 + K_2) \cdot B + K_2 \cdot C - 3K_1 \cdot R = C_{BC} - C_{BA}$$

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

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

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

6) 連立方程式

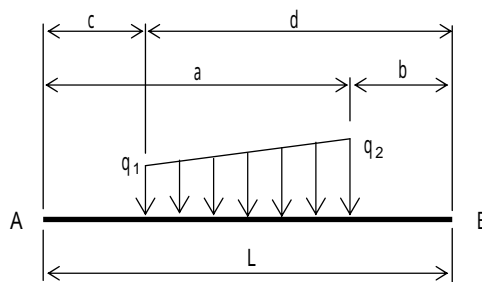
節点方程式、層方程式より、5元1次の連立方程式を立てる。

方程式表

	A	B	C	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。



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

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

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

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

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。

(1) 必要鉄筋量の算定式

a) 軸力(N)がない場合

$$A_s = \frac{M}{s_a \cdot j \cdot d'} \quad \dots$$

ここに、 $j = 1 - \frac{K}{3}$

$$K = \frac{n \cdot c_a}{n \cdot c_a + s_a}$$

a) 軸力(N)がある場合

$$A_s = \frac{8 \cdot N (e + h/2 - d')}{7 \cdot s_a \cdot d'} - \frac{N}{s_a} \quad \dots$$

式は式に $j = 7/8$ 、 $M = e \cdot N$ 、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、 A_s : 必要鉄筋量(mm²)

c_a : コンクリートの許容圧縮応力度(N/mm²)

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。

(2) 応力度の計算式

a) 軸力(N)がない場合

$$d = h - d'$$

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

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

$$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

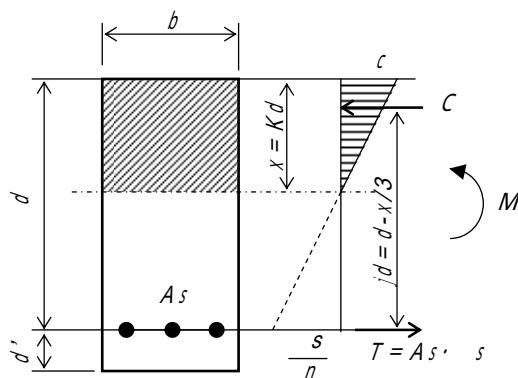
$$j = 1 - \frac{K}{3}$$

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

$$s = n \cdot c \cdot \frac{d - \frac{x}{3}}{x}$$

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

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



ここに、 c : コンクリートの圧縮応力度 (N/mm²)

s : 鉄筋の引張応力度 (N/mm²)

j : せん断応力度 (N/mm²)

o : 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)

A_s : 鉄筋量 (mm²)

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

$$d = h - d'$$

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

$$y = \frac{\frac{1}{2} \cdot d \cdot h^2 + n \cdot A_s \cdot d}{b \cdot h + n \cdot s a}$$

$$e' = e - y$$

$$x^3 + 3e'x^2 + \frac{6 \cdot n}{b} \cdot A_s(d + e')x - \frac{6 \cdot n}{b} \cdot A_s \cdot d(d + e') = 0$$

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

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

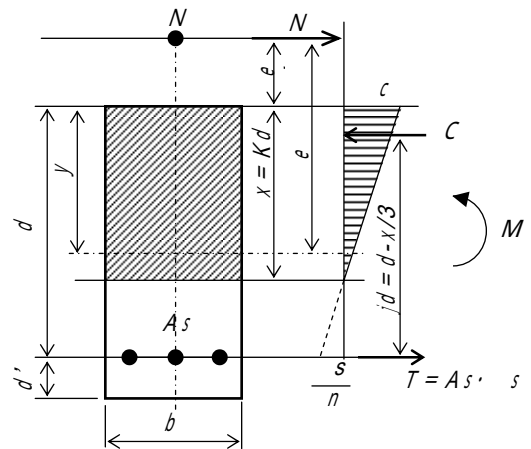
$$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

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

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

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

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



ここに、 c : コンクリートの圧縮応力度 (N/mm²)

s : 鉄筋の引張応力度 (N/mm²)

c : せん断応力度 (N/mm²)

o : 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)

A_s : 鉄筋量 (mm²)

U : 鉄筋の周長 (mm)

n : 弾性係数比 (ヤング率)

(3)許容せん断応力度の補正

a) コンクリート許容せん断応力の補正道路土工平成22年3月 P 83より次の影響を考慮して補正する。

部材の有効高dの影響

補正係数 C_e をせん断応力 a に乗じる。

有効高d	300以下	1000	3000	5000	10000以上
C_e	1.4	1.0	0.7	0.6	0.5

軸方向引張鉄筋比 P の影響

補正係数 C_p をせん断応力 a に乗じる。

鉄筋比 P	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0以上
C_p	0.7	0.9	1.0	1.2	1.5

軸方向圧縮応力が大きな部材の場合、補正係数 C_N をせん断応力 a に乗じる。

$$C_N = 1 + M_o/M \quad \text{ただし、} 1 \leq C_N \leq 2$$

ここに、

C_N : 軸方向圧縮による補正係数

$$M_o = N / A_c \cdot I_c / y$$

M : 曲げモーメント

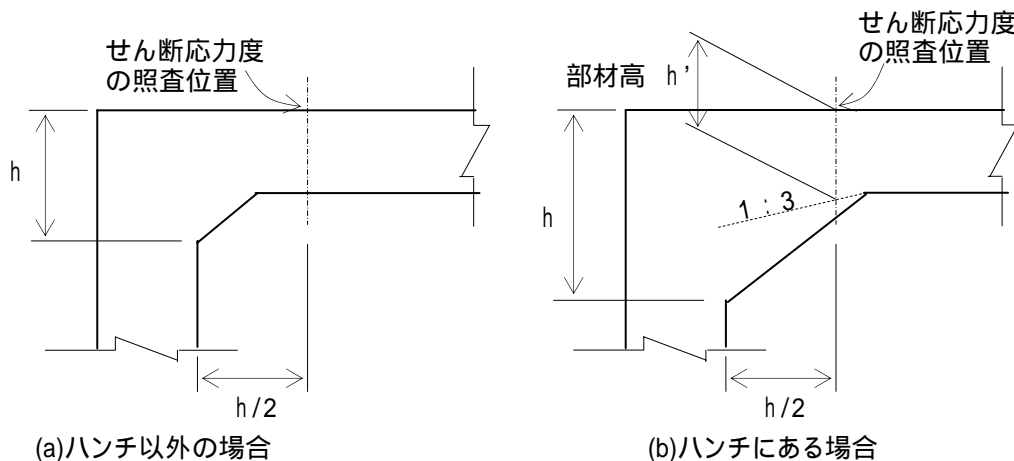
N : 軸力

I_c : 断面二次モーメント

A_c : 部材断面積

y : 部材断面の図心より部材引張縁までの距離

b) せん断応力度の照査位置とハンチ内の部材高

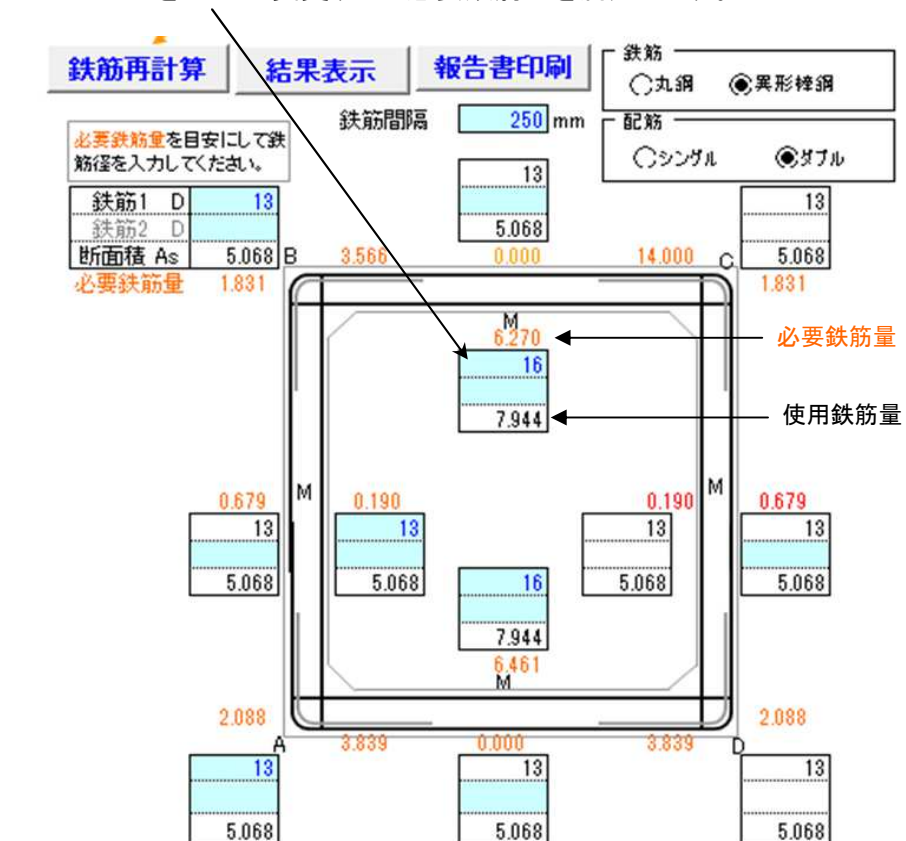


注) ハンチを設けない場合の断面は、余裕としてコンクリートの曲げ圧縮応力度が許容応力度の 3/4 程度となる部材厚なる部材厚 にするのが望ましい (道路土工 P 140) とある。

ここで、 c と $c \times 3/4$ の選択ボタンを設けた。

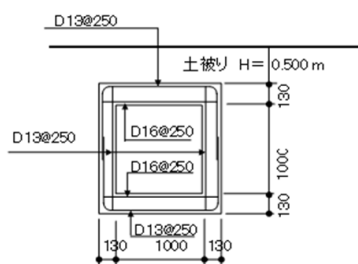
[illegible]

- ⑥口径を大きくする場合
D13をD16に変更すると必要鉄筋量を満足します。



鉄筋再計算

ボタンを押して応力度を確認してください。



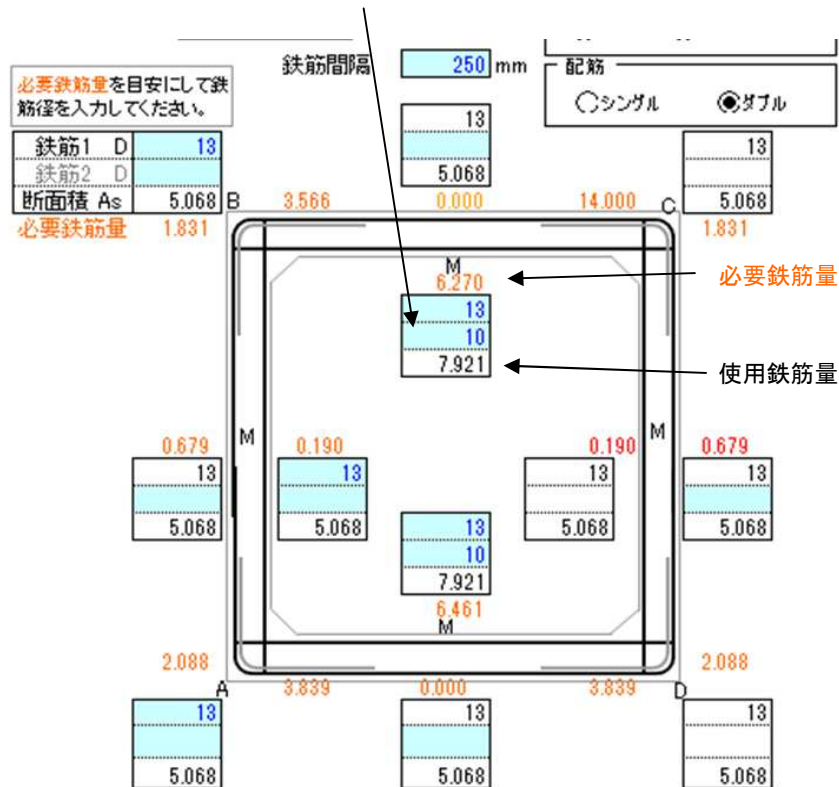
	曲げモーメント $M(kN \cdot m)$	せん断力 $S(kN)$	軸力 $N(kN)$	圧縮応力度 $\sigma_c(N/mm^2)$	引張応力度 $\sigma_s(N/mm^2)$	せん断応力度 $C \cdot \tau_a(N/mm^2)$
頂版 支点	4988	30.611	7.442	3.78 ≤ 14 OK	110.73 OK	0.31 ≤ 0.54 OK
径間	8584	0.000	7.442	5.60 ≤ 14 OK	127.24 OK	0.00 ≤ 0.54 OK
上支点	4988	5.083	48.043	3.57 ≤ 14 OK	61.36 OK	0.05 ≤ 0.58 OK
側壁 径間	3542	0.000	49.674	2.41 ≤ 14 OK	28.38 OK	0.00 ≤ 0.59 OK
下支点	5501	6.200	51.293	3.95 ≤ 14 OK	69.45 OK	0.06 ≤ 0.58 OK
底板 支点	5501	32.682	10.265	4.16 ≤ 14 OK	119.30 OK	0.33 ≤ 0.55 OK
径間	8989	0.000	10.265	5.85 ≤ 14 OK	131.26 OK	0.00 ≤ 0.54 OK

ただし、コンクリートの許容圧縮応力度
鉄筋の許容引張応力度
コンクリートの許容せん断応力度

$\sigma_{ca} = 14 (N/mm^2)$
 $\sigma_{sa} = 160 (N/mm^2)$
 $\tau_a = 0.27 (N/mm^2)$

⑦本数を多くする場合

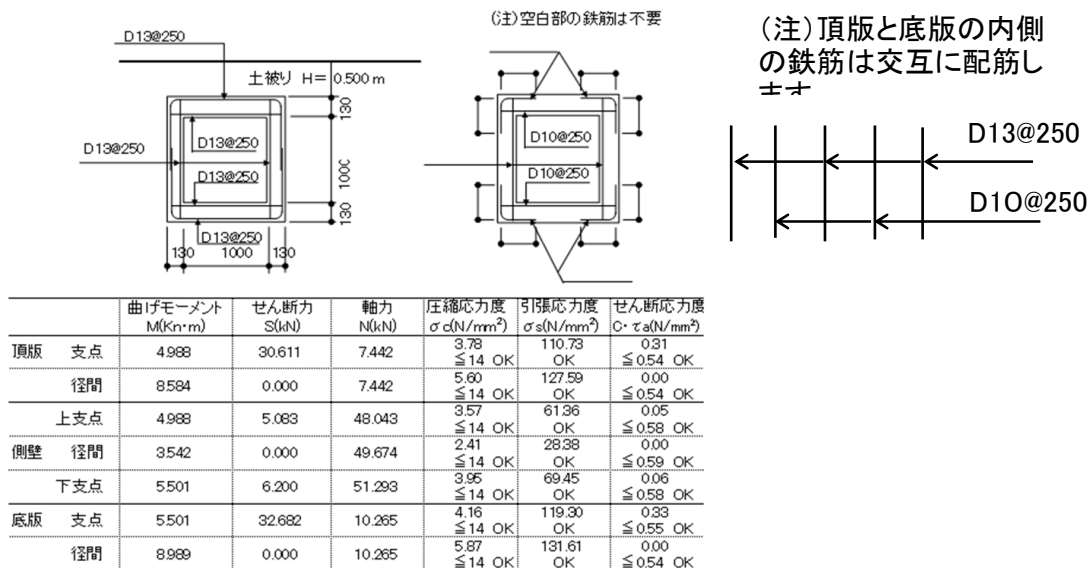
頂版と底版の内側の鉄筋2のD10を追加しますと必要鉄筋量を満足します。



鉄筋再計算

ボタンを押して応力度を確認してください。

下図は鉄筋1を左に、鉄筋2を右に示しています。



ただし、コンクリートの許容圧縮応力度
鉄筋の許容引張応力度
コンクリートの許容せん断応力度

$\sigma_{ca} = 14 (N/mm^2)$
 $\sigma_{sa} = 160 (N/mm^2)$
 $\tau_a = 0.27 (N/mm^2)$